

SELÇUK UNIVERSITY 2nd INTERNATIONAL  
**TECHNOLOGY AND INNOVATION**  
***STUDENT SYMPOSIUM***  
7-10 DECEMBER 2023 KONYA –PROCEEDING BOOK

EDİTÖRLER

**Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU**  
**Prof. Dr. Süleyman NEŞELİ**  
**Prof. Dr. Şakir TAŞDEMİR**

SELÇUK UNIVERSITY 2nd INTERNATIONAL  
**TECHNOLOGY AND INNOVATION**  
**STUDENT SYMPOSIUM**  
7-10 DECEMBER 2023 KONYA –PROCEEDING BOOK

EDİTÖRLER

Dr. Öğr. Üyesi Hakan TERZİOĞLU

Prof. Dr. Süleyman NEŞELİ

Prof. Dr. Şakir TAŞDEMİR

**EĞİTİM**  
yayınevi

**SELÇUK UNIVERSITY 2ND INTERNATIONAL TECHNOLOGY AND INNOVATION  
STUDENT SYMPOSIUM 7-10 DECEMBER 2023 KONYA –PROCEEDING BOOK**

Editörler: Dr. Öğr. Üyesi Hakan Terzioğlu, Prof. Dr. Süleyman Neşeli, Prof. Dr. Şakir Taşdemir

**Genel Yayın Yönetmeni:** Yusuf Ziya Aydoğan (yza@egitimyayinevi.com)

**Genel Yayın Koordinatörü:** Yusuf Yavuz (yusufyavuz@egitimyayinevi.com)

**Sayfa Tasarımı:** Eğitim Yayınevi Grafik Birimi

**Kapak Tasarımı:** Eğitim Yayınevi Grafik Birimi

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı

**Yayıncı Sertifika No:** 47830

**E-ISBN:** 978-625-6613-98-0

1. Baskı, Aralık 2023

**Kütüphane Kimlik Kartı**

**SELÇUK UNIVERSITY 2ND INTERNATIONAL TECHNOLOGY AND INNOVATION  
STUDENT SYMPOSIUM 7-10 DECEMBER 2023 KONYA –PROCEEDING BOOK**

Editörler: Dr. Öğr. Üyesi Hakan Terzioğlu, Prof. Dr. Süleyman Neşeli, Prof. Dr. Şakir Taşdemir

326 s., 160x240 mm

Kaynakça var, dizin yok.

E-ISBN: 978-625-6613-98-0

Copyright © Bu kitabın Türkiye'deki her türlü yayın hakkı Eğitim Yayınevi'ne aittir. Bütün hakları saklıdır. Kitabın tamamı veya bir kısmı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre kitabı yayımlayan firmanın ve yazarlarının önceden izni olmadan elektronik/mekanik yolla, fotokopi yoluyla ya da herhangi bir kayıt sistemi ile çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

**EĞİTİM**  
yayınevi

**Yayınevi Türkiye Ofis:** İstanbul: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Atakent mah.  
Yasemen sok. No: 4/B, Ümraniye, İstanbul, Türkiye

**Konya:** Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok,  
No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye  
+90 332 351 92 85, +90 533 151 50 42, 0 332 502 50 42  
bilgi@egitimyayinevi.com

**Yayınevi Amerika Ofis:** New York: Egitim Publishing Group, Inc.  
P.O. Box 768/Armonk, New York, 10504-0768, United States of America  
americaoffice@egitimyayinevi.com

**Lojistik ve Sevkiyat Merkezi:** Kitapmatik Lojistik ve Sevkiyat Merkezi, Fevzi Çakmak Mah.  
10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye  
sevkiyat@egitimyayinevi.com

**Kitabevi Şubesi:** Eğitim Kitabevi, Şükran mah. Rampalı 121, Meram, Konya, Türkiye  
+90 332 499 90 00  
bilgi@egitimkitabevi.com

**İnternet Satış:** www.kitapmatik.com.tr  
+90 537 512 43 00  
bilgi@kitapmatik.com.tr

 **kitapmatik**  
İnternetteki kitabınız

**ORGANIZING COMMITTEE**

Fatih Alpaslan Kazan, Selcuk University - TR  
Sema Servi, Selcuk University - TR  
Zeynep Rumeysa Akgul, Selcuk University – TR  
Namik Kemal Yalcin, Selcuk University - TR

**TECHNICAL COMMITTEE**

Esra Kaya, Selcuk University-TR  
Rustem Binali, Selcuk University-TR  
Bengisu Guven, Selcuk University - TR  
Bugra Kavak, Selcuk University - TR  
Sevval Manav, Selcuk University - TR  
Zulkuf Eren Tekdemir, Selcuk University - TR

**SECTION EDITORS**

Prof. Dr. Nurettin Doğan, Selcuk Universty-TR  
Dr. Fatih Alpaslan Kazan, Selcuk Universty-TR  
Dr. Sema Servi, Selcuk Universty-TR

**INTERNATIONAL ADVISORY BOARD**

Abdullah Erdal Tumer, Kirgizistan Turkiye Manas University - KG  
Ahmet Yonetken, Afyon Kocatepe University - TR  
Ahmet Fenercioglu, Gaziosmanpasa University - TR  
Ahmet Afsin Kulaksiz, Konya Technical University - TR  
Alexander Sudnitson, Tallinn University Of Technology - EE  
Alina Ivan Dramogir, Gheorghe Asachitechnical University Of Iasi - RO  
Almoataz Youssef Abdelaziz, Ain Shams University - EG  
Amar Ramdane Cherif, University Of Versailles - FR  
Anca Loana Andreescu, Academy Of Economic Studies - BG  
Anne Villems, University Of Tartu - EE  
Antonella Reitano, University Of Calabria - IT  
Antonio Mendes, Universidade De Coimbra - PT  
Arif Gok, Amasya Teknoloji Faculty - TR  
Aristomenis Antoniadis, Technical University Of Crete - GR  
Artan Luma, South East European University - MK  
Bahattin Karakaya, Istanbul University - TR  
Bahar Sayin Kul, Selcuk University-TR  
Biagio Lenzitti, University Of Palermo - IT  
Binod Kumar, Jspm Jayawant Institute Of Computer Applications Pune - IN  
Boris Akanaev, Kazak National University - KZ  
Domenico Tegolo, Universita Degli Studi Di Palermo - IT  
Eisha Akanksha, Mvj College Of Engineering - IN  
Elinda Kajo Mece, Polytechnic University Of Tirana - RO  
Engin Ozdemir, Kocaeli University - TR  
Erol Turkes, Kirklareli University - TR  
Ertugrul Durak, Suleyman Demirel University - TR  
Esra Kaya, Selcuk University - TR  
Eyüp Canlı, Selcuk University\_TR  
Gabriel Luna Sandoval, Sonora State University - MX  
Hamit Saruhan, Duzce University - TR  
Hamza Bensouilah, Laboratoire de Mecanique et Structures - DZ  
Hasan Gokkaya, Karabuk University - TR  
Howard Duncan, Dublin City University - IE  
Huse Fatkic, University Of Sarajevo - BA  
Ihsan Korkut, Gazi University - TR  
Ismail Sahin, Gazi University - TR  
Ivan Jelinek, Czech Technical University - CZ  
Jaharah A Ghani, National University of Malaysia - MY  
Jan Vom Brocke, University Of Liechtenstein - LI  
Janis Grundspenkis, Riga Technical University - LV  
Janusz Jablonowski, Warsaw University - PL  
Jiri Srba, Aalborg University - DK  
Kadir Gok, Manisa Celal Bayar University - TR  
Karl Jones, Liverpool John Moores University - GB  
Laurentiu Cristian Deaconu, University Of Pitesti - RO  
M Ugras Cuma, Cukurova University - TR  
Mahdi Shahbakhti, Michigan Technology University - USA  
Mahmut Sami Donduren, Konya Technical University - TR  
Majida Ali Abed Meshari, Tikrit University - IQ  
Marco Porta, University Of Pavia - IT  
Mehmet Akbaba, Karabuk University - TR  
Mehmet Cengiz Kayacan, Suleyman Demirel University - TR  
Mehmet Turan Demirci, Selcuk University - TR  
Mesut Gunduz, Konya Teknik University - TR  
Mirjana Ivanovic, University Of Novi Sad - RS  
Miroslav Neslusan, University of Zilina - SK  
Akif Durdu, Konya Technical University - TR  
Muhammad Zia Ur Rehman, National Defence University - PK  
Musa Hakan Arslan, Konya Technical University - TR  
Mustafa Altin, Konya Technical University - TR  
Mustafa Tolga Cogurcu, Konya Technical University - TR  
Natasa Hoic-Bozic, University of Rijeka - HR  
Nihat Yildirim, Gaziantep University - TR  
Nikolaos Blasis, Technical University Of Crete - GR  
Novruz Allahverdi, Kto Karatay University - TR

Osman Nuri Celik, Konya Technical University - TR  
Onur İnan, Selcuk University - TR  
Pantha Ghosal, University Of Technology Sydney - AU  
Pino Caballero Gil, University Of La Laguna - ES  
Rita Ismailova, Kyrgyz Turkish Manas University - KG  
Sadık Alper Yıldız, Karamanoglu Mehmetbey University - TR  
Selahattin Alan, Selcuk University - TR  
Silyan Sibinov Arsov, Rousse University - BG  
Spiridon Cretu, Gheorghe Asachitechnical University Of Iasi - RO  
Stavros Nikolopoulos, University Of Ioannina - GR  
Stavros Christodoulakis, Technical University Of Crete - GR  
Tatjana Dulinskiene, Kaunas University Of Technology - LT  
Tayfun Findik, Gazi University - TR  
Temel Kayikcioglu, Karadeniz Technical University - TR  
Thomas Engel, University Of Luxembourg - LU  
Tugce Demirdelen, Adana Science Technology University - TR  
Ulku Sultan Keskin, Konya Technical University - TR  
Ulvi Seker, Gazi University - TR  
Umit Ayata, Ataturk University - TR  
Yuri Pavlov, Bulgarian Academy Of Sciences - BG  
Yusuf Uzun, Necmettin Erbakan University - TR  
Zarifa Jabrayilova, Institute Of Information Technology Anas – AZ

# Elektrikli ve Hibrit Araçlarda Kullanılan Bataryalar ve Özellikleri

## Batteries Used in Electric and Hybrid Vehicles and Their Features

Y. ULUS

University, Konya/Turkey, 228270002003@lisansustu.selcuk.edu.tr

**Özet** - Günümüzde, dünya genelinde artan çevresel endişeler ve enerji verimliliği ihtiyaçları, otomotiv sektörünü daha sürdürülebilir ve çevre dostu çözümler arayışına yöneltmiştir. Bu bağlamda, elektrikli ve hibrit araçlar, çevre konusundaki sorumluluklarımızı yerine getirme yolunda önemli bir kilometre taşı olarak öne çıkmaktadır. Elektrikli araçların sıfır emisyonlu olması, atmosferdeki kirleticileri azaltarak hava kalitesini artırırken, enerji verimlilikleri sayesinde doğal kaynakları daha etkin bir şekilde kullanma imkanı sunar. Hibrit araçlar ise elektrikli ve benzinli motorları birleştirerek, çevre dostu şehir içi sürüşlerden uzun mesafeli yolculuklara kadar geniş bir kullanım yelpazesi sunar. Elektrikli ve hibrit araçlar, bu avantajlarıyla hem bireysel kullanıcılar hem de endüstri açısından çevre bilincini artırarak, geleceğin ulaşımını daha sürdürülebilir bir hale getirme potansiyelini beraberinde taşımaktadır. Bu araçlar, enerji verimliliği, çevresel avantajlar ve sürdürülebilirlik ilkelerine odaklanarak, modern toplumların ulaşım alışkanlıklarını şekillendirme yolunda önemli bir rol oynamaktadır.

**Anahtar Kelimeler** – Yerleşik Şarj Birimi, Elektrikli Araç, Batarya, Güç Kaynağı, Şarj Cihazı

**Summary** - Today, increasing environmental concerns and energy efficiency needs around the world have led the automotive industry to seek more sustainable and environmentally friendly solutions. In this context, electric and hybrid vehicles stand out as an important milestone on the way to fulfilling our environmental responsibilities. The zero-emission nature of electric vehicles improves air quality by reducing pollutants in the atmosphere, while providing the opportunity to use natural resources more effectively thanks to their energy efficiency. Hybrid vehicles, on the other hand, combine electric and gasoline engines and offer a wide range of uses, from environmentally friendly urban driving to long-distance journeys. With these advantages, electric and hybrid vehicles carry the potential to make the transportation of the future more sustainable by increasing environmental awareness for both individual users and the industry. These vehicles play an important role in shaping the transportation habits of modern societies by focusing on energy efficiency, environmental advantages and sustainability principles.

**Keywords** – Onboard Charging Unit, Electric Vehicle, Battery, Power Supply, Charger

### I. GİRİŞ

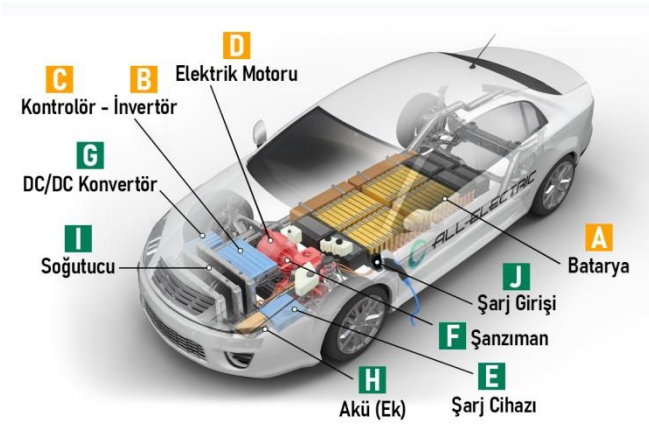
Günümüzde, dünya çapında hızla artan nüfus ve ekonomik aktivitelerle birlikte, fosil yakıtların kullanımından kaynaklı çevresel sorunlar daha da belirgin hale gelmiştir. Bu durum, otomotiv endüstrisini de etkileyerek daha sürdürülebilir ve çevre dostu ulaşım çözümlerine yönelmeye teşvik etmiştir. İnsanlar ve şirketler, daha temiz ve enerji verimli bir geleceğe katkıda bulunmak amacıyla elektrikli ve hibrit araçlara yönelmekte ve bu teknolojilerin önemini giderek daha çok kavramaktadır.

Elektrikli araçlar, fosil yakıtlı araçlara kıyasla çeşitli çevresel avantajlar sunmaktadır. İlk olarak, elektrikli araçların sıfır emisyonlu olması, atmosfere salınan zararlı gazları ve karbon ayak izini önemli ölçüde azaltır. Bu, hava kirliliği ile mücadelede etkili bir adımdır ve iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir rol oynar. Ayrıca, elektrikli araçlar, enerjiyi daha verimli bir şekilde kullanarak, geleneksel içten yanmalı motorlara göre daha düşük enerji tüketimine sahiptir, bu da doğal kaynakların daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına olanak tanır. Hibrit araçlar ise içerdikleri çift motor teknolojisi ile elektrikli ve benzinli güç kaynaklarını birleştirerek, daha yüksek enerji verimliliği elde etmeyi amaçlar. Bu araçlar, elektrikli modda düşük hızlarda ve şehir içi sürüşlerde çalışarak çevre dostu bir ulaşım sağlar, aynı zamanda uzun mesafeli yolculuklarda benzinli motoru devreye alarak pratik bir çözüm sunar.

### II. ELEKTRİKLİ ARAÇLARIN ÇALIŞMA PRENSİBİ

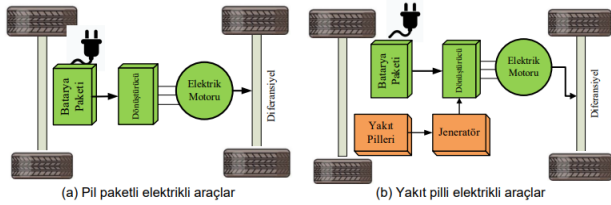
Elektrikli otomobil-araç denildiğinde bir elektrik motoru ile hareketi sağlanan her türlü tekerlekli araçlar akla gelir. Bu araçlarda bataryadan alınan elektrik enerjisi bir elektrik motoru ile mekanik enerjiye çevrilir. Bu mekanik enerji araç üzerindeki tahrik organları yardımıyla tekerleklerle aktararak hareket sağlanır. Elektrikli araçların temel parçaları; enerji depolama için batarya, tahrik sistemi için elektrik motoru, jeneratör, mekanik iletim ve güç kontrol sistemleridir (şekil-1). Elektrikli araçlarda tahrik sistemi, sadece elektrik motorundan veya hem elektrik hem de içten yanmalı motordan beslenebilir. Bu parçaların farklı yollarla ve farklı sistemlerde kullanılmasıyla 2 tür elektrikli araç geliştirilmiştir [1].





Şekil 1: Elektrikli otomobilin temel bileşenleri [2]

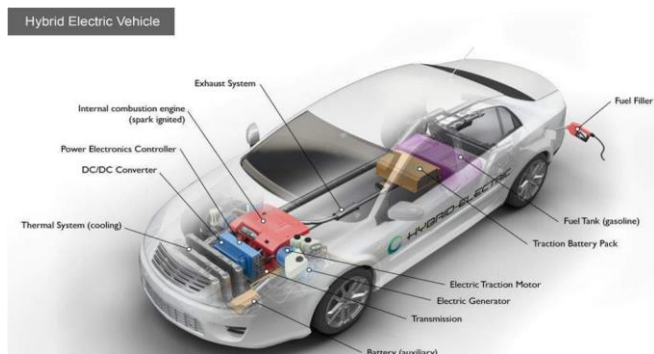
Pil paketli elektrik araçlarda, motor tahriki için gerekli enerji sadece pil paketlerinden sağlanmaktadır. Yakıt pilli elektrikli araçlarda ise, elektrik motorunun tahriki için, yakıt pillerinin kimyasal enerjisi elektroliz metodu ile elektrik enerjisine dönüştürülmektedir[3]. Şekil 2’de elektrikli araçların çalışma prensibi, güç aktarma sistemleri gösterilmektedir.



Şekil 2: Elektrikli araçların güç aktarma şeması [4]

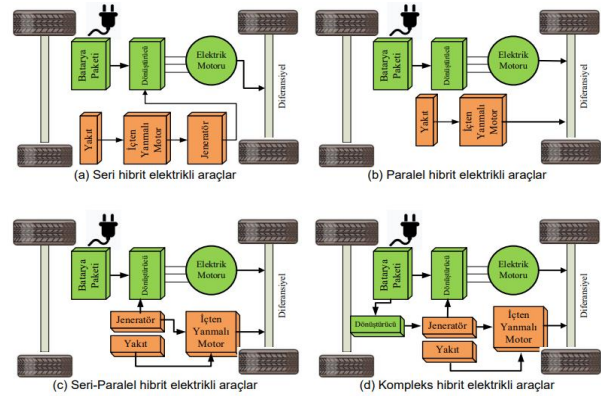
### III. HİBRİT ARAÇLARIN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Tümü elektrikli araçlarda karşılaşılan problemleri aşmak için elektrikli araç ile içten yanmalı motorlu araçların avantajlarını birleştiren karma bir yapı geliştirilmiştir. Hibrit araç olarak anılan bu araçlar, en az iki enerji kaynağına sahip ve bunlardan en az birinin elektrik enerjisi verdiği araçlar olarak tanımlanır. Bu genel tanımın ötesinde hibrit elektrikli araç (HEA) denildiğinde daha geniş kabul gören tanım bir elektrik motoru ve bir içten yanmalı motorun kullanıldığı araçlardır. Burada amaç tümü elektrikli araca içten yanmalı motor ekleyerek aracın menzilin ve gücünü artırmaktır[5]. Hibrit elektrikli araçlar içten yanmalı motor, elektrik motoru, harici enerji kaynağından şarj olabilen batarya depolama sistemi içerir (şekil-3).



Şekil 3: Hibrit otomobilin temel bileşenleri [6]

Hibrit araçlar güç aktarma prensipleri açısından; seri, paralel, seri-paralel ve kompleks olmak üzere dört başlık altından sınıflandırılabilir. Seri hibrit araçlarda, içten yanmalı motordan elde edilen enerji, jeneratör yardımıyla elektrik enerjisine dönüştürülerek motor tahrik edilir. Paralel hibrit araçlarda, elektrik motoru ile içten yanmalı motor birlikte veya ayrı ayrı olmak üzere enerji aktarımı sağlanır. Seri ve paralel güç aktarma prensiplerinden üretilen seri paralel ve karmaşık hibrit elektrikli araçlarda ise, güç performansı artırılarak, ekonomik yakıt tüketimi sağlanmaktadır. Söz konusu hibrit araçların, güç aktarma sistemleri şekil 4’te gösterilmektedir[5].



Şekil 4: Hibrit elektrikli araçların güç aktarma şeması [5]

### IV. ELEKTRİKLİ VE HİBRİT ARAÇLARDA KULLANILAN BATARYA TEKNOLOJİLERİ

Günümüzde farklı anma gerilimleri ve farklı enerji yoğunluklarına sahip çeşitli batarya teknolojileri mevcuttur. Elektrikli araçlarda yaygın olarak kullanılan bazı pil teknolojileri Tablo 1’de verilmiştir [7].

Batarya Çeşitleri	Nominal Gerilim (V)	Enerji Yoğunluğu (Wh/kg)	Çevrim Ömrü (#)	Hafıza Etkisi	Çalışma Sıcaklığı Aralığı (°C)
Pb-acid	2	35	1000	Yok	-15 - +50
NiCd	1.2	50-80	2000	Var	-20 - +50
NiMH	1.2	70-95	< 3000	Nadir	-20 - +60
Zebra	2.6	90-120	> 1200	Yok	+245 - +350
Li-ion	3.6	118-250	2000	Yok	-20 - +60
LiPo	3.7	130-225	> 1200	Yok	-20 - +60
LiFePO <sub>4</sub>	3.2	120	> 2000	Yok	-45 - +75
Zn-air	1.65	460	200	Yok	-10 - +55
Li-S	2.5	350-650	300	Yok	-60 - +60
Li-air	2.9	1300-2000	100	Yok	-10 - +70

Tablo 1. Elektrikli ve hibrit araçlarda kullanılan batarya teknolojisi [7]

### V. KURŞUN-ASİT BATARYALAR(PB)

Kurşun-asit aküler hem otomotiv hem de endüstriyel uygulamalarda enerji depolamak için kullanılırken, teknolojik gelişmelerle birlikte Li-iyon batarya sistemleri, sodyum-kükürt aküleri gibi yeni teknolojiler kurşun akülerin yerini almaya başlamıştır. Her iki sisteminde kazandırmış olduğu avantajlardan faydalanılırken sistemlerde kullanım amaçlarına ve yerlerine göre bazen bazı dezavantajlarda var olabilir. Kurşun asit bataryaların yüksek deşarj akımı, hafıza etkisinin bulunmaması ve maliyetinin düşük olması gibi önemli avantajları bulunmaktadır. Ancak nominal gerilimi ve enerji

yoğunlukları diğer batarya teknolojilerine göre düşüktür. Ayrıca kullanılmadıkları zaman batarya ömürleri düşmektedir[8]. Günümüzde içten yanmalı motorlara sahip olan çoğu aracın, elektrikli araçlara (EA) dönüşmesi ekolojik, sağlık ve maddi kazanç sağlaması bakımından önemlidir[9]. Kurşun-asit aküler uzun döngü ve raf ömrüne sahiptir. Elektrokimyasal bir enerji depolama sistemi olarak kullanılan kurşun piller, güvenilir ve düşük maliyetli olmasıyla önem arz eder[10]. Son yıllarda, pilin tam şarjlı duruma getirilmediği koşullarda bile daha uzun döngü ömürlerine sahip olacak şekilde geliştirilmiştir. Kısa süreli depolamalar için yüksek verimlilik kurşun pillerle karşılanabilir. Kurşun en verimli şekilde geri dönüştürülen metallere sahiptir ve kurşun akülerin %99'undan fazlası Avrupa ve ABD'de toplanıp geri dönüştürülmektedir [11].

## VI. NIKEL BAZLI BATARYALAR

### A) Nikel-kadmiyumbataryalar(NiCad)

Nikel-Kadmiyum (NiCd) bataryalar, geleneksel bir şarj edilebilir batarya türüdür. Son yıllarda nikel-kadmiyum (NiCd) bataryalar ise özgül enerji, özgül güç, çevrim ömrü ve güvenilirlik bakımından en iyi dengeyi sağlayan bataryalar olarak kabul edilmektedir. Nikel kadmiyum batarya sistemi pozitif nikel elektrot, negatif kadmiyum elektrot ve sulu elektrolit olarak potasyum hidroksitten oluşmaktadır. Nikel kadmiyum bataryalar kurşun asit bataryalara göre birim ağırlık bakımından bir miktar daha fazla enerji depolamaktadır. Bataryanın enerji yoğunluğu 50 Wh/kg ve güç yoğunluğu 200 W/kg kadardır. Bu bataryalar yüksek şarj ve deşarj oranlarına sahip olmaları nedeniyle hibrit elektrikli araçlarda kullanılmaktadır. Derin deşarj çevrim sayısı 2000 civarındadır. Kadmiyumun toksik ve çevreye zararlı olmasından dolayı, nikel-kadmiyum bataryaların geri kazanımı oldukça önemli ve bir o kadar da karmaşıktır. Çevreye verdikleri zarardan dolayı kullanımları durdurulmuştur [12].

### B) Nikel-metal hidrat batarya(NiMH)

Nikel-metal hidrat (NiMH) bataryalar, emisyon özellikleri bakımından daha iyi performansla sahip olduklarından, birçok elektrikli araç uygulamalarında tercih edilmeye başlanmıştır. NiMH, nikel kadmiyum bataryalara göre daha fazla enerji depolamaktadır ve batarya, metal hidrat karışımı olan negatif elektrot, potasyum hidroksit elektroliti ve de aktif malzemesi nikel hidroksit olan pozitif elektrottan oluşmaktadır. Negatif elektrot olarak hidrojen içeren metal alaşım kullanılmaktadır. NiMH batarya 70 Wh/kg dan fazla enerji yoğunluğuna ve 200 W/kg dan daha fazla güç yoğunluğuna sahiptir. NiMH bataryalar, kurşun asit bataryalardan yaklaşık 5 kat kadar daha pahalıdır [13].

### C) Sodyum-nikel klorit (Zebra) batarya

Sodyum-nikel klorit (ZEBRA) bataryaların prensibi Güney Afrika'da ortaya çıkartılmıştır ve bu konudaki ilk patent 1978'de alınmıştır [7]. ZEBRA bataryaların yüksek enerji yoğunlukları, bataryaların kullanıldığı sistemlerde batarya

kullanımının yarattığı en büyük sorun olan büyük hacim kaplama hususunda kullanılabilir bir alternatif yaratmıştır. ZEBRA batarya teknolojisi de yüksek sıcaklıkta çalışabilen bir başka sistemdir. ZEBRA bataryalar sodyum ve nikel klorit elektrotlar içermektedir. Sodyum-sülfür tabanlı bataryalara kıyasla ZEBRA bataryalar yüksek hücre gerilimi ve aşırı şarj-deşarja daha yüksek dayanıklılık gibi avantajlara sahiptir [14].

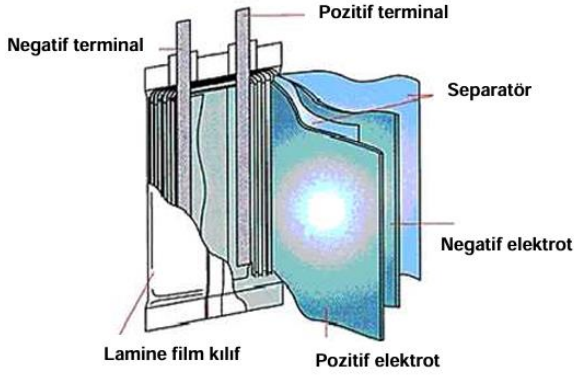
## VII. LITYUM-İYON BAZLI BATARYALAR (LI-ION)

Lityum-iyon bataryayı elektrikli araç uygulamalarında kullanılabilecek maliyet ve özelliklere getirebilmek için, Japonya (Sony ve Panasonic), Avrupa (SAFT ve Varta) ve ABD (Duracell) gibi çeşitli ülkelerde çalışmalar sürdürülmektedir. Lityum-iyon bataryalar yaklaşık 120 Wh/kg enerji yoğunluğuna ve 1000 çevrimlik derin deşarj çevrimine sahiptirler. Bu bataryalar, %80 şarj durumuna 1 saatten daha kısa sürede tekrar şarj edilebilmektedirler. Bu bataryalar yüksek enerji yoğunlukları nedeniyle, elektrikli araç uygulamaları için en uygun potansiyele sahip bataryalar olarak günümüzde değerlendirilmektedir[15]. Lityum iyon bataryalar günümüzde başta elektrikli araç uygulamalarında olmak üzere, elektronik cihazlarda ve birçok taşınabilir sistemde en çok tercih edilen batarya türüdür. Günümüzdeki teknolojiyle birlikte birim hücre başına en yüksek hücre gerilimi ve birim kütle başına en yüksek enerji yoğunluğuna sahip olan batarya çeşidi Lityum iyon bataryalardır. Bu bataryalar, hafıza etkisinin olmaması, kendi kendilerine deşarj olmalarının çok düşük oranda olması ve çevrim ömürlerinin yüksek olması bakımından diğer batarya çeşitlerinden üstündür[16].

Lityum iyon bataryalar, taşınabilir elektrokimyasal enerji depolamada ilk akla gelen kaynak olduğundan, performansı artırma uygulamalarını büyük ölçüde genişletebilmekte ve enerji depolamasına bağlı olarak yeni teknolojiler sağlayabilmektedir. Yeni malzemeler ve yeni stratejiler bulunduğunda, lityum iyon bataryaların gelecek yıllarda yaşam koşulları üzerinde şüphesiz daha fazla etkisi olacaktır [17].

### A) Polimer lityum-iyon batarya(Li-Po)

Li-iyon polimer bataryalar ticari olarak ilk 1998 yılında piyasaya sürülmüştür. Li-iyon polimer bataryalar, li-iyon bataryalar ile pozitif ve negatif elektrot malzemesi açısından benzerlik taşımaktadır. Li-iyon ve Li-iyon polimer bataryalar arasındaki fark elektrolit ve seperatör malzemesindedir. Li-iyon polimer bataryalarda elektrolit, katı ve iyon iletkenli olan bir polimer malzemedir oluşmakta ve bu elektrolit aynı zamanda seperatör olarak görev yapmaktadır[18]. Polimer li-iyon hücrelerde de silindirik ve prizmatik hücrelerle aynı aktif maddeler kullanılır. Polimer li-iyon hücrelerde düz ve yapışık elektrotlar kullanılarak ince bir hücre olarak üretilebilmesi sağlanmıştır. Bu katmanlı yapı şekli 5'de verilmiştir[19].



Şekil 5: Polimer li-iyon hücre katmanları [20]

### B) Lityum ferrofosfat batarya (LiFePO<sub>4</sub>)

LiFePO<sub>4</sub> bataryaları, lityum-iyon bataryalarının bir alt türüdür ve genellikle daha güvenli ve termal stabiliteye sahiptir. Düşük enerji yoğunluğuna sahip olsalar da, uzun döngü ömrü, düşük riskli termal davranış ve daha düşük maliyet gibi avantajları vardır. Elektrikli araçlarda, güneş enerjisi depolama sistemlerinde ve diğer uygulamalarda kullanılmaktadır. Lityum ferrofosfat (LiFePO<sub>4</sub>) piller termal ve kimyasal özellikleri açısından stabil olup gelecekte geniş kullanım potansiyeline sahiptir. Akım-gerilim (I-V) performansını yüksek doğrulukla tahmin eden bir pil modeli, devre tasarımcıları için hayati önem taşır; böylece pilin kullanımını kontrol edecek devreler tasarlayabilir, çalışma süresini ve kullanım sırasındaki güvenliğini iyileştirebilirler [21].

### C) Lityum mangan oksit batarya (LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)

Lityum mangan oksit piller ilk kez 1980'lerin başında piyasaya sürüldü, ancak ticarileşmeleri yaklaşık 15 yıl sürdü. Mimari, elektrot üzerindeki iyon akışını iyileştiren üç boyutlu bir spinel yapı oluşturur, bu da daha düşük iç direnç ve gelişmiş akım yönetimi sağlar. Düşük dahili hücre direnci, hızlı şarj ve yüksek akım deşarjını mümkün kılar. Li-manganez, 18.650'lik bir pakette orta düzeyde ısı oluşumuyla 20–30 A akımda boşaltılabilir. Bu kimya, lityum kobalt oksit bataryaya göre daha iyi termal stabilite sağlar ancak yaklaşık %33 daha düşük kapasite ve daha kısa bir kullanım ömrüyle sonuçlanır [22]. Lityum-Mangan bataryaları, lityum-iyon batarya ailesinin bir üyesidir ve özel olarak lityum-mangan oksit katot malzemesi kullanılarak üretilir. Bu bataryalar, enerji depolama sistemlerinde, elektrikli araçlarda ve diğer taşınabilir elektronik cihazlarda kullanılmaktadır [23]. Lityum-mangan oksit, diğer lityum-iyon katot malzemelerine göre daha düşük maliyetlidir, bu da LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> bataryalarının rekabet avantajı sağlamasına katkıda bulunur. Termal kararlılık ve güvenlik açısından iyi bir performans sergiler. Bu özellik, bataryanın aşırı ısınma ve patlama riskini azaltabilir. Lityum mangan oksit bataryaların dezavantajı ise enerji yoğunluğu diğer bataryalara göre daha düşüktür bu da uygulamalarda daha kısa kullanım süreleri anlamına gelir [24].

## VIII. BATARYA TEKNOLOJILERİNDEKİ GELİŞMELER

Tam elektrikli araçların performansı ve rekabet gücü, mevcut pil sistemlerinin güç, verimlilik ve pil maliyetleri açısından yakından bağlantılıdır. Enerji depolama cihazı geliştirmede, enerji yoğunluğu ve güç yoğunluğu açısından iyi bir umut vaat eden bazı ilerlemeler vardır, ancak hiçbiri hızlışarj / deşarj (yüksek güç yoğunluğu), büyük depolama kapasitesi (yüksek enerji yoğunluğu), düşük maliyet ve uzun ömür gibi parametrelerin istenen kombinasyonuna sahip değildir. Bu parametrelerin hepsini sağlayan bir pil sistemi tam olarak geliştirilememiştir [25]. Lityum-iyon batarya teknolojilerindeki gelişmeler, elektrikli araçların menzillerini artırmak için önemli bir rol oynamıştır. Daha yüksek enerji yoğunluğu, bataryaların daha fazla enerji depolamasını ve araçların tek bir şarjla daha uzun mesafelere gitmesini sağlamıştır. Hızlı şarj altyapısındaki ilerlemeler, elektrikli araçların şarj sürelerini önemli ölçüde kısaltmıştır [26]. Yüksek güçlü şarj istasyonları, araçların kısa sürede yeterli enerji almasına olanak tanır, bu da kullanıcıların daha uzun mesafelere rahatça seyahat etmelerini sağlar. Yenilikçi batarya teknolojileri, elektrikli araçlar için daha hafif, daha dayanıklı ve daha uzun ömürlü bataryaların geliştirilmesini amaçlar. Örneğin, katı hal bataryalar, enerji yoğunluğunu artırarak ve güvenliği iyileştirerek önemli bir potansiyele sahiptir. Batarya üretiminde sürdürülebilir malzeme kullanımı, çevresel etkileri azaltmak için önemli bir alan olmuştur. Geri dönüştürülebilir malzemelerin ve daha az çevresel etkisi olan üretim süreçlerinin kullanımı, endüstrinin çevresel sürdürülebilirliğini artırır. Batarya teknolojisindeki beklentiler ise akıllı şebekelerle enerji depolama sistemlerinin daha etkili bir şekilde entegre edilmesini sağlayan yüksek kapasiteli bataryalar ve enerji depolama çözümleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının değişken doğasına uyum sağlamasıdır [27].

## IX. SONUÇ

Elektrikli araçlar geleceğin ulaşım araçları olarak görülmektedirler ancak bataryalardan kaynaklı bazı kısıtlamalar bu alandaki teknolojik gelişimin hızını yavaşlatmaktadır. Şarj durumu açısından Li bataryanın diğer bataryalardan daha yüksek güce sahip olduğu, aynı zamanda derin deşarjlara daha elverişli olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca şarj deşarj süresinin diğer batarya tiplerine göre daha kısa olması nedeniyle frenleme sırasında açığa çıkabilecek enerjiyi depolama kabiliyeti diğer batarya tiplerine oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. NiZn, NiMh ve NiCad bataryalar, Li bataryaya göre nispeten daha düşük şarj kapasitesine sahiptir. Pb batarya ise araç hareketine katkısı bakımından en düşük kapasiteye sahiptir. Enerji depolama kabiliyeti bakımından NiZn, NiMh ve Li bataryalarının anlık enerji sirkülasyonlarının yüksek olduğunu göstermektedir.

Elektrikli araçlar, içten yanmalı motorlu araçların sebep olduğu problemlere çözüm getirebilecek potansiyele sahiptir. Ancak yaygınlaşma istenilen hızda değildir. Elektrikli araç teknolojisinin ilerlemesini yavaşlatan en büyük sorunlar

batarya kaynaklıdır. Bu yüzden çalışmalar, elektrikli araçta batarya performansı üzerinde yoğunlaşmaktadır.

[27] R. Rao, S. Vrudhula, and D. N. Rakhmatov, "Battery modeling for energy aware system design," *Computer*, vol. 36, pp. 77-87, 2003.

#### REFERANSLAR

- [1] Kocabey S. (2018) Elektrikli otomobillerin dünü bugünü vet geleceği vol.1 (pp.4-5)
- [2] <https://www.mesutabi.com/elektrikli-otomobiller-hangi-parcalardan-olusur-gorevleri-nelerdir/haberler/>
- [3] Chan, C.C., "The rise & fall of electric vehicles in 1828–1930: lessons learned" *Proceedings of the IEEE*, 2013, 101(1): 206 – 212.
- [4] Tören M., Mollahasanoğlu H., "Elektrikli ve Hibrit Araçlardaki Elektrik Motorlarının İçten Yanmalı Motorlarda Oluşan CO2 Emisyonunda Meydana Getireceği Değişimin Tahmini ve Verimliliğe Etkisi: Türkiye Örnekleme", *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2022, 9 (3); 1082-1097.
- [5] Tuna, M., Amaç Ergün, A., Ak, M., "Hibrit Elektrikli Araçlarda Kullanılan Yükselten DC/DC Dönüştürücünün Karşılaştırmalı Analizi", *UMES'07 - Ulusal Teknik Eğitim Mühendislik ve Eğitim Bilimleri Genç Araştırmacılar sempozyumu*, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 212-215, 20-22 Haziran 2007.
- [6] <https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2018/11/MCivlezZKasimaySunum.pdf>
- [7] Jia Ying Y. A review on the state-of-the-art technologies of electric vehicle, its impacts and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2015; 49: 365-385.
- [8] Özbacı Ü., Kılıç E. Elektrikli bir aracın batarya sisteminin modellenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*; (2): 64-69.
- [9] Sayılğan E. Kullanılmış pillerden çinko ve mangan metallerinin geri kazanımı ekonomik analiz ve matematik modelleme. Doktora, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, 2009.
- [10] Gül H.S. Elektrikli araçlar için batarya yönetim sistemi tasarımı. Yüksek Lisans, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2018.
- [11] Moseley P.T, Rand D.A, and Peters K. Enhancing the performance of lead-acid batteries with carbon-In pursuit of an understanding, *Journal of Power Sources* 2015; 295: 268-274.
- [12] Karden, E., Fricke, B., Miller, T. , Snyder, K., Ploumen, S., "Energy storage devices for future hybrid electric vehicles", *Journal of Power Sources* (2006).
- [13] Johnson, V.H., "Battery performance models in ADVISOR", *Journal of Power Sources*, Vol.110, pp. 321–329, (2002).
- [14] Baker, J., "New technology and possible advances in energy storage", *Energy Policy*, 36(12):4368–4373, 2008.
- [15] Dawood, V., Emadi, A., "Performance and fuel economy comparative analysis of conventional, hybrid, and fuel cell heavy-duty transit buses", *IEEE 58th Vehicular Technology Conference*, pp. 3310 – 3315, vol.5 (2003).
- [16] Turgüt M. Elektrikli araçlar için batarya yönetim sistemi tasarımı ve geliştirilmesi. Yüksek Lisans, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, 2018.
- [17] Rigan M. Batarya yönetim sistemi tasarımı. Yüksek Lisans, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye, 2020.
- [18] Bitsche, O. and Gutmann, G. 2004. Systems for hybrid cars, *Journal of Power Sources*, 127, 8-15.
- [19] M. R. Jongerden and B. R. Haverkort. "Which battery model to use?," *Software, IET*, vol. 3, pp. 445-457, 2009.
- [20] <https://tr.manly-battery.com/info/detailed-working-principle-of-li-polymer-batte-62446746.html>
- [21] W.Y. Low , *Journal of Power Sources* Volume 221, 1 January 2013, Pages 201-209.
- [22] BU-205: Types of Li-Ion. Available online: [https://batteryuniversity.com/learn/article/types\\_of\\_lithium\\_ion](https://batteryuniversity.com/learn/article/types_of_lithium_ion) (accessed on 5 May 2019).
- [23] Johnson, C.S.; Li, N.; Vaughey, J.T.; Hackney, S.A.; Thackeray, M.M. Lithium-manganese oxide electrodes with layered-spinel composite structures  $xLi_2MnO_3 \cdot (1-x)Li_{1+y}Mn_{2-y}O_4$  ( $0 < x < 1$ ,  $0 \leq y \leq 0.33$ ) for lithium batteries. *Electrochem. Commun.* **2005**, *7*, 528–536.
- [24] Exciting Developments in NMC811 Lithium Battery Technology. Available online: <https://cleantechnica.com/2018/03/04/exciting-developments-nmc-811-lithium-battery-technology/> (accessed on 5 May 2019).
- [25] Obrovac, M.N.; Christensen, L. Structural Changes in Silicon Anodes during Lithium Insertion/Extraction. *Electrochem. Solid-State Lett.* 2004, *7*, A93–A96.
- [26] Liu, X.H.; Zhong, L.; Huang, S.; Mao, S.X.; Zhu, T.; Huang, J.Y. Size-Dependent Fracture of Silicon Nanoparticles during Lithiation. *ACS Nano* **2012**, *6*, 1522–1531.



# Uçak Bakımlarında Yapay Zekanın Kullanımı

## Usage of Artificial Intelligence in Aircraft Maintenance

S.MEHDİYEV<sup>1</sup>, Y.ULUS<sup>2</sup>, İ. YILDIRIM<sup>3</sup> ve A.A. MOHAMMED<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Azerbaycan Savunma Sanayi bakanlığı, Bakü Cihaz İmalat Fabrikası, Bakü, Azerbaycan, mehdiyev.shahin@inbox.ru

<sup>2</sup>Selcuk University, Konya/Türkiye, [228270002003@lisansustu.selcuk.edu.tr](mailto:228270002003@lisansustu.selcuk.edu.tr)

<sup>3</sup>İdlip, Suriye, [ipekyildirimyos@gmail.com](mailto:ipekyildirimyos@gmail.com)

<sup>4</sup>Halep, Suriye, [aishaalmuhammad2003@gmail.com](mailto:aishaalmuhammad2003@gmail.com)

**Özet** – Uçakların bakımında yapay zeka, son yıllarda önemli bir rol oynamaktadır. Yapay zeka teknolojileri, uçak bakım süreçlerini daha verimli hale getirmek, hata tespitini iyileştirmek ve operasyonel maliyetleri düşürmek için kullanılmaktadır. Yapay zekanın uçak bakımında kullanım alanları ; Tahmin analitiği, Veri Analizi ve Bakım Optimizasyonu, Arıza teşhisi, Proaktif Bakım ve Otonom Bakımdır.

**Anahtar Kelimeler** - Yapay Zeka, Uçak Bakım, Tahmin Analitiği, Veri Analizi, Kestirici Bakım

**Abstract** – Artificial intelligence in aircraft maintenance has been playing an important role in recent years. Artificial intelligence technologies are used to make aircraft maintenance processes more efficient, improve error detection and reduce operational costs. Areas of use of artificial intelligence in aircraft maintenance; Predictive analytics, Data Analysis and Maintenance Optimization, Fault diagnosis, Proactive Maintenance and Autonomous Maintenance.

**Keywords** - Artificial Intelligence, Aircraft Maintenance, Predictive Analytics, Data Analysis, Predictive Maintenance

### I. GİRİŞ

Kestirimci bakım, bir makine veya sistemde oluşabilecek arızaları önceden tahmin etmek ve önleyici önlemler olarak bakım süreçlerini optimize etmek amacıyla kullanılan bir bakım stratejisidir. Geleneksel bakım yöntemlerine kıyasla daha verimli ve maliyet etkin bir yaklaşımdır. Bu bakım yöntemiyle makine veya sistemlerin sürekli olarak izlenen sensör verilerini ve diğer ilgili verileri analiz ederek arızaların veya performans düşüşlerinin olası belirtilerini tespit etmeyi hedefler. Yapay zeka ile kestirimci bakım için gerekli olan büyük veri setlerini analiz ederek yapay zeka algoritmaları, sensör verileri, bakım kayıtları, uçuş verileri ve diğer ilgili verileri analiz eder ve anormal durumları veya potansiyel arızaları tespit eder.

Veri analizi ve bakım optimizasyonu ile yapay zeka kullanılarak büyük veri analitiği ve makine öğrenme algoritmalarıyla uçaklardan elde edilen verileri analiz ederek bakım süreçlerini optimize edebilir. Bu veriler motor performansı, yakıt tüketimi, uçuş verileri ve bakım kayıtlarını içerir. Yapay zeka, bu verileri inceleyerek önerilerde bulunabilir ve daha etkili bakım programları oluşturabilir. Arıza teşhisinde yapay zekanın kullanımı

uçaklardaki potansiyel arızaları tespit etmek için görüntü tanıma ve sensör verilerini analiz edebilir. Uçakların içinde ve dışında yerleştirilen kameralar ve sensörler, yapay zekanın anormal durumları veya potansiyel sorunları tespit etmesine yardımcı olur. Proaktif bakım yapay zeka ile uçaklardaki bileşenlerin performans verilerini sürekli olarak izleyerek, öngörülemeyen arızaları önceden tespit edebilir. Bu sayede, bakım ekipleri belirli bir bileşenin arızalanmasından önce müdahale edebilir ve planlı bir şekilde bakım yapılabilir. Otonom bakım ise uçaklardaki bakım süreçlerini otomatikleştirebilir yapay zeka destekli robotlar uçakların dış yüzeylerini tarayarak hasar tespiti edebilir veya bakım ihtiyaçlarını belirleyebilir.

### II. HAVACILIKTA BAKIM

Havacılık endüstrisinde birçok bakım sınıflandırması bulunmaktadır; bunlar önleyici, öngörücü, yönergeli ve düzeltici/ardışık bakım olarak ayrılır. Düzeltici veya arıza bakımı, arızanın meydana geldikten sonra yapılır ve uçuş programlarını kesintiye uğratabilir, şirketin itibarı üzerine ciddi olumsuz etkilere neden olabilir ve kesintiye uğratabilir ve kesinlikle planlı bakımdan çok daha maliyetli olabilir.[1] Arızaların sistemli incelenmesi sırasında öncelikle anahtar performans göstergeleri dikkate alınır. Teknik özelliklerini (iş durma süresi, maliyetler ve oluşum sıklığı) ve bakım göstergeleri üzerindeki etkilerini anlamak için bu göstergeler üzerinde durulur. Bir

bakım emrinin zamanında gerçekleştirilmesinin yanı sıra tahminlerin ve yararlı önerilerin başarı ölçümü ve kontrolü, yalnızca bir makine öğrenme yönteminin ve bir göstergelerinin hesaplanmasında da kullanılır. Tanımlanan ana göstergelerin nicelendirilmesiyle, mevcut durum olgunluk seviyesi değerlendirilir ve zayıflıklar belirlenir. Bu sonuçlar, şirketin stratejik önceliklerine dayalı olarak şirket özelinde hedef olgunluk durumunun tanımlanmasına temel oluşturur.[2]

Önerilerin maliyetle ilgili sensör tarafından üretilen verilere dayanarak sürekli olarak iyileştirilmesi için bir geri bildirim mekanizması eklenmesi gerekmektedir. Bu şekilde teşhis, tahmin ve öneriler aşamaları daha fazla araştırılabilir ve yeni geliştirilmiş algoritmalarla

zenginleştirilebilir. Yönergeli bakım doğası gereği bağlamsal olarak bilgilidir.[3]Bu güne kadar önerilen yönergeli bakım çözümlerinde, bakım operatörlerinin önerilen görevleri kabul etmesi veya reddetmesi gerekmektedir, çünkü onların örtük tecrübe ve 'kabilevi' bilgisine dayanarak bağlamsal olarak bağımlı bir bakım kararı alınması gerekmektedir. Önerilen görevlerin kabul edilmesi veya reddedilme bilgileri, tanımlanan kuralları ve önerileri sürekli olarak iyileştirmek için geri bildirim bilgisi olarak işlenir ve analiz edilir. Bu anlamda önerilen yönergeli bakım kurallarının dinamik bir işletme ortamına otomatik olarak uyum sağlaması için çalışmalar gerekmektedir. Bu makine öğrenme yaklaşımları aracılığıyla insan bilgi ve deneyime daha az bağımlı olan tamamlayıcı bir bakım sürecine olanak sağlar.[4]

### III. BAKIMDA YAPAY ZEKA UYGULAMALAR

#### A. Bilgi Tabanlı Sistemler

Bilgi tabanlı sistemler (BTS), bilgiyi formalize etme ve otomatikleştirme yöntemi sağlar. Bilgi varlıklarını yönetme konusundaki değerleri göz ardı edilmemiştir: uzman bilgisini korumak, bilgi aşınmasını önlemek vb. Amaçlarıyla desteklenmişlerdir. BTS, bir bilgi mühendisliği sürecinin sonucudur ve bilgi tabanlı sistemlerin adında olsa da genellikle bir bilgi perspektifinden düşünülmezler. Sonuç olarak, literatürde BTS'nin kurumsal değerleriyle ilgili yanlış bir bakış açısı mevcuttur ve teknolojiye gereğinden fazla vurgu yapılır. BTS'nin bilgi yönetimi için potansiyel önlemler olarak değerlendirilmesi gereken konuları belirlemek için bir yol sunulur. Değerlerini göstermek için BTS'nin organizasyonlar içinde nasıl işlev gördüğüne dair yakın zamanda yapılan bir deneysel araştırmanın sonuçları sunulmaktadır.[5]

Yıllar içerisinde, bakım alanındaki bilgi tabanlı sistemlere olan ilgili değişkenlik göstermiş olup genel olarak orta düzeyde ilgi görmüştür. Uygulamalar aynı zamanda geniş bir alanı kapsamıştır. Batanov ve diğerleri (1993), bakım yönetimi için bir prototip bilgi tabanlı sistem olan EXPERT-MM'I sunmaktadır. Bu sistem bakım politikası önerileri sunmakta, makine teşhisleri sağlamakta ve bakım programlaması sunmaktadır.[6]

#### B. Bulanık Mantık

Bulanık mantık geleneksel teşhis yöntemlerinin farklı dezavantajlarını aşmak için makine teşhisi için önerilmiştir. Bu yaklaşımlardan biri olan hatamodu ve Etki Kritik Analiz yöntemi (FMECA) potansiyel hata modlarını belirlemeye ve hataları önceden tedavi etmeye yönelik öznelikli uzman değerlendirmelerine dayanmaktadır. FMECA'yı iyileştirmek veya onun yerine geçirmek için birkaç farklı bulanık mantık versiyonu kullanılsa da her hata modunu ayrı ayrı değerlendirdiği için maliyet açısından son derece maliyetli bir yaklaşım olduğu için bu öneriler açıkça kombinasyonel karmaşıklığa odaklanmamış veya bulanık mantık modellemesinde üyelik fonksiyonu seçimini açıklamamıştır.[7]

Bulanık mantık birçok uygulaması olan ve genellikle diğer yapay zeka teknikleriyle birlikte kullanılan popüler bir yapay zeka tekniğidir. Zadeh'in 1965 yılında yayınladığı makale, bulanık kümelerin kavramını tanıtmıştır. Daha sonra Zadeh tarafından yapılan bir yayında yaklaşık akıl yürütmenin formalizasyonunu hedefleyen dar bulanık mantık ve bulanık küme teprişiyle örtüşen ve dar bulanık mantıktan çok daha geniş olan geniş bulanık mantık tanımlanmıştır. Belirsizlikle başa çıkma konusundaki kolaylığı nedeniyle, FL'nin bakım problemlerini modellemede uygulanmasına yönelik sürekli bir ilgi vardır. Mozami ve diğerleri yol durum indeksi, trafik hacmi, yol genişliği ve onarım bakım maliyeti gibi faktörlere dayanarak bakım faaliyetlerini önceliklendirmek için FL kullanmaktadır.[8]

#### C. Bakım Stratejisi Seçiminin Durum Çalışması

Uçak bakımında en yaygın üç strateji olan düzeltici, tahmin edici ve öngörücü bakım belirlenen alternatiflerdir. Havacılık endüstrisinde A-D kontrolleri veya önleyici bakım gibi diğer bazı bakım yöntemleri de bulunmaktadır. Bu çalışma rutin kontroller veya zaman tabanlı/ periyodik bakım yöntemleri oldukları için bu yaklaşımlar dışlanmıştır.[9]

Airbus Defence and Space, bakım stratejisi elde etmek için RCM (Reliability Centered Maintenance) karar mantığı genişletilmiş bir çerçeve çalıştırmak için bir araç geliştirdi. Bu araç EPGDS (Elektrik Güç Üretimi ve Dağıtım Sistemi) adlı bir vaka çalışmasıyla gösterilmektedir. Ana alt sistemlerin FMECA'lara giriş olarak aracı çalıştırdıktan sonra, her alt sistem düzeyindeki hataya yönelik bakım türü veya diğer işlemi belirler.[10]

#### D. Durum Tabanlı Mantık Yürütme

Durum tabanlı akıl yürütme geçmiş deneyimleri yeni sorunları çözmek için indeks şemaları, benzerlik fonksiyonları ve adaptasyon kullanılır. Diğer yapay zeka teknikleriyle birleştirildiğinde, makine öğrenme yeteneği sayesinde karmaşık sorunları çözebilen güçlü hibrit sistemler sağlayabilir.[11]

Bu yöntem yapay zeka alanında göreceli olarak yeni bir yöntemdir. Deneyimden elde edilen bilgilerden faydalanarak genel bir problem çözme yöntemidir ve önceki benzer çözümleri mevcut bir sorunu çözmek için uyarlamayı amaçlar. Durum tabanlı akıl yürütme birkaç faaliyetten oluşan bir döngüsüyle kavramsal olarak tanımlanabilir.[12] Bu faaliyetler şunları içerir ;

- Durum tabanından benzer durumların alınması
- Giriş ve alınan durumların eşleştirilmesi
- Alınan benzer durumların önerdiği çözümlerin yeni problem daha iyi uyması için uyarlanması
- Yeni çözümün doğrulandıktan sonra korunması veya onaylanması.

Durum tabanlı akıl yürütme yöntemleri sorunu anlamak için durum özellik değerlerini toplar ve analiz eder. Bu sistemde benzer durumların alınması, durum özellikleri çiftleri arasındaki mesafeyi hesaplamak için

$$F(k,i) = \frac{F1(k,i)}{F1max(i)} + \frac{F2min(i)}{F2(k,i)} + \frac{F3min(i)}{F3(k,i)} + \frac{F4min(i)}{F4(k,i)} \rightarrow \max(17)$$

kullanılan bir benzerlik metriğine dayanır. Genel olarak benzerlik metriğinin performansı ve özellik ağırlıkları durum tabanlı akıl yürütmenin anahtarıdır.[13]

### E. Genetik Algoritmalar

Genetik algoritmalar, karmaşık karar verme problemlerinde pratik bir optimizasyon aracı olarak uygulanmıştır. Diğer optimizasyon algoritmalarına göre hakim olan genetik algoritmaların başlangıç avantajları, optimal noktayı aramak için arama düzleminde tek bir konumdan değil birden çok konumdan ve türetilen yerine adaptasyon fonksiyonu tarafından belirlenen bilgiye dayanmalarıdır. Fonksiyon değerlerine dayalı olarak, genetik algoritmaların avantajı olan bir kriterdir. Genetik algoritmanın yakınsaklık yöntemlerinden biri olduğu ve yakınsayan çözümler sağlayan sezgisel yöntemlerden biri olduğu vurgulanmalıdır. Bu dezavantajlara rağmen genetik algoritmalar optimizasyon problemlerinde başarıyla kullanılmaktadır. Genetik algoritma, yinelemeli bir algoritmadır, bu nedenle oluşturulan çözüm her bir sonraki yineleme geçildikçe iyileşir. Popülasyondaki her birey adaptasyon fonksiyonuna göre değerlendirilir.[14]

Genetik algoritmalar bakım alanında uygulanan en popüler yapay zeka tekniklerinden biridir. Genetik algoritmalar birçok farklı bakım sorunu ve uygulamasında yayınları bulunmaktadır, ancak bunlar genellikle stratejik nitelikten ziyade operasyonel niteliktedir. Bakım alanında son dönemlerde birçok gelişme ve genetik algoritmaların uygulaması bulunmaktadır. [15] Bakım planlama problemleri, içerdikleri büyük miktardaki değişken ve bu değişkenler arasındaki bağımlılık nedeniyle geniş çaplı ve karmaşık uygulamaları temsil etmektedir. Önleyici bakım planlaması genellikle problem doğasından kaynaklanan karmaşıklık ve tipik veri eksikliği nedeniyle en karmaşık faaliyetlerden biridir.[16]

### F. Kromozom Yapısı

Kromozom yapısı bir matris yapısıdır ve dört bölüme ayrılmıştır. Her biri matematiksel modelin karar değişkeninin bir temsilcisidir. Geliştirilen yapı belirli bir takım türüne atıfta bulunmaktadır. Uçak ve ekip zaten belirlenen hizmet türü için belirli bir bakım tesisi için atama yapılması için seçilir. Haftalık uçak işletme programı için genetik algoritma tarafından işlenen kromozom yapısı yorumlanabilir.[17]

#### 1) Adaptasyon Fonksiyonu

Adaptasyon fonksiyonuna göre, genetik algoritma nihai çözümü belirler. Genetik algoritmanın prensibine göre, bu algoritma maksimum çözümleri arar. Matematiksel modele

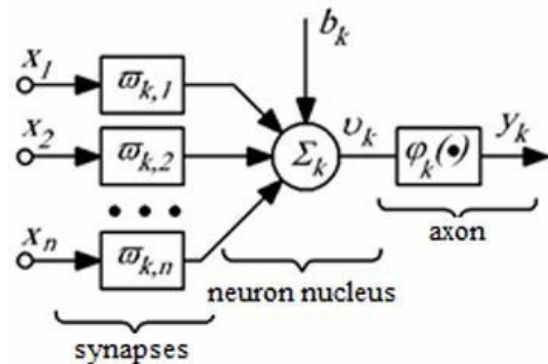
dahil edilen farklı türdeki kriter fonksiyonlarını dikkate alarak,, k-th matris yapısı  $M(i,k)$  için adaptasyon fonksiyonları aşağıdaki gibi sunulabilir ( $K=[1, \dots, k, \dots, K]$ -populasyondaki yapıların kümesi, I- algoritmanın iterasyonu):[18]

### G. Sinir Ağı

Bir sinir ağı, deneysel bilgiyi biriktiren ve ileri işleme için sunan temel bilgi işleme birimlerinden oluşan dağıtılmış bir paralel işlemcidir. Sinir ağının insan beyniyle benzerliği, birinci olarak, bilginin çevreden sinir ağının girmesi ve öğrenme sürecinde kullanılması, ikinci olarak ise sinir hücreleri arasında sinaptik ağırlıklar adı verilen bağlantıların bilgi biriktirmek için kullanılmasıdır. Geleneksel olarak sinir ağının eğitim prosedürü, bireysel sinir hücrelerinin sinaptik ağırlıklarının değiştirilmesini içerir. Aynı zamanda, öğrenmenin amacı, ağı oluşturan sinir hücreleri arasındaki bağlantıların gereken yapıyı sağlamak için belirli bir sırayla inşa edilmesidir. Aynı zamanda, sinir ağı insan beyninin bir modeli olduğu için sinir hücreleri ve sinaptik bağlantılar sürekli olarak ölüyor ve yeni bağlantılar oluşturuluyor. Bu nedenle sinaptik ağırlıkları değiştirmeye dayanan öğrenme algoritmalarının yanı sıra sinir ağının topolojisini değiştiren öğrenme algoritmaları uygulanmaktadır. Sinir ağının farklı türlerinin önemli çeşitliliğine rağmen, hepsinin yapay bir sinirin yapısıyla ifade edilen ortak özellikleri vardır. Bu yapı bir işlem birimi olan yapay bir siniri içerir.[19]

### H. Veri Madenciliği

Veri madenciliği ve akıl yürütme yoluyla keşfedilen bilginin, bakım verimliliğini artırmak amacıyla Interaktif Elektronik Teknik Kılavuzu içine entegre edilmesi , yakın gelecekte gerçekleştirilmesi gereken bir hedefdir. Ayrıca, O düzeyindeki akıl yürütme sonuçlarının, I düzeyindeki SmartTPS gibi çalışmalara etki etmek için kullanılması mümkündür.[20] Büyük miktarda geçmiş uçak bakım verisi ve ilgili uçak BIT kodlarından teşhis modelleri geliştirmek, yalnızca ilgili verileri madencilik yapabilen zeki bir yazılım gerektirir. Eğer gerekli tüm veriler etkili bir şekilde elde edilirse ve birleştirilebilirse, veri madenciliğinin uygulanması, uçak bakımı içinde gerçekleştirildiği şekli olumlu yönde etkileyen etkili bir bilgi veritabanı oluşturma konusunda potansiyele sahiptir.[21]





Uçak bakım verilerinin derinlemesine madenciliği için uygun algoritmaları seçilir. Yaygın olarak kullanılan very madenciliği algoritmaları arasında sinir ağları , destek vector makineleri, K-means kümeleme, ilişki kuralı algoritmaları vb. Bulunur. Bu algoritmalar kullanılarak ilişki kuralları üreten modeller oluşturulabilir. Her uçak ve filonun DMC değerlerinin ve eğilimlerinin very madenciliği yapılarak incelenmesiyle, ani değişikliklerin ve anormal eğilimlerin nedenleri bulunabilir ve büyük miktardaki verilere dayanarak DMC'yi etkileyen temel faktörler tespit edilebilir.[22]

#### IV. UÇAK BAKIMINDA MAKİNE ÖĞRENİMİ UYGULAMA AMAÇLARI

##### A. Uçak Parçalarının Değiştirilmesi

Ekipmanın ömrünü maksimum düzeyde artırmak için değiştirme işlemi, belirli bir zaman periyodu yerine uçak parçalarının durumuna dayandırılabilir. Sensör verilerinin akıllı bir şekilde analiz edilmesiyle çeşitli uçak parçalarının durumu belirlenebilir. Uçak parçalarının kalan kullanılabilir ömrünü tahmin etmek için makine öğrenimi teknikleri kullanılabilir. Bu teknikler, gerçek dünya koşullarına uygulanan bileşenlerin bozulma davranışını tanımlamak için verilere dayalı modeller geliştirmek ve bu modelleri kullanmaktadır.[23]

##### B. Parçaların Bakımı

Yapay zeka tabanlı algoritmalar, motor bakım çalışmalarını tanımlamak, müşteri motor erişilebilirliğini ve bakım maliyetlerini iyileştirmek, müdahale planlaması ve bakım stratejisi uygulaması ile entegre parça tedarik planı elde etmek için kullanılmıştır. Bu amaç doğrultusunda bir atölye veri seti üzerinde makine öğrenimi kullanılmış, depodaki yedek parça miktarını, maliyetini ve teslim süresini optimize etmek amaçlanmıştır. Bu veri seti, tamir talepleri, motor çalışma saatleri, adli deliller ve belirli bir motor tipi için işlenmiş yedek parçalarla ilgili genel bilgiler gibi bilgiler içermektedir ve farklı yılları ve filoları kapsamaktadır. Bu veriler, her yedek parçanın tamir durumunu daha iyi bir depo yönetimi için öngörmek amacıyla çeşitli makine öğrenimi modelleri geliştirmek için kullanılmıştır. Her bir yedek parça için çoklu etiket sınıflandırma stratejisi kullanılarak tamir durumunu tahmin eden bir makine öğrenimi modeli oluşturulmuş ve eğitilmiştir. Her bir sınıflandırıcı, parçanın tamir durumunu tahmin etmek üzere özelleştirilmiştir.[24]

##### C. Bakım Planlaması

Bir eylem planı geliştirme süreci bakım planlaması olarak bilinir. Etkili bakım planlaması, tüm bakım , tamir ve inşaat görevlerini kapsayan bir strateji oluşturmayı içerir. Yapılacak işler mümkün olduğunca açık ve eksiksiz olarak

belirlenmelidir.[25] Havacılıkta, uçak bileşeni güvenilirliği ve erişilebilirliği her zaman önemli düşünceler olmuştur. Olası hataların doğru bir şekilde tahmin edilmesiyle uçak bileşenlerinin ve sistemlerinin güvenilirliği artırılabilecektir. Uçak bileşenlerinin tamamının bakım revizyon giderleri, bakım işlemleri programına bağlı olarak belirlenir.[26]

##### D. Bakım Maliyeti

Havacılıkta, uçak bileşeni güvenilirliği ve erişilebilirliği her zaman önemli düşünceler olmuştur. Uçak bileşenlerinin ve sistemlerinin güvenilirliği, olası hataların doğru bir şekilde tahmin edilmesiyle artırılabilir. Uçak bileşenlerinin tamamının bakım ve revizyon masrafları, bakım işlemleri programına göre belirlenir. Bakım harcamaları, bir havacılık sisteminin toplam işletme giderlerinin önemli bir kısmını oluşturur.[27]

#### V. SONUÇ

Bu makale, uçak bakımı için en son tasarım ve optimizasyon makine öğrenme yöntemlerinin kapsamlı bir incelemesini ve analitik karşılaştırmasını sunmaktadır. Uçak bakım sistemini optimize etmek için bakım süresi ve maliyeti gibi çeşitli değerlendirme faktörleri açıklamış ve özetlemiştir. Tamir süresi, değiştirme süresi, bakım maliyeti gibi bazı parametrelerin dikkate alınması, en hızlı ve ucuz bakım için optimal bir kombinasyon elde etmek açısından önemlidir. Bu parametreler, tamir süresinin doğru tahmin edilmesine, arızaların önlenmesine, uçağın güvenliğinin sağlanmasına ve düzenli bakımın optimizasyonuna olanak sağlar. Ayrıca, gerekli parçanın bulunabilirliği ve bakım planlaması, uçak bakım optimizasyonu sorununa etki eder.

#### KAYNAKLAR

- [1] Turkish Aeronautical Association University, Logistics Management Department. 'Artificial Intelligence Supported Aircraft Maintenance Strategy Selection with q-Rung Orthopair Fuzzy TOPSIS Method' A.Pınar July 2022
- [2] T. Nemeth, F. Ansari, W. Sihn, B. Haslhofer, and A. Schindler, "PriMa - X: A reference model for realizing prescriptive maintenance and assessing its maturity enhanced by machine learning," *Procedia CIRP*, vol. 72, pp. 1039–1044, 2018.
- [3] A. Bousdekis, N. Papageorgiou, B. Magoutas, D. Apostolou, and G. Mentzas, "Enabling condition-based maintenance decisions with proactive event-driven computing," *Computers in Industry*, vol. 100, pp. 173–183, 2018.
- [4] K. Matyas, T. Nemeth, K. Kovacs, and R. Glawar, "A procedural approach for realizing prescriptive maintenance planning in manufacturing industries," *CIRP Annals*, vol. 66, no. 1, pp. 461–464, 2017.
- [5] Knowledge-based systems and knowledge management: Friends or foes? Volume 35, Issue 2, 8 February 1999, Pages 113
- [6] 2nd IFAC Workshop on Advanced Maintenance Engineering, Services and Technology Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain. November 22 - 23, 2012
- [7] 16 pages in single column format, 11 figures, 12th International Conference on Artificial Intelligence, Soft Computing and Applications (AIAA 2022) December 22 ~ 24, 2022, Sydney, Australia
- [8] 2nd IFAC Workshop on Advanced Maintenance Engineering, Services and Technology Universidad de Sevilla, Sevilla, Spain. November 22 - 23, 2012

- [9] R. R., & Alajlan, N. (2017). Approximate reasoning with generalized orthopair fuzzy sets. *Information Fusion*, 38, 65-73.
- [12] Dhar V, Strin R (1997) Intelligent decision support methods. Prentice Hall, p 156
- [13] Kim SH, Shin SW (2000) Identifying the impact of decision variables for nonlinear classification tasks. *Expert Syst Appl* 18:201–214
- [14] Kowalski M, Izdebski M, Żak J, Gołda P, Manerowski J. Planning and management of aircraft maintenance using a genetic algorithm *Maintenance and Reliability* 2021; 23 (1): 143–153
- [15] Yang, Z. and Yang, G. (2012) Optimization of Aircraft Maintenance plan based on Genetic Algorithm. *Physics Procedia*, Vol 33, 580-586.
- [16] Kim, H., Nara, K. and Gen, M. (1994) A Method for maintenance scheduling using GA combined with SA. *Computers & Industrial Engineering*, Vol 27, 1–4, 477-480.
- [17] Nourelfath, M., Châtelet, E. and Nahas, N. (2012) Joint redundancy and imperfect preventive maintenance optimization for series-parallel multi- state degraded systems. *Reliability Engineering & System Safety*, Vol 103, 51-60.
- [18] Izdebski M, Jacyna-Gołda I, Wasiak M, Jachimowski R, Klodawski M, Pyza D, Żak J. The application of the genetic algorithm to multi-criteria warehouses location problems on the logistics network, *Transport* 2018; 33(3): 741-750
- [19] Dolgov, O., Safoklov, B., Sergeeva, S., Ivanova, A., 2021. Application of automated systems for quality control of ground anti-icing treatment of aircraft. *E3S Web of Conferences* 244. doi:10.1051/e3sconf/202124408001.
- [20] S.A. Wegener, "Smart Test Program Set", *Proc. IEEE AUTOTESTCON (IEEE Systems Readiness Technology Conference)*, pp. 183-186, 2003.
- [21] J.W. Sheppard and W.R. Simpson, "Incorporating Model-Based Reasoning in Interactive Maintenance Aids", *Proc. Aerospace Electronics Conference*, pp. 1238-1242, 1990.
- [22] Boram Choi, Jong Hwan Suh. Forecasting Spare Parts Demand of Military Aircraft: Comparisons of Data Mining Techniques and Managerial Features from the Case of South Korea. *Sustainability*. 2020, 12(15).
- [23] D. Azevedo, B. Ribeiro, and A. Cardoso, "Web-based tool for predicting the Remaining Useful Lifetime of Aircraft Components," In 2019 5th Experiment International Conference, Funchal, Portugal, June 12-14, 2019, IEEE, pp. 231-232.
- [24] A. Capodici, A. Caricato, A. P. Carlucci, A. Ficarella, L. Mainetti, and C. Vergallo, "Using different machine learning approaches to evaluate performance on spare parts request for aircraft engines," *E3S Web Conf.*, vol. 197, Article ID: 11014, 2020.
- [25] A. El Afia and M. Sarhani, "Particle swarm optimization for model selection of aircraft maintenance predictive models," In *Proceedings of the 2nd international Conference on Big Data, Cloud and Applications*, New York, USA, March, 2017, POLA, pp. 1-12
- [26] K. Celikmih, O. Inan, and H. Uguz, "Failure prediction of aircraft equipment using machine learning with a hybrid data preparation method," *Sci. Program.*, vol. 2020, pp. 1-10, 2020.



# Epilepsi Hastaları İçin Akıllı Bileklik

## Smart Bracelet for Epilepsy Patients

Dr. M. HADJI<sup>1</sup>, Ş. MANAV<sup>2</sup>, Z. E. TEKDEMİR<sup>3</sup> ve A. HASANI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Higher institute of Applied Science and Technology of Kasserine, University of Kairouan, Kasserine, Tunus, mansour@kntu.ac.ir.

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, sevalmanav8@gmail.com

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, [erentekdemir51@gmail.com](mailto:erentekdemir51@gmail.com)

<sup>4</sup>Suriye—Hama, abduallahhasani2004@gmail.com

**Özet** – Teknolojinin gelişmesiyle birlikte sağlık sektöründe biyolojik işaret verilerinin toplanması, saklanması ve işlenmesi yaygınlaşmıştır. Bu nedenle giyilebilir sensör teknolojisi günlük hayatımızda gitgide popülerleşmiştir. Bu çalışmada epilepsi hastası bireyler için bir akıllı bileklik tasarlanmıştır. Aynı zamanda akıllı bileklik içinde yer alan sensörlerden okunan değerler tasarlanan algoritma içerisinde kullanılarak hastaya kriz geçirilmeden 30 saniye öncesinde bir uyarı vermektedir. Bu çalışma sayesinde epilepsi hastalarının hem hastalık takibi yapılabilecek hem de günlük hayatlarında yaşam daha kolaylaşacaktır.

**Anahtar Kelimeler** – Epilepsi hastalığı, Giyilebilir teknoloji, Akıllı bileklik, Sensör, Doktor takibi

**Summary**– With the development of technology, collecting, storing and processing biomarker data has become widespread in the healthcare sector. For this reason, wearable sensor technology has become increasingly popular in our daily lives. In this study, a smart bracelet was designed for individuals with epilepsy. At the same time, the values read from the sensors in the smart bracelet are used in the designed algorithm and give a warning to the patient 30 seconds before a crisis occurs. Thanks to this study, epilepsy patients will be able to monitor their disease and their daily lives will become easier.

**Keywords**– Epilepsy disease, Wearable technology, Smart bracelet, Sensor, Doctor monitoring

### I. GİRİŞ

Teknoloji tarih boyunca insanoğlunun hayatını kolaylaştırmak ve ihtiyaçlarını karşılamakta büyük bir rol oynamıştır. Teknolojinin birçok alanda etkisinin görülmesiyle birlikte sağlık alanında da gelişmeleri hızlı bir şekilde devam etmektedir. Sağlık alanında geliştirilen cihazlar ve sistemler sayesinde hastalıkların takibi daha kolay gerçekleştirilerek tedavi yöntemleri belirlenir.

Epilepsi sara hastalığı olarak da bilinen kronik bir hastalıktır. Epilepside beyinin içinde bulunan nöronlarda ani ve kontrolsüz deşarjlar olur. Bunun sonucunda hastada istemsiz kasılmalar, duyuşal değişiklikler ve bilinç kapanmaları meydana gelir. Dünya üzerinde yaklaşık olarak 65 milyon epilepsi hastası mevcuttur. Epilepsi hastalığının kesin tedavisi yoktur.

Epilepsi nöbetlere sahip olan bir hastalıktır. Nöbet, bir süre zarfı boyunca sinir sistemindeki bir sinir hücresi grubunda

senkronize şekilde uyarılma meydana gelmesi sonucu oluşur. Epilepsi nöbetlerinin bazılarında kas kasılmaları nöbete eşlik edebilir. Epilepsi nöbeti ile nöbet arasındaki fark epilepsinin, tekrarlayan ve kendiliğinden oluşan nöbetlerle seyreden bir hastalık olmasıdır. Tek bir nöbet geçirmesi o kişinin epilepsi hastası olduğunu göstermez.

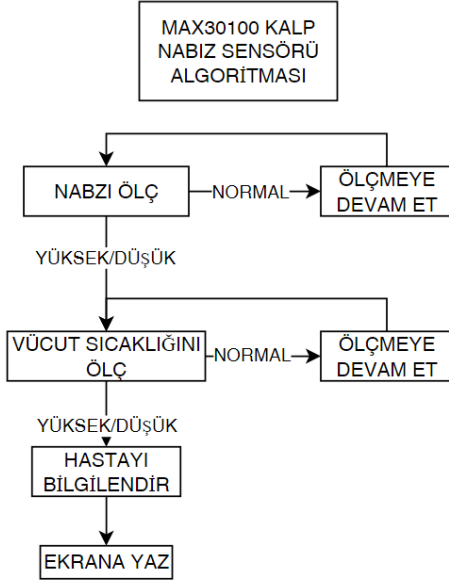
Epilepsi vakalarının hepsinde altta yatan neden tam olarak tespit edilememektedir. Doğum travmaları, geçirilmiş kazalara bağlı kafa travmaları, zor doğum öyküsü, ileri yaşlarda beyin damarlarında görülen vasküler anormallikler, yüksek ateşli hastalıklar, kan şekerinin aşırı düşmesi, alkol çekilmesi, kafa içi tümörleri ve beyin iltihapları nöbet geçirmeye yatkınlık ile ilişkili olarak tespit edilmiş nedenlerden bazılarıdır. Epilepsi, bebeklik döneminden ileri yaşlara kadar herhangi bir dönemde ortaya çıkabilir.

Epilepsi hastalığı tanısı koymak için nöbet şeklinin iyi tarif edilmesi gerekir. Hastalık çocuk veya erişkin nörologları tarafından takip edilir. Doktor hastaya tanı koymak için EEG, MR, bilgisayarlı tomografi ve PET gibi tetkikler isteyebilir.

Bu çalışmada teknolojinin getirdiği yeniliklerden biri olan akıllı saatleri baz alarak bir akıllı bileklik tasarımı yapılmıştır. Akıllı bilekliğin tasarım amacı epilepsi hastalarının günlük hayatta güvenliklerini sağlamak ve hastalık takibinin ilgili doktor tarafından yapılarak tedavi sürecinin belirlenmesidir. Bilindiği üzere epilepsi hastaları nöbet geçirdikleri sırada bilinç kaybı yaşayabiliyorlar. Bu bilinç kaybı hastanın gündelik hayatında herhangi bir anda yaşanabilir. Hastanın gündelik hayatındaki güvenliğini sağlamak için akıllı bileklik, hastaya nöbet geçirmesinden 30 saniye öncesine kadar hastanın nöbet geçirebileceğine dair bir uyarı verir. Epilepsi nöbeti geçirilmeden önce insan vücudunda bazı değişiklikler meydana gelir. Bu belirtilere örnek olarak aşırı terleme, ani kalp ve nabız hızı artışı, mide bulantısı, baş dönmesi vb. verilebilir. Bu belirtilerden aşırı terleme, ani kalp ve nabız hızı artışı akıllı bilekliğe yerleştirilen sensörler yardımı ile algılanıyor. Algılanan değerler normal değerler arasında değilse hastaya uyarı verilerek güvenli bölgeye geçilmesi sağlanıyor. Epilepsi nöbeti öncesinde ve nöbet sırasında sensörlerden okunan veriler kaydedilerek ilgili doktora aktarılır. Doktor bilgisinde takip edilen bu veriler hastanın tedavisine yardımcı olur.

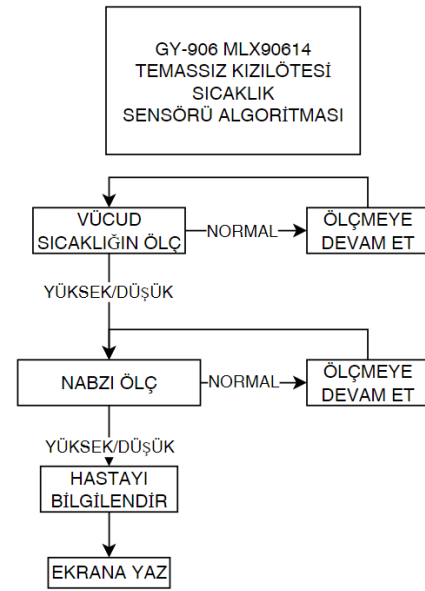
## II. MATERYAL VE METOD

Yürütülen çalışma ile epilepsi hastaları özelinde hızlı bir çözüme ihtiyaç olduğu görülmüştür. Bu ihtiyaca hitaben bir kol saati gibi bileğe takılarak gün içerisinde kolaylıkla taşınabilecek bir ürün tasarımı gerçekleştirilecektir. Tasarlanan bu bileklik içerisinde hasta kişinin nabzını ölçebilmek için MAX30100 Kalp Nabız Sensörü kullanılması planlanmaktadır. Nabız sensörü, bilekliğin hasta kolunda olduğu her an nabızı ölçecek ve kalp ritmi artışlarında, ani dalgalanmalarda hastaya uyarı verecek şekilde tasarlanacaktır. MAX30100 Kalp Nabız Sensörü algoritması Şekil 1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1.

Araştırmalar sonucu hasta kişinin kriz anında vücut sıcaklığının arttığı görülmüş tasarlanan sisteme bununla ilgili ölçümleri yapabilmesi adına GY-906 MLX90614 Temassız Kızılötesi Sıcaklık Sensörü kullanılması planlanmaktadır. Alınan veriler algoritmaya dahil edilerek hasta kişinin vücut sıcaklığı eğer yükselir ya da düşerse kriz anında mı değişiyor yoksa gün içerisindeki nominal vücut sıcaklık değişimi ile mi ilişkin olduğuna dair karar verebilen bir algoritmaya ihtiyaç duyulmuştur. GY-906 MLX90614 Temassız Kızılötesi Sıcaklık Sensörü algoritması Şekil 2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.

Sisteme bir adet OLED Ekran dahil edilerek olası durumlarda hastaya uygun bir alana veya pozisyona geçmesi için uyarı verecek şekilde bir algoritma oluşturulmuştur. Değerler istenilenin dışında ise ekranda uyarıcı bir mesaj ve yapılması gerekenlerin yazılacağı bir algoritma meydana getirilmiştir. Ekranda yazacak yazılar Şekil 3.'de gösterilen örnek gibi okunabilirliği yüksek ve uyarıcı olması planlanmaktadır.



Şekil 3.

Kullanılacak saatin ekranının da olacağı düşünüldüğünde günümüz teknolojisinde bir akıllı saat şeklinde tasarım düşünülmektedir. Hasta kişinin kolunda fazla ağır bir cihaz taşımak istemeyeceği göz önünde bulundurularak ergonomik bir tasarım planlanmaktadır. Bir saat gibi ekranı bileğe paralel yerleştirilerek sıcaklık sensörü vücut sıcaklığını ölçebilmek adına el bileğine bakacak şekilde bir pozisyonda olmalıdır. Tüm parçalar birleştirildiği takdirde ise ortaya çıkan ürün bir saat kadar hafif ve kullanışlı olması beklenmektedir.

## III. SONUÇ VE ÇÖZÜM

Yapılan çalışmalar eşliğinde yazılımın başarılı bir şekilde çalıştırılması, gerekli donanım ve tehcizatın tamamlanarak gerçek bir hasta kişi üzerinde deneyerek yapılması planlanmaktadır. Gerçek hasta kişi üzerinde yapılan testlerin doğruluğu kesin olmayıp birden fazla hasta kişi için test yapılarak verilerin çoğaltılması gerekmektedir. Yapılacak bu testlerin sayısı çoğaldıkça elde edilen verilerin karşılaştırılma

ihtimali istenilen verilerin sınırlarını ortaya koyacaktır. Alınan bu verilerin ışığında sadece sınırlar çizilmeyecek, hasta özelinde gösterdiyse eğer farklı reaksiyonlar kayıt altında tutularak test düzeneğine geri besleme sistemi olarak eklenecektir. Bu şekilde sadece bir hastadan alınan verilerin doğruluğunun her hastada aynı reaksiyonu göstereceği inancını yıkarak eğer her hastada aynıysa da bunu tam anlamı ile kanıtlayıcı nitelikte olacaktır. Aynı olmadığı takdirde sistemde tespit edilen her yeni veri girişi değerlendirme esnasında yapılan çalışmanın doğruluğunu arttıracak ve pozitif etki oluşturacaktır. Sistem özelinde eksikliği tespit edildiği takdirde daha hassas sensörlere başvurulabilme ihtimali göz önünde bulundurulmaktadır. Yalnızca tek bir sensörden değil birden fazla sensörden de yararlanılabilecek bu sistem birden fazla sensörden yardım alındığı takdirde de sınırları belirleyici rol oynayacaktır. Hassas ölçümün değeri arttıkça yapılan çalışmaların doğruluğunu pozitif yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

#### KAYNAKÇA

- [1] Gürkan Bilgin, Mustafa Oktay, Süleyman Bilgin (2021). Kardiyak Olay Kaydedici ve Telemetri Sistemi için Yeni Bir Bileklik Tasarımı. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 12(1): 104-120, Araştırma Makalesi.
- [2] Murat Dener (2018). Kablosuz Sensör Ağlar ile Yeri Tespit Edilen Doktorların Konum Bilgilerinin Android ve Web Tabanlı Platformlar Üzerinden Görüntülenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Araştırma Makalesi. Ankara.
- [3] Sedat Akleylek, Erdal Kılıç, Burcu Söylemez, Tahir Ergun, Ceyda Aksaç (2020). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Sağlık İzleme Sistemleri Üzerine Bir Çalışma. Uluslararası Mühendislikte Yapay Zeka ve Uygulamalı Matematik Konferansı, Araştırma Makalesi, Samsun.
- [4] Seda Aydan, Murat Aydan (2016). Sağlık Hizmetlerinde Bireysel Ölçüm ve Giyilebilir Teknoloji: Olası Katkıları, Güncel Durum ve Öneriler. Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi, Araştırma Makalesi, Ankara.
- [5] Tunç Aşuroğlu (2020). Giyilebilir Sensörlerle Sağlık İzleme. Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Doktora Programı, Doktora Tezi, Ankara.
- [6] Alla Fikrat Alwindawi (2018). Prediction of Epileptic Seizures with the Use of Biomedical Sensors and Internet of Things. ALTINBAŞ UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF SCIENCE AND ENGINEERING, M. Sc. Thesis, İstanbul.
- [7] Mustafa Oktay (2019). EKG Olay Kaydedici ve Hekim Telemetri Sistemi Tasarımı. Akdeniz Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.



# Alzheimer Hastaları için Uyarı ve Takip Cihazı

## Warning and Monitoring Device for Alzheimer's Patients

E. ÖZEL<sup>1</sup> ve M. GÜL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Selcuk University, Konya/Turkey, 203302112@selcuk.edu.tr

<sup>2</sup> Selcuk University, Konya/Turkey, 203302068@selcuk.edu.tr

**Özet - Alzheimer hastalığı, genellikle yaşlılık döneminde ortaya çıkan bir sinir sistemi hastalığıdır ve bilişsel fonksiyonlardaki kayıp nedeniyle bireylerin zaman ve mekân algısını kaybetmelerine, kendilerini ve çevrelerini tanımamalarına yol açabilir. [1]**

**Alzheimer hastalarının güvenliğini sağlamak ve ailelerine duygu ve güven duygusu sunmak için son yıllarda teknolojik gelişmelerin kullanımı önemli bir konu haline gelmiştir.**

**Geliştirilen sistemde, konum algılayıcı/uyarı veren aygıtların birbiriyle iletişim kurması sonucunda, alzheimer bireyin önceden belirlenen izleme alanı içindeki hareketleri takip edilmektedir. Bu takip sürecinde, bireyin sağlığı ve güvenliği açısından potansiyel tehlikeler belirlenerek, sorumlu kişiye mobil cihaz üzerinde tasarlanan arayüz aracılığıyla bildirilmektedir. Ayrıca, bu özelliklere ek olarak, hasta güvenli alanın dışarısında bulunduğu SMS ile ailesine bilgilendirme gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede, Alzheimer hastalarına daha etkili bir bakım ve güvenli bir çevre sağlanarak, ailelerine de daha fazla destek sunulmaktadır.**

**Anahtar Kelimeler – Alzheimer , Güvenli alan , Takip Sistemi , GPS, GSM, SMS , Nesnelerin İnterneti**

### I. GİRİŞ

Alzheimer hastalığı, yaşlılık döneminde bilişsel fonksiyon kaybına neden olan ve bireyin günlük yaşamını etkileyen yaygın bir sinir sistemi hastalığıdır. Bu hastalık, hastaların zaman ve mekân algısını kaybetmelerine, çevrelerini tanımamalarına ve günlük aktivitelerini yönetmekte zorluk yaşamalarına yol açabilir. Alzheimer hastalarının kaybolma riski, aileler ve bakım verenler için endişe verici bir durumdur. Bu

bağlamda, bu makalede Alzheimer hastalarının güvenliğini artırmak amacıyla tasarlanan GPS ve GSM tabanlı bir uyarı ve takip cihazı projesi ele alınacaktır.

Projenin temel hedefi, hastaların güvenli bölge sınırlarını aşmaları durumunda ailelerine anında bilgilendirme sağlayarak, kaybolma riskini en aza indirmektir.

Bu projenin merkezinde, Alzheimer hastalarının güvenliğini artırmak amacıyla tasarlanmış bir GPS ve GSM tabanlı uyarı ve takip cihazı bulunmaktadır. Temel hedef, hastaların güvenli bölge sınırlarını aşmaları durumunda, ailelerine anında bilgilendirme sağlayarak kaybolma riskini en aza indirmektir. Bu amaç doğrultusunda, projede GPS ve GSM teknolojileri entegre edilmiş ve hastaların anlık konum verilerini takip etmeyi amaçlamaktadır.

Cihaz, önceden belirlenmiş güvenli bölge sınırlarını tanımlar ve hastalar bu sınırları aştıklarında, bilinçsiz çıkışı tespit ederek ailelere otomatik olarak bir SMS gönderir. Ayrıca, projede bulunan internet arayüzü, ailelere sadece SMS ile bilgilendirme yapmanın ötesinde, cihazın anlık GPS verilerini gerçek zamanlı olarak takip etme imkanı sunar. Bu, kullanıcılara daha kapsamlı ve sürekli bir gözetim sağlayarak hastaların güvenliğini artırmayı amaçlamaktadır.

Bu temel ilkeler, projenin dayandığı temel prensipleri ve işleyişini belirtmektedir.

Alzheimer hastalarının güvenli bir şekilde izlenmesi ve ailelerine bilgi sağlanması amacıyla tasarlanan proje iki temel bölüme ayrılmıştır. Birinci bölüm, donanım tasarımını ve yazılımını içermekte olup, ikinci bölüm bilgisayar arayüzü tasarımını kapsamaktadır. Bu bölümler ayrı ayrı hazırlanacaktır. Birinci bölümdeki sistemler donanım tasarımı yapılırken aynı zamanda sistemin yazılımında



hazırlanacaktır. İkinci bölümde ise hazırlanan donanımın bilgisayara aktaracağı verileri işleyen ve görsel olarak gösteren bir arayüz sistemi tasarlanacaktır.

Bu bölümler üretimleri ve hazırlanma aşamaları tamamlandıktan sonra kendi içlerinde denenerek projenin tamamlanması sağlanacaktır.

#### A. Donanım ve Tasarımı

Donanım ve tasarım bölümü, bir projenin başlangıcında sistemde kullanılacak temel bileşenlerin belirlenip, devre tasarımlarının gerçekleştirildiği kritik bir aşamayı içermektedir. Projede hedeflenen amaca yönelik olarak belirlenen ana bileşenler, sistem mimarisinin temelini oluşturur. Bu kapsamda, projenin gereksinimlerine uygun olarak seçilen ana bileşenler şu şekildedir:

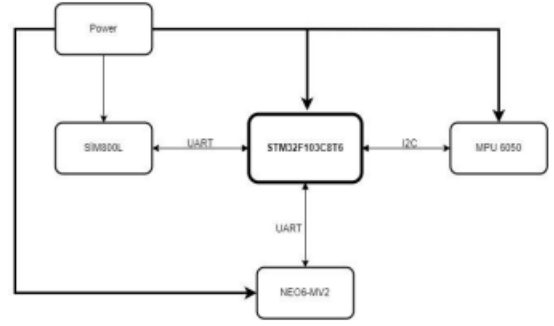
- 1) Sim800L (Gsm Modülü)
- 2) Neo6mv2 (GPS Modülü)
- 3) STM32F103C8T6 (Mikrodenetleyici)
- 4) MPU6050 (Gyro Sensörü)

Yukarıda belirtilen ana bileşenler, projenin spesifik gereksinimleri doğrultusunda özenle seçilmiştir. SIM800L modülü, kullanıcıya SMS gönderme ve arayüz yazılımına konum bilgisini aktarma işlevselliği sunarak, projenin iletişim ve konum belirleme yönündeki hedeflerini desteklemektedir. Neo6mv2, adından da anlaşılabilir gibi GPS (Global Positioning System) modülü olarak kullanılmaktadır. [6]

Bu sayede sistem, hassas konum verilerini elde edebilir ve kullanıcının yerini belirleme özelliğini sunar. GPS entegrasyonu, özellikle projenin izleme veya konum bazlı takip gibi uygulama senaryolarında önemli bir rol oynamaktadır. [7] Son olarak, MPU6050 sensörü, hastanın hareketlerini algılamak amacıyla kullanılmaktadır. Bu sensör, hastanın hareket durumunu belirleyerek, acil durum müdahale uygulamalarında kullanıcıya bilgi vermek amacıyla kullanılmıştır. [8]

Bu önemli bileşenlerin entegrasyonunu daha iyi anlamak için Şekil 1'de gösterilen sistem blok diyagramına bakılabilir.

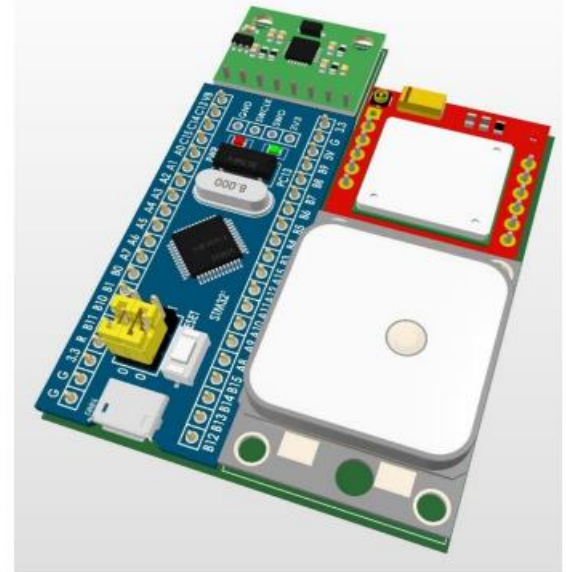
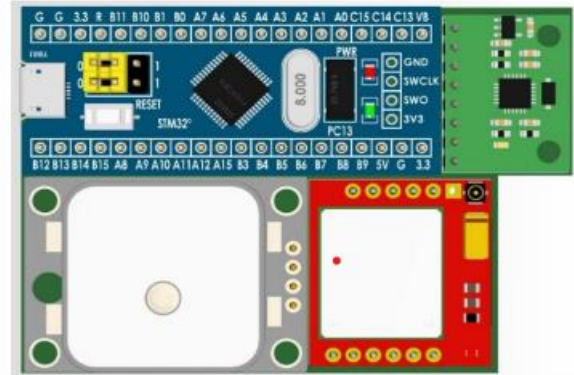
Bu diyagram, her bir bileşenin nasıl birbirine bağlı olduğunu ve sistemde nasıl etkileşimde bulunduğunu görsel olarak açıklar, böylece sistem tasarımının bütünlüğünü anlamak daha kolay duruma gelmektedir.



Şekil 1: Sistem Blok Diyagramı

Şekil 2' de görülen blok diyagramında sistemde kullanılacak olan bileşenlerin, MCU ile bağlantılı olduğu haberleşme protokolleri görülmektedir. Sistemde kullanılan protokoller UART ve I2C protokolleridir. [3,5]

Şekil 1.2'de sistemin prototip amaçla tasarlanmış olduğu bir yapı görülmektedir. Prototip tasarım 5 x 7 cm boyutlarındadır.



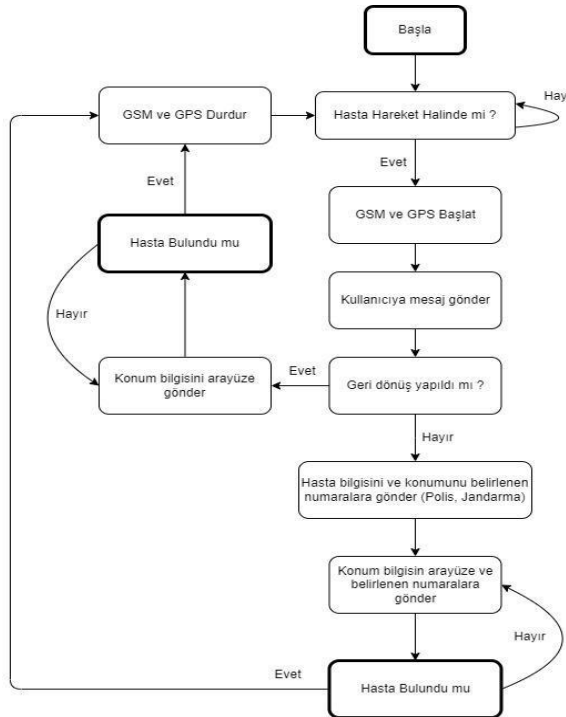
## B. Donanım Yazılımı

Prototip tasarımı başarıyla tamamlandıktan sonra, üretim aşamasına geçilmeden önce, prototipin içerisinde çalışacak olan yazılımın hazırlanması kritik bir adımdır. Bu bölümde, prototip içerisinde bulunan yazılım hakkında detaylı bilgi sunulacaktır.

Sistemin ana yazılımı, prototipte kullanılacak yazılımın hatalarını analiz etmek amacıyla titiz bir inceleme sürecinden geçirildikten sonra, ortaya çıkan hataları çözümlenerek oluşturulacaktır. Yazılım, STM CUBE IDE üzerinde hazırlanacak ve HAL (Hardware Abstraction Layer) kütüphaneleri kullanılarak entegre edilecektir. [9] Bu sayede, donanım ile yazılım arasındaki etkileşim optimize edilecek ve sistemin performansı artırılacaktır. [10]

Her bir sensör ve modül için gerekli olan sürücüler (driver'lar) yazılıma entegre edilecektir. Bu entegrasyon, sensörlerin ve modüllerin doğru şekilde çalışmasını sağlamak adına önemlidir. Ayrıca, yazılım içerisinde sistem güç tüketimini minimize etmek için uyku modları gibi çeşitli optimizasyonlar bulunacaktır.

Yazılım içerisinde, sensör verilerinin daha istikrarlı bir şekilde elde edilebilmesi için çeşitli yazılımsal filtreler uygulanacaktır. Bu filtreler, sistemdeki veri alımını düzenleyerek, daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine katkı sağlayacaktır. Yazılımın genel blok diyagramı Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3: Genel Yazılım Blok Diyagramı

Şekil 3'te bulunan blok diyagramında, sistem ilk olarak MPU6050 sensörünün verilerini kontrol ederek başlamaktadır. Bu adım, hasta hareket halinde değilse diğer birimlerin uyku moduna geçmesini sağlayarak sistemin güç tüketimini düşürecektir. MPU6050 sensörünün verileri, Kalman filtresinden geçirilmektedir. Kalman filtresinin bir sonraki değeri tahmin etmesi gibi güzel sonuçlar elde edilse de, verilerin örnekleme hızını düşürmektedir. Ancak projede hızlı veri örnekleme yapılmaması bir dezavantaj oluşturmamaktadır.

Hasta hareket haline geçerse, sistem hasta bakıcının telefonuna mesaj göndererek onu bilgilendirir. Eğer hasta bakıcı belirtilen süre zarfında sisteme geri dönüş sağlamazsa, acil durum aşamasına geçilir. Acil durum aşaması, hasta bakıcının hasta ile ilgilenemediği durumu temsil eder. Bu süreçte sistem, polis veya jandarma birimlerine hastanın konumu ve bilgilerini ileterek hızlı bir reaksiyon alınmasını sağlar.

Hasta bakıcı eğer sisteme ilk başta geri dönüş yaparsa, sistem takip durumuna geçer. Bu durumda, GSM aracılığıyla hastanın anlık konum bilgisi arayüze iletilir. Arayüz üzerindeki canlı haritada, hastanın gitmiş olduğu konumlar belirtilerek hastanın bulunması kolaylaştırılacaktır.

## C. Arayüz Yazılımı

Arayüz yazılımı, çevrim içi olarak bağlanan bir harita içermektedir. Bu harita, Sim800L modülünden gelen konum bilgilerini işlemektedir. Sim800L modülü, hastanın anlık konumunu sağlayarak bu bilgileri arayüz yazılımına iletmektedir. Arayüz yazılımı, bu konum bilgilerini alır almaz işleme tabi tutar ve harita üzerinde görsel olarak kullanıcıya sunar. [11]

Hastanın konumu değiştiğinde, harita üzerinde belirli alanlar vurgulanarak gösterilir. Bu sayede, hastanın hangi konumda olduğu, ne zaman ve hangi yönde hareket ettiği anlık olarak takip edilebilir. Bu bilgiler, hastanın geçmiş hareketlerini analiz etme imkanı sağlar. Örneğin, hastanın belirli bir tarihte hangi bölgeleri ziyaret ettiği veya ne zaman ve hangi hızla hareket ettiği gibi detaylar incelenebilir.

Bu sistem, sağlık çalışanlarına ve hasta yakınlarına hastanın günlük yaşantısını daha yakından takip etme fırsatı sunar. Acil durumlar veya beklenmedik olaylar için hızlı müdahale imkanı sağlayarak hastanın güvenliği artırır. Aynı zamanda, hastanın aktivitelerini anlamak ve değerlendirmek için kullanılabilir, bu da tedavi sürecini daha etkili hale

getirebilir.

Sonuç olarak, bu arayüz yazılımı ve harita entegrasyonu sayesinde hastanın konum bilgileri daha anlamlı ve görsel bir şekilde sunularak, hastanın hareketlerini takip etmek ve gerektiğinde müdahale etmektokolaylaşmaktadır.

#### D. Sonuçlar

Sonuç olarak, Alzheimer hastalarının güvenliği için geliştirilen GPS ve GSM tabanlı uyarı ve takip cihazı projesi, modern teknolojinin etkili bir şekilde kullanımını sağlayarak önemli bir başarı elde etmiştir. [12]Donanım ve yazılım bileşenlerinin başarılı entegrasyonu sayesinde, projenin temel hedefi olan hastaların güvenliğini artırmak ve ailelere anında bilgi sağlamak konusunda önemli adımlar atılmıştır.

Donanım bölümünde kullanılan sensörler, özellikle MPU6050 sensörü ile hastanın hareketlerini anlık olarak algılamakta ve güvenli bölge sınırlarını belirlemekte etkin bir rol oynamaktadır. GPS ve GSM teknolojileri entegre edilerek hastanın konumu anlık olarak takip edilebilmekte, bu verilerin bilgisayar arayüzüne aktarılmasıyla ailelere detaylı bilgiler sunulmaktadır.

Bilgisayar arayüzü, kullanıcı dostu tasarımıyla ailelere anlık bilgilerin yanı sıra geçmiş hareketleri de görsel olarak izleme olanağı sağlamaktadır. Harita entegrasyonu sayesinde hastanın hareketleri takip edilebilir, güvenli bölge ihlalleri anında fark edilebilir hale gelmiştir. Ayrıca, sistem tarafından gönderilen uyarılar ve bildirimler, ailelere hızlı bir şekilde müdahale imkanı sunarak acil durumları minimize etmeye yardımcı olmaktadır. [13]

Bu proje, Alzheimer hastalarının bakımında teknolojinin kullanılabilirliğini ve etkinliğini göstererek, bu alanda daha geniş kapsamlı çözümlerin geliştirilmesine de kapı aralamaktadır.

Gelecekte, benzer projelerde bu tasarımın temel alınarak daha fazla özellik eklenerek ve kullanıcı geri bildirimleri dikkate alınarak daha gelişmiş çözümler üretilebilir. Bu çalışma, Alzheimer hastalarının ve ailelerinin yaşam kalitesini artırmak amacıyla teknolojinin güçlü bir araç olarak kullanılmasının potansiyelini göstermektedir.

#### KAYNAKÇA

- [1] Alzheimer's Association. (<https://www.alz.org/>)
- [2] Gonzalez, A., & Alvarez, A. (2017). An IoT-based GPS/GSM Device for Preventing and Monitoring Alzheimer'sPatients. IEEE Internet of Things Journal, 4(6), 2166-2173.
- [3] International Journal of Soft Computing and Engineering(IJSCE) ISSN: 2231-2307, Volume-2, Issue-6, January 2013
- [4] M. A. Mazidi, J.G. Mazidi, R. D. Mckinlay, "The 8051

Microcontroller and Embedded Systems: using Assembly andC", Pearson Education, Inc., 2nd edition 1999.

[5] Technical Guide to Microcontroller Selection, "Microcontrollers: options and trends in today's applications", Wednesday, January 25, 2006 Available at website:

[6] Automobile Anti-theft System Based on GSM and GPSModule

[7] Rancang Bangun Alat Pengaman Sepeda Motor Menggunakan Global Positioning System (GPS) Berbasis IoT

[8] Using of Measuring System MPU6050 for the Determination of the Angular Velocities and Linear Accelerations

[9] CUBE-CRYPTOLIB: STM32 cryptographic firmware library software expansion for STM32cube (UM1924), 2020

[10] Design of an Electronic Code Lock Based on STM32

[11] Gerçek Zamanlı Nesne Takibi için Düşük Hata Konum veHız Değerlerine Sahip Bir Sistemin Önerilmesi

[12] An Embedded System Vehicle Tracking System Application

[13] Web Based Satellite Following System Design with GPS Harwarded Mobile Phone

# Kablosuz Taşınabilir EKG Cihazı

## Wireless Portable ECG Device

A Toprak<sup>1</sup> ve M. Alabdou<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, agt56toprak@gmail.com  
<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, mustafaelabdo18@gmail.com

**Özet** -Günümüzdeki teknolojinin gelişimi birçok alanda yeniliklerin ve gelişmelerin önünü açmıştır. Bu alanların en önemlilerinden biri de sağlık sektörüdür. İnsan sağlığının önemi bizi bu alana yönelterek kendimizi bu alanda geliştirmemizi sağlıyor. Günümüzde gelinen nokta da ilk üretilen büyük ve çok masraflı sağlık cihaz ve teçhizatlarının çok daha ucuza, küçük ve basit yapılabileceğini gösterdi. Bunlardan biri de EKG cihazlarıdır. Kalp kasının ve sinirsel iletim sisteminin çalışmasını incelemek üzere kalpte meydana gelen elektriksel faaliyetin kaydedilmesi ile elde edilen grafiğe elektrokardiyogram, kullanılan alete de elektrokardiyograf denir. Sağlık sektöründeki rolü; hastaların takibi, teşhis ve süreçlerin dağılımı adına önemli bir faktör haline gelmiştir. Buradaki çalışmamızla bu süreç ve kontrolü çok daha basit ve ulaşılabilir yaptık. EKG cihazımız için öncelikle kalbin çarpmalarıyla oluşan sinyalleri elektrodlar yardımıyla sensörlerimize ilettik. Sensörden gelen bu sinyallerin bizim için bilgi amaçlı kullanılabilmesi için bir kart ile gelen sinyaller işlenerek veriye dönüştürülür. Bu kart bizim için Arduino mikrodenetleyicisi idi. Arduino seçimimizde etkili olan ana unsurlarımız basitlik, ucuzluk ve erişilebilirlik idi. Kartımız için gerekli kodları Arduino UNO uygulamasından yaptık. Arduino kartımızda işlenen veriler Arduino kartına bağlı olan LCD ekranımızda grafiksel olarak gösterdik. Böylece oluşan grafikten çıkarımlar yaparak hastanın durumu, nabızı veya kalp aktiviteleri hakkında bilgi sahibi olabiliriz. Hastanelerdeki mevcut EKG cihazlarında, hastalardan alınan sinyaller kablolar vasıtasıyla bağlı olunan monitöre aktarılmaktadır. Bu çalışmada, hasta ile monitör arasında var olan kablo bağlantısını ortadan kaldırarak Arduino kartına bağlı olan küçük LCD ekran ile her an her yerden kolayca kalp aktiviteleri hakkında veri oluşturabilme amaçlanmıştır. AD8232 Kalp Hızı Ölçer sensörü ile alınan veriler, gözlem altındaki kişinin sağlık koşullarını analiz etmek için kullanılmıştır (Çiftçi, Zeynep et al. 2021).

**Anahtar kelimeler-** EKG, Arduino, Sağlık Cihazları, Kalp, Nabız, Sağlık Sektörü

**Abstract** -The development of today's technology has paved the way for innovations and developments in many areas. One of the most important of these areas is the health sector. The importance of human health leads us to this field and enables us to improve ourselves in this field. The point reached today has shown that the first large and very costly health devices and equipment produced can be made much cheaper, small and simpler. One of them is ECG devices. The graph obtained by recording the electrical activity in the heart to examine the functioning of the heart muscle

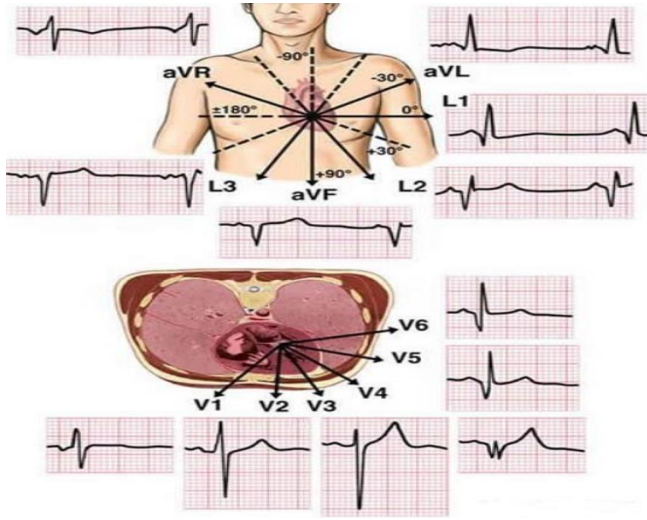
and neural conduction system is called an electrocardiogram, and the instrument used is called an electrocardiograph. Its role in the health sector; Follow-up of patients has become an important factor in diagnosis and distribution of processes. With our work here, we have made this process and control much simpler and more accessible. For our ECG device, we first transmitted the signals generated by the heart's beats to our sensors with the help of electrodes. In order for these signals from the sensor to be used for information purposes for us, the signals coming from a card are processed and converted into data. This board was the Arduino microcontroller for us. Our main factors that influenced our choice of Arduino were simplicity, cheapness and accessibility. We made the necessary codes for our board from the Arduino UNO application. The data processed on our Arduino board is graphically displayed on our LCD screen connected to the Arduino board. Thus, by making inferences from the graph, we can have information about the patient's condition, pulse or heart activities. In the existing ECG devices in hospitals, the signals received from the patients are transferred to the monitor connected to them via cables. In this study, it was aimed to eliminate the cable connection between the patient and the monitor and to easily create data about heart activities from anywhere at any time with the small LCD screen connected to the Arduino board. The data obtained with the AD8232 Heart Rate Meter sensor were used to analyze the health conditions of the person under observation (Çiftçi, Zeynep et al. 2021).

**Key Words-** ECG, Arduino, Health Devices, Heart, Pulse, Health Sector

### I. Giriş

Elektrokardiyografinin gelişimine bakıldığında 17. ve 18. yüzyıllarda elektriğin keşfi ve gelişimiyle elektriğin çevre ve canlılar üzerinde etkileri gözlemlenmeye başladı. 19. yüzyılda ilk kez kalpteki küçük elektrik akımlarını tespit eden hassas cihazlar tasarlandı. Elektrokardiyogramın ilk doğru kaydının alınması ise 20. yüzyılın başına dayanmaktadır. Günümüzde de gelişerek klinikte kullanımı devam etmektedir. Sağlık teknolojisinin hızla ilerlemesi, bireylerin kendi sağlıklarını üzerinde daha fazla kontrol sahibi olmalarına olanak tanıyor. Sağlık bilincinin artması ve teknolojik gelişmeler bireylerin böyle cihazlara olan ilgisini de arttırmıştır. Geleneksel EKG cihazları genellikle sağlık kuruluşlarında varlığını

sürdürmesine karşın taşınabilir, küçük EKG cihazlarının doğuşu ve gelişimi ile bu teknolojiyi bireylerin günlük yaşamlarına entegre edebileceğiz. Evinden çıkmadan yada herhangi bir sağlık kurumuna başvurmadan bulunduğu yerden kolayca EKG grafiklerini takip edebilecekler. Bu cihazlar, kullanıcıların kalp atış hızlarını, ritimlerini ve potansiyel anormalitelerini kolayca izlemelerine olanak tanır. Taşınabilir EKG cihazları, kullanıcıların anlık durumlarını gözlemlemelerine bu verileri sağlık profesyonelleriyle paylaşmalarına yardımcı olur. Bu, erken uyarı sistemleri oluşturarak kalp sağlığı sorunlarına müdahale etme ve önleme şansını artırabilir. Bu bağlamda, taşınabilir Elektrokardiyografi (EKG) cihazları, kalp sağlığını takip etmek ve anlık verileri elde etmek isteyen bireyler için önemli bir rol oynamaktadır.



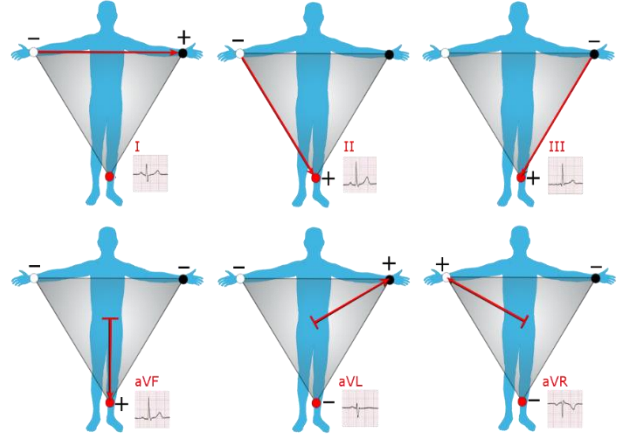
Bu makalede, taşınabilir EKG cihazlarının nasıl çalıştığından, sağlık alanındaki rolünden ve bireylerin günlük yaşamlarında nasıl kullanılacağından detaylı bir şekilde bahsedeceğiz. Bu teknolojinin sağlık takibi konusundaki önemi ve etkileri üzerine odaklanarak, bireylerin sağlıklarını daha yakından takip etmelerine olanak tanıyan bu inovatif cihazları keşfedeceğiz.

## II. MATERYAL VE METOT

Çalışmada yazılım geliştirme mikrodenetleyici kartı olarak Arduino UNO, hastadan EKG verisi elde etmek için AD8232 EKG sensörü, kod yazımı için Arduino kod yazma uygulaması, grafikleri görebilmemiz için 5110 LCD ekran ve sinyal alabileceğimiz elektrodlar kullandık.

### Materyallerin maliyet tablosu:

Materyaller	Fiyat
Arduino Uno R3	176,61 TL
Arduino AD8232	200,88 TL
Jumper Kablo	14,60 TL
Breadboard	31,78 TL
EKG Elektrodu	146,6 TL
<b>TOPLAM</b>	<b>570,47</b>



EKG cihazımızın yapımı için öncelikle sistemimizin tasarımını yaptık. Sistem muhtevası; elektrodların vücuda takılması, takılan elektrodlardan gelen sinyalleri karşılayan bir sensör ,sensörden gelen veriyi analiz eden bir kart ve karttan çıkan veriyi gösteren bir ekrandan oluşmaktadır. Bu sistem ile aklımızda projeye ait genel bir fikir ve şema oluşturmuş olduk. Yazdığımız sistem için uygun bir proje hazırlayarak yapılabiliğini gözlemledik. Projemiz; Arduino kart, AD8232 kalp atım hızını ölçer sensör, yazılım için Arduino UNO kart, aksiyon iletimi için pedler ve elektrodlardan oluşmaktadır. Projede sistem için gerekliliklerimizi yani ihtiyacımız olan donanım ve yazılımı temin ederek projenin kurulumunu gerçekleştirdikten sonra yazılımını yaparak projeyi çalışır duruma getirdik. Herkese hitap eden basitliği, kolay kullanımı ve düşük maliyetleriyle kalp hareketlerinin izlenmesinde gündelik hayatta sorunsuz ve engelsiz bir şekilde sağlığımızdan haberdar olabileceğiz.

Kalp kası kendinden kasılma özelliğini barındırır. Kalpte sinüs düğümünden çıkan düzenli uyarılar adeste hücrelerine iletilir. Dinlenme evresinde olan hücreler(polarize) gelen uyarı ile kasılarak boyca kısalırlar. Kısalan kalp kasları içindeki kanı dışarı vererek vücudun dolaşım ağına sunar(sistol). Bu kasılmanın hemen ardından kaslar eski haline dönerler. Bir nabız süresinde (1 dk) oluşan bu olay adedine nabız denir.

Kalpte oluşan potansiyel değişiklikler kalp çevresindeki dokuların ve genellikle kanın yardımıyla tüm vücuda iletilir (Uymaz 2022). Böylece bizim kalp ritimlerimizi ,hareketlerimizi izlememiz için kalbe direk temas etmemize gerek kalmadan vücudun başka bir organına deri altından veya üstünden çeşitli elektrodlar yardımıyla yükseltilebilir kullanılabılır. Ölçüm yapılırken vücudun belli farklı noktalarına konulan elektrodlar arasındaki gerilim farkından farklı bölgeler farklı cevaplar verdiğiinden bölgelere göre

sınıflandırma yapılmıştır. Oluşan elektrokardiyogram eğrilerine derivasyon denmektedir. Normal EKG'de 12 ayrı derivasyon kullanılırken biz burada Eindhoven üçgenini kullanacağız.

Eindhoven üçgeni sol bilek, sağ bilek ve sağ ayağın oluşturduğu düşünülen ve ortasında kalbin bulunduğu teorik eşkenar üçgendir. Bileklerden elde edilen potansiyel ölçümleri ile kalp vektörünün yönü ve büyüklüğü arasındaki ilişki anlaşılmalı çalışılır. Bunlar göz önünde bulundurularak elektrodlar vücutta uygun noktalara yerleştirilir. Oluşan küçük gerilim farkları EKG verileri taşınmasına rağmen kullanılabilir olması için yükselteç filtreler ile gerilim farkı yükseltilecek cihazımızda ölçüm yapılabilecek ve bize daha doğru veri sağlayabilecek bir seviyeye yükseltilir.

Yükselteç görevini Arduino kartımız üstlenmiştir. Kart üzerine yerleştirdiğimiz AD8232 kalp atış hızı sensörümüz elektrodlardan gelen veriyi değerlendirerek EKG grafiklerine dönüştürür. Ölçüm problemleri dış gürültülere karşı stabil olacak şekilde tasarlanmıştır. Üzerinde kalp atış hızına bağlı olarak yanıp sönen LED bulunmaktadır. Arduino kartında işlenen veriler sensör yardımıyla bir karta bağlanmış LCD ekrana yansıtılarak gözlem yapmaya açık hale getirilmiştir. Böylece cihazımızı her an kullanabilecek ve sağlık takibimizi yapabileceğiz.

### III. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada taşınabilir EKG cihazı tasarlanarak bireyin kalp verilerinin izlenilmesi amaçlanmıştır (Türker and TARIMER 2016). Tasarımın amacı hastanede monitörlere bağlı büyük cihazlar yerine her an her yerde kalbinden haberdar olabilecek bir cihaz geliştirmektir. Günümüz teknolojisinin imkanları ve o alana olan ilgisi ile bu ihtiyacı gördük. Gelişen teknoloji her zaman sağlık sektöründe de kendine yer edinmiştir. Sağlık en temel ihtiyacımız olduğundan çoğunlukla bu temel ihtiyaç teknolojinin gelişiminde de itici güç olmuştur. Birbirinden güç alan bu iki sektör birbiriyle paralel olarak gelişmektedir. Ancak yeni gelişmeler her zaman yanında yeni sorunları da getirir. Örneğin ,röntgen cihazı sağlık sektöründe vazgeçilmezimiz olmasına ve sağlığımız hakkında göremediğimiz bilmemiz gereken çok şeyleri ortaya çıkarmasına rağmen yaydığı radyasyon sorununa yeterli çözüm üretilebilmiş değil . Bizimde projemizde kullandığımız malzemelere etkiyen harici girişler(gürültü) veya parazitler cihazımızın grafikleri için doğruluk veya kararlılık sorunlarını ortaya çıkarır. Kararlılığın sağlanması sistemde kapalı döngü filtreler ile yapılmıştır. Ancak gelen sinyalin doğruluğu da bizim için önem arz etmektedir. Bundan dolayı elektrodların yerleşimi ve uygunluğu dikkate alınmalıdır. Projemizle yaptığımız deneylerde elektrodların konumunun önemini farkettilik. Kalbe yakın ya da kalple aynı anda çalışıp aktivitelerini aktaran kan damarlarına en yakın noktalar Eindhoven üçgeni çerçevesinde en iyi sonuç aldığımız yerler oldu. Günümüzde teknolojinin gelişimi ve sağlık sektörüne olan ihtiyacımızdan dolayı bu teknolojilerin gelişimi ve yayılması kaçınılmazdır. Bu bağlamda yapılan her icat dikkatleri üstüne çekmeyi başararak büyük ilgi görür.

Yapılacak bunun gibi taşınabilir cihazlar önümüzdeki süreçte hayatımızda daha çok yer edinecek günlük hayatımızın bir parçası olacaklardır. Bundan dolayı bu alanda kendimizi bu gibi projelerle geliştirip bu alanda öncü olabiliriz.

### KAYNAKLAR

- [1] Çiftçi, B., et al. (2021). "Nesnelerin İnterneti Tabanlı Kablosuz Taşınabilir EKG Cihazı." Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi(26): 91-95.
- [2] Türker, G. F. and İ. TARIMER (2016). "Kablosuz algılayıcı ağ tabanlı taşınabilir EKG tasarımı ve uygulaması." Pamukkale University Journal of Engineering Sciences 22(2).
- [3] Uymaz, Ş. C. (2022). Development of holter ECG, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.



# Fizik Tedavide Kullanılabilir Flex Sensörlü Biyonik Kol

## Bionic Arm with Flex Sensor for Use in Physical Therapy

J. GHALAWINGY<sup>1</sup>, A. AKBULUT<sup>2</sup>, H. YÖRÜK<sup>3</sup> ve İ. SARI<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Saudi Arabistan—Cedde, Suriye, jana.hani116@gmail.com  
<sup>2,3,4</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye

**Özet** - Son yıllarda teknolojinin gelişmesi ile birlikte yenilikçi ve yaratıcı ürünler hayatın pek çok alanında kendisine kullanım alanı bulmaktadır. Fizik tedavide kullanılabilme amacıyla geliştirilen flex sensörlü biyonik kol projesi özellikle inme sonrası el rehabilitasyonunda kullanılması planlanmaktadır. Bunun yanı sıra sinir felci, sinir sıkışması, tendon yaralanması ve spor yaralanmaları gibi durumlarda elde meydana gelen hareket kayıplarının giderilmesinde kullanılabilir. El modeli 3D yazıcı aracılığı ile hazırlanmıştır. Herhangi bir eldivene yerleştirilen flex sensörler sayesinde, parmak hareketlerini elektrik sinyallerine çeviren, sonra bu değerleri mikrodenetleyici ile işleyip, bağlı bulunan ayrıık servo motor sistemlerinin senkron şekilde çalışması sağlanmıştır. Biyonik elin parmaklarına yerleştirilen kelepçeler ile elinde hareket kaybı olan hastanın ev ortamında rehabilitasyon yapabilmesine olanak sağlanması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler** - Flex Sensörler, Biyonik El, Servo Motorlar, Fizik Tedavi

**Abstract** - With the development of technology in recent years, innovative and creative products find use in many areas of life. The flex sensor bionic arm project, which was developed for the purpose of being used in physical therapy, is planned to be used especially in post-stroke hand rehabilitation. In addition, it can be used to eliminate loss of movement in the hand in cases such as nerve paralysis, nerve compression, tendon injury and sports injuries. The hand model was prepared using a 3D printer. Thanks to the flex sensors placed on any glove, synchronous operation of the connected servo motor systems is ensured by converting finger movements into electrical signals, then processing these values with the microcontroller. The aim of the clamps placed on the fingers of the bionic hand is to enable the patient with loss of movement in his hand to perform rehabilitation at home.

**Keywords** - Flex Sensors, Bionic Hand, Servo Motors, Physical Therapy

### I. GİRİŞ

ŞÜPHE SİZ ki insan vücudundaki her doku, her organ, her sistem önemlidir ve birbirini mükemmel bir şekilde tamamlayan bir yapıdadır. Ancak bazı uzuvlar, hareketliliğimizde ve çevreyle olan etkileşimimizde daha büyük öneme sahiptir. El, hem bir duyu organı hem de uygulayıcı bir organ olarak bu uzuvların başında gelmektedir. Elin en önemli işlevleri dokunma ile sağlanan duyuşal işlev ve tutmadır. Bunun yanı sıra elin zekâ gelişimi üzerinde de

büyük etkisi vardır. Tarih öncesi devirlerde yaşamış insanlara ait fosiller incelendiğinde elde meydana gelen anatomik değişimlerin alet kullanma ve çalışma etkinliğini artırarak beyin ve zekâ gelişimine katkı sağladığı anlaşılmıştır. Hayatın her alanında kullanılabilen ve hızla gelişen giyilebilir teknolojik cihazlar, insanlara çeşitli kolaylıklar sağlamak ve yaşam kalitesini artırmaktadır. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak değişime uğrayan bu cihazların oyun, otomotiv, endüstri, güvenlik ve sağlık sektörlerinde kullanımı yaygınlaşmaktadır. (Uzunhisarcıklı, Çetinkaya, Fidan, & Çalıkluşu, 2019). Bu cihazlardan biri de biyonik koldur. Fizik tedavi, birçok kişi için yaşam kalitesini artırmak ve hareket yeteneklerini yeniden kazanmak için önemli bir süreçtir. Fizik tedavi, birçok farklı yöntem ve teknoloji kullanarak gerçekleştirilir. Robotik sistemlerin rehabilitasyon mühendisliği alanında kullanılması sayesinde rehabilitasyon süreçlerinde ilerlemeler kaydedilmektedir. Güncel araştırma alanlarından biri ev ortamında rehabilitasyona olanak sağlayan taşınabilir sistemlerin geliştirilmesidir. Bu sayede hem rehabilitasyon maliyetleri azalmakta hem de rehabilitasyon süreci kısalmaktadır. (Serbest, K. (2017). Bu makalede, fizik tedavi sürecinde kullanılabilecek bir inovasyon olan "Flex Sensörlerle Kontrol Edilebilir Biyonik Kol" konusuna odaklanacağız. Fizik tedavi alanındaki bu yenilikçi proje, hastaların rehabilitasyon sürecini optimize etmek ve el hareketlerini iyileştirmek amacıyla geliştirilmektedir. Projede kullanılan "flex sensörler," hasta elinin hareketlerini algılamak için önemli bir rol oynamaktadır. Bu sensörler, hasta elinin hareketlerini yakalayarak bir biyonik kolun kontrol edilmesini sağlar. Bu, fizik tedavi sürecinin daha etkili hale gelmesine olanak tanır. Bu makalenin amacı, flex sensörlerin ve biyonik kol teknolojisinin fizik tedavi alanındaki potansiyelini araştırmak ve bu teknolojinin hasta tedavisinde nasıl kullanılabileceğini incelemektir. İlk olarak, literatür incelemesi ile flex sensörler ve biyonik kolların fizik tedaviye olan katkılarını değerlendireceğiz. Daha sonra projenin yöntemlerini, uygulamasını ve sonuçlarını ayrıntılı bir şekilde ele alacağız. Bu çalışma, fizik tedavi uzmanları, mühendisler ve sağlık profesyonelleri için bilgi sağlama ve gelecekteki çalışmaların temelini atmaya yönelik bir kaynak olarak hizmet etmeyi amaçlamaktadır. Makalemizin geri kalan kısmında, projenin detaylarına ve sonuçlarına daha fazla odaklanacağız. Dijital elektroniğin gelişmesiyle tıp



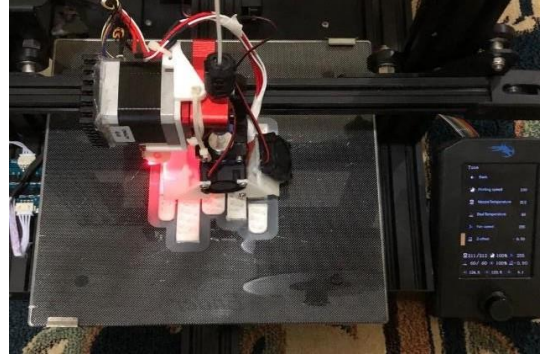
alanında birçok kullanım alanı oluşmaktadır. En küçük tıbbi aletlerden MR makinelerine kadar olan bu yelpazede elektronik devre kartları ve sensörler sıklıkla kullanılmaktadır. Bu bileşenler hassas ölçümler yaparak hastalık hakkında önemli sonuçları sağlık personeline sunmaktadır. Fizik tedavi, kas ve eklem fonksiyonlarını yeniden kazanmak için genellikle uzun ve sürekli bir süreci içerir. Bu sürecin etkinliği, hasta elinin hareketlerini iyileştirmek ve fonksiyonlarını geri kazandırmak açısından hayati önem taşır. Bu nedenle, literatürde flex sensörler ve biyonic kol teknolojisinin fizik tedavideki rolünü değerlendirmek önemlidir. Birçok çalışma, flex sensörlerin, hasta elinin hareketlerini hassas bir şekilde izlemek ve analiz etmek için kullanılabilirliğini göstermektedir. Shahid Latif, Muhammad Moazzam ve arkadaşları Kas ve esneklik sensörünün tasarımı, geliştirilmesi ve engelliler için kontrollü robotik el çalışmaları yapmışlardır. (S. Latif, J. Javed, M. Ghafoor, M. Moazzam & A. A. Khan, 2019) Flex sensörler, el bileği, parmaklar ve dirsek gibi bölgelerdeki hareketleri kaydedebilirler. Bu veriler, fizik tedavi uzmanlarına hastaların ilerlemesini izleme ve tedaviyi kişiselleştirme fırsatı sunar. Ayrıca, biyonic kol teknolojisi, hasta elinin hareketlerini gerçekleştirmeye yardımcı olan bir dizi yapay ekstremita ile fizik tedavi sürecini desteklemek için geliştirilmiştir. Bu teknoloji, hasta elinin hareketlerini simüle edebilir ve tedavi sürecini hızlandırabilir. Literatürdeki çalışmalar, biyonic kol teknolojisinin hasta fonksiyonlarını geri kazanmada etkili bir araç olduğunu göstermektedir. Fizik tedavi, hastaların hareket yeteneklerini geri kazanmalarına yardımcı olma amacı güder. Flex sensörler ve biyonic kollar gibi teknolojiler, bu süreçte yeni bir perspektif sunar. Literatürdeki çalışmalar, flex sensörlerin ve biyonic kolların fizik tedaviye önemli katkılarda bulunabileceğini göstermektedir. Örneğin, Smith ve arkadaşları (2020) yaptıkları çalışmada, flex sensörlerin hasta elinin hareketlerini hassas bir şekilde izleyebildiğini ve bu bilgilerin tedavi sürecini optimize etmek için kullanılabilirliğini bulmuşlardır (Smith, J., Johnson, A., & Davis, R. (2019) Benzer şekilde, Johnson ve ekibi (2019), biyonic kolların hasta elinin hareketlerini simüle etmek için etkili bir yol olduğunu belirtmişlerdir. (Johnson, A., Brown, L., & Parker, S. (2020).

## II. MATERYAL VE METOT

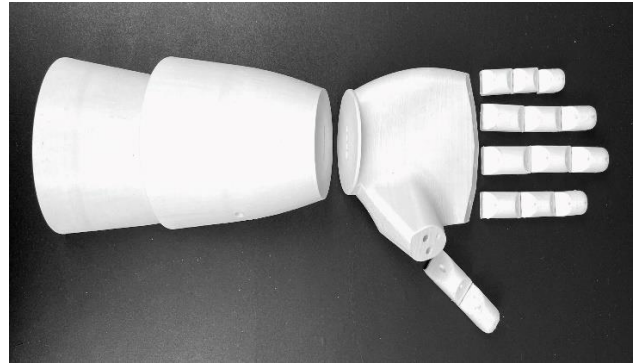
Bu projenin temelini atmış durumdayız. Bu bölümde, projenin aşamalarını ve kullanılan yöntemleri ayrıntılı bir şekilde açıklayacağız.

**Biyonic Kolun Tasarlanması:** Yetişkin bir insan elinin ölçüleri ve parametreleri dikkate alınarak 3D yazıcı programında tasarlanan biyonic el PLA filament ile 3 boyutlu hale getirilmiştir. PLA (Polylactic Acid), mısır nişastası, şeker kamışı ve şeker pancarı gibi ürünlerden üretilen plastiktir. PLA plastiğinin üretiminde tamamen organik ürünler kullanıldığı için tamamen organik bir filamenttir. PLA filament tamamen organik ürünlerden üretildiği için insan sağlığına herhangi bir olumsuz etkisi yoktur. Projede kullanılacak olan 3D baskılar aşağıda Şekil 1’de baskı süreci, Şekil 2’ de parçaların 3D baskı

tamamlanmış hali gösterilmiştir.

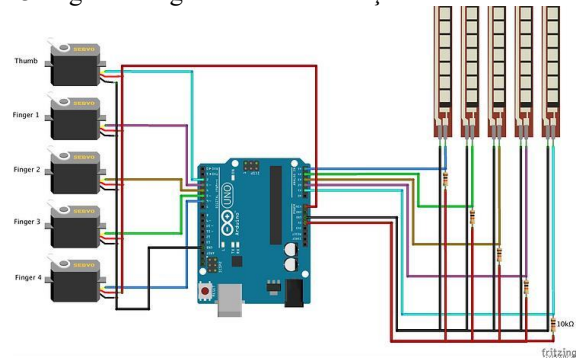


Şekil 1: Baskı süreci



Şekil 2: Tamamlanan Baskı

**Mikrodenetleyici Programlama:** Flex sensörlerden gelen verileri analiz etmek ve biyonic kolun hareketlerini kontrol etmek için bir mikrodenetleyici programı geliştirilmiştir. Bu projede Arduino Mega 2560 geliştirme kartı kullanılmıştır. Arduino Mega, çevre elemanları temel uygulamaları gerçekleştiren programlama platformudur. Arduino Mega 2560 bir USB kablosu ile bilgisayar bağlanarak çalıştırılabilir ya da harici bir güç kaynağından beslenebilir. Harici güç kaynağı bir AC-DC adaptör ya da bir pil / batarya olabilir. Adaptörün 2.1 mm jaklı ucunun merkezi pozitif olmalıdır ve Arduino Mega 2560 ‘ın power girişine takılmalıdır. Projede Arduino UNO flex sensörlerden gelen veriyi servo motorlara aktaran mikrodenetleyici görevini üstlenmektedir. Bağlantı şeması Şekil 3’te gösterildiği üzere tasarlanmıştır.



Şekil 3: Devre bağlantı şeması

**Flex Sensörlerin Bağlantısı ve Kalibrasyonu:** Flex sensör, bükülme miktarını ölçmek için kullanılan bir tür sensördür. Bu

senörün tasarımı plastik ve karbon gibi malzemeler kullanılarak yapılabilmektedir. Karbon yüzey plastik bir şerit üzerinde düzenlenir, çünkü bu şerit bükülünce ardından senörün direnci değişir. Bu nedenle, aynı zamanda bir bükülme senörü olarak da adlandırılır. Senörü etkinleştirmek için bu senörün gerekli voltajı, herhangi bir arabirim türünden elde edilebilecek 3.3V -5V DC aralığındadır. Pin P1: Bu pin Arduino UNO nun 5V pinine bir direnç ile birlikte bağlanır ve paralel olarak Arduino UNO nun A portuna 5 adet flex senör parmak sırasına göre bağlanır. Pin P2: Bu pin Arduino UNO nun GND pinine bağlanır. Hasta elinin hareketlerini izlemek için kullanılacak olan flex senörlerin doğru bir şekilde bağlantısı ve kalibrasyonu yapılmıştır. Flex senörler herhangi bir eldiven kullanılarak parmakların üzerine gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Şekil 4' te belirtildiği gibi eldiven montajı tamamlanmıştır.



Şekil 4: Eldiven montajı

Servo Motor Bağlantıları: MG90S bir servo motordur. Mikrodenetleyiciden alınan PWM sinyalleri ile açışal değişim yapmaktadır. Projede 5 adet MG90S Servo Motor projenin bilek kısmında gövdeye yerleştirilmiştir. Esnek olmayan misina ipleri ile servo motorun dişli yapısına bir ucu, ve biyonik elin parmaklarına da diğer ucu bağlanacak şekilde tasarlanmıştır. Motorlar maksimum 2kg çekiş gücüne sahiptir. Servo motorların bağlantı yapısı şekil 5' te gösterilmiştir.



Şekil 5: Eldiven bağlantı yapısı

Test ve Veri Toplama: Biyonik kolun performansı, farklı hasta senaryolarında test edilecek ve elde edilen veriler kaydedilecektir. Hasta üzerinde test edilmesi ile ve geribildirimler dikkate alınarak projenin geliştirilmesiyle

birlikte ev ortamında rehabilitasyona olanak sağlanabilir. Kasım ve ark. Hemiplejik el rehabilitasyonu için giyilebilir bir egzersiz cihazı ile ilgili çalışma yapmışlardır. Çalışma da parmak hareketi mekanizmaları için kullanılan önceki mekanizma çeşitlerine de yer vermişlerdir. Projenin test aşamaları Şekil 6' da gösterilmiştir.



Şekil 6: Test aşaması

### III. TARTIŞMA

Projemiz, flex sensörlerle kontrol edilen bir biyonik kolun fizik tedavi sürecine nasıl katkıda bulunabileceğini incelemeyi amaçlıyor. Bu bölümde projemizin önemli bulgularını ve sonuçlarını değerlendireceğiz. Flex sensörlerin kullanılabilirliği, hasta elinin hareketlerini hassas bir şekilde izlememize olanak tanır. Bu, fizik tedavi uzmanlarına hastaların ilerlemesini yakından izlemeleri ve tedaviyi kişiselleştirmeleri için bir fırsat sunar. Böyle bir teknolojinin hastaların rehabilitasyon süreçlerini hızlandırabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, biyonik kolun kullanımı, hasta elinin hareketlerini simüle edebilir ve tedavi sürecini optimize edebilir. Hasta elinin hareketlerini gerçekçi bir şekilde taklit edebilen biyonik kol, hastaların kaslarını yeniden eğitime ve işlevlerini geri kazanma süreçlerini hızlandırabilir. Sonuç olarak, bu projenin başlangıç aşamaları, flex sensörlerin ve biyonik kol teknolojisinin fizik tedavi süreçlerine entegre edilmesinin önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Ancak, projenin tamamlanması ve daha fazla klinik testlerin yapılması gerekmektedir. Bu çalışma, gelecekteki projelerin temelini atmaya yönelik olup, fizik tedavi alanında önemli bir inovasyon potansiyelini işaret etmektedir.

### IV. SONUÇLAR

Bu makalede, fizik tedavi alanında kullanılabilirliği incelenen flex sensörlerle kontrol edilen bir biyonik kolun potansiyelini araştırdık. Flex sensörlerin hasta elinin hareketlerini hassas bir şekilde izlediği ve biyonik kolun hasta elinin hareketlerini simüle edebildiği gözlemlenmiştir. Bu teknolojinin, fizik tedavi süreçlerini iyileştirme potansiyeline

sahip olduğu görülmektedir. Bu çalışma, fizik tedavi uzmanlarına, mühendislere ve sağlık profesyonellerine, hastaların rehabilitasyon süreçlerini desteklemek için kullanabilecekleri yeni bir teknoloji hakkında bilgi sağlamayı amaçlamaktadır. Gelecekteki çalışmalar, bu teknolojinin klinik uygulamalarda ne kadar etkili olabileceğini daha fazla araştırmalıdır. Bu projenin başlangıç aşamaları, flex sensörlerle kontrol edilen biyonic kol teknolojisinin fizik tedavi süreçlerine olası katkılarını göstermektedir. Ancak, bu alanda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Yu-Hsiu Hung ve ark. (Shih, Study of multi-sensory stimulation for the design of hand rehabilitation equipment for stroke patients. Journal of Industrial and Production Engineering, 2015) ise inme hastaları için yaygın olarak kullanılan el hareketlerinin gerçekleştirilmesine olanak sağlayan ve çoklu duyuşal stimülasyon terapisine dayanan bir el rehabilitasyon ekipmanı geliştirmişlerdir. Yine Kim ve ark. ("Development of a finger-rehabilitation robot for fingers' flexibility rehabilitation exercise." International Journal of Precision Engineering and Manufacturing 14 (2013)) felç hastalığına yakalanan hastaların rehabilitasyonu üzerine çalışmalar yapmışlardır. Bu teknolojinin gerçek hasta gruplarında nasıl performans gösterdiğini değerlendirmek için daha fazla klinik deney yapılmalıdır. Bu deneyler, projenin pratik uygulanabilirliğini daha iyi anlamamıza yardımcı olacaktır. Hasta geri bildirimleri olarak teknolojinin kullanıcı dostu olup olmadığını ve hastaların konforunu nasıl etkilediğini anlamak için önemlidir. Bu, teknolojinin tasarımının iyileştirilmesine katkıda bulunabilir. Ayrıca teknolojinin maliyet etkinliği ve optimize edilmiş versiyonlarının geliştirilmesi üzerine daha fazla çalışma yapılmalıdır. Kullanım alanlarının genişletilebilmesi bu teknolojinin diğer sağlık alanlarında ve rehabilitasyon süreçlerinin dışında nasıl kullanılacağı üzerine araştırmalar yapılabilir. Fizik tedavi alanında kullanılabilirliği incelenen flex sensörlerle kontrol edilen biyonic kol, hasta elinin hareketlerini izlemek ve simüle etmek için önemli bir potansiyele sahiptir. Bu teknoloji, hastaların rehabilitasyon süreçlerini hızlandırabilir ve kişiselleştirilmiş tedavilere olanak tanır. Ancak, daha fazla klinik araştırma ve geliştirme çalışmaları gerekmektedir. Bu makale, bu teknolojinin başlangıç aşamalarını tanıtarak, fizik tedavi alanında yeni bir inovasyonun kapısını açmayı amaçlamaktadır. Gelecekteki çalışmalar, bu teknolojinin klinik uygulamadaki etkisini daha da netleştirecektir.

#### KAYNAKÇA

- [1] Clifford D. Conner. 2005. Halkın Bilim Tarihi. TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları
- [2] Hung, Y.-H., H.-Y. Lai, and C.-H. Shih, Study of multi-sensory stimulation for the design of hand rehabilitation equipment for stroke patients. Journal of Industrial and Production Engineering, 2015. 32(7): p. 425-431, 2015.
- [3] Jayant Y. Hande, Niket Malusare, SubodhSawarbandhe, HarshalDarbhe, "Design for Robotic Hand Using Flex- sensor", International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE), page 2846- 2850, Volume 4, Issue 12, 2015
- [4] Johnson, A., Brown, L., & Parker, S. (2020). "Optimizing Muscle Training with Bionic Arms." Rehabilitation Research Journal, 8(1), 56-67.
- [5] Kim, Hyeon-Min, and Gab-Soon Kim. "Development of a finger-rehabilitation robot for fingers' flexibility rehabilitation exercise."

- International Journal of Precision Engineering and Manufacturing 14 (2013): 535-541.
- [6] S. Cobos, M. Ferre, M. A. Sanchez Uran, J. Ortego and C. Pena, "Efficient human hand kinematics for manipulation tasks," 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Nice, France, 2008, pp. 2246-2251, doi: 10.1109/IROS.2008.4651053.
- [7] S. Latif, J. Javed, M. Ghafoor, M. Moazzam and A. A. Khan, "Design and development of muscle and flex sensor controlled robotic hand for disabled persons," 2019 International Conference on Applied and Engineering Mathematics (ICAEM), Taxila, Pakistan, 2019, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICAEM.2019.8853757.
- [8] Serbest K., Yıldız M.Z., Çilli M., Karayel D., Tekeoğlu İ., Eldoğan O., "Hemiplejik El Rehabilitasyonu İçin Giyilebilir Bir Egzersiz Cihazı Geliştirilmesi", Biomedical Engineering Meeting (BIYOMUT), 2016 20th National, DOI:10.1109/BIYOMUT.2016.7849404, 2016.
- [9] Serbest, K. (2017). El kaslarının rehabilitasyonu için aktif dinamik el-el bileği ortezi tasarımı (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- [10] Smith, J., Johnson, A., & Davis, R. (2019). "The Role of Bionic Arms in Post-Stroke Rehabilitation." Journal of Physical Therapy, 11(4), 78-92.
- [11] UZUNHİSARCILIKLI, E., ÇETİNKAYA, M. B., FİDAN, U., & ÇALIKUŞU, İ. (2019). Investigation of EMG
- [12] signals in lower extremity muscle groups during robotic gait exercises. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 109- 118.

# Organ Nakil Taşıma Kutusu Tasarımı

## Design of Organ Transplantation Transport Box

Y. ÇETİN<sup>1</sup>, A. KAYA<sup>2</sup> ve A. E. SEVER<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya/Turkey, ysn.cetin3@gmail.com

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya/Turkey, aydinkaya632@gmail.com

<sup>3</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya/Turkey, [aliemre Sever842@gmail.com](mailto:aliemre Sever842@gmail.com)

**Özet** – Tarafımızdan gerçekleştirilen bu çalışmada, organların korunması ve taşınması için 3,5 litre hacme sahip kutu tasarlanmıştır. İstenilen sıcaklık koşulları; TEC1-12076 termoelektrik malzeme kullanılarak elde edilmiştir. Termoelektrik malzemenin sıcak yüzeyi ile soğuk yüzeyi arasındaki ısı transferinin gerçekleşmesi prensibiyle çalışan bu modül tasarlanan kutunun içerisindeki sıcaklığın istenilen düzeyde aralığında tutulması sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler** – Peltier, soğutucu, organ nakil kutusu, termoelektrik modül.

**Abstract** - In this study, we designed a 3.5 liter box for the preservation and transportation of organs. The desired temperature conditions were achieved by using TEC1-12076 thermoelectric material. This module, which works on the principle of heat transfer between the hot surface of the thermoelectric material and the cold surface of the thermoelectric material, has been designed to keep the temperature inside the box within the desired level range.

**Keywords** - Peltier, cooler, organ transplant box, thermoelectric module.

### I. GİRİŞ

Günümüzde tıp alanındaki teknolojik gelişmeler, yaşam kurtaran organ nakillerini daha yaygın ve başarılı hale getirmiştir. Ancak bu kritik süreçte organların taşınması, muhafaza sıcaklıklarını koruyabilmesi ve organ kontaminasyon riskini en aza indirmeleri gerekmektedir. Türkiye’de organ nakli bekleyen hastaların çoğu ihtiyaçları olan organa kavuşmadan hayatlarını kaybetmektedirler [1]. Bu nedenle organ nakil taşıma esnasında ulusal ve uluslararası düzenlemelere uygun şekilde yapılması organlara zarar gelmemesi açısından hayati bir önem taşımaktadır.

Bu düzenlemelerde bulunan, organ paketleme işleminin; inert, sızdırmaz, ısı yalıtımlı ve olası durumlara karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Bu işlemlerden en önemli olanları ise kutunun içerisinde bulunan organın uygun sıcaklık seviyelerinde ve yalıtımının iyi yapılmasıdır. İşte bu noktada kutu içerisindeki sıcaklığın soğutulabilmesine çözüm üretebilmek için peltier termoelektrik soğutma teknolojisinin devreye girdiği bir çağa tanık oluyoruz.

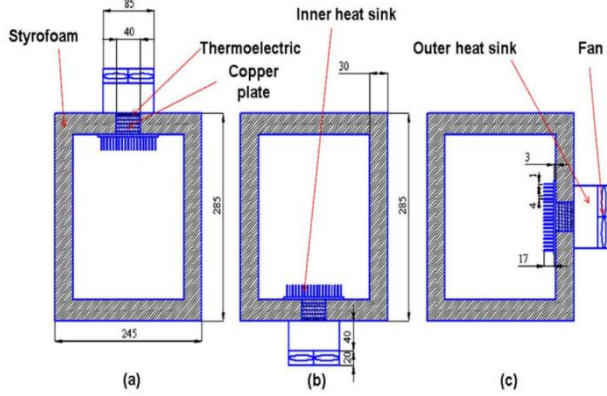
Günümüz dünyasında soğutma işlemini doğaya zarar vermeyen soğutucu akışkanların seçimi ile yapılabilmektedir. Doğaya karşı bir zarar olmayan bu termoelektrik malzemelerin kompresörlü soğutucular yerine tercih edilmelerinin en önemli sebepleri hareketli parça içermemeleri, uzun ömürlü olmaları, sessiz olmaları ve bakım gerektirmemeleridir [2].

Bu durumlar için kullanılan organ nakil taşıma kutuları organın taşınacağı yere kadar gerekli sıcaklık değerlerini içerisinde bulunan buz akülerinin yetersiz olması sebebiyle koruyamayabilirler. Böyle durumlarda organ istenilen konuma zamanında varamazsa organa zarar gelebileceği için çok ciddi sorunlara yol açacaktır. Fakat organ nakil taşıma kutusunda kullanılacak olan peltier gibi termoelektrik malzemeler akü yardımıyla istenilen yere istenilen sürede ulaştırılmasını sağlayabilirler [2]. Bu akülerden alınan güç yardımıyla peltierlerde meydana gelen kinetik enerji sayesinde soğutma işlevi gerçekleştirilir [3]. Bu çalışmada da termoelektrik malzemesi olan peltier ile organ nakil kutusu tasarımının üzerinde çalışılmıştır.

### II. MATERYAL VE METOT

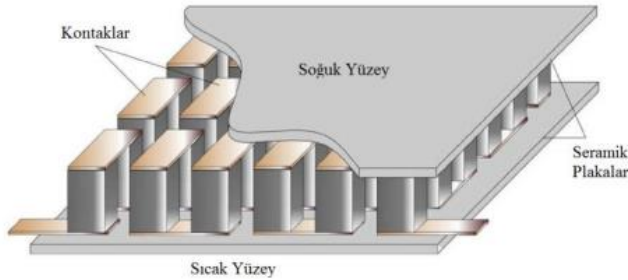
Organ nakil kutusu olarak, 3,5 L hacminde, 21x13x12 cm ölçülerinde kapaklı kutu tasarlanmıştır. Tasarlanan kutunun dış tabakası, dış etkenlerden dolayı oluşabilecek darbelere dayanıklı olması için sert plastikten oluşturulmuştur. Kutunun plastik kısmının iç tarafı poliüretan levhalar ile ısı yalıtımı sağlanmıştır. Yalıtım malzemesi olarak poliüretan levha seçilmesinin sebebi düşük ısı iletken değerine sahip olması (0,035W/Mk), yüksek yoğunlukla daha iyi yalıtım özelliği göstermesi (40 kg/m<sup>3</sup>), kullanım sıcaklığının -200 / +110 °C arasında rahat çalışabilir olması, dayanıklı ve uzun ömürlü olması ayrıca antibakteriyel yapısı sayesinde böcek ve haşerelere karşı da koruma sağlamasıdır [4]. Kutunun iç yüzeyi, ısı transferini artırarak istenilen derecelere daha hızlı düşürülmesini sağlamak için alüminyum bant ile kaplanacaktır. En dış tabakası olan sert plastik, siyah boya ile kaplanarak radyasyon ısı transferini önlemesi ve daha iyi yüzey kalitesi sağlanması amaçlanmıştır. Kutu tasarımında soğutucu olarak görev yapacak termoelektrik modülün kutunun hangi konumuna yerleştirileceği büyük önem arz etmektedir. M. Mirmanto vd (2019), termoelektrik modül ile soğutulan bir kutu tasarlamıştır. Şekil.1’ de görüleceği üzere bu tasarladığı kutuda modülün farklı konumlarında nasıl davranış gösterdiğini incelemiştir. Termoelektrik modül kutunun üst kısmında yer aldığı (a), sıcak hava yoğunluk farkından dolayı üst katmana rahatlıkla çıkar ancak soğuk hava alt katmana istenildiği gibi iyi akmaz. Modül kutunun alt kısmında yer aldığı (b), sıcak hava üst katmanda kalır ve soğuk hava da alt katmana iner dolayısıyla hava sirkülasyonu oluşmaz. Son olarak modül kutunun yan kısmında konumlandırıldığında (c), sıcak hava ısı emiciden yukarıya doğru çıkması kolaydır, soğuk hava da doğrudan aşağıya hareket edebilir. Bu nedenle termoelektrik

modül olan peltier kutunun sağ tarafında olduğunda kutunun içerisindeki sıcaklık oda sıcaklığından daha hızlı şekilde düşük değerler alabilir. Buradaki analizlerden yola çıkarak organ nakil taşıma kutusunda kullanılacak termoelektrik modül kutunun sağ orta kısmında yer alacaktır.



Şekil 1: Termoelektrik konumlar.

Hem ısı hem de elektriksel etkilerin bir arada bulunduğu devrelere termoelektrik devreler, bu devrelerle çalışan birbirinden farklı sistemlere ise termoelektrik sistemler adı verilir. Tasarımda termoelektrik modül olan peltier kullanılmıştır. Kutu içerisini istenilen sıcaklığa düşürülmesini veya artırılmasını sağlayan bu modüller hareketli parçalarının olmamasından dolayı sessiz çalışmaktadırlar [5]. Bu termoelektrik modüller, n ve p tipi malzemeden oluşmaktadırlar. Genellikle n tipi malzeme olarak Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> ve p tipi malzeme olarak da Bi<sub>0.1</sub>Te<sub>3</sub>'e temel malzemeler kullanılmıştır. Şekil 2'de verilen peltier yapısının kontaklardan, seramik kaplamalardan ve altında ve üzerinde yüzeyler bulunmaktadır.



Şekil 2: Termoelektrik modülün iç yapısı [6].

Modüle doğru akım verildiğinde yüzeyler arasında ısı farkı oluşturulur [6]. Bu ısı farkından yararlanılarak soğutma veya ısıtma işlemleri gerçekleştirilir. Modülün bağlantısını doğru bağlandığında bir yüzeyi ısınır diğer bir yüzeyi ise soğuk tam tersi bağlantı yapıldığında ise yüzeylerin ısı işlemlerinde değişir böylelikle ister soğutma da isterse de ısıtmada kullanılabilir olurlar. Şekil 2'de gösterilen kontaklar N ve P tipi yarıiletken çiftlerinden oluşurlar ve doğru akım verildiğinde alt ve üst kontaklar boyunca dolaşması sıcaklığın hareket ettirilmesine sebep olur. Organ nakil kutusu tasarımında kullanılacak olan TEC1-12706 modülü, sıcaklık kontrollerinin kolaylıkla yapılabilmesi, çevreye zararsız olması, farklı yer çekim koşullarında sorunsuz çalışabilmesi olan özelliklerinden dolayı

seçilmiştir. Termoelektrik soğutucuların iki yüzeyi arasındaki sıcaklık farkı 55 derecenin altında ise, tek kademeli termoelektrik modül kullanılması yeterlidir [7]. Bu yüzden tek kademeli modül kullanılmıştır. Kullanılan TEC1-12076 modülü, TEC1 marka, 12 volt gerilim ve 6 amper değerlerinde çalışan peltier plakadır. 72 wattlık bu peltier çekilen güç ile orantılı olarak soğuk yüzeyin soğutma kapasitesini arttırmaktadır. Termoelektrik modülün sıcaklık transferi yaparken sıcak yüzeyi çok çabuk ısınır buna bağlı olarak soğuk yüzeyde istenilen değerde soğutma işlemi gerçekleştirilemez. Sıcak yüzeyin ısınmasını önlemek için şekil 3'de gösterilen 12 volt 0.12 amper değerlerinde çalışan fan kullanılacaktır. Bu fan termoelektrik modülün sıcak yüzeyine bağlanarak sıcaklığın dağıtılmasını soğuk yüzeyine takılarak da soğuyan havanın kutunun içerisinde daha çabuk yayılmasını sağlayarak en verimli şekilde kullanılması tasarlanmaktadır. Bu fanlar aynı zamanda alüminyum soğutucuların yüzeylerinde oluşan ısının transferini hızlandırmak için de kullanılır. Bu alüminyum soğutucular, bir termal macun yardımıyla peltier üzerine yerleştirilir ısı iletkenliği yüksek olan bu macun peltierden aldığı ısıyı alüminyum soğutucuya iletir. Alüminyum soğutucu ise kanalları sayesinde yüzey alanını artırarak sıcaklığın daha hızlı bir şekilde dış ortama verilmesini sağlar. Kullanılan fanlar da bu alüminyum soğutucuların üzerinden yayılan ısıyı hızlandırır. Organ nakil kutusu tasarımında, 2 adet 12 volt 0.12 amper fan, 2 adet alüminyum soğutucu ve termal macun kullanılacaktır.

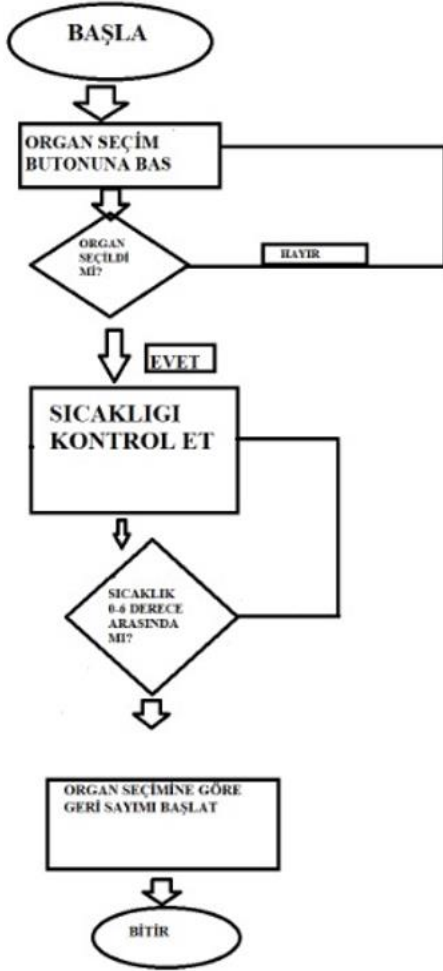


Şekil 3: 12 volt 6 amper fan ve alüminyum soğutucu

Tasarımımızda termoelektrik modülün ve lcd ekranı kontrol edilmesini sağlayacak PIC18F4550 mikrodenetleyici, 8-bit mimarisiyle birlikte gelir ve çeşitli özelliklere sahiptir. Bu özellikler arasında Analogdan Dijitale Dönüştürücü (ADC), Dijitalden Analoga Dönüştürücü (DAC), zamanlayıcı, bellek gibi önemli işlevler bulunmaktadır.

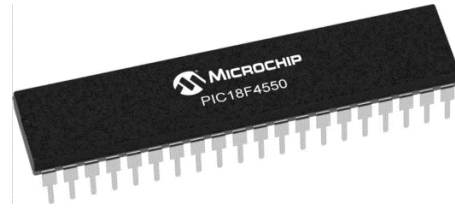
Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART), standartlaştırılmış verileri SA Düğümüne iletmek için kullanılır. Bu, mikrodenetleyicinin RF modülü aracılığıyla kablosuz iletişim için kullanılabilir [8]. Mikrodenetleyici üzerinde bulunan ADC, gerçek ve sürekli zamanda analog sinyallerin 10 bitlik bir dijital forma dönüştürülmesini sağlar. Kablosuz iletişim için kullanılan bir teknoloji. Kısa menzilli (short-range) iletişim sağlar ve genellikle bireyler arası cihaz bağlantıları için kullanılır. Kablosuz yerel ağ (WLAN) iletişimi için kullanılır. Daha geniş kapsama alanı sağlar ve internet erişimi için yaygın olarak kullanılır. Düşük güç tüketimi, kısa

menzil ve düşük veri hızlarına odaklanan bir kablosuz iletişim standardıdır. Bu geniş özelliklere sahip olan mikrodenetleyicinin tasarımımızda kolaylık sağlayacağı ve ek malzemelerden tasarruf edilebileceği için seçilmiştir.

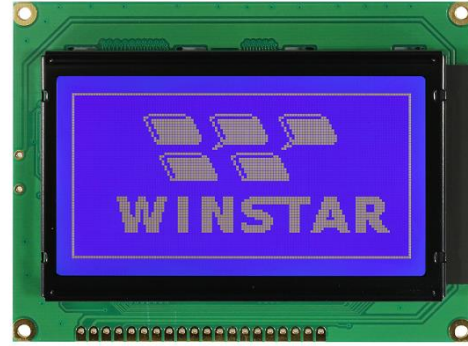


Şekil 4: PIC18F4550

Tasarımımızda kullanacağımız LCD ekran, Winstar marka 128 × 64-bit'lik mavi ekranlı grafik LCD ekran kullanılmıştır. 128x64 piksel, yani toplam 128 satır ve 64 sütun piksel. "Mavi ekranlı" ifadesi, ekrandaki renk temsilini ifade eder. Ancak bu genellikle tek renkli bir ekran ifade eder, yani yalnızca tek bir rengin tonlarına sahip olabilir. Bu tür bir LCD, genellikle bir mikrodenetleyici veya başka bir kontrol ünitesi ile köprüleme için bir dizi pim veya bir bağlantı arabirimi kullanılır. Örneğin, SPI (Seri Çevre Birimi Arayüzü) veya I2C (Entegre Devreler Arası) gibi yaygın bağlantı protokollerini destekleyebilir. Bazı LCD ekranlar, kullanım kolaylığı için bir arka aydınlatma kaynağına sahiptir. Bu, ekrandaki içeriğin daha iyi görünmesini sağlar. LCD ekranlar genellikle belirli bir sıcaklıkta çalışır. Bu sıcaklık aralığı tasarımımızda kullanacağımız sıcaklık aralığı ile uyumlu olduğu için aynı zamanda ekonomik olduğundan dolayı seçilmiştir. Şekil 5 ve şekil 6'te kullanacağımız mikrodenetleyici ve LCD ekran gösterilmiştir.



Şekil 5: PIC18F4550

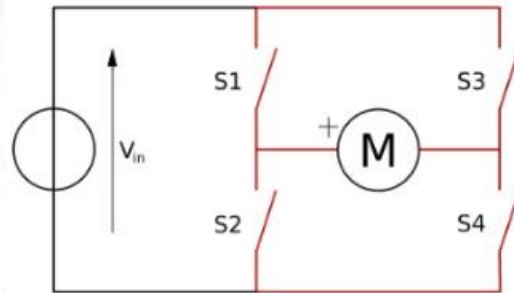


Şekil 6: Winstar marka 128 × 64-bit'lik mavi ekranlı grafik LCD ekran

Tasarımımızda kullanılan termoelektronik modülün hem sıcaklığın yükselmesi ve sıcaklığın düşürülebilmesi için H köprüsü mosfet devresi ile gerçekleştirilmiştir.

H köprüsü gerçekleşirken şekil 7'de gösterilen anahtarlar yerine genellikle yüksek akım geçirebilmeleri, açılma – kapanma hızlarının yüksek olması ve iç dirençlerinin düşük olması nedeniyle MOSFET'ler kullanılmaktadır. Yüksek frekansta (20kHz),

MOSFET'lerden yüksek akım (ortalama 3A) geçeceğinden, MOSFET'lerin geçitlerini sürme işi zorlaşmaktadır. MOSFET'lerin geçitlerini sürmek için ayrı sürücü devreleri oluşturulması gerekmektedir. Bu duruma çözüm olarak H köprüsü görevini yerine getiren ve H-köprüsünün MOSFET'lerini süren tümleşik devreler geliştirilmiştir. Bu devrelerin en büyük avantajı bütün tümleşik devrelerde olduğu gibi karmaşık yapıların tek bir yonga üzerinde toplanmasıdır. Dezavantajı ise maliyeti arttırmasıdır. Ancak projede H - köprüsü geliştirmeye harcanan zaman ve kaynaktan tasarruf etmek amacıyla tamamen tümleşik H - köprüsü motor sürücü yongası kullanılmıştır.



Şekil 8: H köprü devresi

Peltier sıcaklığını kontrol edebilmek içinse S1, S2, S3 ve S4 anahtarlarına giden sinyallere darbe genişliği modülasyonu

(PWM) uygulanmalıdır. PWM sinyali basit bir periyodik kare dalga sinyalidir. Mikrokontrolör kare dalga sinyalinin lojik 1 olduğu zaman aralığını değiştirerek sinyalin ortalama değerini değiştirir. Böylece peltiere giden gerilimin ortalama değeri değişir ve peltierin sıcaklığı kontrol edilebilir. Güç kartı mikrokontrolörü 0 – 6 derece arasında sıcaklığın kalmasını sağlar. Sensör olarak ise gövdeye entegre olarak LM35 sensörleri kullanılmıştır [9].

Tasarımda kullanılacak olan cihazların güç kaynağı olarak batarya sistemi kullanılacaktır. Organların taşınması durumunda da sıcaklığın kontrol edilebilmesi ve güvenliğinin en yüksek mertebede olmasını sağlamak için bu tasarımda kullanılması düşünülmüştür.

### III. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tasarımda organların taşınması amacıyla kullanılan organ nakil kutusunun, dış etkenleri korumak ve iç sıcaklığının termoelektrik modül yardımıyla hızlı soğutulması amaçlanmıştır. Daha iyi yalıtım ortamı oluşturabilmek adına, kullanılacak marka ve modele bağlı olarak yüksek sıcaklıklara dayanabilen poliüretan köpük kullanılmıştır. Aynı zaman da yalıtımın verimini artırmak için kutunun içerisi alüminyum bant ile kaplanmıştır. Mikrodenetleyici ile H-köprüsü devresi yardımıyla peltier kontrol edilerek sıcaklığın 0-6 derece arası da kalması sağlanmıştır. Son olarak kutuda ki elemanların elektrik enerji ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için batarya sistemi kullanılmıştır.

### REFERANSLAR

- [1] Ortak, M., *Organ nakil hizmetlerinin yönetim ve organizasyonu*. Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- [2] Çakmaz, E.S., *Soğuk Zincir Kutularında Peltier İle Soğutma Tasarımı Ve Analizi*. 2019, Marmara Üniversitesi (Turkey).
- [3] Erkol, O. and H. Demirel, *Termoelektrik Malzeme İle Seyyar Su Soğutucu Uygulaması*. TÜBAV Bilim Dergisi, 2012. **5**(1): p. 16-20.
- [4] Candan, N., *Isı yalıtım sistemleri ve özelliklerinin karşılaştırılması*. 2007, Sakarya Üniversitesi (Turkey).
- [5] Usta, H. and V. Kırmacı, *Termoelektrik Etkiler Ve Soğutma Etkinliğinin Uygulanması*. Teknoloji, 2002. **5**.
- [6] Çiçek, O., H. Demirel, and S.O. Tan, *Termoelektrik Modüllü Kan Nakil Kabı Tasarımı*. Technology, 2011. **14**(4): p. 115-121.
- [7] Bulut, H., *Termoelektrik soğutma sistemleri*. Soğutma dünyası, 2005. **31**(1): p. 9-16.
- [8] Leow, W., et al., *PIC 18F4550 controlled solar panel cooling system using DC hybrid*. Journal of Scientific Research & Reports, 2014. **3**(21): p. 2801-2816.
- [9] Durmuş, H., *Otonom robot ve kontrol birimi tasarımı*. 2015, Fen Bilimleri Enstitüsü.

# IoT TABANLI HASTA SAĞLIĞI İZLEME SİSTEMİ

O. AKMAN<sup>1</sup>, M. CAN<sup>2</sup>, Y. B. HANT<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, osmanakman999@gmail.com

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, mert\_can-2001@hotmail.com

<sup>3</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, yusufberathant12@gmail.com

## I. Giriş

Öz - Sağlık sektöründe hastanın durumunu takip etmek oldukça önem arz etmektedir. Bu durum tedavinin kalite ve etkinliği açısından önem taşımakla beraber kritik hastalıklar için de hayati müdahaleler anlamına gelmektedir. Hastanın sağlık durumunun takibi için gerekli en önemli adım verilerin sürekli takibidir. Kişilerin verileri üzerinde sürekli takip ve analiz yapmak anormal durumların anında tespit edilmesini sağlayabilir. Bunu gerçekleştirmek içinse IoT teknolojisi oldukça uygundur. Özellikle son yıllarda popülerliği artan ve seçkin araştırmacılar tarafından tercih edilen IoT; nesnelerin internete bağlanması ile yönetilmesi, kontrol edilmesi, veri aktarımı yapması gibi temel fonksiyonlara sahiptir. IoT sistemlerinde amaca göre farklı şekilde bulunan sensörler ile oluşturulacak sistemlerin karakteristik özelliğine özgü seçimler yapılarak birçok parametre bilgisi elde edilebilmektedir. Yine bu parametreler IoT teknolojisi sayesinde uzak sistemlere aktarılabilir. Böylece hastalar nerede olursa olsun verilerinin takibi yapılabilmektedir. Bu elde edilen veriler üzerinde çeşitli analiz ve işlemlerle öngörüler gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmada, IoT tabanlı hasta sağlığı izleme sistemi projesi üzerinde açıklamalar yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** – Sağlık, Takip, IoT, Sensörler

**Abstract** - It is very important to follow the patient's condition in the healthcare industry. While this is important for the quality and effectiveness of treatment, it also means vital interventions for critical diseases. The most important step required to monitor the patient's health status is the continuous monitoring of the data. Continuous monitoring and analysis of people's data can enable abnormal situations to be detected immediately. IoT technology is very suitable to achieve this. IoT, which has increased in popularity especially in recent years and is preferred by distinguished researchers; It has basic functions such as managing, controlling and data transfer of objects by connecting them to the internet. In IoT systems, many parameter information can be obtained by making choices specific to the characteristics of the systems to be created with sensors located in different shapes depending on the purpose. Again, these parameters can be transferred to remote systems thanks to IoT technology. Thus, patients' data can be tracked wherever they are. Predictions can be made through various analyzes and processes on the data obtained. In this study, explanations were made on the IoT-based patient health monitoring system project.

**Keywords** – Health, Follow, IoT, Sensors

Bu çalışma sağlık sektörüne yönelik bilişim teknolojilerinin IoT tabanlı bir sistem üzerinde uygulanmasını ele almaktadır. Günümüzde herhangi bir basit hastanın bile hastaneye gitmeden sağlık durumunun takip edilmesi oldukça zordur. Bu durum yatağa bağlı hastalar için nerdeyse imkânsız hale gelmektedir. Aslında yapılan bu çalışma, hastanın sağlık durumunun takip edilmesine yönelik yapılmış bir proje gibi gözüke de aynı zamanda hem doktor hem de hasta yakınlarının hayatlarını kolaylaştırmaktadır. Örneğin özellikle yatağa bağlı durumda olan bir hastanın hem doktor hem de hasta yakınlarının, hastanın durumunun sürekli izlenmesi oldukça zordur. Bunun için doktorun her gün hastayı ziyaret edip kontrol etmesi gerekir. Biz de durumlardan yola çıkarak hem hastanın sağlık durumunun takibini hem de doktor ve hasta yakınlarının hayatlarını kolaylaştırmak için bir çalışmada bulduk.

Sağlık sektöründe hastanın sağlık takibi son derece önemli bir konudur. Zira bazı hastaların sürekli kontrol altında tutulmaları gerekmektedir. Bu durum pek çok hastalık için hastaları sağlık kurumlarına bağımlı hale getirmiştir. Her ne kadar birçok tahlil için evde bulundurulabilir düşük maliyetli cihazlar bulunsun da hasta durumunun cihazlardan elde edilen parametre değerlerine göre yorumlanması oldukça karmaşık olabilmektedir. Bu nedenle de hastalar sağlık kurumlarına bağımlı hale gelmekte ve böylece hareketlilikleri düşmektedir [1]. Tasarlanan bu projenin diğer bir amacı sayesinde hastanın hastaneye olan bağlılığını da en aza indirmek hedeflenmektedir.

Sağlık sektörü ve buna yönelik teknolojik çalışmalar son yılların hızla gelişen ve ilgi çeken konuları haline gelmiştir. Ayrıca teknolojiye hızlı gelişim ve bu aygıtların maliyetlerindeki düşüşler de hemen her alanda olduğu gibi sağlık sektörü uygulamalarında da araştırmacıların ve uygulamacıların dikkatini çekmeye başlamıştır [2]. Dünya genelinde artık çoğu sağlık cihazı, kişisel sağlık kayıtları ve tetkik yöntemleri taşınabilir hale gelmiştir [3]. Bu sayede başta hastalar olmak üzere birçok kişilerin hayatı kolaylaşmaktadır.

Son zamanlarda, Nesnelerin İnterneti (IoT) uzaktan izleme, algılama cihazlarının ve bulut sunucusunun bağlanabilirliği sayesinde sağlık sistemlerinde büyük popülerlik kazanmıştır [4]. Bu dönemde, internetin hayatımıza girişinin ne kadar ileri gideceği ve artık vazgeçilmez bir konuma gelmiş olması, araştırmacıların dahi çalışmalarını bu yönde



yoğunlaştırmalarına neden olmuştur. Teknolojinin hızla gelişmesi, internet alt yapısının ilerlemesi ve insanların bu değişime yaklaşımı, günümüzde internet teriminin geçmiş yıllardaki tanımından büyük ölçüde ayrıldığını göstermektedir. Artık internet, yalnızca bir kavram olmanın ötesine geçmiş, bağlam içinde değerlendirilerek "nesnelerin interneti" (IoT) gibi yeni kavramlara ev sahipliği yapmıştır. İnternet ve nesnelerin bir araya getirildiği bu kavram ve ortaklık ile internet erişimine sahip nesnelerin topladıkları bilgileri kaynak nesneden hedef noktaya taşınması ve aktarılması mümkün olmaktadır. Bu kapsamda, nesnelerin interneti, Radyo Frekansı Tanımlama (RFID), Kablosuz Sensör Ağları (WSN), Bluetooth, Yakın Alan İletişimi (NFC), Uzun Süreli Evrim (LTE) gibi çeşitli akıllı iletişim araçları aracılığıyla nesnelerin internete entegre edilmesini ifade etmektedir. Adından da anlaşılacağı gibi, IoT kavramı aslında "internet üzerinden bağlantılı nesneler" olarak tanımlanabilir. Bu gelişmeler, internetin evriminin bir sonucu olarak ortaya çıkan bu yeni paradigmanın, günlük hayatımızın birçok alanına dokunduğunu ve gelecekte daha da entegre olacağını göstermektedir. Şekil 1'de IoT'in hayatımızın her yerinde kullanıldığını gösteren bir resim yer almaktadır.



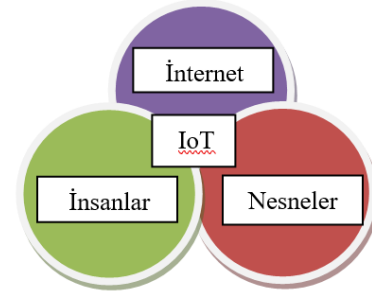
Şekil 1. IoT'in Hayatımızdaki Yeri

## II. IOT TABANLI SİSTEM

Bu çalışmada geliştirilen hasta takip sisteminin bileşenleri IoT tabanlı bir sistem üzerinde çalışmaktadır. IoT yani nesnelerin interneti, internet üzerinden diğer cihaz ve sistemlerle veri bağlantısı ve paylaşımı amacıyla sensörler, yazılımlar ve diğer teknolojilerle gömülü olan fiziksel nesnelerin ağını açıklar. Bu sistemin tercih edilmesinin sebebi kullanımının oldukça kolay ve yaygın olmasıdır. Aşağıda IoT tabanlı sistemin tercih edilmesindeki sebepler maddeler halinde verilmiştir.

- Verimlilik ve Tasarruf
- Uzaktan İzleme ve Kontrol
- Veri Toplama ve Analiz
- Hız ve Anlık Geri Bildirim
- İnsan Hatasını Azaltma
- İleri Analitik ve Tahmin Yetenekleri
- Daha İyi Müşteri Deneyimi
- Çevresel Sürdürülebilirlik
- Yeni İş Modelleri

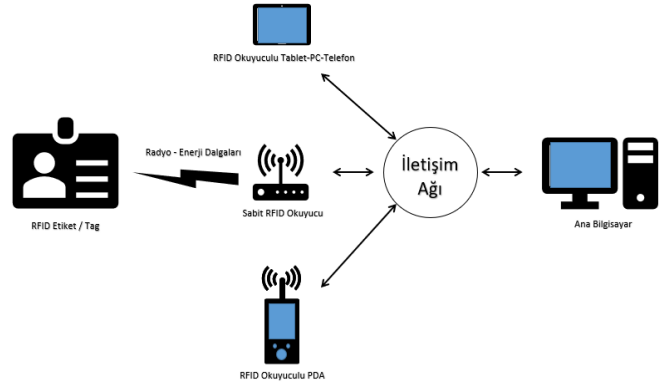
IoT kavramı internet, insanlar ve nesneler kavramlarının tam ortasında kalmaktadır. Şekil 2'de bu kavramsal ilişki şeması gösterilmiştir.



Şekil 2. IoT Kavramsal İlişki Şeması

Nesnelerin interneti, farklı cihazların bir ağ üzerinden iletişim kurarak nesneler arasında etkileşim sağlayan bir sistemdir. Bu iletişim sistemi, internet teknolojisi yanında RFID (Radyo Frekansı Tanımlama) veya başka bir deyişle radyo frekansı ile tanımlama teknolojisi aracılığıyla da gerçekleştirilebilir.

RFID, radyo dalgaları kullanarak elektronik RFID etiketi koyulan nesnelere gelen verinin, RFID okuyucusu aracılığıyla aktarılması teknolojisidir. Veriler gerçek zamanlı olarak toplanmakta ve iletilmektedir. RFID etiketi ile nesnelere benzersiz kimlikleri kazandırılır [5]. RFID dışında, sunucuya bağlı olan bir adaptör bir başka deyişle sensörden alınan sayısallaştırılmış veriler standart IP Protokolü kullanılarak da kablosuz olarak aktarılabilir [6]. Şekil 3'te RFID sistem yapısının resmi verilmiştir.



Şekil 3. RFID Sistem Yapısı

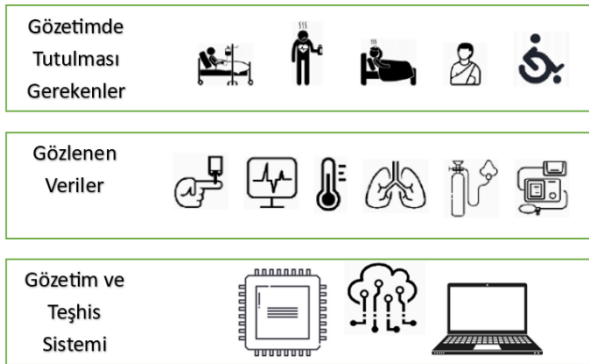
### A. IoMT (Medikal Nesnelerin İnterneti)

Medikal Nesnelerin İnterneti (IoMT), sağlık sektöründe kullanılan bir dizi tıbbi cihazın ve uygulamanın, ağ teknolojileri aracılığıyla sağlık bilgi teknolojisi sistemlerine entegre edilmesi olarak adlandırılır. IoMT'nin temel hedefi, sağlık harcamalarını azaltmak ve sağlık takibi gereksinim duyan bireylerin yaşam kalitesini artırmaktır. Bu kavram, solunum oranı, kalp ritmi,

oksijen seviyeleri gibi fizyolojik verileri ölçmek üzere tasarlanmış sensörler ve etkileşimli cihazlar ile çeşitli yazılım platformlarının entegrasyonu ilkesine dayanmaktadır. IoMT'nin kullanımı, Wi-Fi, 4G, 5G gibi çeşitli ağ teknolojilerini içerir ve sağlık hizmetlerinde daha etkili bir izleme ve yönetim sağlayarak toplam sağlık maliyetlerini düşürmeyi amaçlar.

Uzaktan sağlık izleme sistemlerinin, sağlık verilerini toplama yeteneklerinin yanı sıra, bu verileri en az kayıp ve gecikmeyle hedefe iletmeleri beklenmektedir. Bu nedenle, IoMT sistemlerinin belirli bir servis kalitesi standardını karşılayabilmesi önemlidir. Ayrıca, IoMT sistemlerinin topladığı sağlık verilerinin daha sonradan kullanılabilirliği ve analiz edilebilirliği için etkili bir depolama mekanizması gereklidir. Bu depolama ihtiyacını karşılamak için yerel veri tabanları kullanılabilirliği gibi, çoğu zaman daha verimli olan bulut tabanlı depolama da tercih edilebilir.

Şekil 4'te IoMT kavramı görselleştirilip daha kolay anlaşılması hedeflenmiştir. Burada ilk olarak gözetim altında tutulan kitle belirtilmiştir. Bunlara örnek vermek gerekirse hastalar, engelliler ve yaşlılar örnek verilebilir. Sonra gözlenen veriler yer almaktadır. Bu veriler arasında vücut sıcaklığı, nabız, solunum oranı, ECG, EMG, gibi veriler yer almaktadır. Daha sonra son olarak ise gözetim ve teşhis yapan sistem belirtilmiştir. Bu sistem bir mikrodenetleyici, bir bilgisayar ve IoT tabanlı sistemden oluşmaktadır.



Şekil 4. IoMT Sistem Şeması

### B. IoT Tarihi

Henüz birkaç 10 yıla öncesine kadar iletişim, telefon hatları üzerinden sesle veya mektuplar ile sınırlı kurulabiliyordu. Bu zaman aralığında internet doğdu ve insanlığa dünya genelinde iletişim için yeni bir platformu sağladı [7]. IoT sistemleri, birbiriyle anlık iletişim kuran cihazlardan oluşan bütünleşmiş sistemlerdir. İlk örnek olarak kabul edilen olay, bir kamera ve bilgisayar arasındaki iletişimi içerir. 1991 yılında Cambridge Üniversitesi'nde çalışan yaklaşık 15 akademisyen ortak bir kahve makinesini paylaşıyorlardı. Binanın alt katında ofisleri olan akademisyenler onlarca merdiveni çıkıp kahve makinesini boş görmekten sıkılmış ve makineyi görebilecekleri bir sistem geliştirmişlerdi. Sistem, her bir dakikada makinenin üç adet görüntüsünü çekerek masalarda bulunan bilgisayarlara aktarıyordu. Böylece makinedeki kahve miktarı görülüyordu. Yine aynı yıl, dünyanın ilk internet kontrollü cihazı, uzaktan

açılabilen bir ekmek kızartma makinesi geliştirilmiştir. Bu olaylar, iki cihazın ilk kez birbirleriyle gerçek zamanlı iletişim kurduğu bir başlangıç noktasıydı.



Şekil 5. IoT Sisteminin İlk Kullanımında Elde Edilen Görüntü

Nesnelerin interneti kavramı olarak ilk kez 1999 yılında Kevin Ashton tarafından Procter & Gamber şirketi için hazırlanan bir sunumda kullanıldı. Sunumda şirkete radyo frekansı ile tanımlama teknolojisinin faydaları anlatılmakta ve kullanımı önerilmekteydi. Daha sonraki yıllarda gelişen teknolojiler sayesinde milyarlarca insanın bilgisayarlar ya da taşınabilir mobil araçlarla internete bağlanmaları sağlanmıştır. Bu aşamanın ardından beklenen büyük adım birbirlerine bağlı bilgisayarların, birbirlerine bağlı nesnelere bilgi alışverişi yapmasıdır. Arabalardan kitaplara, elektronik aletlerden yiyeceklere, akıllı binalardan ayakkabılara kadar aklımıza gelebilecek tüm şeylerin/nesnelerin birbirine bağlanması gelecekte bizi bekleyen bir gelişmedir.

IoT gelişiminin önündeki önemli problemlerden biri cihazların birbiri ile olan uyumu ve birbirlerini etkilememesi. Bu nedenle verinin cihazlar ve ağ sistemleri arasında coğrafi şartlara ve bağlantı modellerine bağlı olarak yanlış akması önlenerek, kesintisiz ve doğru veri akışının sağlanması hayati önem taşıyor.

Nesnelerin interneti, bir teknoloji devrimi olarak her şeyi değiştirmesi olası. Her yerden, herkesle, her zaman, her nesne ile bağlantı gerçeği yeni dünya düzeninin temelini yerleşecek gibi görünüyor.

Böylesi hızlı gelişen bir dünyada sizce de teknolojik gelişmeler baş döndürücü değil mi?

### C. IoT ve Sensörler

IoT teknolojisinde, çeşitli işlevlere sahip birçok sensör türü bulunmaktadır. Şekil 6'te kullanılan sensörlere ile ilgili güzel bir yapı resmi verilmiştir. Yapılan çalışmalarda, sensörlerin dahil edilip edilmeyeceği genellikle çalışmanın amacına bağlı olarak belirlenir. Özellikle sağlık alanında yapılan araştırmalarda sıkça kullanılan sensörler arasında nabız, EKG (Elektrokardiyografi), oksijen, sıcaklık ve nem sensörleri bulunmaktadır [8]. Nabız sensörleri, kişinin kalp atış hızını ölçerek bilgi sağlar. Elektrokardiyografi sensörler, kalp atış

hızını izlemenin yanı sıra, kalbin dakikada kaç kez kasıldığı bilgisini elektrotlar aracılığıyla ölçer. Oksijen sensörleri, kandaki oksijen seviyesi hakkında bilgi verir. Sıcaklık sensörleri ise hem kişinin vücut ısısını hem ortamın sıcaklığını belirler. Özellikle havale gibi kritik ateşli hastalıklar durumunda, sıcaklık sensörlerinden elde edilen veriler büyük önem taşır. Son olarak nem sensörleri ise kişinin bulunduğu ortamdaki nem miktarını ölçer. Ortamın sıcaklığı ve nem miktarı bazı hastalıklar için çok büyük rol taşır.

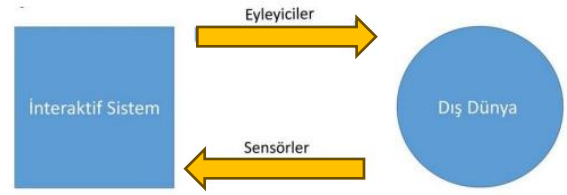


Şekil 6. IoT Sensörleri

Biz yaptığımız bu çalışmada nabız, sıcaklık, nem ve yağmur sensörlerini tercih ettik. Kullandığımız nabız sensörü hastanın kalp atış hızı hakkında bilgi vermektedir. Sıcaklık ve nem sensörleri ise ortamın sıcaklığını ve nemini ölçmektedir. Aynı zamanda kullandığımız diğer bir sıcaklık sensörü ile hastanın vücut sıcaklık bilgisine de ulaşabiliyoruz. Son olarak seçtiğimiz yağmur sensörü sayesinde ise hastanın idrarını kaçırmaması halinde sensörden aldığımız veri sayesinde hasta yakınlarının haber alması sağlanmaktadır.

### III. MİKRODENETLEYİCİ SİSTEMİ

Dijital yazılımlar sanal ortamda işlemler yaparlar. Bundan farklı olarak dış dünyayla etkileşimli sistemlerin programlamasına “fiziksel programlama” denmektedir [9]. Bu sistemler fiziksel dünyada meydana gelen sıcaklık, ses, ışık, hareket ve dokunma türevi etkileşimlerin oluşturduğu verileri sensörlerle sayısal verilere dönüştürerek sanal ortama aktarırlar [10]. Bu veriler daha sonra analiz edilir ve işlenir, ardından eyleyiciler aracılığıyla tekrar dış dünyaya etki edecek şekilde iletilir. Yani, fiziksel programlama, bilgisayar sistemlerini sadece dijital verilerle değil, aynı zamanda gerçek dünyadaki fiziksel etkileşimlerle de etkileşimli hale getirir. Bu tür sistemler, örneğin bir sensörün algıladığı sıcaklık değişikliği üzerinden çeşitli tepkileri yönetebilir, bu da günlük yaşamda kullanılan birçok akıllı cihazın çalışma prensibini oluşturur. Bu sayede, bilgisayar sistemleri çevresel değişikliklere daha doğrudan ve gerçek zamanlı bir şekilde yanıt verebilir.



Şekil 7. Mikrodenetleyicilerin Çalışma Prensibi

Elektronik ve mekanik sistemlerin uygulandığı yapıları akıllı hale getiren bir olgu, bu yapılar içinde entegre edilen elektronik ve mekanik sistemlerdir. Bu sistemleri organize edip senkronize bir şekilde çalıştıran ve iletişimlerini sağlayan merkezi bir otomasyon sistemi, adeta sistemin beyni görevini üstlenir. Endüstri Devrimi ile, mikrodenetleyiciler, ürünlerde ve mekanlarda otomasyon işlevleri için gömülü sistemler olarak tasarlanabilir hale gelmiştir. Bu mikrodenetleyiciler, otomotivde araç içi sistemlerden ev eşyalarına ve mekân otomasyon sistemlerine kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır. Bu sayede, teknolojinin avantajlarından faydalanarak çeşitli sektörlerde akıllı ve otomatik sistemlerin entegrasyonu mümkün olmaktadır.

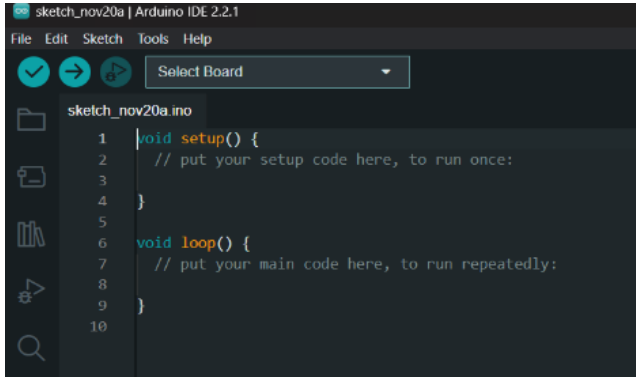
Mikrodenetleyiciler, kullanıcı ihtiyaçlarına özelleştirilebilir bir şekilde geliştirilebilir ve açık kaynak kodlu cihazlar arasında yer almaktadır. Açık kaynak yaklaşımı sayesinde, kullanıcılar yazılımın içine müdahale edebilir ve cihazı kendi ihtiyaçlarına uygun hale getirebilirler. Bu özgürlük, mikrodenetleyicilerin kullanıcılar tarafından daha kolay şekillendirilebilir olmasını sağlar. Açık kaynak kodlu sistemler, başlangıçta yazılımlarda ortaya çıkan bir hareketle, Endüstri Devrimi'nde etkileşimli ürün ve mekanların tasarımını kolaylaştırmak amacıyla geniş bir kitleye ulaşılabilir hale gelmiştir. Arduino ve Raspberry Pi gibi popüler mikrodenetleyiciler, özellikle etkileşimli tasarımlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu mikrodenetleyiciler, kullanıcıların elektronik projelerini gerçekleştirmeleri için geniş bir donanım ve yazılım yelpazesi sunar, bu da tasarımcılara ve geliştiricilere büyük bir esneklik sağlar.

Mikrodenetleyici, içerisinde bellek, giriş-çıkış ve mikro işlemci üniteleri bulunduran bütünleşmiş hale getirilmiş programlanabilen elemanlardır. Yapılan bu çalışmada, Atmega 328 mikrodenetleyicisi için geliştirilmiş Arduino Uno geliştirme kartı kullanılmıştır. Arduino Uno geliştirme kartı, 14 adet Dijital giriş / çıkışı ve 6 adet Analog girişi ile gereksinimleri karşılamaktadır [11]. Arduino tek başına çalışan interaktif nesnelere geliştirmek için kullanılabileceği gibi bilgisayar üzerinde çalışan yazılımlara da bağlanabilir. Arduino kartları bir Atmel AVR mikrodenetleyici ve diğer devrelere bağlantı için gerekli yan elemanlardan oluşur. Her kartta en azından bir 5 voltluk lineer regülatör ve bir 16 MHz kristal osilatör bulunur. Mikrodenetleyiciye önceden bir önyükleyici programı yazılı olduğundan programlama için harici bir programlayıcıya ihtiyaç duyulmaz. Ayrıca Arduino açık kaynak donanımlıdır. Bu projede Arduino'yu tercih edilmesindeki en büyük etmenler, kartın temin edilmesinin kolay olması ve açık kaynak kodlu olmasıdır. Şekil 6'te kullanılan geliştirme kartı Arduino UNO resmi yer almaktadır.



Şekil 6. Arduino UNO Geliştirme Kartı

Arduino programlamak için genellikle Arduino IDE arayüzü tercih edilir. Bu arayüzü kullanarak Arduino ile yapılacak istenen çalışmaya ait program kodları yazılır. Arduino da kullanılan programlama dili C++ ve C alt yapısına sahiptir. Temel olarak Arduino programlamada iki fonksiyon kullanılmaktadır. İlk fonksiyon olan “setup” fonksiyonu, Arduino çalışmaya başladığı anda ilk çalıştırılan fonksiyondur ve bir kere çalışır. Program için gerekli ayarların olduğu kod bloğudur. İkinci fonksiyon olan “loop” fonksiyonu ise setup fonksiyonundan sonra çalışmaya başlar ve Arduino çalıştığı sürece tekrar edilir [12]. Bu fonksiyon asıl işin yapıldığı kod bloğudur. Şekil 7’te Arduino geliştirme kartını programlamak için arayüz verilmiştir



Şekil 7. Arduino Programlama Arayüzü

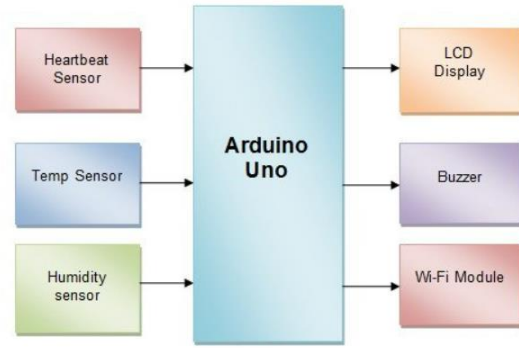
#### IV. SİSTEM MİMARİSİ

Bahsettiğimiz çalışma, üç ana sistem olan IoT tabanlı sistem, mikrodenetleyici sistemi ve sensörlerin entegrasyonu ile oluşan bir bütünü içeriyor. Her bir sistem kendi başına önemli bir rol oynarken, bir araya gelerek daha kapsamlı bir işlevsellik sunuyor. İlk sistem olan IoT, nesnelerin interneti (IoT) prensiplerine dayanarak cihazların birbirleriyle iletişim kurmasını sağlar. Bu, veri transferi, uzaktan izleme ve kontrol gibi özellikleri içerir. Mikrodenetleyici, sistemdeki işlem birimini temsil eder. Genellikle düşük güç tüketimi, hızlı işlem kapasitesi ve düşük maliyet gibi avantajlar sunar. Bu sistem, sensörlerden gelen verileri işleyebilir, kararlar alabilir ve gerekirse diğer cihazlarla iletişim kurabilir. Sensörler, çevresel değişkenleri ölçer ve bu bilgileri diğer sistemlere ileten önemli bileşenlerdir. Sistemdeki sensörler, çeşitli fiziksel veya

kimyasal özellikleri algılayabilir ve bu verileri mikrodenetleyiciye ileterek işlenmelerini sağlar.

Bu üç sistem bir araya geldiğinde, IoT tabanlı sistem evdeki cihazları internet üzerinden kontrol etmeyi sağlarken, mikrodenetleyici sistemi bu cihazların yerel olarak kontrol edilmesini ve sensörler de çeşitli ortam değişkenlerini algılayarak bu sistemlere bilgi sağlar.

Ana sistem, bahsettiğimiz üç alt sistemin entegrasyonunu ifade eder. Bu entegrasyon, çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Bu bütünleşmiş sistem, kullanıcıya geniş bir kontrol ve izleme yeteneği sunabilir. Ayrıca, topladığı verileri analiz ederek sistemde iyileştirmeler yapabilir ve gelecekteki kullanım senaryolarına daha iyi uyum sağlayabilir.



Şekil 8. IoT Tabanlı Hasta Sağlığı İzleme Sisteminin Blok Şeması

IoT tabanlı hasta sağlık takip sistemi projemizde nesnelerin internetini kullanarak hastanın çeşitli parametrelerini takip ediyoruz. Nesnelerin İnterneti projesini temel alan hasta takip sisteminde, hastanın sağlık durumuna ilişkin gerçek zamanlı parametreler internet bağlantısı kullanılarak buluta gönderiliyor. Bu parametreler uzak bir İnternet konumuna gönderilir, böylece kullanıcılar bu ayrıntıları dünyanın herhangi bir yerinden görebilir.

Yapılan bu çalışmada 4 adet sensör bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla nabız, sıcaklık ve nem sensörleridir. Tasarlanan bu çalışma sayesinde doktor sadece bir web sitesini veya URL'yi ziyaret ederek hastanın sağlık parametrelerini izleyebilir. Aynı zamanda günümüzde birçok IOT uygulaması da geliştirilmektedir. Yapılan bu çalışmadan yola çıkarak tasarlanan sistem için bir Android uygulaması geliştirilirse, doktor veya aile üyeleri Android uygulama aracılığıyla hastanın sağlığını izleyebilir veya takip edebilir.

IoT tabanlı bir sağlık izleme sistemi projesini yürütmek için WiFi bağlantısına ihtiyacınız vardır. Mikrodenetleyici olarak seçilen Arduino kartı, bir Wi-Fi modülü (ESP 8266) kullanarak Wi-Fi ağına bağlanır. Tasarlanan bu proje yapısı gereği bir WiFi ağı olmadan çalışmayacaktır. Akıllı telefonunuzda bir WiFi modülünü (Hotspot) kullanarak bir WiFi bölgesi oluşturabilirsiniz. Arduino UNO kartı sürekli olarak bu 4 sensörden gelen girdileri okur. Daha sonra bu verileri belirli bir

URL/IP adresine göndererek buluta iletir. Daha sonra bu veriyi IP'ye gönderme eylemi belirli bir zaman aralığından sonra tekrarlanır.

## V. SONUÇ

Bu çalışmada hastaların sağlık durumunun IoT tabanlı bir sistem aracılığıyla uzaktan takip edilmesini sağlayan bir sistem geliştirilmiştir. Kullanılan teknolojilerin hemen hepsi ücretsiz, birçoğu da açık kaynaktır. Geliştirilen sistem ile; hastanın nabzını, vücut sıcaklığını, altına kaçırma durumunu ve odanın nem ve sıcaklığını izleme olanağı elde edilmiştir. Nesnelerin interneti ile günümüzde bu işlem oldukça kolaylaşmıştır, fakat bu parametrelerin yalnızca izlenmesi yeterli olmamaktadır. Temel parametrelerin takip edilmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Hastalar tek başlarına iken bazen durumlarının aciliyetinin farkında olmamaktadırlar. Bazen ise yakınlarına veya acil iletişim hatlarına ulaşmakta geç kalmaktadırlar. Hasta takip uygulaması sayesinde, hastanın durumu eşik değerleri aşarsa bilgi verilmektedir.

Yapılan bu çalışma geliştirmeye oldukça açık bir sistemdir. İlk olarak eklenecek farklı sensörler yardımıyla daha birçok veriye ulaşılabilir. Örnek vermek gerekirse eklenecek hareket sensörü yardımıyla Parkinson gibi hastalıklara sahip bireylerde olası bir kriz durumunda hastanın titremeye başladığında veri alınabilir. Başka bir örnek olarak oksijen sensörü yardımıyla hastanın kanındaki oksijen miktarı ölçülebilir. Bunlar gibi birçok sensör ile proje bir üst seviyeye taşınabilir. İkinci olarak eklenecek GPS modülü ile hastanın konumu bilgisine ulaşılabilir. Bu durum bazı hastalıklarda çok fayda sağlayabilir. Özellikle Alzheimer hastalarının evden ayrılmaması için alınacak önleme katkı sağlar. Ayrıca bir GSM modülü tasarlanırsa olası durumlar için SMS bilgisi alınabilir.

## KAYNAKÇA

- [1] Cura, T. (2013). Sağlık Sektörü İçin Düşük maliyetli Bir mobil Hasta Takip Sistemi Önerisi. *Alphanumeric Journal*, 1 (1), 13-26. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/alphanumeric/issue/1675/20746>
- [2] Katz, J. E. & Rice, R. E. (2009). Publicviews of mobile medical devices and services: A US national survey of consumer sentiments towards RFID healthcare technology. *International Journal of Medical Informatics*, 78, 104–114.
- [3] Halteren A.V., Bults R., Wac K., Konstantas D., Widya I., Dokovsky N., Koprnikov G., Jones V., Herzog R., (2004). Mobile Patient Monitoring: The MobiHealth System, *The Journal on Information Technology in Healthcare* 2(5), 365– 373.
- [4] Catarinucci L., de Donno D., Mainetti L., Palano L., Patrono L., Stefanizzi M.L., Tarricone L., 2015. An IoT-Aware Architecture for Smart Healthcare Systems. *IEEE Internet of Things Journal*, 2(6), 515–526. doi:10.1109/jiot.2015.2417684
- [5] Acharya, A.D., Patil, S.N., 2020. IoT based health care monitoring kit. Fourth international conference on computing methodologies and communication (ICCMC), 363–368. Ajami, S., Rajabzadeh, A., 2013. Radio Frequency Identification (RFID) technology and patient safety. *J Res Med Sci*, 18(9), 809- 13.
- [6] Jha, V., Prakas, N., Sagar, S., 2017. Wearable Anger-Monitoring System. *ICTE*, 95, 17. Kılıç T., Bayır, E., 2017. An Investigation on Internet of Things Technology (IoT) In Smart Houses. *International Journal of Engineering Research and Development*, 9(3), 197.
- [7] Erdal, E. & Ergüzen, A. (2020). Nesnelerin İnterneti (IoT). *International Journal of Engineering Research and Development*, Elektrik Mühendisliği ve Bilgisayar Bilimleri Özel Sayısı, 24-34. DOI: 10.29137/umagd.82767

- [8] Akleylek, S. , Kılıç, E. , Söylemez, B. , Aruk, E. & Aksaç, C. (2020). NESNELERİN İNTERNETİ TABANLI SAĞLIK İZLEME SİSTEMLERİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, Özel Sayı: Uluslararası Mühendislikte Yapay Zekâ ve Uygulamalı Matematik Konferansı (UMYMK 2020), 80-89. DOI: 10.21923/jesd.831844
- [9] Taşdemir, C. (2012). Arduino: Analog, dijital, sensörler, haberleşme, projeler. Dikeyksen Yayınları.
- [10] Özdemir, S. & Arabacıoğlu, B. C. (2022). Mikrodenetleyici Sistemlerin Kullanımı ile Etkileşimli Mekân Çözümlerinin İç Mekân Tasarımında Sunduğu Güncel Olanak ve Kısıtlar. *Modular Journal* , 5 (2) , 203-224 . <http://modular.gedik.edu.tr/tr/pub/issue/74752/1184509>
- [11] Özdemirci, E. , Ersin, Ç. & Canal, M. R. (2017). Arduino Uno Uygulama Setinin Gerçekleştirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Özel Sayı 1 (2017), 127-133. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/makufebed/issue/29469/317387>
- [12] Çavuş, V. , Tuna, R. & Duran, İ. U. (2017). Arduino Devreleri için Kod Üretme ve Veri İşleme Uygulaması Tasarımı. *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5 (1), 387-390. DOI: 10.18586/msufbd.322388

# Derin Öğrenme Teknikleri ile Nesne Tespitinde Kullanılan Algoritmaların İncelenmesi

## Examination of Algorithms Used in Object Detection with Deep Learning Techniques

S. BAYER

Selçuk Üniversitesi, Konya/ Türkiye, senembayer83@gmail.com

**Özet** - Derin öğrenme, insan hatalarını en aza indiren yapay zekâ yaklaşımlarındandır. Derin öğrenme birçok alanda algılama, yorumlama yeteneğine sahiptir. Özellikle görüntü işleme alanında, derin öğrenmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Görüntü işleme alanındaki verilerin artmasıyla büyük verilerden yararlı bilgiyi ayırmak zorunlu hale gelmiştir. Son yıllarda nesne tespitine olan ilgi de artmıştır. Video gibi durağan olmayan veya doğrusal hareket etmeyen cisimlerin tespiti daha zor olmaktadır. Bu gibi durumlarda derin öğrenme algoritmaları ile bu sorunlara çözüm bulmak daha kolay hale gelmektedir. Bu çalışmada son 5 yıla ait derin öğrenme ve nesne tespiti ile ilgili bazı çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmanın amacı benzer derin öğrenme ve nesne tespiti yapacak kişilere en iyi performansa sahip görüntü işleme algoritmalarını seçmeleri için fayda sağlamaktır. Bu çalışma sonucunda yapılan uygulamalarda YOLO versiyonlarının %80'in üzerinde başarı sağladığı görülmektedir.

**Anahtar kelimeler** -Derin Öğrenme, Nesne Tespiti

**Abstract**- Deep learning is one of the artificial intelligence approaches that minimizes human errors. Deep learning has the ability to detect and interpret in many areas. Especially in the field of image processing, deep learning is needed. With the increase in data in the field of image processing, it has become necessary to separate useful information from big data. In recent years, interest in object detection has also increased. It is more difficult to detect objects that are not stationary or do not move linearly, such as video. In such cases, it becomes easier to find solutions to these problems with deep learning algorithms. In this study, some studies on deep learning and object detection from the last 5 years were examined. The aim of this study is to benefit people who will do similar deep learning and object detection in choosing the image processing algorithms with the best performance. As a result of this study, it is seen that

YOLO versions provide over 80% success in the applications.

**Keywords**- Deep Learning, Object Detection

### I. Giriş

Son yıllarda gelişen teknolojiyle beraber görüntü işleme konusunda bazı ihtiyaçları ortaya çıkarmıştır. Görüntü ve videolardaki artışlar arka planda yığılımlara neden olmuştur. Bundan dolayı bu verilerden anlamlı sonuçlar elde etmek önemli bir sorun haline gelmiştir. Görüntü işleme algoritmaları yararlı bilgiyi seçme konusunda birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Yüz imgelerinden göz tespiti, araç tespiti, cinsiyet tespiti vb. alanlarda kullanılmaktadır. (Donuk vd. (2021), TÜBAV (2022), Ulutaş vd. (2021))

Bazı alanlarda görüntü işleme algoritmaları yetersiz hale gelmektedir. Mesela durağan nesnelere görüntü işleme algoritmaları ile bulmak mümkünken hareketli nesnelere tespiti o kadar da kolay olmamaktadır. Bu gibi sorunlardan dolayı derin öğrenme algoritmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayı probleme göre doğru algoritmayı seçmek iş yükünü hafifletecektir.

Bu çalışmada son 5 yıl içerisinde yapılan çalışmalar göz önünde bulundurularaktan, bu çalışmalarda kullanılan nesne tespiti algoritmalarının başarı oranları incelenmiştir. Gelecekte bu çalışmalara benzer çalışmalar gerçekleştirecek kişiler için en iyi performansı sağlayan görüntü işleme algoritmalarını seçmeleri için fayda sağlaması amaçlanmaktadır.

### II. DERİN ÖĞRENME

Derin öğrenme, doğrusal olmayan katmanlardan yararlanarak görüntü analizi görüntü sınıflandırma, verileri anlamlı hale getirme gibi işlemler için kullanılan bir makine öğrenmesinin alt dalıdır. Derin öğrenme kavramı, 1940'lardan beri geliştirilen yapay sinir ağlarına dayanmaktadır. Ve günümüzde insana rakip olabilecek şekilde başarılar elde edilmeye başlanmıştır.



Şekil 1. Yapay zekâ, makine öğrenmesi, derin öğrenme kronolojisi

### Derin Öğrenme Modelleri ve Teknikleri

- Yapay sinir ağları(ANN)
- Evrişimli sinir ağları (CNN)
- Tekrarlayan sinir ağları(RNN)
- Uzun kısa vadeli bellek(LSTM)
- Generative Adversarial Networks(GAN)

([https://tr.wikipedia.org/wiki/Derin\\_%C3%B6% C4 %9Frenme](https://tr.wikipedia.org/wiki/Derin_%C3%B6% C4 %9Frenme), 29 Kasım 2023)

### III. NESNE TESPİTİ

Nesne tespitinde öncelikle tespit edilecek nesne belirlenir, nesne üzerinde işaretlemeler yapılarak veri seti oluşturulur. Ve eğitim aşamasına geçilir. Eğitim aşamasında konuya ilişkin algoritmayı seçmek büyük önem arz etmektedir.

Başlıca nesne tespit algoritmaları;

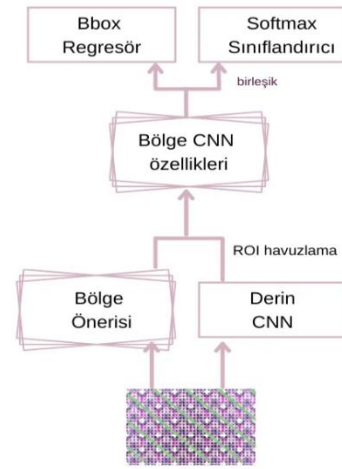
- R-CNN (Region Based Convolutional Networks)
- YOLO (You Only Look Once)
- SSD (Single Shot Multibox Detector)
- Mask R-CNN (Ozbaysar ve Borandag, 2018)
- Fast R-CNN
- Faster R-CNN (Tan vd., (2021))

R-CNN kütüphanesi Fast R-CNN, Faster R-CNN ve Mask R-CNN gibi görüntü işleme modelleri de içerisinde barındırmaktadır. Bu modeller içerisinde en başarılı model Faster R-CNN'dir. Farklı boyutlarda bölge önerisi yapan bir modeldir. Bu modelde ilgili pencereler konvasiyonel sinir ağlardan geçirilerek ve pencerelerin boyutları eşitlenmektedir. Sinir ağının sonucunda o bölgede sınıflandırma yapmak için destek vektör makineleri (DVM) kullanılmaktadır. R-CNN bölgede nesne arar ve nesneyi bulunduğu zaman bu nesnenin sınıfını döndürerek aynı zamanda nesnenin resimdeki yerini gösteren 4 tane değer vermektedir. Bu değerler genişlik, uzunluk, dikdörtgenin sol üst köşesinin x ve y değerleridir. (Daş vd., (2019)). R-CNN modelinin akış diyagramı aşağıda gösterilmektedir.



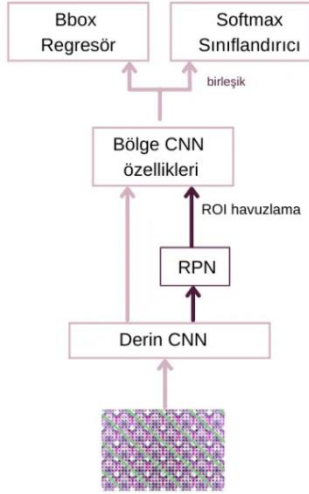
Şekil 2. R-CNN modelinin akış şeması

Fast R-CNN, R-CNN modelinin bir türevidir ve R-CNN modelinin yavaşlığını gidermek için oluşturulmuş bir modeldir. R-CNN oldukça yavaş bir model olmasıyla beraber gerçek zamanlı nesne tanıma uygulamalarında kullanılması da pek mümkün olmamaktadır. R-CNN'in bu eksik yanlarını gidermek için Fast R-CNN modeli oluşturulmuştur. Fast R-CNN de ilgili görüntünün her bölgesini konvasiyonel ağdan geçirmek yerine seçici arama ile bölge önerisi çıkartılarak, birçok bölge önerisi oluşturmak yerine özellik haritasında yapılmaktadır. Bu da R-CNN algoritmasının hızlı olmasını sağlamaktadır. Fakat bölge önerisi yaparak zaman kaybı sağladığı için Faster R-CNN'in oluşturulmasına zemin hazırlamıştır. (Daş vd., (2019)). Fast R-CNN modelinin akış şeması aşağıda gösterilmektedir.



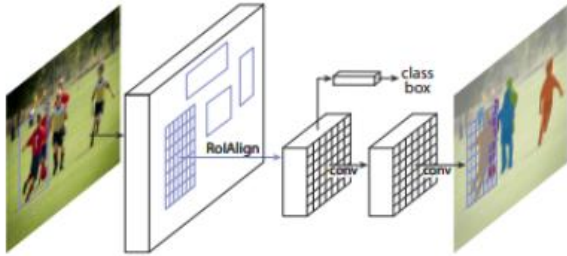
Şekil 3. Fast R-CNN modelinin akış şeması

Faster R-CNN, Fast R-CNN de görülen problemi çözmek için oluşturulmuştur. Faster R-CNN, seçici arama ile bölge önerisi almak yerine bu önerileri ağ içerisinde yaparak ve bu sayede hız kazanmış olmaktadır. Faster R-CNN'de giriş görüntüsünü Konvasiyonel sinir ağlarından geçirerek bir özellik haritası çıkartmaktadır. Daha sonra bölge önerisi ağı oluşturularak ağ bölgeleri belirlendikten sonra Fast R-CNN ile aynı işlemleri gerçekleştirmektedir. Belirlenen bölge alınıp yeniden şekillendirilerek sınıflandırma işlemleri yapılmaktadır. Bu modelde bölge önerisi veren ağın eğitimi, normal konvasiyonel ağın eğitiminin yapılması bu modelin de iş yükünü arttırdığından hızını yavaşlatmaktadır. (Daş vd., (2019)). Faster R-CNN modelinin akış şeması aşağıda gösterilmektedir.



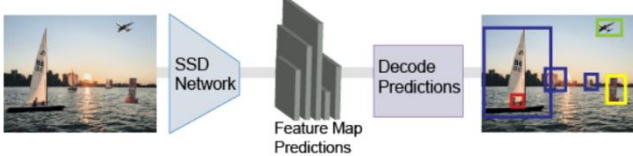
Şekil 4. Faster R-CNN modelinin akış şeması

Mask R-CNN modelinde nesnenin bulunduğu bölgeye dikdörtgen çizilerek nesnenin pikselde kapladığı tüm pikseller tespit edilmektedir. Resimde piksellerin belirlenmesiyle birlikte görselleştirme işlemi için o kısımda maskeleye işlemi yapılmaktadır. Nesne tanımak için Faster R-CNN modeli kullanılıp bulunan nesnelere maskelenebilmektedir. Bu modelde Faster R-CNN kullanılmaktadır. Farklı olarak Mask R-CNN’de ikilik sayı sistemi kullanılmaktadır. (Daş vd., (2019)). Mask R-CNN modeli aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 5. Mask R-CNN modeli

SSD, Faster R-CNN’den daha hızlı çalışan bir modeldir. Tek seferde nesne tanıma işlemi yapmaktadır. İlk önce resimde nesne olması beklenen yerler belirlenmektedir. Daha sonra tam bağlı katman ile nesne sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Çoklu nesne tanıma işlemi yapılabilmektedir. (Daş vd., (2019)). SSD modelinin çalışmasına dair örnek aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 6. SSD modeli

YOLO, nesne tespit hızı ve gerçek zamanlı nesne tespiti yapabildiği için en çok tercih edilen görüntü işleme algoritmalarındandır. Çoklu nesne tespiti de yapabilmektedir.



Şekil 7. You Only Look Once (YOLO)

#### IV. DERİN ÖĞRENME İLE NESNE TESPİTİ ALANINDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu bölümde son 5 yıl içerisinde yapılan bazı çalışmalar incelenmiştir.

Nesne tespiti ve tanımda kullanılan popüler kütüphaneler arasında Single Shot Multibox Detactor (SSD), Region Based Convolutional Networks (R-CNN), Fast R-CNN, Faster R-CNN ve Mask R-CNN, You Only Look Once (YOLO) bulunmaktadır. Literatür taramasına göre kullanılan görüntü işleme algoritmaları aşağıda gösterilmiştir.

Daş vd. (2019), çalışmalarında derin öğrenme ile hareketli nesne tanıma ve takibi için Google ‘ın açık kaynak kodlu kütüphanesi olan TensorFlow kullanmışlardır. Nesne takibi için Region Based Convolutional Networks kütüphanelerinden **Faster R-CNN** modeli ele alınmıştır. Çalışmalarında Faster R-CNN modelini kullanmışlar ve %98 başarı oranı yakalamışlardır.

Yılmaz vd. (2020), bu çalışmada, belirli bir algoritmanın belirlenmiş bir nesneden oluşturulan veri seti üzerinde çalıştırılarak başarılı bir şekilde tespit etme işleminin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Gerçekleştirilen bu çalışmada, **Faster R-CNN** (Faster region Based Convolutional Networks) evrimsel sinir ağı kullanılarak 18 ayrı deney içerisinde 502 adet görüntü ile oluşturulan veri setinin derin öğrenme teknikleriyle nesne tespit işlemi gerçekleştirilmiş olup, eğitim sonunda %97,835 başarı oranı ve %2,165 kayıp oranı elde edilmiştir.

Sarahoğlu vd. (2022), bu çalışmada yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinden derin öğrenme ile otomatik bina tespitinin yapılması amaçlanmaktadır. Bu çalışmada oluşturulan veri seti ile Fester R-CNN modeli üzerinde ince ayar yapılarak model eğitimi %94F1 skor ve %88 doğruluk değerlerinde gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak **Faster R-CNN** modeli ile bina tespiti ortalama %88.6 doğrulukta gerçekleştirilmiştir.

TÜBAV (2022), bu çalışmada derin öğrenme yöntemleri kullanılarak gerçek zamanlı nesne tespit algoritması olan YOLO algoritması ile bir araç tespiti uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada YOLO algoritmasının performansı artırılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada öne çıkan derin öğrenme algoritmalarından Faster R-CNN ve YOLO kullanılmıştır. YOLO algoritmasının başarı oranı %95,61 olduğu ve Faster R-CNN algoritmasının ise %91,76 başarı oranına ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Video üzerindeki testlerde Faster R-CNN algoritması ortalama 20.89FPS aralığında seyretmiştir. YOLO ise fps(ortalama 57.16) olarak daha yüksek sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda Yolo algoritması seçilmiş ve algoritmanın küçük araçlarda verdiği yanlış sonuçların giderilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda YOLO algoritması Faster R-CNN sinir ağı yardımıyla beslenerek geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda



YOLO' nun tespit oranı %4,3 arttığı ve giriş değerlerinde ise 60fps değerine ulaşılabilirdiği görülmüştür.

Havuç vd. (2021), günümüzde pek çok nesnenin takibi olabilmektedir fakat doğrusal olmayan hareket eden ve küçük boyutlara sahip olan nesnelerin takip edilmesi pek de kolay değildir. Bu çalışmada bir pinpon topunun hareketleri analiz edilerek ileride masa tenisi oynayan robot için zemin hazırlanmıştır. Literatürde masa tenisi topunun takibi için Kalman filtresi, parçacık filtresi, basit Gaussian modellemesi gibi farklı algoritmalar kullanılmıştır. Bu çalışmayla birlikte daha önce kullanılan algoritmaların yanına YOLO algoritması da eklenmiştir. YOLO algoritmasıyla yüksek hızlı ve doğrusal olmayan yönlerde hareket edebilen nesnenin tespit edilebildiği görülmüştür. Bu çalışma sonucunda istenilen başarıyı elde etmişlerdir.

Baştürk vd. (2022), trenlerin uzun yolculuklar sonrasında bazı parçalarının zarar görmesi olası durumlardandır. Bu parçaların en önemlilerinden bir tanesi de pantograf boynuzlarıdır. Pantograf boynuzlarının bakımının yapılması zor ve tehlikeli olduğundan, bu çalışmada derin öğrenme ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak bakım yapılabilmesi hedeflenmektedir. Bu çalışmada trenin pantograf bölgesi **YOLO v3** modeli ile tespit edilmiş ve son olarak tasarlanan bir ESA modeli ile pantograf boynuzunun sağlıklı veya hatasız olarak sınıflandırılması sağlanmıştır. Önerilen yöntemin %95' in üzerinde doğruluk sağladığı tespit edilmiştir.

Aktaş vd. (2020), çalışmalarında nesne tespit etme alanında kullanılan YOLO-V3 modelini DenseNet modeli ile birleştirerek dokunsal parke yüzeylerinin tespitini yapmışlardır. Bu çalışma ile dokunsal parke yüzeylerinin tespiti yapılabilmekte ve konum bilgisine erişilebilmektedir. YOLOV3-Dense modeli ile YOLO-V3 modelinde bulunan öznelik katmanlarındaki çözünürlüğü düşük olan görüntülerin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Görüntüde bulunan özneliklerin tüm katmanlara eşit bir şekilde dağılımı DenseNet yöntemi ile sağlanmış ve ağır performansı arttırılmıştır. Bu deney sonucunda **YOLOV3-Dense** modeli %89F1-skor, %92 ortalama hassasiyet ve %81 IoU değerleri ile diğer YOLO modellerine oranla çok daha iyi sonuçlar elde etmişlerdir. Veri seti olarak kendilerinin oluşturmuş olduğu Marmara Dokunsal Parke Yüzeyi (MDPY) veri setini kullanılmıştır.

Ulutaş vd. (2021), bu çalışmada derin öğrenme temelli nesne tespit algoritmaları kullanılarak kişiye özgü reklam sunulması hedeflenmiştir. Mağazaların giriş noktalarına veya ilan tahtalarına yerleştirilecek olan bir kamera ile mağazaya gelen kişilerin yaş, cinsiyet ve tarzları incelenerek kişiye özgü reklamlar önerilmiştir. Bu şekilde kullanıcının ilgisi çekilerek satışlarda artış sağlamak planlanmaktadır. Giysi kısmında YOLOv3 algoritması kullanılmış olup, yaş ve cinsiyet tespiti kısmında model TensorFlow kütüphanesi kullanılarak yeniden eğitilmiştir. Bu çalışmada YOLOv3 modeli ve YOLOv3-M2 modeli kullanılmıştır. M2 modeli ile YOLOv3 ve diğer M değerlerine (M3, M4, M5) oranla doğruluğu daha yüksek sonuçlar elde edildiğinden bu çalışmada **YOLOv3-M2** modeli tercih edilmiştir.

Özel vd. (2021), otomotiv yan sanayinde üretilen süspansiyon sistem bileşenlerinin test aşamalarında oluşmuş

olan deformasyonları tespit etmek ve deformasyon ilerlemeden test sistemini durdurmak için bu çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. YOLO (You Only Look Once) algoritması ve Darknet modeli işlem hızının yüksek olması ve yüksek fps sağladığı için daha net sonuçlar vermektedir. Bundan dolayı bu çalışmada YOLO algoritması tercih edilmiştir. Yapılan testler sonucunda Tiny algoritması yüksek fps(4-4.2) değerleri sağlamış fakat mAP(%44.2) değeri olarak diğer algoritmalara oranla yetersiz kalmıştır. Versiyon-2 algoritması mAP değeri olarak %76 sonuç verse de fps(0.02-0.1) değeri istenilen sonuç aralığını sağlamamıştır. Versiyon-3 algoritması ile fps(1-1.2) ve mAP(%81) değerlerinde istenilen sonuçlar elde edilmiştir. Versiyon-4 algoritması ile mAP(%96.3) ve fps(0.85-1) değerleri istenilen sonuçları vermiş ve en yüksek doğruluk değerini sağladığı için bu çalışmada **YOLO-v4** tercih edilmiştir.

Çalışkan vd. (2022), derin öğrenme yöntemi ile şüpheli davranışların tespit edilmesi için gerçekleştirdikleri bu çalışmada gerçek zamanlı nesne tespit aracı olan YOLO şüpheli davranış tespiti amacıyla kullanılmış ve %70' in üzerinde başarı sağlanmıştır. Bu çalışmada Marmara Üniversitesi Kriminal Davranış/Nesne (MÜKDN) veri seti kullanılmış ve bu veri setini %70 eğitim- %30 test şeklinde belirlenmiştir. Eğitim sonunda mAP değeri 0.5'in altında çıkmış ve %86,66' in üzerine başarı sağlanmıştır. **YOLO-V4** Kriminal/şüpheli davranış tespitinde kullanılabilir bir model olmuştur.

Dersuneli vd. (2021), bu çalışmada bir robotu hareket ettirmek için bilgisayarın görme işleminin tepki hızının basit bir problemde nasıl cevap vereceği görülmek istenmiştir. Bu nedenle 3 boyutlu geometrik şekiller içeren bul-tak oyuncağı üzerinde nesne tespit işlemi gerçekleştirilmiştir. Nesne tespiti için YOLO-v4 algoritması kullanılmıştır. Deney sonucunda klasik görüntü işleme yöntemi ile siyah arka plana sahip veriler üzerinde %100 başarı sağlanırken, farklı renk ve desenli arka plana sahip veri setinde başarı oranı %86,25 'e düşmüştür. YOLO-v4 algoritması ile her iki veri setinde de %100 başarı oranı elde edilmiştir. Klasik yöntem ile siyah arka planlı bir görüntüde 0,06sn , farklı desen ve renkli arka plana sahip görüntüde nesne tespiti 0,04sn de işaretlenirken **YOLO-v4** yöntemi ile 1,06sn de nesne tespiti yapılmıştır.

Türkarlan vd. (2022), yapmış oldukları çalışmada derin öğrenme yöntemleri kullanılarak havadan elde edilen görüntüler üzerinde nesne tespit etmeyi hedeflemektedirler. Bu çalışmada tek aşamalı nesne tespit modellerinden YOLOv5 ve SSD algoritmaları kullanılmıştır. Google Earth, GF-2 ve JL-1 uyduları üzerinden toplanan görüntülerde uçak, gemi, liman ve küçük araç gibi 15 farklı nesne tespit çalışmaları gerçekleştirmişler. Her iki algoritma da performans ve verimlilik açısından değerlendirilmiştir. Kullanılan veri seti değiştirilmiş ve **YOLOv5** modelinde doğruluk oranının arttığı gözlemlenmiştir.

Aydın vd. (2019), çalışmalarında X-ray cihazlarından alınan görüntülerde tehdit unsuru içeren nesnelere sınıflandırmak için transfer öğrenme yöntemi ile gömülü ve gerçek zamanlı çalışılabilen bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sistemde Alexnet derin öğrenme modeli kullanılmıştır. Bu model sayesinde tehdit unsuru içeren nesnelere

sınıflandırılabilmiştir. Bu modelin eğitim aşamasında Nvidia Jetson Tx2 yapay zeka geliştirme kartı kullanılmıştır. Kart üzerine caffè derin öğrenme kütüphanesi yüklenmiş ve transfer öğrenme algoritması ile eğitim gerçekleştirilmiştir. Bu kart üzerinde tasarlanan LeNet ağı ile görüntü sınıflandırma yapılmıştır. Yapılan testler sonucunda yüksek başarı oranı(%99) elde edilmiştir.

Çağıl vd. (2020), bu çalışmada; kapı, pencere ve kış bahçesi üretimi yapan bir firmada, montaj projelerinde kullanılmakta olan aksesuarların kamera tespiti ile adedini belirlemek üzere, görüntü işleme ve derin öğrenmeye dayalı nesne tespiti yöntemlerinden yararlanılmıştır. Çalışmada Google Colab platformu, Python programlama dili, OpenCV kütüphanesi kullanılmıştır. Bu çalışmada hatalı durumları önleyebilmek adına belirlenen aksesuar parçası belirlenen yöntem ve kütüphaneler kullanılarak bilgisayara tanıtılmıştır. Eğitim sonunda kamera ile 25 deneme yapılmış ve 21 denemede sistem görüntü üzerinde bulunan nesnelere tam olarak tanımış ve sistemin %84 oranında doğru çalıştığı belirlenmiştir.

Metlek vd. (2020), bu çalışmada görüntülerden yüz tespiti yapıp sonrasında görüntüdeki kişinin cinsiyetinin tahmin edilmesi hedeflenmiştir. Görüntüler, ileri derin öğrenme tekniklerinden biri olan Evrişimsel Sinir Ağı (ESA) yöntemi kullanılarak öznelikler çıkartılmıştır. Elde edilen öznelikler destek vektör makinesi (DVM) kullanılarak sınıflandırılmıştır ve karmaşıklık matrisi hesaplamasına göre %94,48 başarı oranı ile cinsiyet sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Şafak vd. (2021), bu çalışmada trafik kazalarını önlemek için sürücüde yorgunluk testi yapmak amacıyla mobil uygulama tasarlanmıştır. Bu çalışmada evrişimsel sinir ağları kullanılarak geliştirilen modelin mobil cihazlara uyumu sağlanmıştır. Geliştirilen model 14 katmandan ve 1,236,217 parametreden oluşmaktadır. Bu geliştirilen model düşük parametre sayısına sahip olmasına rağmen %95,65 başarı oranı elde edilmiştir.

Avcı vd. (2021), bu çalışma ile görme engelli bireylerin yaşam standartlarını iyileştirmek ve yanlarında başka kimselere ihtiyaç duymadan kendi ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri hedeflenmiştir. Bu uygulama ile günlük yaşamda karşılaştıkları nesnelere ne olduğu ve konumları seslendirilmektedir. Gerçek zamanlı nesne tespit işlemleri gerçekleştirileceğinden ve küçük objelerin tespitinin daha kolay olmasından dolayı bu uygulama için YOLO algoritması tercih edilmiştir. Bu çalışma sonucunda başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Saygılı vd. (2022), bu çalışmada İHA 'ya CSI (Camera Serial Interface) modülü ile bağlanmış bir kameradan, farklı açı ve koşullarda alınan görüntüler ile evrişimli sinir ağı tabanlı SSD MobileNet kütüphanesi kullanılarak nesne tespiti amaçlanmıştır. İHA üzerinden alınan gerçek zamanlı görüntü verilerinden insan tespiti için %95.5 mAP kesinlik ve %69.45mAP ortalama hassasiyet, araç tespiti için %83.4 mAP kesinlik ve %64.5 mAP ortalama hassasiyet elde edilmiştir.

Özbilgin vd. (2020), yapmış oldukları çalışmada robotik uygulamalarda da kullanılacak bir nesne tespiti ve sınıflandırılması uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Yedi

farklı nesne sınıfı seçilen uygulamada Alexnet Evrişimsel Sinir Ağları (ESA) mimarisi ve Bölgesel Evrişimsel Sinir Ağları (B-ESA) algoritmaları ile gerçekleştirilmiştir. Literatürde yapılan diğer çalışmalara oranla %93,81 başarı elde etmişlerdir.

Toroman (2018), yaptığı çalışmada insansız hava araçlarından elde edilen görüntüler kullanılarak yaya tespitine yönelik uygulama gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada Alexnet ve VGG16 ESA modeli kullanılmıştır. Sonuç olarak 7 türü ortalama %89 ile sınıflandırılmıştır.

Kaya vd. (2021), bu çalışmada terörle mücadele için derin öğrenme kullanılmıştır. Bu çalışmada, terör faaliyetlerini fark etmek ve önlemek için derin öğrenmeye dayalı VGG-16 mimarisi temel alınmış ve yeni bir model önerilmiştir. Bu önerilen modelde güvenlik kameralarından alınan görüntülerde, insan ya da tren rayları üzerindeki dinamit tespit edildiğinde durumu hızla belirlemek ve güvenlik önlemi almak için uygulama geliştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda %98,4 başarı doğruluğu ve 0,024 kayıp oranı elde edilmiştir.

Donuk vd. (2021), bu çalışmada yüz imgelerinden göz bölgelerinin tespitinde ESA tabanlı alternatif bir yaklaşım sunulmuştur. Önerilen yöntemin performansı günümüzde göz tespitinde yaygın olarak kullanılan Viola-Jones algoritmasının XML tabanlı yüz ve göz tanıma algoritması ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda önerilen yöntemin gözlerin algılanmasında zorluk çıkaran yüz resimlerinde daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Doğruluk (%98,99), F1-skor (%98,99), Matthews korelasyon katsayısı (%97,99) ve R-kare (%95,98) gibi yaygın kullanılan ölçütler ile önerilen yöntemin daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

## V. SONUÇ

Yapılan literatür araştırması sonucunda elde edilen veriler göstermiştir ki nesne tespiti için kullanılan alanlara göre nesne tespit algoritmalarından verimli olan algoritmalar belirlenmiştir. Küçük nesnelere ve doğrusal hareket etmeyen nesnelere tespiti oldukça zordur. Yapılan literatür çalışmasında görülmektedir ki küçük nesnelere tespit edilmesinde kullanılan en verimli sonucun alındığı ve birçok çalışmada da tercih edilen algoritma YOLO'nun farklı versiyonlarıdır. YOLO ile yapılan çalışmalarda %80'in üzerinde başarı elde edildiği görülmektedir. Benzer problemler için çalışacak kişilere en verimli nesne tespit algoritması belirlemede kolaylık sağlanmaya çalışılmıştır. İleride daha geniş alanlarda araştırmalar yapılarak daha geniş kitleye hitap edecek çalışmalar yapılabilir.

## KAYNAKÇA

- [1] Daş R., Polat B., Tuna G. (2019). Derin Öğrenme İle Resim Ve Videolarda Nesnelere Tanınması Ve Takibi. 31(2), 571-581.
- [2] Aktaş A., Doğan B., Demir Ö. (2020). Derin Öğrenme Yöntemleri İle Dokunsal Parke Yüzeyi Tespiti. 35:3, 1685-1700.

- [3] Özel M. A., Baysal S. S., Şahin M. (2021). Derin Öğrenme Algoritması (Yolo) İle Dinamik Test Süresince Süspansiyon Parçalarında Çatlak Tespiti. 26, 1-5.
- [4] Çalışkan D., Demir Ö. (2022). Derin Öğrenme Yöntemleri İle Şüpheli Davranış Tespiti. 3(1), 28-43.
- [5] Aydın İ., Salur M. U., Karaköse M. (2019). Gömülü Derin Öğrenme İle Tehdit İçeren Nesnelerin Gerçek Zamanda Tespiti. 10(2), 497-509.
- [6] Tübav. (2020). Derin Öğrenme Yöntemleri Kullanarak Gerçek Zamanlı Araç Tespiti. 13(3), 1-14.
- [7] Çağıl G., Yıldırım B. (2020). Bir Montaj Parçasının Derin Öğrenme Ve Görüntü İşleme İle Tespiti. 3(2), 31-37.
- [8] Metlek S., Kayaalp K. (2020). Derin Öğrenme Ve Destek Vektör Makineleri İle Görüntüden Cinsiyet Tahmini. 8, 2208-2228.
- [9] Yılmaz O., Aydın H., Çetinkaya A. (2020). Faster R-Cnn Evrimsel Sinir Ağı Üzerinde Geliştirilen Modelin Derin Öğrenme Yöntemleri İle Doğruluk Tahmini Ve Analizi: Nesne Tespiti Uygulaması. 20, 783-795.
- [10] Şafak E., Doğru İ. A., Barışçı N., Toklu S. (2021). Derin Öğrenme Kullanılarak Nesnelerin İnterneti Tabanlı Mobil Sürücü Yorgunluk Tespiti. 37(4), 1869-1881.
- [11] Dersuneli M., Gündüz T., Kutlu Y. (2021). Bul-Tak Oyuncağı Şekillerinin Klasik Görüntü İşleme Ve Derin Öğrenme Yöntemleri İle Tespiti. 10(4), 1290-1303.
- [12] Saralhoğlu E., Güngör O. (2022). Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinden Daha Hızlı Bölge Tabanlı Derin Öğrenme Modeli İle Bina Tespiti. 12(2), 550-563.
- [13] Avcı İ., Yıldırım M. (2021). Görme Engelli Bireyler İçin Derin Öğrenme Tabanlı Nesne Tanıma Modeli. 28, 220-227.
- [14] Havuç E., Alpak Ş., Çakırel G., Baran M. K. (2021). Derin Öğrenme Vasıtasıyla Masa Tenisi Topu Takibi. 27, 629-635.
- [15] Ulutaş E., Cengiz H., Yazıcıoğlu M. C., Akpınar M. (2022). Derin Öğrenme Temelli Nesne Tespiti Algoritmaları Kullanılarak Kişiye Özgü Reklam Sunulması. 24(1), 10-28.
- [16] Saygılı Z., Özmen G. (2022). İnsansız Hava Araçlarında Gömülü Sistem Üzerinden Derin Öğrenme İle Nesne Tespiti. 34, 292-298.
- [17] Türkarıslan K., Hardalaç F. (2022). Derin Öğrenme Yöntemleri Kullanılarak Havadan Elde Edilen Görüntüler Üzerinde Nesne Tespiti. 9(4), 1398-1410.
- [18] Baştürk M. Ö., Yüksel V., Tetik Y. E., Yılmaz M., Güner M., Kaya T. (2022). Pantograf Boynuz Hatalarının Derin Öğrenme Ve Görüntü İşleme Teknikleri İle Tespiti. 16, 102-115.
- [19] Özbilgin F., Tepe C. (2020). Robotik Uygulamalar İçin Derin Öğrenme Tabanlı Nesne Tespiti Ve Sınıflandırması. 10(1), 205-213.
- [20] Toraman S. (2018). Derin Öğrenme İle İnsansız Hava Aracı Görüntülerinden Yaya Tespiti. 2(2), 64-69.
- [21] Kaya V., Baran A., Tuncer S. (2021). Dinamit Destekli Terör Faaliyetlerinin Önlenmesi İçin Derin Öğrenme Temelli Güvenlik Destek Sistemi. 22, 81-85.
- [22] Donuk K., Arı A., Hanbay D. (2021). Yüz İmgelerinden Göz Bölgelerinin Tespitinde Esa Tabanlı Alternatif Bir Yaklaşım. 33(2), 735-743.
- [23] Tan F. G., Yüksel A. S., Aydemir E., Ersoy M. (2021). Derin Öğrenme Teknikleri İle Nesne Tespiti Ve Takibi Üzerine Bir İnceleme. 25, 159-171.
- [24] Doğan F., Türkoğlu İ. (2018). Derin Öğrenme Modelleri Ve Uygulama Alanlarına İlişkin Bir Derleme. 10(2), 409-445.
- [25] Aktürk S., Serbest K. (2022). Nesne Tespiti İçin Derin Öğrenme Kütüphanelerinin İncelenmesi. 3(2), 97-119.
- [26] ([https://tr.wikipedia.org/wiki/Derin\\_%C3%B6%C4%9Fr enme](https://tr.wikipedia.org/wiki/Derin_%C3%B6%C4%9Fr enme), 29 Kasım 2023)

# Ovalama İle Vida Dişı Açma Yöntemi Thread Cutting Method with Tapping

A.D. PATANGE<sup>1</sup>, N. K. YALCIN<sup>2</sup>, R. BİNALI<sup>3</sup> ve S. NEŞELİ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ABB Global Industries and Services Private Limited Bangalore, Mısır, abhishek.patange@in.abb.com

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, 223313018@ogr.selcuk.edu.tr

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/ Türkiye, rustem.binali@selcuk.edu.tr

<sup>4</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/ Türkiye, sneseli@selcuk.edu.tr

**Özet** – Günümüz sanayinde en fazla kullanılan bağlantı elamanları vidaların üretim yöntemi olan ovalama soğuk şekillendirme işlemidir. Ovalama ile diş açma operasyonu kalıplar (tarak veya makaralar) arasından talaş kaldırmaksızın iş parçasını döndürerek vidanın istenilen profil şeklini alması ile oluşur. Üretimin gerçekleştirilebilmesi için vida profil şekilleri ve buna matris olarak çalışacak kalıpların baskı kuvvetleri iyi derecede bilinmesi gerekir. Bu çalışmada, ovalama yöntemi ile vida dışı açma yöntemi hakkında genel bir araştırma yapılarak derleme oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler** - Ovalama, ovalama kılavuzu, ovalama makarası, ovalama makinası, soğuk şekillendirme, plastik deformasyon

**Abstract** – The most commonly used fastener in today's industry is the rolling cold forming process, which is the production method of screws. Threading by rolling operation occurs by rotating the workpiece without removing chips through the molds (combs or rollers) and the screw takes the desired profile shape. In order to carry out production, screw profile shapes and the pressure forces of the molds that will work as a matrix must be well known. In this study, a general research was made about the rolling method and thread cutting method and a compilation was created.

**Keywords** - Rolling, rolling guide, rolling roller, rolling machine, cold forming, plastic deformation

## I. GİRİŞ

Vida makinecilikte en temel bağlantı elemanlarından birisi olup, sökülüp takılabilen makine elemanları içerisinde çok geniş kullanma alanına sahiptir. Vidalar standartlarına göre farklı özelliklere ve çeşitliliğe sahiptirler.

Hemen hemen her makinede kullanılan bağlantı vidaları farklı teknikler ile üretilmektedirler. Bundan dolayı bu teknikler günümüzde kıymetini git gide arttırmaktadır. Vida dışı açmada, bu tekniklerin seri üretimde en fazla tercih edileni ovalama yöntemi olmaktadır. Vidalarda istenilen profil, yüzey kalitesi, geometrik ölçülerinin istenilen ölçü toleransında ve görünümde olmaları önem arz etmektedir. Standart vidaların tüm ölçü ve özellikleri aynı zamanda da çap ve boyları belirlenerek standartlaştırılmıştır. Vidaların bağlantıda kullanılırken istenilen çaplarda ve boylarda olmaları üretimlerinde de seri ve kaliteli olabilmeleri için önemlidir. Bu standart vidaların kullanıldıkları geniş alanlarda dikkate alınırsa, maliyete etkisi büyük olduğu için ucuz, kaliteli ve seri olarak üretilebilmelidirler. Sanayi uygulamalarında en fazla kullanılan

cıvataların yaklaşık olarak %85-90'ına yakını ovalama metodu yöntemi ile üretilmektedir. Bundan dolayı vida üretiminde ovalama yöntemi önem arz etmektedir. Bu yöntem ile üretilen vidalarda istenilen ve aranan özellikler beklentileri tam olarak karşılamaktadır. Bundan dolayıdır ki, ovalama ile üretilen vidaların diğer yöntemlere göre önemi çok daha fazladır. Ovalama yöntemi ile diş açma soğuk şekillendirme ve kalıp (makara ya da taraklar) arasında ürünün yuvarlatılarak istenilen diş profilinin ürün üzerine ezerek aktarılması işlemidir. Ovalamanın tam olarak gerçekleştirilmesi için belirli parametrelerin olması gerekmektedir. Aynı zamanda da ovalanacak malzemenin ovalanabilme kabiliyetine sahip olması gerekmektedir. Ovalama makarası veya taraklarının istenilen profili oluşturabilmesi için tasarımlarının belirli hesaplamalara uygun olması ve ovalamanın yapılabilmesi içinde uygun malzeme seçiminin de yapılması gerekmektedir.

Soğuk şekillendirmenin faydaları ile vida dışı ovalama ekonomik bir prosestir. Ovalama ile üretilen bir vidanın dişleri ezilerek oluşturulduğu için keserek oluşturulan vida dişlerine göre daha mukavemetli ve yüksek kalitede yüzey kalitesine sahip olurlar ve vida dişlerinin içyapısında plastik deformasyon meydana gelmez. Bunun sağladığı faydada, bağlantı elmanı olarak kullanılan vidaların beklendik bağlantı parametrelerini karşılamalarıdır.

Ovalama yöntemi ile açılan dişlerin en önemli avantajlarından biri de diğer yöntemler ile açılan dişlere göre yaklaşık olarak %35-40 daha fazla mukavemet göstermeleridir.

Ay ve ark. (2005), kesme ve ovalama yolu ile cıvata-vida dışı imalat yöntemlerinin kıyaslanmasını inleyerek, işenecek parça çaplarının toleranslarının dikkat edilerek açılmasını vurgulamışlardır.

Aygın (2005), yaptığı çalışmada takım ömrünü uzatacak yeni bir profil tasarımı geliştirilmesi hedeflemiş, bu tasarımın geçerliliğinin sağlanması için ise analitik ve sonlu elemanlar yöntemleri kullanılmıştır. Tasarımın iyileştirilmesi üretilen vidanın kalitesi ne yansıyacağı gibi, ovalama takımlarının ömrünü uzatarak önemli bir fayda sağlayacağını söylemiştir.

Çoban ve ark. (2015), kullanım alanları farklılıklarından dolayı normal standart üretimin yanında, özel üretimi olan birçok çeşit cıvata ve somun çeşidi bulunmaktadır. Cıvata ve somunların üretiminde; üretim hızı ve hammadde israfının düşüklüğü sebebiyle soğuk şekillendirme tercih edilen bir üretim yöntemi olduğunu vurgulamışlardır.

Acıyan (2011), çalışmasında önce farklı detaylara sahip iç vidaların şekillendirilmesi için kanalsız kılavuzların tasarımı (küçük çaplarda) ve ovalama başlıklarının (büyük çaplarda) tasarımı ve imalatı gerçekleştirmiş. Sonra bu kılavuz/ovalama başlığı yardımıyla ortalama çapta delinmiş delik içerisine iç ovalama yöntemi ile vida açma işlemleri yerine getirmiş. Ayrıca mukayese maksadıyla kılavuz ve ovalama başlığı ile açılan vidalara eşdeğer boyutta kesme usulü ile de iç vida açılmış numuneler hazırlayarak, mukavemet açısından değerlendirmek için ovalama ve talaş kaldırmak suretiyle vida açılan numuneler aynı şartlarda çekme testlerine tabi tutmuştur. Test sonuçları değerlendirildiğinde ovalama metodu ile açılan vidalarda yüzey kalitesinin daha iyi olduğu, vidalama sırasında sürtünme kuvvetlerinin daha az olduğu söylemiştir. Yapılan çekme testlerinde ovalanmış vidalı numuneler keserek açılanlara göre daha yüksek kuvvetlerde plastik deforme olarak sıyrıldığını gözlemlemiştir.

Sağlam ve ark. (2011), delik içlerine diş açma yöntemi olarak ovalamayı kullanmışlar ve bunun için bir ovalama başlığı tasarlamışlar. Ovalama ile açtıkları dişlerin aynısını talaş kaldırma yöntemi ile de açarak her ikisini de test etmişler ve sonuçta ovalama yöntemi ile açılan dişlerin daha mukavim olduğunu gözlemlemiştir.

Aktaş (2021), ovalama yöntemi ile diş implant üretimi ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi üzerine doktora çalışması yapmış ve gerçekleştirilmesi planlanan mekanik testler için sadece diş implantlarına yönelik ISO7500-1 standardına göre cihazı geliştirilmiş ve başarılı bir şekilde üretilmiştir. Öte yandan, gerçek ölçülerinde diş implant numunelerinin üretilmesi için hassas ovalama kalıpları (tarakları) ve lineer hassas ovalama düzeneği geliştirilmiş ve üretmiştir. Sonuç olarak, TR yöntemi ile üretilen diş implant numunelerinin üretim süresi, geometrik kararlılık, mekanik dayanım ve kullanım ömrü açısından daha avantajlı olduğu net bir şekilde görüldüğünü söylemiştir.

Bu çalışmanın amacı bu konuda daha önceden yapılan çalışmalar dikkate alınarak, soğuk şekillendirme yöntemi olan ovalama ile vida dişi açma yöntemi hakkında genel bir derleme yaparak sunmaktır.

## II. MATERYAL VE METOD

Ovalama yöntemi, saplama ve civataların düz (tarak) ve silindirik kalıplar (makaralar) arasında soğuk şekillendirme için basınç uygulayarak, kalıp (tarak veya makara) diş profil formunun iş parçasına aktarılması işlemidir.

Diğer yöntemler ile açılan vida dişleri üretimine göre iyi derecede üstünlükleri mevcuttur. Ovalama genel olarak deri üretimde düz kalıplar (tarak) ve silindirik makaralarla ovalama yapılır.

Ovalama; dairesel kesitli iş parçasını kalıplar arasında döndürerek, soğuk olarak vida dişi profili açma yöntemidir.

Ovalama yöntemi yalnızca diş açma değil aynı zamanda tırtıl çekme ve hassas yüzeylerin parlatılması gibi farklı işlemlerinde uygulanmasında da kullanılır.

Ovalamaya tabi tutulan parça akmaya zorlanır ve malzeme kaybolmadan sadece şekil değişimi gerçekleşir. Bu operasyon esas itibarıyla ya düz ovalama plakaları arasında ya da silindirik ovalama makaraları ile gerçekleşir.

Yuvarlak makaralar, farklı diş ve profilleri, splin'ların ovalanması için profil yuvarlak makaraları, bas-çek veya yürütmeli proseslerde kullanılır. Şekil 1'de yuvarlak makaralar ve profillerinin fotoğrafları görülmektedir. Makara profilleri, diş çekme kalıpları, örnek olarak; metrik, American National Standards Institute (ANSI), vidalı mil, Whitworth vb. olarak açılırlar. Ayrıca, spline ovalama kalıpları, tırtıl çekme kalıpları, özel profil kalıplarına örnek olarak, wormlar, yağ olukları, tırtıllar, matkaplar vb. ve finish-parlatma ovalama ve sıkıştırma haddeleme için farklı makaralar mevcuttur.



Şekil 1. Yuvarlak makaralar ve profillerinin fotoğrafları [9].

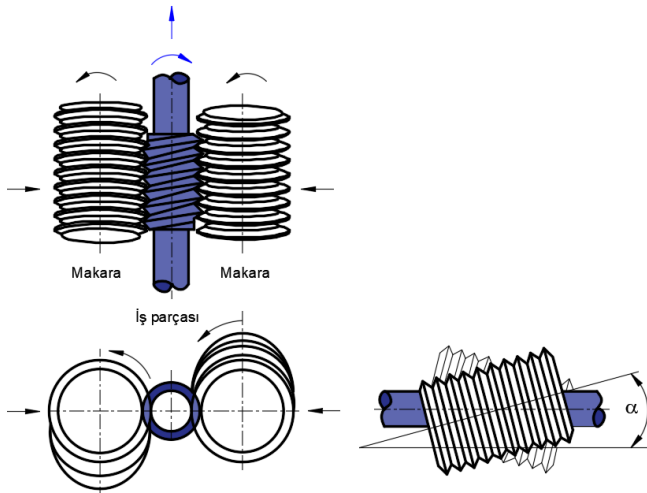
### A. VIDA OVALAMA / PROFİL OVALAMA

Vida ovalama işleminde iki ovalama makarası kullanarak ve iş parçasını sabitlemek için bir alt destekleyici desteğin üzerine yerleştirilir. Diş açılacak olan malzemenin beslemesi el ile yada otomatik olarak yaptırabilir. Ovalama makaraları senkron olacak şekilde iş parçasına döner halde temas ederek istenilen profili oluştururlar. Yuvarlanma ve kuvvet parametreleri:

- Sertlik, değerine kadar yüksekse kuvvet de o kadar yüksek olur.
- Deformasyon, ne kadar büyükse kuvvet de o kadar yüksek olur.
- Temas alanı, ne kadar büyükse kuvvet de o kadar yüksek olur.

#### A.1. DAİRESEL MAKARALARLA BESLEME VE OVALAMA

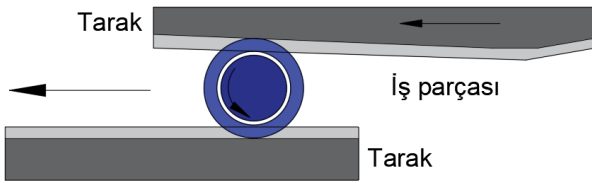
Otomatik veya el ile besleme diş açma işlemi tek bir parametreye dayanır: İş parçası ilerlemesi = ovalama makarası ilerlemesine bağlıdır. Bu durum, parçanın ve makaraların senkronize bir dönme hareketi ile sonuçlanır ve eksenel hareket oluşturmaz. Malzemenin sürülüp makinenin karşı tarafına geçebilmesi için makaralar arasında genellikle 3 ile 5 derece açı verilir. Gerekli ovalama kuvveti diş çapı ve uzunluğu ile tanımlanır. Şekil 2'de makaralar ve aralarındaki açı konumları görülmektedir.



Şekil 2. Makaralar ve aralarındaki açi konumları [9].

### A.2. DÜZ KALIPLAR (TARAKLAR)

Vida ovalama işleminde soğuk şekillendirme işlemi bilinen en eski yöntem olarak sayılır. Bu işleme yöntemi, iş parçasını belirli bir strok boyunda çalışma kursu ile biri sabit diğeri hareketli olan taraklar arasından döndürmek suretiyle plastik şekil değiştirmeye maruz bırakarak diş profillerini oluştururlar. Makinelerin hemen hemen hepsi seri üretime uygun olduğu için yüklemeleri otomatik olarak çalışır, bu yüzden genel verimleri çok yüksektir. Şekil 3’de diş açma tarakları ile diş açma resmi görülmektedir.



Şekil 3. Diş açma tarakları ile diş açma resmi [9].

### B. OVALAMANIN AVANTAJLARI

Ovalamanın birçok avantajları vardır bunlardan bazıları;

- Talaş yok,
- Kesim hatası yok,
- Vida adımı hatası yok,
- Daha yüksek çekme mukavemeti,
- Daha iyi yüzey kalitesi,
- Eşdeğer ölçü hassasiyeti,
- Uzun takım ömrü,
- Yüksek işleme hızı (İşleme zamanı kısa) olarak sayılabilir.

Seri ve özdeş parça üretimden kaynaklı olarak maliyetleri çok düşük olur. Ovalanan ürünler genellikle yuvarlak kesitli parçalardan oluşur ve ağırlıkları da düşüktür. Malzeme özdeşliği ve az ağırlığından dolayı taşıma, galvanizleme, ısıl işlem ve kaplama gibi diğ er proseslerin maliyetleri de düşüktür.

### C. OVALAMA TEKNİĞİ İLE DİŞ VIDA OVALAMA

Sökülüp takılabilen bağlantı elamanı olan vidaların çok fazla çeşit ve değişik ölçülere sahip olmasının sebebi çok geniş kullanım alanına sahip olmalarında kaynaklıdır. Bu alanlarda kullanım durumlarına göre üretim yöntemleri de değişmektedir. Vida açılma yöntemine bağlı olarak vidanın istenilen kalitesine etki etmektedir. Vida kalitesinin istenilen seviyede olmasını sağlayan en iyi yöntemlerin başında da ovala yöntemi gelmektedir. Şekil 4’te ovalama tekniği ile açılan örnekler görülmektedir.



Şekil 4. Ovalama yöntemi ile açılan örnekler [9].

Vidalarda aranan özellikler ise;

- Diş formu,
- Dişin yüzey kalitesi,
- Diş üstü çapı,
- Diş dibi çapı,
- Bölüm dairesi çapı,
- Diş açısı,
- Vidanın adımı,
- Diş yüksekliğinin,

istenilen standartlarda olması çok önemlidir. Bundan dolayı vidaların özellikleri ve ölçülerine bağlı olarak çapları ve boyları standartlaştırılmıştır. Buda çok değişik çap ve boyda üretim ve farklı alanlarda kullanım anlamına gelmektedir. Bu kadar çok kullanım da standart üretim, üretim hızı, kalite, ucuz ve seri üretim teknikleri ile yapılmalıdır.

Bu üretimi en iyi gerçekleştiren sistem ovalama yöntemi olduğu için CNC ve üniversal tezgahlarda da kullanılabilen ovalama başlıkları kullanılmaktadır. Bunlar da adımı belli olan ve belirli bir aralıktaki vida dişlerini açma kabiliyetine sahiptirler. Genellikle başlıkların üzerinde hangi aralıkta çalışma yapacakları verilmiştir ve bunların çoğu da genellikle diş boyu tamamlandığında geri dönüşü otomatik olarak çalışırlar. Şekil 5’de diş vida ovalama farklı başlıklarının fotoğrafları görülmektedir.

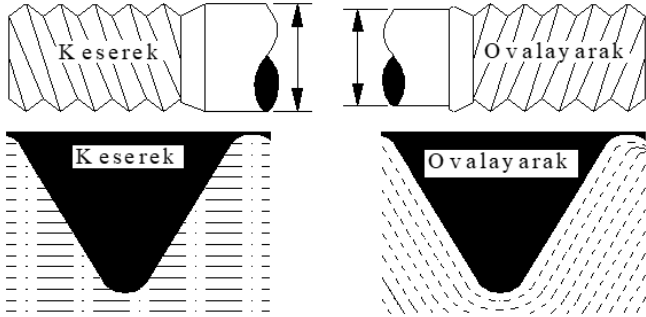




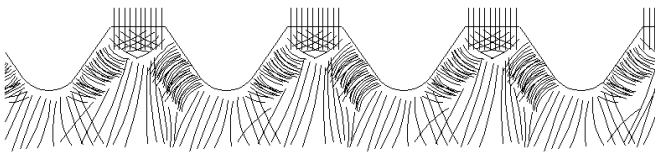
Şekil 5. Dış vida ovalama farklı başlıklarının fotoğrafları [19-20-21].

Soğuk şekillendirme yöntemi olan ovalama yöntemi, talaşlı üretim yönteminden farklıdır. Ovalamada vidaların ezilerek soğuk şekillendirilmesinden kaynaklı daha dayanıklı olmasına sebep olmaktadır. Vida dış profilinin seri üretimine en uygun yöntem olmasının sebebi, aynı kalitede çok miktarda üretimin yapılabilmesi ovalama yöntemini tercih sebebi kılmaktadır. Aynı zaman da talaş kaldırma yöntemi ile üretilen vidalardan daha dayanıklı, aşınmaya karşı yüksek dirençli, istenen ölçü tamlığı ve yüzey kalitesinde üretim yapılması da üstün avantajlar sağlamaktadır. İşleme süresi açısından bakıldığında malzeme makaralar arasında geçtiği anda dış profil oluşumu gerçekleşirken, talaşlı üretim yönteminde kesicinin bir çok sefer iş parçası üzerinden talaş kaldırması sonucunda ortaya çıktığı bilinmektedir.

Ovalama yapılan malzeme iç yapısında liflerin sıkıştırılması ile çok sağlam bir doku elde edilmesi ile keserek açılan dişlere göre çok avantajlar sağlamaktadır. Ovalama yöntemi sonucunda oluşan dişlinin dişleri kesilmeye, kırılmaya ve aşınmaya karşı daha dayanıklı ve daha uzun ömürlüdürler. Diğer yöntemler ile açılan vida dişleri, ovalama yöntemi ile açılan dişlere göre dayanımları yaklaşık 4-5 kat daha düşüktür. Şekil 6'da ovalama ve keserek diş açma formları, şekil 7'de ise ovalama sırasında malzeme akışı görülmektedir.



Şekil 6. Ovalama ve keserek diş açma formları [4].

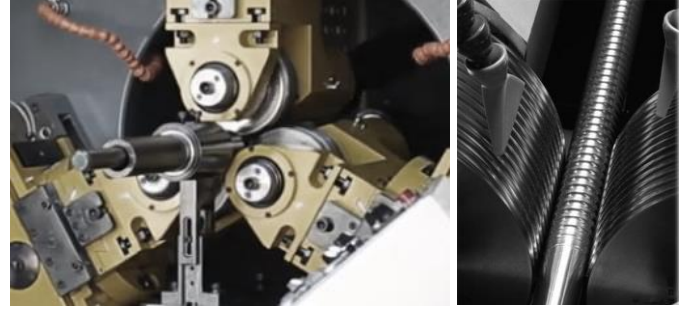


Şekil 7. Ovalama sırasında malzeme akışı [5].

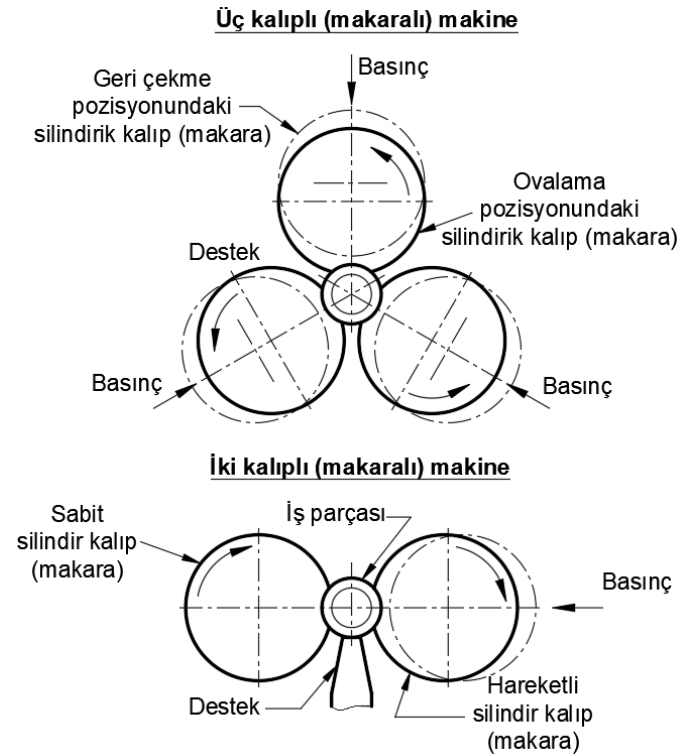
#### D. MAKİNALARI VE KILAVUZLARI

Ovalama makineleri genelde iki makaralı olurlar fakat üç makaralı (toplu) olanları da mevcuttur. Üç makaralı tezgahlar

hem içi boş hemde dolu yuvarlak kesitli profil malzemeleri işleyebilir. Tezgâhlarda basınç ayarı yapıldıktan sonra otomatik çalışma özellikleri de bulunmaktadır. Ovalama işlemindeki yuvarlayarak ezme gücü hidrolik, mekanik veya elektro mekanik olarak üretilir. Bu sebeple ovalama makineleri mekanik, hidrolik ve elektromekanik güç üretenler olmak üzere yapısal olarak 3 grupta toplanabilir. Şekil 8'de üç ve iki makaralı bir ovalama tezgâhi örnekleri, şekil 9'da tezgâhların şematik görüntüsü görülmektedir.



Şekil 8. Üç ve iki makaralı bir ovalama tezgâhi görüntüleri [18].



Şekil 9. Tezgâhların şematik görüntüsü [22].

Ovalama kılavuzları ise, bilinen kesme kılavuzlarından farklı olarak malzemeyi ezme işlemi ile deformasyon oluşturarak diş profili oluştururlar. Bu da talaş olmadan dişlerin daha mukavemetli olmasını sağlar. Kör veya boydan boyda delik tiplerine göre ovalama kılavuzları bulunmaktadır. Delik çapları seçimi yapılırken bu koşullar ve ovalama çapı dikkate alınması gerekmektedir. Ovalama delik çapları için standart tablolara bakılması gerekmektedir. Şekil 10'da ovalama kılavuz örneklerinin fotoğrafları görülmektedir.



Şekil 10. Ovalama kılavuz örneklerinin fotoğrafları [13].

### III. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, literatür taraması içeren araştırmalar ve çalışmalar sonucunda elde edilen bilgiler doğrusunda oluşturulan ovalama ile vida açma yöntemi açılan civata ve somunların çeşitleri ve üretim yöntemleri açıklanmıştır. Civata ve somunlar sökölüp takılabilen bağlantı elemanı olarak sanayinin her alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ovalama yöntemi ile yapılan üretimde; üretimin hızı ve hammaddenin israf düşüklüğü sebebiyle ovalama ile soğuk sekillendirme tercih edilen bir üretim yöntemidir.

Ovalama yöntemi ile açılan dişlerin dayanımı talaşlı üretim yöntemi ile açılan dişlere göre en az %35-40 kattır.

İmalatta en önemli unsur kaliteli ürünü daha kısa zamanda, mukavemetli olarak üretmektir. Vida dişi ovalama işleme zamanı, ovalayarak iç-diş vida açmada birkere de olurken, talaşlı üretimde iç-diş vida açmada yaklaşık olarak on ile onüçkere de oluşmaktadır. Bu da yaklaşık olarak 1/13 işleme zaman farkını ortaya çıkarır.

Bundan sonraki yapılacak olan çalışmalarda ovalama yapılan ürünlerin farklı uygulamaları (spline diş açma, yüzey parlatma, halka ovalama, vb.) bunların yorulma ve burulma testlerine tabi tutularak çalışma ömürleri ve performansları araştırılabilir.

### KAYNAKLAR

- [1] Ay İ., Demircioğlu T.K., 2005. Kesme ve ovalama yolu ile civata-vida dişi imalat yöntemlerinin kıyaslanması, Makine Magazin-111, 64-67., 2005.
- [2] AYGİN E., Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Vida Ovalama Merdanesi Profil Tasarım, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, Şubat 2005.
- [3] Çoban D., Ünlü B.S., 2015. Civata ve Somunların Çeşitleri ve Üretimi, C B Ü Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi Yılı: 2015 Sayı:20, 2015
- [4] Acıyan A., 2011, Ovalama Yöntemi İle İç Vida Açma, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek lisans Tezi, KONYA/Aralık 2011.
- [5] Sağlam H., Kuş R., 2011. Performance of Internal Thread Rolling Head and The Mechanical Properties of Rolled Thread, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey
- [6] MEGEP., 2014, Torna Tezgâhında Vida Açma-2, Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2014
- [7] Aktaş S., 2021, ovalama yöntemi ile diş implant üretimi ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesi., Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi., KOCAELİ 2021.
- [8] <https://birikimcivata.com/ovalama-nedir>
- [9] <https://www.profiroll.com/process/thread-and-profile-rolling.html>
- [10] <https://www.youtube.com/watch?v=Uj8pgDVTvys>
- [11] <http://www.vabs.com.tr/urun/c-2-d-i-r-sag-dis-vida-ovalama-ayratici/>
- [12] <http://ceviztakim.com/urunler.asp?katid=88>

- [13] <https://www.kalipteknik.com.tr/hsseepm-tin-ince-dis-ovalama-kilavuz-e1655>
- [14] <https://www.walter-tools.com/tr-tr/tools/standard-tools/threading-tools/threading/hss-e-pm-thread-former>
- [15] Chromeextension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.modalkalip.com/pdf/02-ovalama-kilavuzlar-icin-kullanilmasi-gereken-matkap-caplari.pdf
- [16] <https://www.vardarogluteknik.com/hss-e-ovalama-takimleri-liste.asp>
- [17] <https://www.hekamakina.com/civata-vida-ovalama-makinesi>
- [18] <https://www.gokcuoglu.com/tr>
- [19] [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Die\\_Head\\_for\\_Thread\\_Rollin\\_g.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Die_Head_for_Thread_Rollin_g.jpg)
- [20] [https://www.asilteknik.com.tr/5277\\_ovalama-metrik-ince-dis-pafta---jbo.html](https://www.asilteknik.com.tr/5277_ovalama-metrik-ince-dis-pafta---jbo.html)
- [21] <https://sdw-domarus.de/Johs-Boss-GmbH-Co-KG-Gewindefraeswerkzeuge,-Gewindelehen,-PKD/CVD/CBN-Werkzeuge/mobile/>
- [22] <https://silo.tips/download/civada-tanimi-ve-etler-ovalama-tekn-le-vda-ama-civata-etler-civata-etler>
- [23] <https://www.soydagroup.com.tr/>, Rot, rot başı ve rotül üretim aşamaları, Soyda otomotiv ziyaret., Konya 2023.





# Veri Analizi Data Analysis

<sup>1</sup> ZEYAD TAREQ MOHAMMED MOHAMMED ve <sup>2</sup> Prof.Dr. Adem Alpaslan ALTUN

Bilgisayar Mühendisliği ABD, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye  
E-mail: ziyad.erdem@yahoo.com

**Özet** - Günümüzün gelişmiş bilgisayar teknolojisi işletmelerde veri yığınları oluşturmaktadır. Stratejik pazarlama kararlarının doğru ve zamanında alınabilmesi, bu verilerin en iyi şekilde analiz edilebilmesi ve anlamlı hale getirilmeleri ile mümkündür. Bu nedenle, bunu sağlayacak veri madenciliği gibi güçlü araçlara ihtiyaç vardır. Makine öğrenimi veri tahmin modellerinin oluşturulmasında en yaygın ve etkin olarak kullanılan yöntemlerden biri karar ağaçlarıdır.

**Anahtar kelimeler** - Karar ağaçları , Makine öğrenimi, veri Madenciliği, ID3 Algoritması, Analiz.

**Abstract** - Today's advanced computer technology creates data piles in businesses. Making strategic marketing decisions correctly and on time is possible by analyzing these data in the best way and making them meaningful. Therefore, powerful tools such as data mining are needed to achieve this. One of the most widely and effectively used methods in the creation of machine learning data prediction models is decision trees.

**Keywords** - Decision trees, Machine learning, Very Mining, ID3 Algorithm, Analysis .

## I. GİRİŞ

Günümüzde verinin çok hızlı bir şekilde artmasından dolayı yararlı bilgileri elde etmek zor hale gelmiştir. Kurumlar artık kendi içerindeki bilgilerin yanı sıra ileriye dönük tahminlere de ulaşmak istemekte, verileri anlamlı bir biçimde çözümlenmeye yarayan sistemlere gereksinim duyulmaktadır. Geleneksel istatistiksel tekniklerle büyük veri kümelerini çözümlenmek kolay olmamaktadır ne kadar derin öğrenme makine öğrenmesi için günümüzde en gözde konu olsa da, karar ağacı temelli algoritmalar gerçek dünya yarışmalarını domine etmektedir Karar ağaçları, belli bir amaç doğrultusunda seçenekler ile olasılıklara bağlı durumları aşamalı olarak irdeler ve hiyerarşik yapılarla grafiksel bir gösterime sahiptir. Ardışık kararların ve durumların analizinde yaygın

olarak kullanılan KA, karar probleminde meydana gelebilecek tüm muhtemel senaryoların kararlarının ve rassal olayların sonuçlarını gösterir [1].

## II. ID3 ALGORİTMASI

ID3 ALGORİTMASI Karar Ağaçları yapısını oluşturan birçok algoritmanın en iyilerinden birisi ID3 Algoritması olarak adlandırılır. ID3, (Iterative Dichotomiser 3) anlamına gelir.(Tekrarlı ikilikçi ağaç) ID3 algoritması çok basit bir karar ağacı algoritması olarak kabul edilir [2]. Bilgi kazancını bir bölme kriteri olarak kullanan ID3 algoritması, tüm örnekler bir hedef özelliğin tek bir değerine ait olduğunda veya en iyi bilgi kazancı sıfırdan büyük olmadığına büyümeyi durdurur. ID3 herhangi bir budama prosedürü uygulamaz ve sayısal nitelikleri veya eksik değerleri işlemez. ID3'ün temel avantajı basitliğidir. Bu nedenle ID3 algoritması öğretim amacıyla sıklıkla kullanılmaktadır [3].

ID3 algoritması 3 adımı esas alır:

1. Henüz ağaca dahil edilmeyen özellikler ele alınıp entropi (dağınım) değerleri hesaplanır.
2. Entropi değerlerine göre sıralanır ve aralarından en düşük değerli özellik seçilir.
3. Seçilen özelliğin kararı ağaca eklenir.

## III. TARİHÇESİ

Temelleri AID (Automatic Interaction Detector) yöntemi ile atılan karar ağacı modelleri çeşitli algoritmalar ile sürdürülmüştür. Morgan ve Sonquist adlı araştırmacılar tarafından 1970'li yılların başlarında önerilen ve kullanılan AID algoritması, karar ağacı tabanlı ilk algoritma ve yazılımdır. Bilgisayar biliminde veri grubunu bir karar ağacı ile tanımlama işlemi uygulanan bir yöntem olmasına rağmen, bu yöntem özbilgiyi elde etmede uzun yıllar tercih edilmemiştir. 1984 yılında Berkeley Üniversitesi'nden Leo Breiman ve Charles J. Stone ile Stanford Üniversitesi'nden Jerry Friedman ve R. Olshen tarafından basılan "Classification And

Regression Trees” adlı kitapta yeni bir karar ağacı yordamı olan C&RT algoritmalarının kullanılmasından bahsedilmektedir. Bu çalışma, yöntemin istatistik biliminde yer edinmesini sağlamıştır. 1986 yılında J.R. Quinlan adlı araştırmacı karar ağaçlarına yeni bir algoritma eklemiştir. Bu karar ağacı algoritması literatüre ID3 algoritması olarak geçmiştir. 1993 yılında ise Quinlon adlı bir başka araştırmacı “Programs For Machine Learning” adlı kitabında C4.5 karar ağacı algoritmasını ortaya koymuştur [4].

#### IV. UYGULAMA

##### Veri Seti

İstatistik bölümünde okuyan 19 öğrenciye yıl sonunda yapılan ve tüm derslerdensorumlu oldukları bir sınav uygulanmış ve sınavın sonunda öğrencilerin bu sınavdan “başarılı”ve “başarısız” olma durumları kayıt altına alınmıştır. Sınav kağıdında öğrencilerin başarısını etkilediği düşünülen 4 faktöre (bağımsız değişken) ait sorulara cevap verilmesi istenmiştir. Öğrencinin kaygı düzeyi (X1) ve sosyo-ekonomik seviyesinin (X2) ölçüldüğü bağımsız değişkenlere ait 3 kategori (düzey) bulunmaktadır. Öğrencilerin ders dışı sosyal faaliyetlerinin olup olmadığı (X3) ve babasının eğitim düzeyinin (X4) sorulduğu sorulara ait cevaplar ise 2 kategoriden oluşmaktadır. Amaç, öğrencilerin başarısını sınıflandıracak bir model kurmaktır. Bağımlı değişken (Y) ile bağımsız değişkenlere ait ilişkiyi betimleyen karar ağaçları farklı algoritmalar kullanılarak çözülecektir.

Bağımsız Değişken	Gösterim	Kategori
Kaygı Seviyesi	X1	Düşük, Orta, Yüksek
Sosyo-ekonomik Seviye	X2	Düşük, Orta, Yüksek
Ders Dışı Faaliyet	X3	Var, Yok
Babanın Eğitim Durumu	X4	Üniversite ve üstü, Lise ve altı
Bağımlı Değişken	Gösterim	Kategori
Başarı Durumu	Y	Başarılı, Başarısız

Tablo 1. Kullanılan Değişkenler ve Açıklamalar

Veri dosyası Microsoft Excel dosyasına Şekil 1’deki gibi girilmiş ve “BasariDurumu” adı altında kaydedilmiştir.

	x1	x2	x3	x4	y
1					
2	yüksek	orta	yok	lise ve altı	başarısız
3	yüksek	orta	yok	lise ve altı	başarısız
4	orta	yüksek	var	lise ve altı	başarısız
5	düşük	orta	var	üniversite ve üstü	başarılı
6	düşük	yüksek	var	üniversite ve üstü	başarılı
7	düşük	yüksek	yok	lise ve altı	başarısız
8	orta	düşük	yok	üniversite ve üstü	başarısız
9	yüksek	orta	var	lise ve altı	başarısız
10	yüksek	düşük	var	üniversite ve üstü	başarılı
11	düşük	yüksek	var	üniversite ve üstü	başarılı
12	yüksek	düşük	var	lise ve altı	başarılı
13	orta	orta	yok	lise ve altı	başarısız
14	orta	yüksek	yok	lise ve altı	başarısız
15	düşük	orta	yok	üniversite ve üstü	başarısız
16	yüksek	yüksek	yok	lise ve altı	başarısız
17	yüksek	orta	var	üniversite ve üstü	başarılı
18	düşük	orta	var	üniversite ve üstü	başarılı
19	düşük	yüksek	var	üniversite ve üstü	başarılı
20	yüksek	yüksek	yok	lise ve altı	başarısız

Şekil 1. Başarı Durumu.xlsx Dosyası

##### ID3 Algoritmasına Dayalı Karar Ağacı

İlk olarak BasariDurumu.xlsx şeklinde kaydedilen veri setini R ortamında tanıtmak gerekir. Bunun için aşağıdaki kodlar çalıştırılır:

```
#Veri ve Paketleri Yükleme
install.packages("readxl") library(readxl)
BasariDurumu <-
read_excel("C:/Users/90541/Desktop/Basari.xlsx")
View(BasariDurumu)
install.packages("dplyr") library(dplyr)
*****
```

Tüm gözlemlere ait entropi değeri H(Y)’nin (Adım 1) ve bağımsız değişkenlere ait H(Y/X<sub>ij</sub>) ve Kazanım (X<sub>i</sub>) (Adım 2) hesaplanması için öncelikle aşağıda verilen Entropi ve BilgiKazanım adındaki fonksiyonlar tanımlanır.

```
#Fonksiyonları Tanımlama
Entropi=function(frekans){
olasılık=frekans/sum(frekans)
a=olasılık*log2(olasılık) a[frekans==0]=0
genelentropi=-sum(a)
}
Bilgikazanım=function(kontenjans){
kontenjans=as.data.frame(matrix(kontenjans))
genelentropi=Entropi(colSums(kontenjans))
frekans=rowSums(kontenjans)
olasılık=frekans/sum(frekans)
koşulluentropi=apply(kontenjans, MARGIN = 1,
FUN = Entropi)
değişkenentropi=sum(olasılık*koşulluentropi)
bilgikazanım=genelentropi-değişkenentropi
return(bilgikazanım)
}
*****
```

Algoritmanın Adım 1’de gösterilen ve tüm gözlemlere ait entropi değeri H(Y)=0.981 olarak aşağıdaki kodlar yardımıyla bulunmuştur.

```
#Hesaplamalar
```

```
Frekans_y=table(BasariDurumu$y)/length(BasariDurumu$y) Entropi_y=-sum(Frekans_y*log2(Frekans_y)) Entropi_y  
*****
```

Algoritmanın Adım 2’de gösterilen Kazanım (Xi) değerleri, tüm bağımsız değişkenler için ayrı ayrı aşağıdaki kodlar yardımıyla bulunur. KarşılaştırmaTablosu’na göre değişkenlerin bilgi kazanım değerleri sırasıyla aşağıdaki gibi elde edilmiştir. En yüksek değer X3 değişkenine aittir ve bu değişken kök düğüm olarak seçilmiştir.

```
kontenjans_x1=table(BasariDurumu[,c('x1','y')]) Bilgikazanım(kontenjans_x1) kontenjans_x2=table(BasariDurumu[,c('x2','y')]) Bilgikazanım(kontenjans_x2) kontenjans_x3=table(BasariDurumu[,c('x3','y')]) Bilgikazanım(kontenjans_x3) kontenjans_x4=table(BasariDurumu[,c('x4','y')]) Bilgikazanım(kontenjans_x4) karşılaştırmaTablosu=c(Bilgikazanım(kontenjans_x1), Bilgikazanım(kontenjans_x2),Bilgikazanım(kontenjans_x3),Bilgikazanım(kontenjans_x4)) karşılaştırmaTablosu  
*****
```

Ök düğüm X3 (ders dışı faaliyet) olarak seçilmiş ve bu değişkene ait 2 kategori yeni düğümleri oluşturmuştur. Dikkat edilirse ders dışı faaliyeti olmayan toplamda 9 öğrencinin hepsi “başarısız” kategorisindedir. Bu sebeple bu düğüm saf düğümdür ve bir daha dallanma yapmayacağı için terminal düğüm olarak etiketlenir. Ders dışı faaliyeti olan 10 öğrencinin verisi ile devam edilir. Aşağıdaki kod yardımıyla ders dışı faaliyeti olan 10 öğrencinin bilgileri, orijinal veri setinden filtrelenerek BasariDurumu\_x3 adı altında kayıt edilir. Filtreleme işleminde kullanılan filter komutunu çalıştırmak için dplyr paketinin yüklenmesi ve library(dplyr) kodu ile aktif hale getirilmesi gerekmektedir.

```
#ilk önemli değişken x3 olduğu için yeni bir data oluşturuluyor, x3=Var ise BasariDurumu_x3=BasariDurumu %>% filter(BasariDurumu$x3=="var")BasariDurumu_x3  
*****
```

BasariDurumu\_x3 veri seti incelendiğinde 10 öğrenciden 8’inin “başarılı” 2’sinin “başarısız” olduğu görülmektedir. BasariDurumu\_x3 adı altında güncellenen yeni veri setiyle algoritmanın adımları aşağıdaki gibi tekrarlanır.

```
Frekans_y=table(BasariDurumu_x3$y)/length(BasariDurumu_x3$y) Entropi_y=-sum(Frekans_y*log2(Frekans_y))
```

```
Entropi_y kontenjans_x1=table(BasariDurumu_x3[,c('x1','y')]) Bilgikazanım(kontenjans_x1) kontenjans_x2=table(BasariDurumu_x3[,c('x2','y')]) Bilgikazanım(kontenjans_x2) kontenjans_x4=table(BasariDurumu_x3[,c('x4','y')]) Bilgikazanım(kontenjans_x4) karşılaştırmaTablosu=c(Bilgikazanım(kontenjans_x1),Bilgikazanım(kontenjans_x2),Bilgikazanım(kontenjans_x4)) karşılaştırmaTablosu  
*****
```

KarşılaştırmaTablosu’na göre değişkenlerin bilgi kazanım değerleri sırasıyla görülmektedir. En yüksek değer X4 (babanın eğitim durumu) değişkenine aittir ve dallanma bu değişken üzerinden gerçekleşecektir.

Eğitim durumu 2 kategoriden oluşmakta, dolayısıyla bir önceki düğüm (ders dışı faaliyet-var) 2 dala ayrılmaktadır. Eğitim durumunun “üniversite ve üstü” olduğu düğümden tüm gözlemler homojendir (başarılı=7, başarısız=0) ve bu sebeple bu düğüm terminal düğüm olarak etiketlenir. Babanın eğitim durumunun “lise ve altı” olan 3 öğrencinin (başarılı=1, başarısız=2) bilgileri yeniden filtrelenerek BasariDurumu\_x3\_x4 adı altında kaydedilir.

```
#x3=var olan datada anlamlı kırılımlar aranıyor BasariDurumu_x3_x4=BasariDurumu_x3 %>% filter(BasariDurumu_x3$x4=="lise ve altı") BasariDurumu_x3_x4  
*****
```

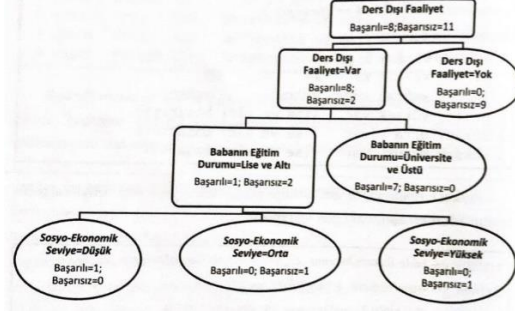
BasariDurumu\_x3\_x4 adı altında güncellenen yeni veri setiyle algoritmanın adımları aşağıdaki gibi tekrarlanır.

```
Frekans_y=table(BasariDurumu_x3_x4$y)/length(BasariDurumu_x3_x4$y) Entropi_y=-sum(Frekans_y*log2(Frekans_y)) Entropi_y kontenjans_x1=table(BasariDurumu_x3_x4[,c('x1','y')]) Bilgikazanım(kontenjans_x1) kontenjans_x2=table(BasariDurumu_x3_x4[,c('x2','y')]) Bilgikazanım(kontenjans_x2) karşılaştırmaTablosu=c(Bilgikazanım(kontenjans_x1),Bilgikazanım(kontenjans_x2)) karşılaştırmaTablosu  
*****
```

## V. SONUÇ

Karşılaştırma tablosu’na göre değişkenleri bilgi kazanım değerleri sırasıyla verilmiştir. En yüksek değer X2 (Sosyo-ekonomik seviye) değişkenine

aittir ve dallanma bu değişken üzerinden gerçekleşir. Sosyo-ekonomik seviye değişkeni 3 kategoriden oluşmakta, dolayısıyla bir önceki düğüm (babanın eğitim durumu) 3 dala ayrılmaktadır. Sosyo-ekonomik seviyenin “düşük”, “orta”, “yüksek” olduğu düğümlerdeki tüm gözlemler homojendir ve bu sebeple bu düğümler terminal düğüm olarak etiketlendiği için süreç sonlanır ve Şekil 2’deki gibi bir karar ağacı elde edilir.



Şekil 2. ID3 Algoritması için Karar Ağacı

## KAYNAKLAR

- [1] Decision Making and Forecasting: with Emphasis on Model Building and Policy Analysis, New York, McGraw Hill, 1995.
- [2] Quinlan J. R., Induction of decision trees, Machine Learning 1:81–106, 1986.
- [3] Rokach, L., & Maimon, O. (2015). Data mining with decision trees–Theory and Applications 2nd Edition. Series in Machine Perception and Artificial Intelligence, 81, 328.
- [4] Lee, S. J. ve Keng, S. (2001). “A Review Of Data Mining Techniques”, Industrial Management&Data Systems 1(101), s. 41-46.

# Cerrahi Robot El Surgical Robot Hand

T. ARSLAN<sup>1</sup> and V. ELALİ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, 203312051@selcuk.edu.tr

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, 203302080@selcuk.edu.tr

**Özet** – Makale, cerrahi robot el projelerinin önemi ve cerrahi robot teknolojisinin tıp alanındaki devrimini vurgulayarak, avantajlarını detaylı bir şekilde tartışıyor. Minimal invaziv cerrahi prosedürlerin yaygınlaşması, uzaktan cerrahi müdahale imkânları ve cerrahi ekiplerin eğitimini artırma potansiyeli gibi avantajlar ele alınıyor. Ardından, cerrahi robot teknolojisinin geleceği, yapay zekâ ve nanoteknoloji ile entegrasyonunun potansiyeli üzerinde duruluyor. Ancak, maliyet, eğitim, erişim ve güvenlik gibi zorluklar ve toplumsal kabul ile etik meselelerin ele alınması gerektiği belirtiliyor. Bu faktörlerin başarılı bir şekilde yönetilmesiyle, cerrahi robot teknolojisinin tıp alanındaki evrimine daha fazla katkı sağlanabileceği vurgulanıyor.

**Anahtar Kelimeler** – Cerrahi, robot, algoritma, yapay zeka

**Abstract** - The article highlights the importance of surgical robotic handheld projects and the revolution of surgical robotics in the medical field, discussing its advantages in detail. Advantages such as the proliferation of minimally invasive surgical procedures, the possibility of remote surgical interventions and the potential to increase the training of surgical teams are discussed. The future of surgical robotics and its potential integration with artificial intelligence and nanotechnology are then discussed. However, challenges such as cost, training, access and safety, as well as social acceptance and ethical issues, need to be addressed. By successfully managing these factors, it is emphasized that surgical robotics can further contribute to the evolution of surgical robotics in medicine.

**Keywords** – Surgery, robot, algorithm, artificial intelligence

## I. GİRİŞ

Günümüzde tıp alanında hızla ilerleyen teknoloji, cerrahi uygulamalarda önemli bir evrimi beraberinde getirmiştir. Bu evrimin en dikkat çekici yönlerinden biri, cerrahi robot teknolojisinin yükselişidir. Cerrahi robot el projeleri, geleneksel cerrahi müdahalelere kıyasla bir dönüşüm sağlayarak sağlık sektöründe yeni bir çığır açmaktadır.

Cerrahi robot teknolojisinin tıp alanında yarattığı devrim, bir dizi avantajı beraberinde getirmiştir. Bu avantajlar, cerrahi müdahalelerdeki hassasiyetin artması, daha az invaziv prosedürlerin mümkün olması ve cerrahi ekiplerin daha iyi sonuçlar elde etmesi gibi faktörleri içermektedir. Cerrahi robot el projeleri, cerrahların ellerine daha hassas bir kontrol sağlayarak, karmaşık ve hassas işlemleri daha etkili bir şekilde gerçekleştirebilmelerine olanak tanımaktadır.

Geleneksel cerrahi müdahaleler sıklıkla büyük kesi ve ameliyat sonrası uzun iyileşme süreleri gerektirirken, cerrahi robot teknolojisi sayesinde hastalara daha az invaziv seçenekler sunulmaktadır. Bu durum, hastaların daha hızlı iyileşmelerini

ve kısa sürede normal yaşamlarına dönmelerini sağlamaktadır. Aynı zamanda, cerrahi robot teknolojisi sayesinde cerrahlar, mikrocerrahi düzeyinde çalışabilme kabiliyetine sahip olarak daha karmaşık operasyonlara da başarıyla müdahale edebilmektedir.

Cerrahi robot el projeleri, cerrahi ekiplerin eğitimini artırarak, cerrahların beceri setlerini geliştirmelerine olanak tanır. Bu da cerrahi müdahalelerdeki başarı oranını artırırken, hatalı işlemlerin önlenmesine yardımcı olur. Ayrıca, uzaktan cerrahi müdahalelerin mümkün olması, uzman cerrahların dünya genelinde daha geniş bir hasta kitlesine erişim sağlamalarını mümkün kılar.

Bu makalede, cerrahi robot el projelerinin önemi ve cerrahi robot teknolojisinin tıp alanındaki devrimini daha ayrıntılı bir şekilde inceleyerek, bu teknolojinin gelecekteki potansiyel etkilerini değerlendireceğiz. Cerrahi robot el projeleri, sağlık sektöründe daha güvenli, etkili ve erişilebilir cerrahi müdahalelerin kapılarını aralamaktadır.

## II. KLİNİK UYGULAMALARDAKİ ÖNEMİ

Cerrahi robot el projeleri, tıp alanında pek çok avantajın yanı sıra, klinik uygulamalarda da önemli bir rol oynamaktadır. Bu projelerin temel amacı, cerrahların ellerine robotik teknolojiyle desteklenmiş bir kontrol ve hassasiyet kazandırmak, böylece daha karmaşık ve detaylı cerrahi operasyonların başarıyla gerçekleştirilebilmesine olanak sağlamaktır.

Geleneksel cerrahi yöntemlerinde, cerrahlar genellikle kısıtlı görüş açıları ve sınırlı hareket serbestliği ile karşılaşabilirler. Ancak cerrahi robot el projeleri, üç boyutlu görüntüleme sistemleri ve geniş bir hareket aralığı ile cerrahların daha detaylı ve hassas çalışmalarına imkan tanır. Bu, özellikle mikrocerrahi veya kompleks anatomik bölgelerde gerçekleştirilen operasyonlarda büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Cerrahi robot teknolojisinin tıp pratiğindeki etkileri arasında minimal invaziv cerrahi prosedürlerin yaygınlaşması da önemli bir yer tutmaktadır. Geleneksel cerrahi, genellikle büyük insizyonlar gerektirirken, cerrahi robot el projeleri sayesinde daha küçük kesilerle işlem yapmak mümkündür. Bu durum, hastaların iyileşme sürecini hızlandırırken aynı zamanda estetik sonuçları da olumlu yönde etkilemektedir.

Cerrahi robot teknolojisinin bir diğer önemli katkısı ise cerrahların uzaktan kontrol edilebilir olmasıdır. Özellikle acil durumlarda veya uzak bölgelerdeki hastalara müdahale edilmesi gerektiğinde, uzaktan cerrahi müdahale imkanı hayati öneme sahiptir. Bu, dünya genelinde sağlık hizmetlerine erişimi

artırarak uzman cerrahların bilgi ve deneyimlerini daha geniş bir hasta kitlesine ulaştırabilir.

Cerrahi robot el projeleri, aynı zamanda eğitim alanında da çığır açmaktadır. Cerrahi ekipler, simülasyonlar ve sanal gerçeklik teknolojileri aracılığıyla daha güvenli bir ortamda beceri geliştirebilir ve karmaşık cerrahi teknikleri öğrenerek bu alandaki uzmanlık düzeylerini artırabilirler.

Sonuç olarak, cerrahi robot el projeleri, tıp dünyasında devrim niteliğinde bir ilerleme sağlamaktadır. Bu teknoloji, cerrahi müdahalelerdeki başarı oranını artırırken, hastaların iyileşme süreçlerini hızlandırarak daha etkili ve erişilebilir sağlık hizmetleri sunulmasına katkıda bulunmaktadır. Gelecekte, cerrahi robot teknolojisinin daha da gelişerek, tıp pratiğindeki yerini daha da güçlendirmesi beklenmektedir.

### III. GELECEĞİ VE POTANSİYELİ

Cerrahi robot teknolojisinin hızla evrim geçirmesi, gelecekte sağlık sektöründe daha da çeşitlenmiş ve gelişmiş uygulamaların ortaya çıkmasına olanak tanıyacaktır. Bu projelerin potansiyeli, cerrahi müdahalelerin sadece daha etkili değil, aynı zamanda daha kişiselleştirilmiş hale gelmesini sağlayarak hasta odaklı bir yaklaşımın benimsenmesine katkıda bulunacaktır.

Cerrahi robot el projelerinin gelecekteki bir potansiyeli, yapay zeka (YZ) ve makine öğrenimi (MO) gibi teknolojilerle entegrasyonunu içermektedir. Bu, cerrahların ameliyat sırasında gerçek zamanlı olarak daha fazla veriye erişmelerine ve tedavi planlarını daha iyi uyarlamalarına olanak tanıyacaktır. YZ ve MO'nun cerrahi robotlarla entegrasyonu, cerrahların geçmiş benzer vakalardan öğrenerek daha iyi kararlar almalarına yardımcı olabilir.

Ayrıca, cerrahi robot teknolojisinin nanoteknoloji ile birleşimi, daha mikro düzeyde cerrahi müdahalelerin gerçekleştirilmesine imkan sağlayabilir. Bu, özellikle tümör hücrelerinin hassas bir şekilde hedef alındığı kanser cerrahisinde önemli bir ilerleme sunabilir.

Cerrahi robot el projeleri, günümüzde birçok ameliyat türünde kullanılmaktadır ancak ilerleyen yıllarda daha spesifik ve özelleştirilmiş uygulamaların ortaya çıkması beklenmektedir. Örneğin, cerrahi robot teknolojisinin ortopedik cerrahi, kardiyak cerrahi, nöroşirurji gibi alanlarda daha yaygın olarak kullanılması, bu teknolojinin etki alanını genişletecektir.

Gelecekte cerrahi robot teknolojisinin daha da yaygınlaşmasıyla birlikte, sağlık sektöründeki maliyetlerin düşmesi ve hastalara sunulan hizmetlerin iyileşmesi gibi avantajlar da daha belirgin hale gelecektir. Bu durum, cerrahi robot teknolojisinin sadece teknik bir yenilik olmanın ötesinde, sağlık hizmetlerindeki paradigma değişikliğine işaret eden bir unsur olmasını sağlayacaktır.

Sonuç olarak, cerrahi robot el projeleri ve teknolojisinin tıp alanındaki devrimi, sadece mevcut uygulamaları daha etkili hale getirmekle kalmayacak, aynı zamanda gelecekteki tıbbi uygulamalara yepyeni kapılar açacaktır. Bu teknoloji, cerrahi müdahalelerin daha güvenli, daha hızlı ve daha kişiselleştirilmiş hale gelmesine olanak tanıyarak, tıp dünyasında büyük bir ilerlemenin habercisi olmaktadır.

### IV. KARŞILAŞTIĞI ZORLUKLAR VE ÇÖZÜM YOLLARI

Cerrahi robot teknolojisinin yükselişi, çeşitli avantajlara rağmen karşılaştığı bazı zorlukları da beraberinde getirmiştir. Bu zorluklar, maliyet, eğitim süreçleri, teknolojiye olan erişim ve güvenlik gibi çeşitli alanları içermektedir.

Öncelikle, cerrahi robot teknolojisinin maliyeti bir engel oluşturabilir. Robotik cerrahi sistemlerin yüksek maliyetleri, birçok sağlık kuruluşu için finansal olarak zorlayıcı olabilir. Ancak, zaman içinde bu teknolojinin yaygınlaşmasıyla birlikte üretimdeki maliyetlerin düşmesi beklenmektedir. Ayrıca, sağlık hizmeti sağlayıcıları arasındaki işbirlikleri ve kamu-özel sektör ortaklıkları, cerrahi robot teknolojisine erişimi artırabilir.

Eğitim süreçleri de cerrahi robot teknolojisinin benimsenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Cerrahların bu yeni teknolojiyi etkili bir şekilde kullanabilmeleri için özel eğitimlere ihtiyaçları vardır. Bu nedenle, cerrahi ekiplerin düzenli olarak güncellenen eğitim programlarına katılması ve cerrahi robot teknolojisini etkin bir şekilde kullanabilme becerilerini sürdürebilmeleri için desteklenmeleri önemlidir.

Teknolojiye olan erişim, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, cerrahi robot teknolojisinin yaygınlaşmasını kısıtlayabilir. Bu soruna çözüm olarak, teknoloji transferi programları ve uluslararası işbirlikleri ile bu ülkelerdeki sağlık sistemlerine cerrahi robot teknolojisine uygun ekipmanlar sağlanabilir. Bu şekilde, dünya genelinde cerrahi hizmetlere erişimdeki eşitsizlik azaltılabilir.

Güvenlik konusu da cerrahi robot teknolojisinin kritik bir unsuru olarak öne çıkmaktadır. Teknolojinin güvenliği, hasta verilerinin korunması ve cerrahi müdahalelerin güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesi için önemlidir. Güvenlik protokollerinin sıkı bir şekilde uygulanması, cerrahi robot teknolojisinin daha geniş bir kullanıcı kitlesi tarafından güvenle benimsenmesine olanak tanıyabilir.

Sonuç olarak, cerrahi robot teknolojisi, sağlık sektöründe önemli bir evrimin habercisi olmakla birlikte, karşılaştığı zorluklar da göz ardı edilmemelidir. Maliyet, eğitim, erişim ve güvenlik gibi konularda çözümler geliştirilerek, cerrahi robot teknolojisinin potansiyeli daha geniş bir hasta kitlesi için erişilebilir hale getirilebilir. Bu zorlukların aşılması, cerrahi robot teknolojisinin tıp alanında daha da yaygınlaşmasını ve sağlık hizmetlerindeki kaliteyi artırmasını sağlayacaktır.

### V. ÇALIŞMALARIMIZ

#### 5.1. Eldivenle kontrol edilen robot eli

Bu projede, Araştırmada, flex sensörleri kullanarak parmakların hareketlerini PWM sinyallere çevirir, ve böylece servo motorları yardımı ile robot elini aynı hareketlerini yapmasını sağlayabilir. Bitirme projesi olarak aldığımız sistemim Arduino ile iki eksenli güneş takibidir.

Bu projeyi alma nedenimiz asıl olarak yenilenebilir enerjiye ve mekanik tasarıma olan ilgimizdir.

Bu projede; Flex sensörleri yardım ile, insan elinin hareketini tespit edip, sinyal şeklinde, mikrodenetleyiciye giriş olarak sinyal gönderilir, çıkış olarak da ayarladığımız PWM'i servo motorlara vererek, elin hareketinin aynısı elde edebilmiş oluruz.

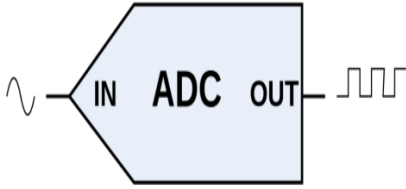
Robot eli istediğimiz yere bırakıp, uzaktan kontrol ettiğimizde insanın hayatına karşı olan riskiyi azaltmış oluruz. Aynı projeyi geliştirirsek, doktorlar uzaktan ameliyet yapma şansı olur, kamera yardımıyla, ve böylece can kurtarma şansımızı daha yüksek tutabiliriz.

## VI. KAVRAMLAR

### A. ADC

#### 1. Genel Bilgi

Bir analogdan dijital dönüşürücü, sürekli bir voltaj değerini (analog), daha sonra dijital hesaplama için kullanılacak bir dijital cihaz tarafından anlaşılabilen ikili bir değere (dijital) dönüştüren bir devredir. Bu ADC devreleri, kendi başlarına ayrı bir ADC IC'si olarak bulunabilir veya bir mikro denetleyiciye gömülebilir. Kısaca ADC olarak adlandırılırlar.



Şekil 2.1. ADC converter

Bir ADC'nin çalışmasına bakmanın iyi bir yolu, onu matematiksel bir ölçekleyici olarak hayal etmektir. Ölçekleme, temel olarak değerleri bir aralıktan diğerine eşlemektir, bu nedenle bir ADC, bir voltaj değerini ikili bir sayıya eşler. İhtiyacımız olan şey, voltajı bir dizi mantık seviyesine, örneğin bir kayıt defterine dönüştürebilen bir şeydir. Tabii ki, kayıtlar yalnızca mantık seviyelerini giriş olarak kabul edebilir, bu nedenle sinyali doğrudan bir mantık girişine bağlayacak olsaydınız sonuçlar iyi olmazdı. Mantık ve analog giriş voltajı arasındaki bir şeyin bir arayüz gibi davranması gerekir

#### ▪ Referans Voltajı

Elbette hiçbir ADC mutlak değildir, bu nedenle maksimum ikili değere eşlenen gerilime referans gerilimi denir. Örneğin, referans voltajı olarak 5V olan 10 bitlik bir dönüştürücüde, 11111111 (tüm bitler bir, mümkün olan en yüksek 10 bit ikili sayı) 5V'ye ve 00000000'e (en düşük sayı 0V'a karşılık gelir) karşılık gelir. , çünkü 10 bitte 1024 olası basamak vardır. Bu 'bit başına volt' ölçüsüne ADC'nin çözünürlüğü denir. Voltaj değişiklikleri adım başına 4,9mV'nin altındaysa ne olur? Bu, ADC'yi ölü bir bölgeye sokar, bu nedenle dönüştürme sonucu her zaman küçük bir hataya sahiptir. Bu, daha yüksek çözünürlüklü bir ADC kullanılarak önlenemez. 24 bite kadar ADC'ler mevcuttur, ancak dönüştürme frekansları birkaç hertz düzeyinde düşüktür.

#### ▪ Örnekleme Hızı

Dönüştürücünün her saniye yapabileceği analogdan dijital dönüşürme sayısına örnekleme hızı denir. Örneğin, gerçekten iyi bir ADC, 300Ms/s'lik bir örnekleme hızına sahip olabilir. Örnekleme hızı, tamamen dönüştürücünün tipine ve gereken doğruluğa bağlıdır. Çok doğru bir okuma gerekiyorsa, ADC genellikle giriş sinyaline (genellikle bir örnekleme ve tut veya entegre tipi giriş) bakmak için daha fazla zaman harcar. Okuma ile hızlı ve kirli olabilecekleri bir endişe değildir. Genel kural,

hız ve doğruluk aşağı yukarı ters orantılıdır, uygulamaya bağlı olarak bir ADC seçmek önemlidir.

#### 2. ADC Türleri

- Flaş ADC
- Sayma/Eğim Entegrasyonu ADC'leri
- Ardışık Yaklaşım ADC'leri

#### 3. Uygulamaları

##### ➤ Dijital Osiloskoplar ve Multimetre

Analog osiloskopların en büyük avantajı, giriş konektörü ile ekran arasında çok az "devre" olmasıdır, başka bir deyişle, bir devrede tam olarak ne olduğunu gerçek zamanlı olarak görebilirsiniz. Ancak, dalga biçimlerini daha sonra kullanmak üzere saklayamazlar veya yerleşik ölçümler gerçekleştiremezler. Dijital osiloskoplar tüm bu sorunların üstesinden gelir ve temelinde 12 bit ve üzeri çözünürlüğe sahip çok güçlü ve hızlı bir ADC bulunur. ADC, dalga biçimlerini bellekte saklanabilen, üzerinde çalıştırılabilen ve bir ekranda görüntülenebilen ikili bir değere dönüştürür.

##### ➤ Mikrodenetleyiciler

Hemen hemen tüm modern mikrodenetleyiciler yerleşik bir ADC'ye sahiptir, en yaygın olanı 10 bit çözünürlüğe sahip ATmega328P'ye ve 12 bit çözünürlüğe sahip STM32'ye dayanan Arduino'dur. Arduino IDE, analog pinlerden birindeki analog voltajı okuyan ve 10 bitlik bir tamsayı değeri, yani 0 ila 1023 aralığı döndüren kullanışlı bir 'analogRead()' işlevi sağlar.

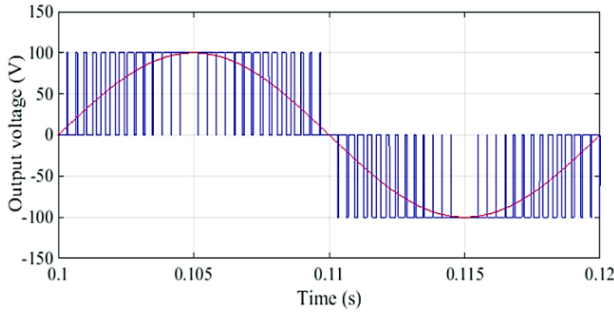
##### ➤ Dijital Güç Kaynakları

Bugünlerde çoğu güç kaynağı bilgisayar kontrollüdür ve bilgisayarın voltaj çıkışını ölçmesi için bir ADC gereklidir.

#### B. PWM

Dijital sinyallerin iki konumu vardır: açık veya kapalı 1 veya 0 olarak yorumlanır. Öte yandan analog sinyaller açık, kapalı, yarı yolda, üçte ikisi açık ve sonsuz sayıda konum olabilir. 0 ile 1 arasında ya 1'e yaklaşıyor ya da sıfıra iniyor. İkisi elektronikte çok farklı şekilde ele alınır, ancak çoğu zaman birlikte çalışması gerekir (o zaman buna "karışık sinyal elektroniği" deriz.) Bazen bir analog (gerçek dünya) giriş sinyalini (örn. sıcaklık) bir mikro denetleyiciye (örn. sıcaklık) almamız gerekir (bu sadece dijital anlar). Genellikle mühendisler, bir analogdan dijital dönüşürücü kullanarak bu analog girişi mikrodenetleyici (MCU) için dijital girişe çevirirler. PWM, dijital çıkışlı analog cihazları kontrol etmenin bir yoludur. Bunu ifade etmenin başka bir yolu, bir analog cihazı sürmek için MCU gibi dijital bir cihazdan modülasyonlu bir sinyal çıkışı verebilmenizdir. MCU'ların değişken hızlı motorlar, kısıllanabilir ışıklar, aktüatörler ve hoparlörler gibi analog cihazları kullandığı başlıca araçlardan biridir. Ancak PWM gerçek analog çıkış değildir. PWM, darbelerde veya kısa regüle edilmiş voltaj patlamalarında güç uygulayarak analog benzeri bir sonucu "sahteleştirir".





Şekil 2.1. PWM

## VII. KULLANILAN MALZEMELER

### A. Arduino Mikrodenetleyici

Arduino, kullanımı kolay donanım ve yazılıma dayalı açık kaynaklı bir elektronik platformdur. Arduino kartları girişleri okuyabilir - bir sensör üzerindeki ışık, bir düğmedeki parmak veya bir Twitter mesajı - ve bunu bir çıkışa dönüştürebilir - bir motoru etkinleştirebilir, bir LED'i açabilir, çevrimiçi bir şeyler yayımlayabilir. Kart üzerindeki mikrodenetleyiciye bir dizi talimat göndererek kartınıza ne yapacağını söyleyebilirsiniz. Bunu yapmak için Arduino programlama dilini (Kablolama tabanlı) ve İşleme tabanlı Arduino Yazılımını (IDE) kullanırsınız. Arduino, yıllar boyunca günlük nesnelere karmaşık bilimsel araçlara kadar binlerce projenin beyni olmuştur. Öğrenciler, hobiler, sanatçılar, programcılar ve profesyonellerden oluşan dünya çapında bir topluluk, bu açık kaynaklı platform etrafında toplandı ve katkıları, hem acemiler hem de uzmanlar için çok yardımcı olabilecek inanılmaz miktarda erişilebilir bilgi topladı.

### 3.1.2. Arduino Çeşitleri

- Arduino Uno (R3)
- Arduino Nano
- Arduino Micro
- Arduino Due
- LilyPad Arduino Board
- Arduino Bluetooth
- Arduino Diecimila
- RedBoard Arduino Board
- Arduino Mega (R3) Board
- Arduino Leonardo Board
- Arduino Robot
- Arduino Esplora
- Arduino Pro Mic
- Arduino Ethernet
- Arduino Zero
- Fastest Arduino Board

### B. Arduino Uno

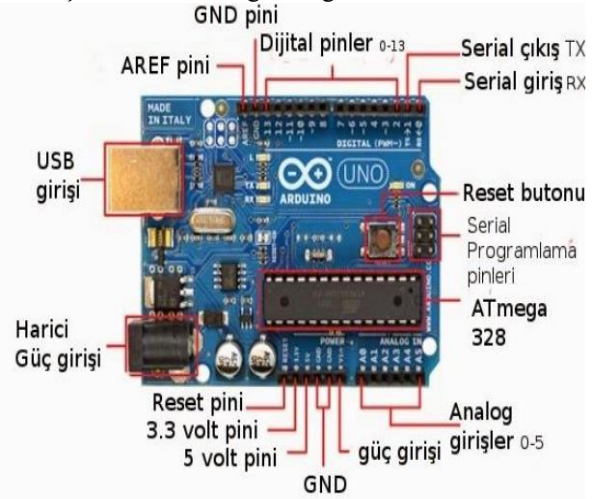
#### 1. Genel bilgi

Arduino UNO, ATmega328'i denetleyici olarak kullanan bir mikro denetleyici olarak kategorize edilmiştir. Arduino UNO kartı bir elektronik projesi için kullanılır ve çoğunlukla yeni başlayanlar tarafından tercih edilir. Arduino UNO kartı I tipi sadece Arduino kartıdır. Arduino kartı, tüm Arduino kartlarının en çok kullanılan kartıdır. Kart, 6'sı analog giriş pini, bir güç jakı, USB konektörü, bir sıfırlama düğmesi, ICSP başlığı ve diğer bileşenler olmak üzere 14 dijital giriş/çıkış pini içerir.

Tüm bu bileşenler, çalışmasını sağlamak için Arduino UNO kartına takılır ve projede kullanılabilir. Kart USB portu ile şarj edilir veya karta DC beslemesi ile doğrudan şarj edilebilir.

#### 2. Avantajları

Arduino UNO kartı daha çok elektronik projesinde kullanılabilen ve bu kartta programlama yapabilen yeni başlayanlar tarafından kullanılmaktadır. Pano, panoyu projenin kullanımına uygun hale getirmek için pano tasarımında düzenli yeniliklere ve bir hata düzeltilmesine sahiptir. Arduino UNO kartı, çaylaklar tarafından projelerinde en çok kullanılan ve standart bir kart olarak kabul edilir. Arduino UNO kartı, aşağıdaki nedenlerden dolayı öncelikle diğer Arduino ürünlerine göre kullanılır. Kart diğer bilgisayar sistemine USB portu üzerinden kolayca bağlanabilir. Kartta sabitlenen USB bağlantı noktası iki amaca hizmet eder. Karta güç beslemesi sağlamak için kullanılabilir ve kartı bir bilgisayar sistemine bağlamak için seri bir cihaz görevi görebilir.



Şekil 3.1. Arduino Uno

Kart, 12 V gerilime sahip DC adaptörden güç beslemesini alabilmektedir. Kart, bu harici güç kaynağından şarj edilebilir. Kartta kullanılan mikrodenetleyici yani. ATmega328, karta sağlanan esnekliğe sahiptir. Bu, yonganın hasar görmesi veya düzgün çalışmaması durumunda denetleyici yongasının değiştirilebileceği, karttan çıkarılabileceği anlamına gelir. Bu esneklik işlevi diğer Arduino kartlarında sağlanmaz. Kart pinleri, 5 v'luk sabit güç kaynağı için çalışabilir. Dijital ve analog pinler, karttaki voltaj beslemesini ayarlamak için kullanılır. Kart tasarımı basit olduğundan, Arduino UNO kartı için birden fazla kullanıcı ve topluluk desteği tarafından kullanılabilir. Arduino UNO kartı, çeşitli donanım bileşenlerinin bir listesine sahiptir ve bu cihazlarla etkileşim kurma yeteneğine sahiptir. Cihaz Bluetooth, internet, motor kontrolü ve daha fazlasını içerir.

### C. Flex Sensörü

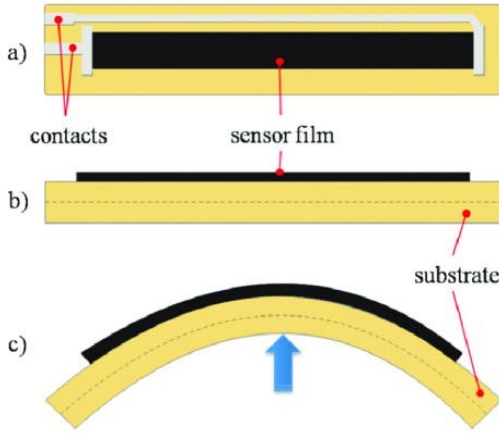
#### 1 Genel Bilgi

Flex sensör, aksi halde bükülebilecek kusur miktarını ölçmek için kullanılan bir tür sensördür. Bu sensörün tasarımı plastik ve karbon gibi malzemeler kullanılarak yapılabilmektedir. Karbon yüzey plastik bir şerit üzerinde düzenlenir, çünkü bu şerit yana çevrilir ve ardından sensörün direnci değişir. Bu nedenle, aynı zamanda bir bükülme sensörü olarak da

adlandırılır. Değişen direnci dönüş miktarı ile doğru orantılı olduğundan bir açılı ölçer gibi de kullanılabilir.

### 2. PIN Konfigürasyonu

Esnek sensörün pin konfigürasyonu aşağıda gösterilmiştir. İki terminalli bir cihazdır ve terminaller p1 ve p2 gibidir. Bu sensör, diyot gibi herhangi bir polarize terminal içermez, aksi takdirde kapasitör, yani pozitif ve negatif terminal yoktur. Sensörü etkinleştirmek için bu sensörün gerekli voltajı, herhangi bir arabirim türünden elde edilebilecek 3.3V -5V DC aralığındadır.



Şekil 3.2. Flex Sensörü

### 3. Avantajı

Bu sensör, bir cihazın dışını test etmeniz gereken her yerde kullanılır, aksi takdirde bir şey planlanır veya planlanmaz. Bir kapı veya pencerenin açılıp açılmadığını kontrol etmek için bir esnek sensör kullanılabilir. Bu sensör kapının kenarına yerleştirilebilir ve kapı açıldığında bu sensör de bükülür. Sensör büküldüğünde parametreleri otomatik olarak değişir ve bu da uyarı verecek şekilde tasarlanabilir. Bu sensör, Bent, Flex, aksi takdirde herhangi bir cihaz veya herhangi bir cihaz için açı değişikliğini ölçmek için ihtiyacınız olan her yerde kullanılır. Bu sensörün iç direnci, bükülme açısıyla yaklaşık olarak doğrusal olarak değişir. Böylece sensörü cihaza bağlayarak esneme açısını elektriksel parametrenin dirençleri içerisinde elde edebiliriz.

### 4. Çalışma prensibi

Bu sensör, bükme şeridi prensibine göre çalışır, yani şerit her büküldüğünde direnci değişir. Bu herhangi bir kontrolör yardımı ile ölçülebilir. Bu sensör değişken bir dirence benzer şekilde çalışır çünkü büküldüğünde direnç değişecektir. Direnç değişimi, yüzeyin doğrusallığına bağlı olabilir, çünkü direnç düz olduğunda farklı olacaktır. Sensör 450 büküldüğünde direnç farklı olacaktır. Benzer şekilde, bu sensör 900'e büküldüğünde direnç farklı olacaktır. Bu üçü, esnek sensörün bükülme koşullarıdır. Bu üç duruma göre, ilk durumda direnç normal olacak, direnç ilk duruma göre iki katına çıkacak ve ilk duruma göre direnç dört kat olacak. Yani açı arttığında direnç artacaktır.

### 5. Özellikleri

- Bu sensörün çalışma voltajı 0V ile 5V arasındadır.
- Düşük voltajlarda çalışabilir.

- Güç derecesi, tepe için 1 Watt ve sürekli için 0,5 Watt'tır.
- Çalışma sıcaklığı -45°C ile +80°C arasında değişir
- Düz direnç 25K  $\Omega$
- Direnç toleransı  $\pm\%30$  olacaktır
- Bükülme direnci aralığı 45K -125K Ohm arasında değişecektir.

### 6. Uygulamaları

- ❖ Medikal enstrümanlar
- ❖ Bilgisayar Çevre Birimleri
- ❖ Robotik
- ❖ Fizik Tedavi
- ❖ Sanal Hareket (Oyun)
- ❖ Müzik Enstrümanları

### D. SERVO MOTOR

#### 1. Genel Bilgi

Bir servo motor, açısal veya doğrusal konumun, hızın ve ivmenin hassas kontrolünü sağlayan bir döner aktüatör veya lineer aktüatördür. Konum geri beslemesi için bir sensöre bağlı uygun bir motordan oluşur. Servo motorlar robotik, CNC makineleri veya otomatik üretim gibi uygulamalarda kullanılır. Ayrıca, genellikle servo motorlarla kullanım için özel olarak tasarlanmış özel bir modül olan nispeten karmaşık bir kontrolör gerektirir. Servo motorlar belirli bir motor sınıfı değildir, ancak servo motor terimi genellikle kapalı devre kontrol sisteminde kullanıma uygun bir motoru belirtmek için kullanılır. Bir servo motor, belirli bir lineer veya döner aktüatör tipi için genel bir terimdir. Temel olarak servo motor adı, servo mekanizma terimini ifade eder; bu, motorun hareketini kontrol etmek için sürekli olarak izlendiği anlamına gelir. Servo motorlar, modern otomobillerde hızlarını kontrol etmek için kullanılır. Gaz pedalına basıldığında, otomobilin bilgisayarına elektrik sinyalleri gönderir. Bilgisayar daha sonra bu bilgiyi işler ve motor devrini ayarlamak için gaz kelebeğine bağlı servoya bir sinyal gönderir.

#### 2. Mekanizması

Bir servo motor, hareketini ve son konumunu kontrol etmek için konum geri beslemesini kullanan kapalı döngü bir servo mekanizmadır. Kontrolünün girişi, çıkış mili için komut verilen konumu temsil eden bir sinyaldir (analog veya dijital). Motor, konum ve hız geri bildirimini sağlamak için bir tür konum kodlayıcı ile eşleştirilir. En basit durumda, yalnızca konum ölçülür. Çıkışın ölçülen konumu, kontrolöre harici giriş olan komut konumu ile karşılaştırılır. Çıkış konumu gerekenden farklıysa, çıkış milini uygun konuma getirmek için gerektiğinde motorun herhangi bir yönde 23 dönmesine neden olan bir hata sinyali üretilir. Konumlar yaklaştıkça hata sinyali sifıra düşer ve motor durur. En basit servo motorlar, bir potansiyometre aracılığıyla yalnızca konum algılamayı ve motorlarının patlama-patlama kontrolünü kullanır; motor her zaman tam hızda döner (veya durdurulur). Bu tip servo motor, endüstriyel hareket kontrolünde yaygın olarak kullanılmaz, ancak radyo kontrollü modeller için kullanılan basit ve ucuz servoların temelini oluşturur. Daha sofistike servo motorlar, çıkış milinin hızını ölçmek için optik döner kodlayıcılar ve motor hızını kontrol etmek için değişken hızlı bir sürücü kullanır. Bu geliştirmelerin her ikisi de, genellikle bir PID kontrol algoritması ile birlikte, servo motorun daha az aşma ile daha

hızlı ve daha hassas bir şekilde komut verilen konumuna getirilmesine izin verir.

### 3. Çalışma Prensibi

Servo motor, sağlanan akım ve gerilime bağlı olarak tork ve hız üreten elektromekanik bir cihazdır. Bir servo motor, kapalı döngü kontrolünün bir parçası olarak çalışır ve döngüyü kapatmak için bir geri besleme cihazı kullanan bir servo kontrolör tarafından komut verildiği şekilde tork ve hız sağlar. Geri besleme cihazı, komut verilen parametrelere bağlı olarak motor hareketini ayarlayan servo kontrolöre akım, hız veya konum gibi bilgileri sağlar. Servolar, kontrol kablosu üzerinden değişken genişlikte bir elektrik darbesi veya darbe genişlik modülasyonu (PWM) gönderilerek kontrol edilir. Minimum kalp atış hızı, maksimum kalp atış hızı ve tekrarlama hızı vardır. Bir servo motor normalde her yönde yalnızca 90° dönebilir, bu da toplam 180° hareket eder. Motorun nötr konumu, servonun hem saat yönünde hem de saat yönünün tersine aynı potansiyel dönüşe sahip olduğu konum olarak tanımlanır. Motora gönderilen PWM, şaftın konumunu belirler ve kontrol kablosu üzerinden gönderilen darbenin süresine bağlıdır; rotor istenen konuma döner. Servo motor her 20 milisaniyede bir darbe bekler ve darbenin uzunluğu motorun ne kadar döndüğünü belirler. Örneğin 1,5 ms'lik bir darbe, motorun 90° konumuna dönmeye neden olur. 1.5ms'den daha kısa bir süre için 0° konumuna doğru saat yönünün tersine hareket eder ve 1.5ms'den daha uzun süre servoyu saat yönünde 180° konumuna doğru döndürür. Bu servolara hareket komutu verildiğinde pozisyona hareket edecek ve o pozisyonu tutacaktır. Servo bir pozisyondayken harici bir kuvvet servoya baskı yapıyorsa, servo o pozisyondan hareket etmeye direnecektir. Servonun uygulayabileceği maksimum kuvvete servonun torkudenir. Ancak servolar konumlarını sonsuza kadar koruyamaz; Pozisyon darbesi, servoya pozisyonda kalmasını söylemek için tekrarlanmalıdır.

### 4. Çeşitleri

Servo motorlar birçok boyutta ve üç temel tipte gelir. Üç tür, konumsal döndürme, sürekli döndürme ve doğrusal döndürmeyi içerir. Konumsal Döndürme Servoları 180 derece döner. Ayrıca, çıkış milinin aşırı dönmelerini önlemek için dişli kutusunda durdurucuları vardır. Sürekli dönüşlü bir servo motor, hareket aralığı sınırlı olmayan bir servodur. Giriş sinyalinin servonun hangi konuma dönmesi gerektiğini belirlemesine izin vermek yerine, servonun sürekli dönüşü, girişi çıkışın hızı ve yönü ile ilişkilendirir. Bu motorların sınırsız hareketi, hem sağa hem de sola doğru hareket etmelerini sağlar. Lineer servolar, performanslarını değiştirmek için bir kremayer ve pinyon mekanizması kullanır. Kremayer ve pinyon, döner hareketi doğrusal harekete dönüştürür.



Şekil 3.3 servo motor

### KAYNAKLAR

- [1] Skidelsky, R. 2021, Automation can be our friend, but we must not let it turn into a foe, The Guardian.
- [2] Gregory, A. 2022, Robot successfully performs keyhole surgery on pigs without human help, The Guardian.
- [3] Anonymous, 2022, The runaway robot: how one smart vacuum cleaner made a break for freedom, The Guardian
- [4] Tapper, J. 2021, Hospital robots will save the lives of hundreds of premature babies, The Guardian.
- [5] Anonymous, N.D., Glove-Controlled Robot Hand, <https://www.tinkercad.com/things/6Z1gXYa7pYL-glove-controlled-robot-hand>
- [6] Anonymous, N.D., DIY Robotic Hand Controlled by a Glove and Arduino, <https://duino4projects.com/diy-robotic-hand-controlled-glove-arduino/>
- [7] Anonymous, N.D., DIY Robotic Hand Controlled by a Glove and Arduino, instructables, <https://www.instructables.com/DIY-Robotic-Hand-Controlled-by-a-Glove-and-Arduino>
- [8] Anonymous, N.D., Robotic Hand With Wireless Glove Controlled, instructables., <https://www.instructables.com/Robotic-Hand-With-Wireless-Glove-ControlledNRF24L>
- [9] LAI, L. 2021, DIY Glove Controlled Robotic Hand [online], PROJECT HUB, <https://create.arduino.cc/projecthub/laurencelai/diy-glove-controlled-robotichand-ff5d63>
- [10] Anonymous, N.D., What Is a Resistor[online], EEPower, <https://eepower.com/resistor-guide/resistor-fundamentals/what-is-a-resistor/#>
- [11] Bhatt, A. 2011, What is Breadboard[online], ENGINEERSGARAGE, <https://www.engineersgarage.com/what-is-breadboard>
- [12] HEMMINGS, M. 2018, What is a Jumper Wire[online], SPARKFUN <http://blog.sparkfuneducation.com/what-is-jumper-wire>
- [13] HYMEL, S. N.D., What is a Battery[online], SPARKFUN USA, <https://learn.sparkfun.com/tutorials/what-is-a-battery/al>
- [14] Anonymous, N.D., WHAT IS A SERVO MOTOR AND HOW IT WORKS[online], REALPARS, <https://realpars.com/servo-motor/>
- [15] Anonymous, N.D., Flex Sensor Working and Its Applications[online], EL PRO CUS, <https://www.elprocus.com/flex-sensor-working-and-its-applications/>
- [16] Anonymous, N.D., Arduino UNO&GenuinoUNO[online],Arduino, <https://www.arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/arduinoBoardUno>
- [17] HEATH, J. 2017, PWM: Pulse Width Modulation [online], ANALOGICTIPS, <https://www.analogictips.com/pulse-width-modulation-pwm/>
- [18] TEZ. Özyeğin University. AYŞEN DİBEKÇİ.617064
- [19] TEZ. BABÜR ÖZÇELİK. 90893
- [20] TEZ. TÜRKAY ÖZCAN. 747670

[21]

# Elektroensefalografi (EEG) Sinyallerinin Ölçülmesini ve Kaydedilmesini Sağlayan Sistem Tasarımı

## System Design for Measuring and Recording Electroencephalography (EEG) Signals

İ. M. ÖZBEY<sup>1</sup>, M. AKGÜL<sup>2</sup> ve B. ALTUNTAŞ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, ihsnozbey@gmail.com

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, melihcanakgul@gmail.com

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, boraltns@gmail.com

**Özet –** Bu çalışmada, EEG sinyallerinin ölçülmesini ve ölçülen sinyallerin kaydedilmesini sağlayan sistem tasarımı yapılmış amaçlanmıştır. Elektrodlar yardımıyla alınan sinyallerin, kuvvetlendiriciler ile kuvvetlendirilip ardından filtreleme işleminden geçirilerek elde edilen sonuçlar bir arayüz yardımıyla kaydedilecektir.

**Anahtar Kelime** -EEG kaydedici, Alçak geçiren filtre, Yüksek geçiren filtre.

**Abstract-**In this study, it is aimed to design a system that allows measuring EEG signals and recording the measured signals. The signals received with the help of electrodes will be amplified with amplifiers and then filtered, and the results obtained will be recorded with the help of an interface.

**Keywords –** EEG recorder, Low pass filter, High pass filter.

### I. GİRİŞ

İnsan beyni, işlevi henüz tam olarak anlaşılabilen karmaşık organlardan biridir. Okumaktan yazmaya, hafızaya, nefes almaya, yürümeye kadar tüm günlük aktivitelerimiz beynimizin kontrolü altındadır [1]. Vücudun denge ve karar verme merkezi olan beyin, kafatası içinde çok iyi korunan, yaklaşık 1400 gram ağırlığa sahip, 100 milyarın üzerinde nöron içeren bir organdır [2]. Beyin kabuğunda oluşan potansiyel değişimler kafatasına yerleştirilen elektrotlar ile kaydedilir. Bu potansiyel değişimler, elektriksel ritimlerden ve anlık deşarjlardan oluşur, bu değişimlere elektroensefalogram (EEG) denir [3].

EEG, 20. yüzyılın başlarından beri çeşitli nörolojik hastalıkların tanı ve ayırıcı tanısında kullanılmaktadır. Alman nöropsikiyatrist Hans Berger, EEG terimini kullanmış ve insandan elde edilen ilk EEG kaydını oluşturmuştur. EEG; Epilepsi, epileptik olmayan psikojenik nöbetler, hipoksi ve kafa içi yer kaplayan lezyonların tanısında kullanılır. EEG kaydı yapılırken elektrotlar, 1958'de Uluslararası Federasyon vasıtasıyla kabul edilen "10-20" sistemine göre saçlı deriye yapıştırılır.

EEG frekansları beş farklı dalga altında incelenebilir. Delta ritmi 0,5-3,5 Hz, teta ritmi 4-7,5 Hz, alfa ritmi 8-14 Hz, beta ritmi 15-30 Hz, gama ritmi 30-48 Hz'dir. Sağlıklı bir insanda

gözler kapalı ve yarı uyku halindeyken parietookspital bölgelerde baskın ritim alfadır. Uyanık ve gözler açıkken beta ritmi gözlenir. Yüzeysel uyku esnasında teta, derin uykuda ise delta baskın olan ritimdir. EEG sinyalleri; beyin tümörleri, deli dana hastalığı, demans, uyku bozuklukları, epilepsi gibi nörolojik hastalıkların tespitinde kullanımına ilişkin pek çok klinik ve mühendislik çalışması bulunmaktadır [4].

Yapılan literatür araştırmasında EEG sinyalleri üzerine yapılan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

2003 yılında L. Badillo ve meslektaşları biyomedikal uygulamalar için taşınabilir, düşük gürültülü ve çok kanallı bir EEG sistemi geliştirdiler. Tasarladıkları sistemde kuvvetlendirici aşaması için AD620 enstrümantasyon kuvvetlendiricisini kullanmış, OP77 op-ampları ile bu kuvvetlendiricinin kuplajı yapılmıştır. Elde edilen sinyaller mikroişlemci kullanılarak bilgisayara aktarılmış ve PCMCIA kartına kaydedilme işlemi gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları başarılı olmuş ve bu sinyalleri inceleyebilmişlerdir [5].

2008 yılında Fu-Shan Jaw ve arkadaşları fizyolojik sinyalleri ECG ve EEG gibi uzun süreli kaydedebilmek için bir modül tasarlanmıştır. Kompakt anakart analog-dijital dönüştürücü olan bir mikro denetleyicisini, güvenli dijital hafıza kartını ve sağ bacak (DRL) devresini içerir. Devre 2 mA'den (6 mW) daha az enerji tüketir ve 10 bit çözünürlükte 3,9 güne kadar kayıt yapabilir. Sistemin avantajı düşük enerji tüketimi sayesinde uzun süreli kayıt yapılabilmesidir[6].

Bu makalede, EEG sinyalinin işlenmesi için analog devre yapısını içeren, bunu dijitale dönüştürerek bilgisayar ortamına aktaran ve kaydedilmesini sağlayan prototip sistem tasarımı amaçlanmaktadır.

### II. MATERYAL VE METOD

EEG sinyallerinin genlikleri düşüktür(yaklaşık 50  $\mu$ V) ve EEG sinyalleri dışında olan diğer elektrik sinyalleri(Göz hareketi, kas aktiviteleri vs.), EEG sinyallerinde bozulmalara neden olur. Bu sebepten ötürü tasarlanacak olan devrede kullanılacak kuvvetlendiricinin kazancı yüksek olmalıdır. Aynı zamanda seçilen filtrelerin frekans aralığının uygun aralıklarda olması gerekmektedir. Alınan sinyallerin analogtan dijitale çevirme işleminde, sinyalin orijinal sinyale daha çok benzemesi

için örnekleme oranının yüksek seçilmesi gerekmektedir. Son olarak, kullanılan mikroişlemci iletim hızının daha yüksek bit seviyesine sahip olması, daha düzgün bir EEG sinyali edinimi sağlar.

#### A. Elektrod

EEG sinyalini almak için Ag/AgCl tersinir elektrodu kullanılarak sinyalin alımı amaçlanmaktadır. Burada Ag/AgCl elektrodunun seçilme amacı; düşük iletkenlik, kolay kullanım ve yüksek doğruluktur. Aynı zamanda elektrotların manyetik yalıtımını sağlamak amacıyla alüminyum folyo ile kaplanacaktır. Sistemde bağlanılacak elektrotlar, hastanın alınının saçıyla birleştiği noktaların sağına ve soluna yerleştirilecektir.

#### B. Kuvvetlendiriciler

EEG sinyallerinin genlikleri çok düşük olmaktadır. Yaklaşık olarak 1uV-100uV değerleri arasında genlik oluşmaktadır ve bu değerler arasında ölçüm yapabilmek zordur. Dolayısıyla bu genlik aralıklarında olan sinyallerin ölçümünün sağlanabilmesi için sinyallerin kuvvetlendirilmesi gerekmektedir. Kullanılacak olan kuvvetlendiricinin kazancının yaklaşık olarak 5.000-10.000 değerleri arasında olması gerekir.

Medikal uygulamalar için yapılan tercih, yüksek giriş empedansı ve yüksek CMRR oranına sahip enstrümantasyon kuvvetlendiricileridir. CMRR (Common Mode Rejection Ratio) değeri, bir uygulamanın benzer sinyalleri bastırma yeteneği olarak tanımlanabilir. Bu yüzden sistem tasarımı kullanırken CMRR değerinin yüksek olduğu bir kuvvetlendirici tercih edilmelidir. Bunun nedeni elektrotlardaki giriş voltajındaki değişimin mikrovolt değerinden çok daha düşük olmasıdır. Bu yüzden sistemde tercih edilecek enstrümantasyon kuvvetlendiricisi AD620'dir.

AD620 enstrümantasyon kuvvetlendiricisi, 1'den 10.000'e kadar değişken kazançlı ve harici dirençlerle ayarlanabilen kazançlı, düşük maliyetli, yüksek hassasiyetli bir modüldür.

Ayrıca devrede kullanılacak bir diğer kuvvetlendirici ise AD8253'tür. Bu entegre dijital olarak 1, 10, 100 ve 1000 seviyelerinde programlanarak kazanç değeri lojik olarak ayarlanabilmektedir. AD8253'ün giriş beslemesi geniş bir aralığı sahiptir( $\pm 5 - \pm 15$ ). Ek olarak sistem için önemli CMRR oranı 100dB seviyesindedir v

e düşük seviyede yaklaşık -110dB de bozulma gibi özelliklere sahip olan biyomedikal uygulamalar için tasarlanmış bir entegredir.

#### C. Filtreler

Filtreler analog devrelerin başında gelir ve elektrik devrelerinde oldukça kullanışlı yapılardır.

Filtre yapısı elektriksel işaretlerin sinyalinin frekans spektrumunu şekillendirmek amacıyla kullanılan bir devre.

EEG sinyallerinin frekans aralığı Yetişkin bir birey için 1 Hz ile 40 Hz arasındadır.

Bu frekans aralığı bazı olağandışı koşullara tabidir ve bunun sonucunda 100Hz'e kadar ulaşabilir.

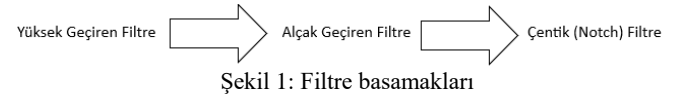
EEG sinyalleri elde edilirken vücudun içinden veya vücudun dışından farklı kaynaklardan oluşan gürültüler sonucunda sinyallerde bozulmalar olur. Sinyallerde bozulma oluşturan bu tür gürültülerin çoğunlukla frekansları 100Hz den büyüktür. Bu nedenle yakalamak istediğimiz sinyalin içindeki istenmeyen sinyalleri kaldırmak için filtreler kullanıyoruz.

Kullanacağımız filtrenin kesim bölgesinden çok düzgün bir frekans tepkisine ve sınırda keskin bir geçiş özelliğine sahip olması gerekir. Bu istenilen özelliklerde filtre tasarımı için Butterworth(Bant geçiren) filtre tercih edilecek. Bunun nedeni Butterworth filtresinin derecesi arttıkça kullanılan filtrenin sınır bölgelerindeki düzgün frekansı tepkisi ve keskin geçişlerin de artmasıdır. Bu filterde basamaklama kullanılarak aşağıdaki filtre tasarımı uygulanmıştır.

$f_c = 100$  Hz Alçak Geçiren Filtre Tasarımı

$f_c = 0.5$  Hz Yüksek Geçiren Filtre Tasarımı

$f_c = 50$  Hz Notch Filtre Tasarımı



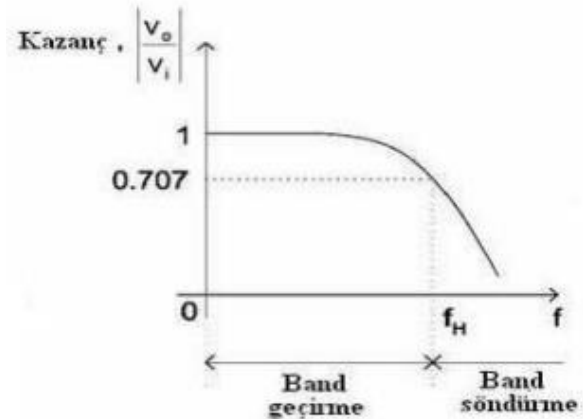
Bu filtreleme işlemi için kullanılan op amp, Analog Devices firmasının AD8572 op amp'idir.

#### Alçak Geçiren Filtre

Alçak geçiren filtre yapısının kazancı 0 Hz ile kesme frekansı ( $f_H$ ) arasında sabittir. Kesim frekansında, alçak frekans kazancı 3dB azalır. 0 Hz ile kesme frekansı ( $f_H$ ) arasındaki frekanslar bant geçiren frekanslardır ve kesme frekansının üzerindeki frekanslar bant iptal eden frekanslardır. Bant sönümlenme frekanslarında kazanç önemli ölçüde azalır.

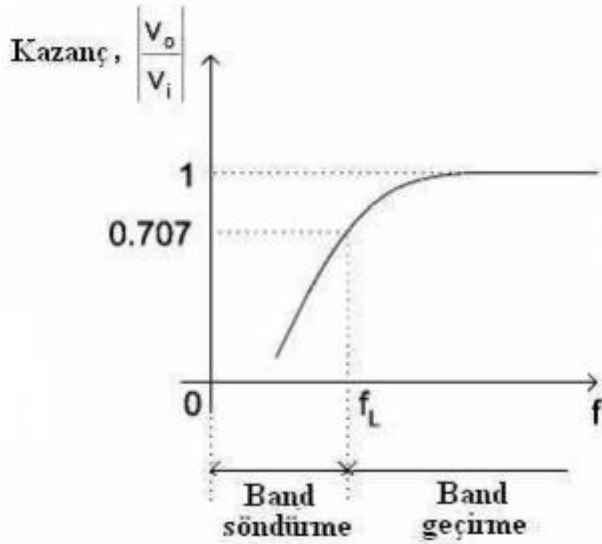
#### Yüksek Geçiren Filtre

Yüksek geçiren filtre yapısı, kesme frekansının ( $f_L$ ) üzerindeki frekanslarda sabit bir kazançla sahiptir. Kesim



Şekil 2: Alçak geçiren filtrenin kazanç/frekans grafiği

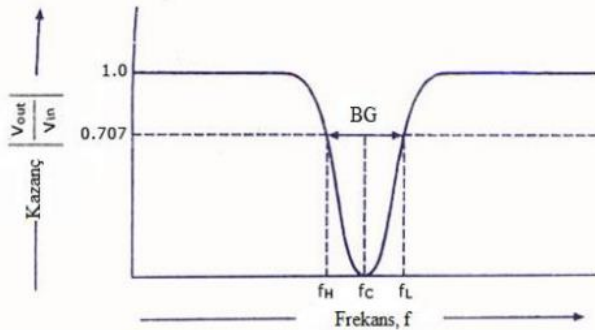
frekansında yüksek frekans kazancı 3 dB azalır. 0 Hz ile kesme frekansı ( $f_L$ ) arasındaki frekanslar bant iptal eden frekanslardır ve  $f_L$ 'nin üzerindeki frekanslar bant geçiren frekanslardır. Bant sönümlenme frekanslarında kazanç önemli ölçüde azalır.



Şekil 1: Yüksek geçiren filtrenin kazanç/frekans grafiği

### Çentik (Notch) Filtre

Çentik filtresi, özellikle biyomedikal ekipmanlardan gelen sinyallerde bulunan 50Hz'lik şebeke frekansının gürültüsünü bastırmak için kullanılan, bant durdurucu filtre yapısına sahip bir filtre devresidir.



Şekil 2: Çentik (Notch) Filtre kazanç/frekans grafiği

### D. Mikrodenetleyici ve Yazılım

Çalışmamızda mikrodenetleyici olarak Arduino Uno Atmega 328p kullanılması amaçlanmaktadır.

Arduino; programlama deneyimi olmayan kişiler için tasarlanmıştır. Bu nedenle kökeni benzer fikirlerle tasarlanan

kablolama ve işleme projelerine dayanmaktadır.

Processing Casey Reas ve Ben Fry isimli geliştiriciler tarafından ortaya çıkarılan bir programlama dili ve aynı zamanda geliştirme ortamıdır. Processing'in özellikle veri görselleştirme konusuna yaklaşımı onu günümüzün yaygın işleri arasında kılmıştır

Arduino zaman geçtikçe popülerleşen ve değişik alanlarda projeler üretilen bir kod veritabanına sahiptir. Bir çok donanım için de yazılmış kütüphaneleri mevcuttur.

### Arduino Programlama Dili

Arduino programlama dili syntax yapısı olarak C++ diline benzemektedir. Programların tamamında setup() ve loop() adlı iki fonksiyon bulunmaktadır. Güç verilmesinin ardından veya reset butonuna basılmasının ardından setup() fonksiyonu çalışır. Loop() fonksiyonu, setup() fonksiyonunun sonrasında çalıştırılır. Yazılımın döngüsü olan bu kısım sürekli devam eder.

### E. Arayüz Tasarımı

Çalışmamızda verilerin kaydedilmesini ve izlenmesini sağlayan bir masaüstü arayüz tasarımı planlanmaktadır.

Arayüz tasarımı, 'Visual Studio 2022' yazılımı üzerinden Arduino ile seri haberleşme gerçekleştirilerek kayıt ve izleme aşamalarının gerçekleşmesi ile amaçlanmaktadır. Elde edilen veriler bu arayüz sayesinde 'Microsoft Excel' yazılımına kaydedilecektir.

## III. SONUÇ

Sistem tasarımı yapım aşamasında olduğu için henüz veri alınmamıştır. Bu nedenle herhangi bir analiz yapılamamıştır.

### KAYNAKLAR

1. Tülay, E.E., *Beyin elektriksel aktivitesinin ölçümü ve sinyal analizi*. 2009, İstanbul Kültür Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/Bilgisayar Mühendisliği ....
2. Johnson, G., *Traumatic brain injury survival guide*. 1998: G. Johnson.
3. Şahin, M.E., *EEG sinyali almak için sistem tasarımı*. 2015, Fen Bilimleri Enstitüsü.
4. Taşçı, İ., et al., *A new dataset for EEG abnormality detection MTOUH*. Turkish Journal of Science and Technology, 2022. **17**(1): p. 135-141.
5. Badillo, L., et al. *Low noise multichannel amplifier for portable EEG biomedical applications*. in *Proceedings of the 25th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (IEEE Cat. No. 03CH37439)*. 2003. IEEE.
6. Jaw, F.-S.T., Yi-Li ; Jang, Jin-Kae, *Modular design of a long-term portable recorder for physiological signals*. ScienceDirect, 2008.



# Yapay Zekâ ve Derin Öğrenme ile Prostat Kanserinin Teşhisi

## Diagnosis of Prostate Cancer with Artificial Intelligence and Deep Learning

M. EDİS<sup>1</sup>, A. K. HANEDAN<sup>2</sup> ve E. B. KARA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, mertberkediss@gmail.com

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, hanedan729@gmail.com

<sup>3</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, eneskara.ebk@gmail.com

**Özet-** Gelişen tıbbi teknolojiler ve yapay zekâ, prostat kanseri teşhisine yönelik muazzam bir dönüşümü beraberinde getiriyor. Bu makale, Kaggle'dan elde edilen geniş bir veri seti üzerinde çalışarak geliştirilen bir yapay zeka modelinin, prostat kanseri teşhisindeki klasik yöntemlere karşı getirdiği yenilikçi çözümleri sunmaktadır. Prostat kanseri, dünya genelindeki erkek sağlığını etkileyen önemli bir sorun olup, erken teşhisin hayati önem taşıdığı bir gerçektir. Bu bağlamda, makalemiz, bilgisayarlı görüş analizi ve derin öğrenme tekniklerini içeren bir yapay zeka modeli üzerine odaklanmaktadır. Modelimiz, evrişimli sinir ağları (CNN) ile güçlendirilmiş, prostat kanserinin tespiti ve sınıflandırılmasında etkili olmuştur. Yapay zekâ destekli teşhisin getirdiği avantajlar arasında, erken evre teşhiste yüksek doğruluk, tedavi planlamasında rehberlik, teşhis sürecinin hızlandırılması ve maliyetlerin azaltılması yer almaktadır. Modelimiz, tıp alanında bir devrim niteliğinde olan bu teknolojik adım ile sağlık profesyonellerine önemli bir yardım sunmaktadır. Makalemiz, yapay zekâ ile desteklenen prostat kanseri teşhisindeki bu inovasyonun, gelecekteki sağlık hizmetlerinin şekillenmesinde kilit bir rol oynayabileceğine odaklanmaktadır. Bu tür teknolojik ilerlemeler, kanser teşhis ve tedavi süreçlerinde daha etkili, erişilebilir ve kişiselleştirilmiş çözümlerin kapılarını aralamaktadır.

**Anahtar Kelimeler** – Tıp, Yapay Zekâ, Sağlık, Makine Öğrenmesi

**Abstract:** Advancements in medical technologies and artificial intelligence bring about a tremendous transformation in the diagnosis of prostate cancer. This article presents innovative solutions brought by an artificial intelligence model developed by working on an extensive dataset obtained from Kaggle, challenging the conventional methods in prostate cancer diagnosis. Prostate cancer stands as a significant issue affecting men's health globally, emphasizing the vital importance of early diagnosis. In this context, our article focuses on an artificial intelligence model incorporating computer vision analysis and deep learning techniques. Our model, reinforced with Convolutional Neural Networks (CNN), has achieved superior success in the detection and classification of prostate cancer. Advantages brought by AI-assisted diagnosis include high accuracy in early-stage detection, guidance in treatment planning, acceleration of the diagnostic process, and cost reduction. Our model provides substantial assistance to healthcare professionals with this technological leap, marking a revolutionary step in the field of medicine. Our article concentrates on the innovation in prostate cancer diagnosis

supported by artificial intelligence, highlighting its potential pivotal role in shaping future healthcare services. Such technological advancements open doors to more effective, accessible, and personalized solutions in cancer diagnosis and treatment processes.

**Keywords** – Medicine, Artificial Intelligence, Health, Machine Learning

### I. Giriş

Prostat kanseri erkekler arasında dünya genelinde ve Türkiye'de oldukça yaygın bir sağlık sorunudur.

Kanser türleri arasında Prostat kanserinden ölümlerin üçüncü önde gelen nedenidir ve Özellikle ileri yaşlarda sıkça rastlanır.

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, 2020 itibarıyla dünya genelinde prostat kanseri görülme sıklığı, her 100 bin erkek başına 30 ila 100 arasında değişmektedir. [1]Prostat kanseri genellikle yavaş ilerleyen bir türdür ve erken evrelerde tespit edilebilir. Bu nedenle ölüm oranları genellikle diğer kanser türlerine kıyasla daha düşüktür. WHO verilerine göre, prostat kanserinin 2020'deki küresel ölüm oranı her 100 bin erkek başına 4 ila 20 arasında değişmektedir. [2]Türkiye İstatistik Kurumu ve Sağlık Bakanlığı'nın verilerine göre, Türkiye'de prostat kanseri görülme sıklığı, önemli bir sağlık sorununu temsil etmektedir. [3]Türkiye'de prostat kanserinin ölüm oranları genellikle dünya ortalamasına benzerdir. Erken teşhis ve etkili tedavi yöntemleri ile ölüm oranlarının düşürülmesi hedeflenmektedir. [4]Prostat kanseri için kullanılan tedavi yöntemleri arasında cerrahi müdahale, radyoterapi, hormon tedavisi ve gözetim bulunmaktadır. [5]Erken evre prostat kanseri genellikle başarılı bir şekilde tedavi edilebilir. Tedavi seçenekleri, hastanın yaşına, genel sağlık durumuna ve tümörün özelliklerine bağlı olarak değişebilir. Erken teşhis ve tanı için teknoloji ve medikal ortak alan olarak, Tıbbi medikal teknolojiler adı altında çalışmalar yapılmaktadır.

Tıbbi medikal teknolojilerin amacı, sağlık alanında çalışan uzmanların erken ve doğru teşhiste bulunmalarına tedaavi süreçlerini optimize etmelerine ve toplumun yaşam kalitesini artırmaya yönelik araç ve uygulamaları ifade etmektedir. [6]

Tıbbi medikal alanında önemli olan bazı keşifler şunlardır



\*Röntgen Keşfi (1895)

\*Antibiyotiklerin Keşfi (1928):

\*Ultrasonografinin Gelişimi (1950'ler):

\*Bilgisayarlı Tomografi (CT) ve Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI) (1970'ler):

\*Robotik Cerrahi (2000'lerden İtibaren):

\*Telemedicine ve Mobil Sağlık Uygulamaları (2000'lerden İtibaren):

\*Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi (2010'lar):

gibi çalışmalar tıp ve teknoloji alanında ortak ve önemli gelişmelerdir

Sanayi devrimi ile başlayan makinelerin hayatımıza girmesi, zamanın değeri ve zamandan kazancı gibi birçok etkenden dolayı makinelerin kullanılması başlamıştır bunlar ile birlikte

Mobilde çağdan önce tıbbi teknolojiler radyografi cihazları analiz cihazları, protez, implant, stent gibi klasik teknolojileri ifade ederken daha sonraları akıllı telefonlar, giyilebilir teknolojiler, sensörler, nesnelerin interneti gibi alanlarda hızlı bir gelişme olmuştur. İnsanların yetersiz kalması ve odak ve dikkat sınırları, maliyetlerin düşürülmesi yönetimin kolay olmasından dolayı insanların makineleri kullanmasına bile gerek kalmadan makineleri insanlaştırmak ve hayatımıza yardımcı olmaları için eğitilmeye başlanmıştır. Ve yapay zekâ teknolojilerine doğru uzanan bir gelişim sergilemiştir

Çalışmamızın amacı da prostat kanserinin teşhisinde yanlışla payı az olan, kanser alanında çalışma yapan uzmanların işlerini kolaylaştırmak için yapay zeka destekli teşhis programı oluşturmaktır

Büyük miktarda veriyi ele alarak karmaşık problemlerin çözümüne olanak sağlayan yapay zekâ tıbbi teknolojilerde bir devrim niteliğindedir. kanseri teşhisinde önemli bir rol vardır

Bu teknikler, medikal görüntülerden bilgi çıkarmak, tümörleri sınıflandırmak ve teşhis sürecini desteklemek için kullanılabilir. Özellikle manyetik rezonans görüntüleme (MRG) ve dijital patoloji gibi görüntüleme yöntemleriyle elde edilen verilerin analizinde yapay zeka ve derin öğrenme teknikleri kullanılarak tümör tespiti ve sınıflandırılması daha hassas bir şekilde gerçekleştirilebilir.

Prostat kanseri teşhisinde kullanılan görüntü işleme yöntemleri arasında multiparametrik manyetik rezonans görüntüleme (MRI), difüzyon ağırlıklı görüntüleme (DWI) ve prostat spesifik antijen (PSA) testi bulunur. Bu yöntemler, kanserli bölgeleri tespit etmek, tümörleri karakterize etmek ve hastalığın evresini belirlemek için kullanılır.

yapay zeka, tıbbi görüntülerin otomatik olarak analiz edilmesi ve sınıflandırılması için kullanılır. Makine öğrenimi algoritmaları, büyük miktarda görüntü verisini analiz ederek kanserli bölgeleri tespit etmek ve doğru teşhis yapmak için öğrenir. Bu yöntemler, radyologların teşhis sürecini hızlandırır, doğruluğu artırır ve tedavi planlamasında rehberlik eder.

Araştırmalarımızda göğüs kanseri akciğer kanseri gibi alanlarda birçok çalışma araştırma ve dataların olması fakat prostat kanserinde ise bunlara nispeten daha az çalışmaların bulunmamasından kaynaklı bu alanda çalışmaya karar verdik. Çalışmamız sonucunda.

Erken teşhis, doğru tespit, tedavi planlamasında rehberlik, teşhis süresinin kısaltılması ve tedavi maliyetlerinin azaltılması

sayılabilir, doktorlara doğru ve etkili tedavi planlaması konusunda yardımcı olmaktadır.

Ancak, bu teknolojilerin kullanımıyla ilgili bazı zorluklar ve etik konular da dikkate alınmalıdır.

Gelişme-

Kanser, vücut hücrelerinin kontrolsüz büyümesi ve bölünmesi sonucu ortaya çıkan bir grup hastalığı ifade eder. Normalde vücut, hücrelerin büyümesini, bölünmesini ve ölmesini sıkı bir şekilde kontrol eder. Ancak kanser, bu kontrol mekanizmasının bozulması sonucu oluşan anormal hücre büyümesini ve çoğalmasını tanımlar. Kanser, bir organ veya dokudan başlayarak, diğer dokulara ve organlara yayılabilir. Bu süreç, metastaz olarak adlandırılır ve kanserin daha ciddi ve geniş bir hastalık haline gelmesine neden olabilir. Kanser neden ortaya çıktığı tam olarak bilinmemekle birlikte, genetik faktörler, çevresel etkenler, yaşam tarzı ve bağışıklık sistemine olan etkiler gibi birçok faktör etkili olabilir. Kanser belirtileri genellikle kanserin türüne ve evresine bağlı olarak değişir, ancak yaygın belirtiler arasında anormal ağırlık kaybı, yorgunluk, ağrı, deri değişiklikleri ve anormal kanama yer alabilir. Tedavi seçenekleri arasında cerrahi müdahale, radyoterapi, kemoterapi, immünoterapi ve hedefe yönelik ilaçlar gibi yöntemler bulunabilir. Kanser tedavisi, kanserin türü, evresi ve hastanın genel sağlık durumuna bağlı olarak kişiselleştirilir.

Prostat kanseri, prostat bezinde (erkek üreme sisteminin bir parçası) hücrelerin kontrolsüz büyümesi ve çoğalması sonucu ortaya çıkan bir kanser türüdür. Prostat, idrar torbasının altında yer alan ve üretra adı verilen idrar yolunun etrafını saran küçük, ceviz şeklinde bir bezdir. Prostatın ana görevi, meni sıvısını üretmek ve bu sıvıyı sperm hücreleriyle birleştirerek ejakülasyon sırasında dışarı atmak olarak bilinir. Prostat kanseri genellikle yavaş büyüyen bir türdür ve birçok erkekte hayat boyu tespit edilmez veya belirti vermez. Ancak, bazı durumlarda hızlı bir şekilde büyüyebilir ve çevre dokulara yayılabilir.

Belirtiler arasında şunlar bulunabilir:

- İdrar Problemleri.
- İdrarda Kan Görülmesi.
- Sık Sık İdrara Kalkma.
- Pelvik bölgede ağrı veya rahatsızlık hissi.

Prostat kanseri tespiti için aşağıdaki yöntemler kullanılır:

- PSA (Prostat Spesifik Antijen) Testi: PSA, prostat bezinin salgıladığı bir proteindir. PSA testi, kan örneği alınarak bu proteinin seviyesini ölçer. Yüksek PSA seviyeleri, prostat kanseri veya başka prostat sorunlarına işaret edebilir. Ancak, yüksek PSA seviyeleri her zaman kanser anlamına gelmez ve başka faktörlerden kaynaklanabilir. Bu nedenle, PSA testi, prostat kanseri tespiti için bir gösterge olarak kullanılsa da, kesin tanı için yeterli değildir.
- Dijital Rektal Muayene (DRM): Bu muayene sırasında doktor, eldiven giyerek parmağını rektum içine sokar ve prostat bezinin boyutunu, şeklini ve dokusunu kontrol eder. Bu muayene, prostat kanseri veya diğer

prostat sorunlarının belirtilerini tespit etmeye yardımcı olabilir.

- Görüntüleme Testleri: Ultrasonografi (USG): Ses dalgalarını kullanarak prostatın detaylı bir görüntüsünü sağlar.
- Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG): Prostatın detaylı bir görüntüsünü oluşturarak kanserli bölgeleri belirlemede yardımcı olabilir. Biyopsi: Diğer testlerin sonuçlarına dayanarak, doktor prostat kanseri şüphesi taşıdığı anda, prostat biyopsisi yapılabilir. Bu işlem sırasında ince bir iğne ile prostat dokusundan örnek alınır ve bu örnek laboratuvarında incelenir.
- PET/BT Taraması: Bu tarama, prostat kanserinin vücutta yayılma durumunu değerlendirmek için kullanılabilir.

Prostat yapı olarak üretral kret, seminal kolikulus, boşalma kanalı, prostatik sinüs, prostatik kanallar, prostatik utrikülünden oluşur. Prostat bezinin ana görevi idrarı ve meniye yönlendirmektir. Kadınlarda bulunan Skene bezi, erkeklerde bulunan prostatın eşdeğeridir.

Yapay Zeka, bilgisayar sistemlerine insan benzeri zeka kazandırma amacını taşıyan geniş bir disiplindir. YZA, makine öğrenimi, uzman sistemler, doğal dil işleme, görüntü işleme ve daha birçok alt alanı içerir. Temel olarak, bilgisayarların problemleri çözmek, öğrenmek, dil anlamak, görsel verileri işlemek ve kararlar vermek gibi insan benzeri zeka yeteneklerini geliştirmek amacıyla kullanılan bir bilim ve mühendislik dalıdır.

Derin öğrenme, yapay zeka alanındaki bir alt dalıdır ve özellikle makine öğrenimi üzerine odaklanmıştır. Derin öğrenme, yapay sinir ağları adı verilen çok katmanlı yapıları kullanarak karmaşık problemleri çözmeye yönelik bir yaklaşımı ifade eder. Bu tür sinir ağları, veri üzerinde çok sayıda katman ile işlem yaparak, desenleri tanımak ve öğrenmek için kullanılır. Derin öğrenme, büyük miktarda veri ile beslenen ve bu verilerden otomatik olarak öğrenen sinir ağlarını içerir. Yüksek seviyede soyutlamaları öğrenme yeteneği sayesinde, derin öğrenme modelleri genellikle karmaşık görevlerde yüksek performans gösterirler. Derin öğrenme, özellikle görüntü ve ses tanıma, doğal dil işleme, oyun oynama ve benzeri görevlerde etkileyici sonuçlar vermiştir. Derin öğrenme, birçok katman içeren yapay sinir ağlarını kullanması nedeniyle "derin" olarak adlandırılır. Bu katmanlar arasındaki bağlantılar, veriyi işleyerek karmaşık desenleri öğrenme yeteneği sağlar. Ancak, derin öğrenme modellerinin başarılı olabilmesi için genellikle büyük miktarda etiketlenmiş veri ve yüksek hesaplama gücü gereklidir.

Evrişimli Sinir Ağları (Convolutional Neural Networks veya CNNs), özellikle görsel veri analizi ve tanıma gibi görevlerde etkili olan bir derin öğrenme mimarisidir. CNN'ler, genellikle büyük ve karmaşık veri setlerinde özellik çıkarımı ve sınıflandırma görevlerinde kullanılırlar.

Temel evrişimli sinir ağı katmanları:

- Evrişim Katmanı (Convolutional Layer): Evrişim katmanı, girdi veri üzerinde belirli desenleri tanıma ve özellikleri çıkarma işlevini yerine getirir. Bu katman,

evrişim filtreleri (kernel veya ağırlıklar) kullanarak girdi veri üzerinde kaydırma işlemi gerçekleştirir ve bu sayede özellik haritaları oluşturur. Her filtre, belirli bir özelliği vurgular ve farklı filtreler genellikle farklı özellikleri öğrenir.

- Aktivasyon Katmanı (Activation Layer): Evrişim katmanından elde edilen özellik haritaları genellikle bir aktivasyon fonksiyonu tarafından geçirilir. En yaygın olarak kullanılan aktivasyon fonksiyonu ReLU (Rectified Linear Unit)'dur. Aktivasyon fonksiyonları, ağırlık öğrenme kapasitesini artırmak ve non-linearite eklemek için kullanılır.
- Pooling Katmanı (Pooling Layer): Pooling katmanları, özellik haritalarının boyutunu küçültmek ve hesaplama maliyetini düşürmek amacıyla kullanılır. Max pooling ve average pooling gibi yöntemlerle, özellik haritasındaki önemli bilgiler korunurken boyut küçültülür.
- Tam Bağlantılı Katman (Fully Connected Layer): Tam bağlantılı katmanlar, özellik haritalarındaki bilgileri birleştirerek ve sınıflandırma için kullanarak nihai çıktıyı oluşturur. Bu katmanlar genellikle sınıflandırma görevlerinin gerçekleştirildiği yerdir.
- Düşürme Katmanı (Dropout Layer): Dropout, aşırı uydurmayı (overfitting) azaltmak için kullanılan bir tekniktir. Dropout katmanı, eğitim sırasında rastgele seçilen nöronları devre dışı bırakarak ağırlık öğrenme yeteneğini artırır.

Tasarladığımız programda Python dilini kullandık. Bu programı tasarlarken gerekli eğitim setini, açık kaynak veri setlerinin paylaşıldığı kaggle web sitesi üzerinden aldığımız verileri kullanarak bir eğitim modeli gerçekleştirdik. Bu modeli tasarlarken opencv, tensorflow, keras, pandas, numpy, matplotlib kütüphanelerden yararlandık.

Opencv: OpenCV (Open Source Computer Vision), bilgisayarlı görü ve makine görüşü uygulamaları için kullanılan açık kaynaklı bir bilgisayar vizyonu kütüphanesidir. OpenCV, geniş bir görüntü işleme ve bilgisayarlı görü uygulamaları yelpazesi için araçlar ve algoritmalar sağlar. Bu kütüphane, özellikle bilgisayar vizyonu, nesne algılama, yüz tanıma, stereo görüntüleme, hareket takibi ve daha birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. Bu kütüphaneyi kullanmamızın sebebi görüntülerin okunması, gürültü azaltma ve griye çevirme konusunda çok kullanışlı fonksiyonlarının olması.

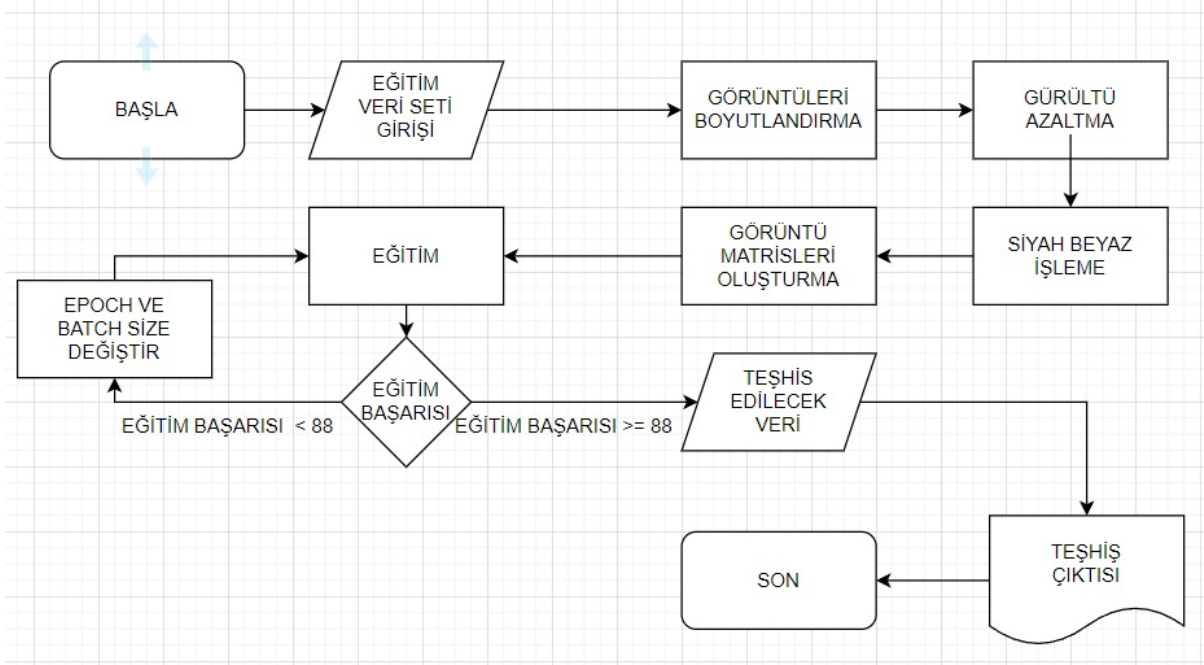
Tensorflow: TensorFlow, makine öğrenimi için ücretsiz ve açık kaynaklı bir yazılım kütüphanesidir. Bir dizi görevde kullanılabilir, ancak derin sinir ağlarının eğitimi ve çıkarımına özel olarak odaklanmaktadır. TensorFlow, veri akışına ve türevlenebilir programlamaya dayalı sembolik bir matematik kitaplığıdır.

Keras: Keras, derin öğrenme uygulamaları geliştirmek ve eğitmek için kullanılan bir yüksek seviyeli bir yapay zeka kütüphanesidir. Başlangıçta François Chollet tarafından geliştirilmiş ve TensorFlow tarafından desteklenerek açık kaynaklı olarak yayınlanmıştır.

Pandas: pandas, veri işleme ve analizi için Python programlama dilinde yazılmış olan bir yazılım kütüphanesidir. Bu kütüphane temel olarak zaman etiketli serileri ve sayısal tabloları işlemek için bir veri yapısı oluşturur ve bu şekilde çeşitli işlemler bu veri yapısı üzerinde gerçekleştirilebilir olur.

Numpy: NumPy, Python programlama dili için büyük, çok

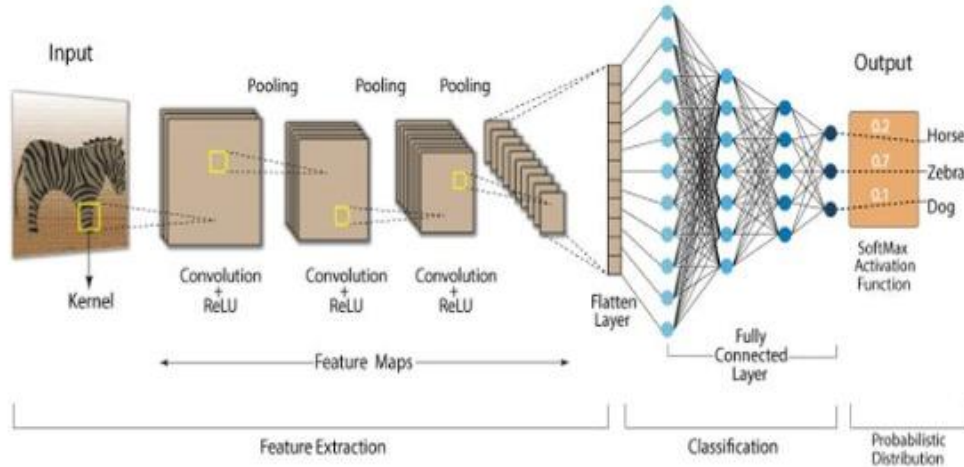
boyutlu dizileri ve matrisleri destekleyen, bu diziler üzerinde çalışacak üst düzey matematiksel işlemler ekleyen bir kitaplıktır. Matplotlib: Matplotlib, veri görselleştirmesinde kullandığımız temel python kütüphanesidir. 2 ve 3 boyutlu çizimler yapmamızı sağlar. Matplotlib genelde 2 boyutlu çizimlerde kullanılır.



(Şekil1 programımızın akış diyagramını.)

Şekil1 de akış diyagramında görüldüğü üzere veri setini, aldığımız bilgiler ve çıkarımlar sonucunda sınıflandırdık. Sınıflandırdığımız verininiz üzerinde veri manipülasyonu işlemleri yaptık. Bunlar; görsellerin yeniden boyutlandırılması,

siyah-beyaza çevirme adımlarını gerçekleştirdik. Elde ettiğimiz görüntüleri derin öğrenmenin görüntü işleme alanında en çok kullanılan algoritması olan Evrişimli Sinir Ağları algoritmasının kurarak eğitime başladık.



Şekil 1. Evrişimli sinir ağı [27].  
(Convolutional neural network)

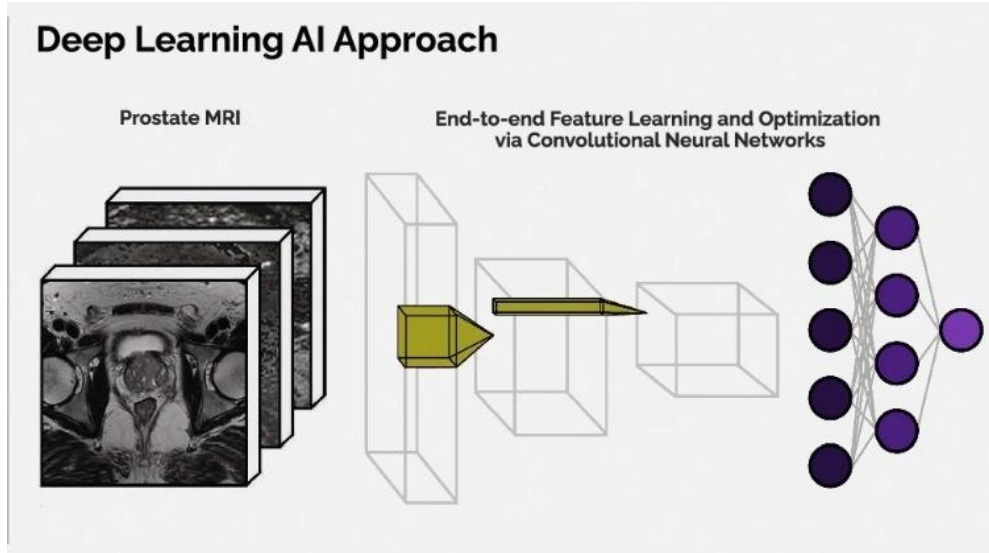
Eğitimizde toplamda 8 katmalı bir model kullandık. Modelin kısaca özeti şu şekildedir:

- Conv2D Katmanı (1. Katman): Filtre sayısı: 32 Filtre boyutu: 3x3 Aktivasyon fonksiyonu: 'relu' Giriş şekli (input\_shape): (28, 28, 1)

- MaxPooling2D Katmanı (2. Katman): Havuz boyutu: 2x2
- Conv2D Katmanı (3. Katman): Filtre sayısı: 64 Filtre boyutu: 3x3 Aktivasyon fonksiyonu: 'relu'
- MaxPooling2D Katmanı (4. Katman): Havuz boyutu: 2x2
- Conv2D Katmanı (5. Katman): Filtre sayısı: 64 Filtre boyutu: 3x3 Aktivasyon fonksiyonu: 'relu'
- Flatten Katmanı (6. Katman): Düzleştirme katmanı, önceki evrişimli katmanların çıkışlarını düzleştirerek tek bir vektör elde eder.

- Dense Katmanı (7. Katman): Nöron sayısı: 64 Aktivasyon fonksiyonu: 'relu'
- Dense Katmanı (8. Katman): Nöron sayısı: 10 (çıkış katmanı) Aktivasyon fonksiyonu: 'softmax'

Aktivasyon fonksiyonu: Aktivasyon fonksiyonu, yapay sinir ağlarında kullanılan bir matematiksel işlemdir. Her bir sinir hücresinin çıkışını belirlemek için kullanılır.



Şekil2 Prostat kanserinin ESA (cnn) görseli

Bu çalışma, prostat kanserinin teşhisinde yapay zeka ve derin öğrenme teknolojilerinin avantajlarını ve bu teknolojilerin etik açıdan değerlendirilmesini ele almıştır. Prostat kanserinin dünya genelinde ve özellikle Türkiye'de önemli bir sağlık sorunu olduğu vurgulanmış, bu nedenle etkili teşhis ve tedavi yöntemlerinin araştırılması büyük bir öneme sahiptir. Projemizin insan hayatına faydası açısından, yapay zeka ve derin öğrenme teknolojilerinin prostat kanseri teşhisinde kullanımının, erken teşhis imkanları ve daha etkili tedavi planlamasıyla hastaların yaşam kalitesini artırabileceğine dikkat çekiyoruz. Bu teknolojiler, tıbbi görüntülerin daha hassas bir şekilde analiz edilmesine olanak tanıyarak, doğru teşhislerin hızla konulmasına yardımcı olabilir. Bu da tedavi süreçlerinin daha etkin ve kişiye özel olmasını sağlayarak hastaların sağlık deneyimini olumlu yönde etkileyebilir. Ahlak ve etik değerlendirmeye gelince, yapay zeka tabanlı prostat kanseri teşhis sistemlerinin etik kurallara uygun şekilde kullanılması durumunda sorun olmadığını vurgulamak önemlidir. Veri güvenilirliği, önyargıların önlenmesi, algoritmaların şeffaflığı, veri gizliliği ve hastaların bilgilendirilmesi gibi etik prensiplere riayet edildiğinde, bu teknolojilerin sağlık sektöründe başarılı bir şekilde entegre edilebileceği belirtilmiştir. Sonuç olarak, yapay zeka ve derin öğrenme teknolojileri, prostat kanseri teşhisinde önemli bir potansiyel taşımakla birlikte, bu potansiyelin etik çerçevede

yönetilmesi gerekmektedir. Projemiz, insan hayatına duyulan olumlu etkisi ve etik kurallara uyumlu kullanımıyla, gelecekteki sağlık hizmetlerinin kalitesini artırabilir ve prostat kanseri gibi ciddi hastalıkların etkilerini azaltabilir.

#### KAYNAKLAR

- [1] <https://www.nature.com/articles/s41598-019-55972-4>
- [2] [https://books.google.com.tr/books?id=nL6bEAAAQBAJ&pg=PA47&dq=t%C4%B1pta+yapayzeka+ve+g%C3%B6r%C3%BCn+t%C3%BC+i%C5%9Fleme&lr=&hl=tr&source=gbs\\_toc\\_r&cad=2#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.tr/books?id=nL6bEAAAQBAJ&pg=PA47&dq=t%C4%B1pta+yapayzeka+ve+g%C3%B6r%C3%BCn+t%C3%BC+i%C5%9Fleme&lr=&hl=tr&source=gbs_toc_r&cad=2#v=onepage&q&f=false)
- [3] <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2062792>
- [4] <https://www.aistudies.org/index.php/ais/article/view/64/27>
- [5] <https://link.springer.com/article/10.1007/s11571-020-09587-5>
- [6] <https://acikkaynak.bilecik.edu.tr/xmlui/handle/11552/3135>
- [7] <https://acikkaynak.bilecik.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11552/3135/10564020.pdf?sequence=9&isAllowed=y>
- [8] <https://tr.wikipedia.org/wiki/Anasayfa>
- [9] <https://www.who.int/>
- [10] <https://www.kaggle.com/datasets/tgprostate/transverse-plane-prostate-dataset/>
- [11] <https://www.tuik.gov.tr/>
- [12] <https://eurradiolexp.springeropen.com/articles/10.1186/s41747-022-00288-8>
- [13] <https://scholar.google.com/>
- [14] <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2016928>
- [15] <https://poe.com/chat/2rkr8hk6snp82owasfp>
- [16] <https://dergipark.org.tr/en/pub/trta/issue/65181/969912>

- [17] <https://dreminozbek.com/prostat-nedir-ne-ise-yarar-prostat-anatomisi/>
- [18] <http://archive.ics.uci.edu/datasets?skip=0&take=10&sort=desc&orderBy=NumHits&search=cancer>
- [19] <https://eurradioexp.springeropen.com/articles/10.1186/s41747-022-00288-8>
- [20] <https://www.istockphoto.com/tr/search/2/image-film?phrase=prostate%20cancer%20mr&page=2>
- [21] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9679750/>
- [22] <https://prostate158.grand-challenge.org/>
- [23] <https://prostatemrimage database.com/>
- [24] <https://prostatemrimage database.com/Database/index.html>
- [25] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24840073/>
- [26] <https://www.siberegitmen.com/opencv-nedir-neler-yapilabilir/>
- [27] <https://medium.com/datarunner/matplotlibkutuphanesi-1-99087692102b>

# Lityum-İyon Pillerin Modellenmesi

## Modeling of Lithium-Ion Batteries

L. RADJEF<sup>1</sup>, M. EZER<sup>2</sup>, R.A. MASALMEH<sup>3</sup> ve M. MALO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>University of Boumerdes, Algeria-Tizi ousou, Cezayir, l.radjef@univ-boumerdes.dz

<sup>2,3,4</sup>Selcuk University, Konya/Turkey, [228270002008@selcuk.edu.tr](mailto:228270002008@selcuk.edu.tr)

**Özet** - Lityum-iyon piller yüksek enerji ve güç yoğunluğu, çalışma gerilimi kararlılığı, uzun kullanım ömrü ve hafif olması sebebiyle günümüzde en çok tercih edilen pil teknolojisi haline gelmiştir. Ancak, Li-ion pillerin performansını ve güvenliğini sağlamak için pil yönetim sistemleri (BMS) ile desteklenmesi gerekmektedir. Pillerin çalışma sürecini doğru bir şekilde karakterize etmek, güvenlik tehditlerini ortadan kaldırmak ve istikrarlı çalışmasını sağlamak ve sağlık durumunu (SOH) kontrol etmek için şarj durumu tahmini (SOC) önem arz etmektedir. Batarya şarj durumu tahmini için farklı batarya modelleme yöntemleri bulunmaktadır. Bu batarya modelleri, pillerin dış özellikleri, iç dinamikleri ve pilin çeşitli performans parametreleri arasında bağ kurmak için kullanılmaktadır. Son yıllarda, batarya şarj durumu tahmini ve Lityum iyon pillerin maksimum performansta güvenli bir şekilde çalışabilmesi için batarya modelleri yoğun şekilde kullanılmaya ve geliştirilmeye başlamıştır. Bu makale, batarya modellerinin tanıtılması, anlaşılması, avantaj/dezavantajları ve birlikte kullanımları hakkında bilgi vermek amacıyla yazılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** – SOC (Şarj Durumu), BMS (Pil Yönetim Sistemi), (SOH) Sağlık Durumu

**Abstract** - Lithium-ion batteries have become the most preferred battery technology today due to their high energy and power density, operating voltage stability, long service life and light weight. However, Li-ion batteries need to be supported by battery management systems (BMS) to ensure their performance and safety. State of charge estimation (SOC) is important to accurately characterize the operating process of batteries, eliminate safety threats and ensure stable operation, and control the state of health (SOH). There are different battery modeling methods for estimating battery charge status. These battery models are used to establish a connection between the external properties of the batteries, their internal dynamics and various performance parameters of the battery. In recent years, battery models have begun to be intensively used and developed to estimate battery charge status and ensure that Lithium-ion batteries can operate safely at maximum performance. This article was written to provide information about introducing and understanding battery models, their advantages/disadvantages and their combined use.

**Keywords** – SOC (State of charge), BMS (Battery Management System), (SOH) Situation of Health

### I. GİRİŞ

Elektrik enerjisini depolamak için farklı teknikler bulunmaktadır. Bu depolama tekniklerinden en popüler

olanı elektrik enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürerek saklamaktadır. Teknolojisinin gelişmesiyle birlikte enerji ihtiyacı ve depolama sorunlarına yönelik çözüm bulma çabası her geçen gün artmaktadır. [1] Önceki yıllarda nikel kadmiyum ve kurşun asitli bataryalar, taşınabilir elektronik cihazlar için uygun bir güç kaynağı olmuştur. Ancak daha yüksek güç ve enerji yoğunluğuna sahip, güvenli ve uzun ömürlü piller geliştirmek adına çok sayıda araştırma ve bilimsel çalışma yapılmıştır. Lityum-iyon piller yüksek enerji ve güç yoğunluğu, çalışma gerilimi kararlılığı, uzun kullanım ömrü ve hafif olması sebebiyle günümüzde en çok tercih edilen batarya haline gelmiştir. Lityum-iyon piller kimyasal enerji kaynağı olmasına sebebiyle depolanan kimyasal enerji miktarına doğrudan erişim olmadığı için bataryanın şarj durumunu ölçmek oldukça zordur. [14]

Gerçek zamanlı batarya performansının iyileştirilmesi için batarya şarj ve deşarj işlemlerini düzenleme ve batarya durumunu izlemek için batarya şarj durumu ve sağlık durumu tahmini batarya kullanımında oldukça önemlidir. Bir bataryanın kalan kapasitesini doğru bir şekilde tahmin etmek performans kontrolü açısından önemlidir. Ancak batarya şarj durumu (BŞD) doğru tahmini, çok karmaşık ve uygulanması zordur. Çünkü batarya modellerinin parametre fazlalığı ve matematiksel hesaplama karmaşıklığı bulunmaktadır.[38]

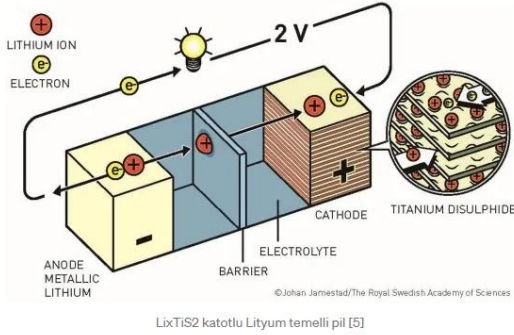
Batarya şarj durumu tahmini için farklı modelleme yöntemleri vardır. Bu batarya modelleri, pillerin dış özelliklerini ve iç durumlarını birbirine bağlayan bir köprüdür.[2] ve pilin çeşitli performans parametrelerinin dinamik ve statik özellikleri arasındaki bağlantıdır. Pillerin çalışma sürecini doğru bir şekilde karakterize etmek, güvenlik tehditlerini ortadan kaldırmak, güvenli ve istikrarlı çalışmasını sağlamak ve hizmet ömrünü uzatmak için önemli bir araçtır. Son yıllarda bilimsel araştırmacılar bu alanda pek çok araştırma yapmıştır. Deney ve sonuçlar, batarya şarj durumu tahmini ve

Lityum iyon pillerin maksimum performansta güvenli bir şekilde çalışabilmesi için gelişmiş pil yönetim sistemleri (BMS) modellerinin gerekliliği ve önemini ortaya çıkarmaktadır.

### II. LİTYUM-İYON PİLLERİN YAPISI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

Genel pil yapıları, aralarında bir ayırma bölgesi olan iki elektrottan (pozitif ve negatif) oluşur. Anot negatif elektrot olarak kabul edilirken, katot pozitif elektrot olarak kabul edilir

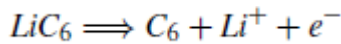
ve aralarındaki ayırıcı gözenekli malzeme kullanılarak üretilir. Elektrotlar yerleştirildikten sonra ayırıcı ile elektrot arasında kalan mesafe sıvı elektrolitle doldurulur. [41] Genel olarak, Li-ion piller, interkalasyon yeteneklerinden dolayı (lityumdan daha iyi performans gösteren) yapısında lityum metal oksit içerir. Li-ion pillerin genel çalışma prensibi Şekil-1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Li-ion pillerin genel çalışma prensibi.

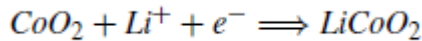
#### A. ŞARJ FAZİ

Li-ion pillerin şarj aşamasında, elektronları ve lityum iyonlarını uyarmak için harici bir güç kaynağı kullanılır. Şarj işlemi bir oksidasyon işlemi olarak görülebilir. Denklem 1, bir pili şarj etmenin oksidasyon sürecini ifade etmek için kullanılabilir. Bir pilin şarj işlemi sırasında, güç kaynağı katottan anoda doğru hareket etmek için lityum iyonlarını hızlandırır. Daha sonra elektronlar anottan (negatif elektrot) katoda (pozitif elektrot) geçer. Sonuç olarak, lityum iyonları elektrotlar arasında hareket ederken sürekli elektrik iyonları yayarlar. Pil maksimum depolama kapasitesine ulaştığında, oksidasyon işlemi tamamlanır.



#### B. DEŞARJ FAZİ

Pil, terminalleri arasına bir elektrik yükü bağlandığında boşalmaya başlar. Boşaltma işlemi, pozitif yüklü lityum iyonlarının (LiC) negatif elektrottan (anot) pozitif elektrotta (katot) taşınmasını içerir. Bu nedenle, elektronlar katottan anoda aktarılacaktır. Denklem 2, şarj işleminin ters çalışmasını dikkate alan yükün enerjisiyi nasıl tükettiğini gösterir. [41]



### III. LİTYUM-İYON PİL PARAMETRELERİ

Batarya yönetim sisteminde kullanılan parametreler aşağıda açıklanmıştır;

**Şarj Durumu (SOC):** Kullanılabilir pil kapasitesi ile maksimum kapasite arasındaki yüzdeyi temsil eder. Pilin şarj durumunu tahmin etmek için, mevcut akım kapasitesinin nominal kapasiteye oranını ifade eden yapılar kullanılır.

**Açık Devre Gerilimi (Voc):** Açık Devre Gerilimi (Voc): Yüksüz durumda akü kutup başları arasındaki gerilimdir. Açık

devre gerilimi Voc, pilin şarj durumunu ve ömrünü tahmin etmede kullanılan elektrikli modellerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynar. Birçok çalışmada, pil davranışı Voc ve SOC arasındaki ilişki kullanılarak tahmin edilir ve modellenir.

**Terminal Voltajı (Vt):** Yük uygulandığında akü terminalleri arasındaki terminal çıkış voltajını temsil eder. Terminal gerilimi aynı zamanda pilin SOC'sine ve deşarj/şarj akımına da bağlıdır.

**Dahili Direnç (Rint):** Pil içindeki güç kayıplarına sebep olan iç direncini temsil eder.

**Sağlık Durumu (SOH):** Pil sağlığı durumunun göstergesini temsil eder. SOH'nin tanımı, bir pilin sağlık durumunu ve yeni bir pille karşılaştırıldığında ortaya çıkan performansı sağlama yeteneğini yansıtır.

### IV. LİTYUM-İYON PİLLERİN MODELLERİ

Pil kullanımı esnasında kalan pil kapasitesi doğrudan ölçülemez, Bu nedenle şarj durumu (SOC) tahmini doğruluğu çok önemlidir. SOC tahmini için en sık kullanılan yöntemler;

- Amper-Integral Yöntemi
- Açık Devre Gerilimi Yöntemi
- Model Tabanlı Yöntemdir.

#### 1. Amper-Integral Yöntemi,

Kümülatif hataları önlemek için doğru SOC başlangıç değeri ve yüksek akım örnekleme oranı gerektirir.

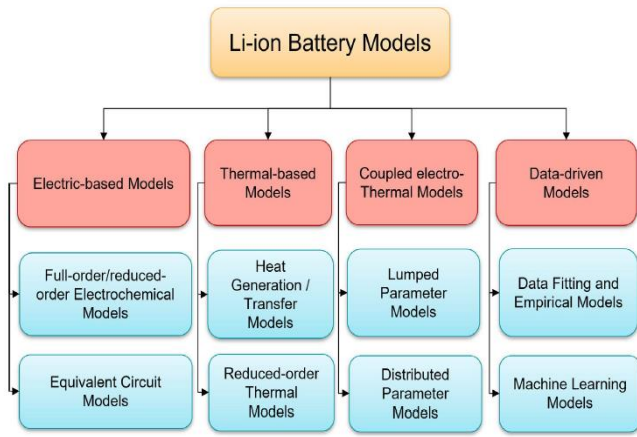
#### 2. Açık Devre Gerilim Yöntemi

Açık Devre Gerilimi (Voc) ve SOC arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Çalışma koşulunun sahada elde edilmesi zor olan Voc'nin kararlı değerini ölçmek için yeterli dinlenme süresine ihtiyaç duyar.

#### 3. Model Tabanlı Yöntem

Lityum-iyon pillerin dinamik davranışlarını tahmin edebilmek için birçok model geliştirilmiştir. Şekil 2'de gösterildiği gibi, bu modeller dört kategoriye ayrılabilir. Bunlar; elektrik tabanlı modeller, termal tabanlı modeller, veriye dayanan modeller ve elektro-termal modellerdir.

Bu modellerin gelişmesindeki temel amaç, pil şarj durumunu ve kalan faydalı ömrünü tahmin etmektir. Ek olarak, bu modeller, pil yönetim sistemlerinin tasarımını iyileştirmeye ve performansını optimize etmeye yardımcı olurlar.



Şekil 2: Model Tabanlı Yöntemler

### A. ELEKTRİK TABANLI MODELLER

Elektrik tabanlı modeller öncelikle tam sıralı elektrokimyasal modelleri (FOEM), indirgenmiş sıralı elektrokimyasal modelleri (ROEM) ve eşdeğer devre modellerini (ECM) içerir. Parçacıkların yapısı ve kimyası, pilin ne kadar iyi çalıştığını belirler. Tam sıralı elektrokimyasal modelin en büyük avantajı, kimyasal reaksiyonları ve pilin katı ve elektrolit fazlarındaki lityum konsantrasyonu, lityum difüzyonu ve elektrik potansiyeli dahil dinamik davranışını doğru bir şekilde tasvir etmeye dayanır. Bununla birlikte, gerçek zamanlı uygulamalarda, tam sıralı elektrokimyasal modelin bir dizi kısmi diferansiyel denklemi çözmeyi ve kimyasal bileşimlerle ilgili birçok pil parametresini belirlemek gerektiği için zordur. Bazı parametreler pillerin zamanla eskimesi ile değişime uğrar. Gerçek zamanlı uygulamalara uygun olacak şekilde karmaşıklığını azaltmak için basitleştirilerek ROEM'ler geliştirilmiştir.

Lityum-iyon pilin giriş-çıkış özelliklerine dayalı olarak, ECM'ler elektrik devresi elemanları (direnç, kapasitans ve voltaj kaynağı) kullanılarak geliştirilmiştir. ECM'ler, inşa edilmeleri basit olduğundan ve yerleşik uygulamalar için tanımlanabilen sınırlı sayıda parametreye sahip olduklarından yaygın olarak kullanılmaktadır.

### B. TERMAL TABANLI MODELLER

Pil sıcaklığı, pil performansını ve kullanım ömrünü etkilediği için pil bir başka önemli modeldir. Pillerin termal davranışı, ısı transferi, ısı üretimi ve düşük dereceli termal modeller gibi çeşitli modeller geliştirilerek daha iyi anlaşılmaktadır. [16] İçdirençsel kayıpları, aktivasyon ve konsantrasyonu açıklamak için, akülerin sıcaklığını tahmin etmek/kontrol etmek için çeşitli düşük dereceli termal modeller geliştirilmiştir. Kalman filtresi, yüzey sıcaklığına bağlı olarak pilin çekirdek sıcaklığını tahmin etmek için kullanılır.

### C. ELEKTRO-TERMAL MODELLER

Lityum-iyon pillerin elektriksel ve termal özelliklerini aynı anda açıklamak için birkaç birleştirilmiş elektro-termal model önerilmiştir.[20] Bu birleştirilmiş model, pil SOC'sini hesaplamak için sıcaklık dinamiklerini açıklamak üzere bir elektrokimyasal model ve üç boyutlu bir toplu termal model içerir. Modellerini deneysel olarak pilin daha hafif ekzotermik reaksiyonların meydana geldiği daha düşük ortam sıcaklığında ve deşarj hızında farklı performans analizi kullanılır.

### D. VERİYE DAYALI MODELLER

Veriye dayalı modeller, pili bir kara kutu olarak kabul ederek girdiler ve çıktılar arasında bir eşleme bulmaya yönelik akıllı algoritmalarıdır. Pil fiziği veya kimyası hakkında önceden bilgi sahibi olmadan pil davranışını tanımlamak için sinir ağları uzun kısa süreli bellek (LSTM) yöntemleri ve destek vektör makineleri (SVM'ler) dahil olmak üzere çeşitli veriye dayalı modeller geliştirilmiştir. Veriye dayalı modeller, bir batarya modeli geliştirmek için yeterli ve yüksek kaliteli veri setleri kullanıldığında iyi performans gösterir. Bu nedenle, bir veri seti, farklı çalışma koşulları altında farklı yaşlarda bir pil çalışmasını doğrulayacak bir şekilde hazırlanmalıdır.

Yüksek ölçüm doğruluğu ve model öngörülebilirliği için model tabanlı yöntemler genellikle akıllı bir algoritma ile birleştirilir.[12] Genişletilmiş Kalman Filtresi (EKF), şarj durum (SOC) tahmininde en sık kullanılan algoritmalarından biridir. EKF, doğrusal olmayan sistemlerde yalnızca SOC tahminini optimize etmekle kalmaz, aynı zamanda ilk tahmin hatasına karşı düşük hassasiyetle tam SOC değerini otomatik olarak takip eder. EKF karmaşık değildir ve bir pil yönetim sisteminde uygulanması kolaydır.

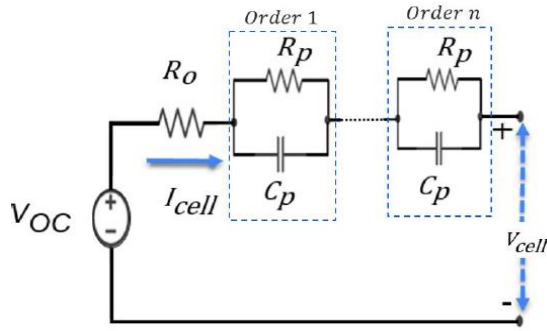
### V. MODELLERİN BELİRLENMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Lityum-iyon teknolojileri, maksimum performansta güvenli bir şekilde çalışmak için gelişmiş pil yönetim sistemleri (BMS) gerektirir. BMS, ağırlıklı olarak pilin doğru bir model seçimine dayanır.

Basitlikleri ve doğrulukları ile tercih edilen ECM'ler, DC voltaj kaynağı ( $V_{oc}$ ), pil hücreindeki iç direnç ( $R_{int}$ ) düşüşünü temsil eden bir seri direnç ve kapasitör (RC) çiftlerinden oluşur. Li-ion pilin dış durumunu daha doğru bir şekilde karakterize etmek ve polarizasyonunu azaltma sürecini simüle etmek için seriye bağlı çoklu RC paralel devrelerin (Thevenin devre modeli) kullanılması önerilir.[10]

Ancak, farklı dereceden RC çiftlerinde gerilim kestirimi incelediğinde birinci ve ikinci dereceden ECM'lerin lityum-iyon pil dinamiklerini temsil etmek için yeterli olduğunu, daha yüksek dereceli modellerin farklı senaryolarda her zaman iyi seçim olmadığını görülmüştür. [33] Şekil 3'te, n farklı RC şebekesine sahip ECM'lerin genel çerçevesini göstermektedir. Li-iyon pilin iç direncini ( $R_{int}$ ) temsil ederken, RC ağları her iki elektrotun polarizasyon özelliklerini ve difüzyon etkilerini temsil eder.





Şekil 3: n farklı RC Eşdeğer Devre Modeli

Bununla birlikte, ECM'nin doğruluğu, yük profiline bağlıdır, bu nedenle, belirli bir veri kümesi için doğru kabul edilen bir model, farklı bir yük profili ile kullanıldığında aynı doğruluğa sahip olmayabilir.

ECM parametre tahmini çevrimdışı ve çevrimiçi yöntemlere ayrılır. Çevrimdışı yöntemler, pil parametrelerini tahmin etmek için arşivlenmiş verileri kullanırken, çevrimiçi yöntemler pil parametrelerini gerçek zamanlı olarak tahmin etmeye dayanır. İlk yöntemin dezavantajı, tahmin için yük profiline ihtiyaç duymasındır, ikincisi ise daha yüksek hesaplama gücü, depolama gerektirir.[30]

Ayrıca, Eşdeğer Devre Modelleri, elektrikli cihazlarda güç yönetimi kontrolü tasarımlarında pilin elektrokimyasal dinamik geçişlerini yakalamadıkları için iç yapı dinamiklerinden uzaktır.

Elektrokimyasal modeller (EM) yüksek oranda doğru olmalarına ve pildeki elektrokimyasal reaksiyonları yakalamasına karşın batarya yönetim sistemi gibi gerçek zamanlı uygulamalarda karmaşık, çok sayıda yüksek bağlantılı doğrusal olmayan parabolik ve eliptik kısmi diferansiyel denklemler içerdiğinden çok fazla kullanılsa da, pilin dinamiklerini yakalamak açısından ve pilin çalışması sırasında övgüye değer performans sağladığı için eşdeğer devre modellerini geliştirmeye yardımcı olurlar [8].

Diğer taraftan, Sıcaklık iç yapı değişkenleri üzerinde etkili olduğu için batarya modellemesi yapılırken göz önünde bulundurulmalıdır. Çünkü, Lityum-iyon piller çok çeşitli uygulamalarda geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Örneğin, demiryolu taşımacılığı, elektrikli araçlar ve yenilenebilir enerji sistemleri. Bu durum her ne kadar kullanım alanı çeşitliliği açısından iyi olsa da lityum iyon piller için dış mekân uygulamaları geniş çalışma sıcaklık aralıklarına maruz kalması sebep olmaktadır.

Davranışın değerlendirilmesi ve dış mekân uygulamalarında performans tahmini lityum iyon piller için çok önemlidir. [6] Bu sebeple, batarya modelleri sıcaklık değişimi etkisi tespit için deneyler yapılmıştır. Farklı çalışma ortam sıcaklıklarında eşit akımla (10amper) deşarj sırasında zamanla pil deşarj davranışı üzerinde etkileri olduğunu gözlenmiştir. Lityum iyon pil, oda sıcaklığından (yaklaşık 25 °C) daha yüksek sıcaklıklarda çalıştığında,[9][11] iç direnci düşmekte, kimyasal reaksiyonları artmaktadır. Ayrıca, yüksek sıcaklıklar terminal voltajının artmasına neden olur ve gerçek kapasiteyi

de azaltır. [17] Öte yandan, pil oda sıcaklığından çok daha düşük sıcaklıklarda çalıştığında, kimyasal aktivite azalır ve iç direnç artar. Bu da tam şarj kapasitesinin düşmesine ve deşarj eğiminin artmasına neden olur.[25]

## VI. SONUÇ

Bu çalışmada, enerji depolamada en çok kullanılan pil teknolojisi olan Lityum-iyon pillere ait literatürdeki SoC belirleme yöntemleri, batarya modelleri ve avantaj ve dezavantajları ile anlatılmaya çalışılmıştır. Li-ion pilin iç karakteristik özelliklerinin ve dış durumunun birlikte değerlendirilmesi gerektiği, batarya modellerinin birbirinin zayıf yönleri kapatacak şekilde birlikte kullanılmasının SOC tahmini doğruluğunu arttıracığı öngörülmüştür.

Ayrıca, lityum-iyon pillerin kullanım alanlarının sürekli artması, farklı sıcaklık değerlerine maruz kalmasına sebep olduğu için sıcaklık ve batarya şarj durumu arasındaki ilişki de incelenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Bhat, C., Channegowda, J., Chaudhari, S., & Narahariseti, K. (2021, July). An Improved Equivalent Circuit Parameter Representation of Lithium Ion Batteries Using Electrochemical Model Based Approach. In 2021 IEEE International Conference on Electronics, Computing and Communication Technologies (CONECCT) (pp. 1-4). IEEE.
- [2] Deng, D., Liu, S. Y., Wang, S. L., Xia, L. L., & Chen, L. (2021, May). An improved second-order electrical equivalent modeling method for the online high power Li-ion battery state of charge estimation. In 2021 IEEE 12th Energy Conversion Congress & Exposition-Asia (ECCE-Asia) (pp. 1725-1729). IEEE.
- [3] Khan, K., Jafari, M., & Gauchia, L. (2018). Comparison of Li-ion battery equivalent circuit modelling using impedance analyzer and Bayesian networks. IET Electrical Systems in Transportation, 8(3), 197-204.
- [4] Fotouhi, A., Auger, D. J., Propp, K., Longo, S., & Wild, M. (2016). A review on electric vehicle battery modelling: From Lithium-ion toward Lithium-Sulphur. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 56, 1008-1021.
- [5] Pebriyanti, G. (2013, November). A lithium-ion battery modeling for a HIL-battery simulator. In 2013 International Conference on Computer, Control, Informatics and Its Applications (IC3INA) (pp. 185-190). IEEE.
- [6] Zhang, S., Sun, H., & Lyu, C. (2018, May). A method of SOC estimation for power Li-ion batteries based on equivalent circuit model and extended Kalman filter. In 2018 13th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA) (pp. 2683-2687). IEEE.
- [7] Liu, S., Dong, X., & Zhang, Y. (2019). A new state of charge estimation method for lithium-ion battery based on the fractional order model. IEEE Access, 7, 122949-122954.
- [8] Fonseca, J. M., Kulothungan, G. S., Raj, K., & Rajashekara, K. (2020, October). A Novel State of Charge Dependent Equivalent Circuit Model Parameter Offline Estimation for Lithium-ion Batteries in Grid Energy Storage Applications. In 2020 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (pp. 1-8). IEEE.
- [9] Kamrueng, C., Kittiratsatcha, S., & Polmai, S. (2020, July). A Number of RC Pairs Consideration of Electrical Equivalent Circuit Model of Li-ion Battery. In 2020 6th International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology (ICEAST) (pp. 1-4). IEEE.
- [10] Bhagyasree, P., & Shah, V. A. (2019, July). A Simplified Method to Evaluate Equivalent Circuit Model and State of Charge of Li-ion Battery. In 2019 IEEE 1st International Conference on Energy, Systems and Information Processing (ICESIP) (pp. 1-6). IEEE.
- [11] Elsheikh, M. G., Aly, M., Ahmed, E. M., & Ali, Z. M. (2019, December). Advanced Multi-disciplinary Modelling of Lithium-Ion Batteries for Outdoor Applications. In 2019 21st International Middle East Power Systems Conference (MEPCON) (pp. 1174-1179). IEEE.
- [12] Xu, H., Hu, X., & Zhang, Q. (2022, October). An EKF Algorithm for Lithium-ion Battery SOC Estimation Based on an Equivalent Circuit Model. In 2022 IEEE

- [13] International Conference on Power Systems and Electrical Technology (PSET) (pp. 17-22). IEEE.
- [14] Tezde, E. İ., & Okumuş, H. İ. Batarya Modelleri ve Şarj Durumu (SoC) Belirleme Battery Models and State of Charge (SoC) Determination.
- [15] Weatherhog, S., & Sharma, R. (2013, July). Component-wise physics-based modelling of a lithium-ion battery for power equalization. In 2013 IEEE Power & Energy Society General Meeting (pp. 1-5). IEEE.
- [16] Basu, S., Hariharan, K. S., Kolake, S. M., Song, T., Sohn, D. K., & Yeo, T. (2016). Coupled electrochemical thermal modelling of a novel Li-ion battery pack thermal management system. *Applied Energy*, 181, 1-13.
- [17] Bairwa, B., Pareek, K., & Manohar, K. A. (2022, December). Electrical Equivalent Circuit Modeling of Lithium-Ion Battery. In 2022 Third International Conference on Smart Technologies in Computing, Electrical and Electronics (ICSTCEE) (pp. 1-5). IEEE
- [18] Çakrak, D. Lityum tabanlı aküler için şarj tahmini ve bir yönetim sistemi uygulaması (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [19] Marušić, D., & Vašak, M. (2022, September). Efficient Method of Identifying a Li-Ion Battery Model for an Electric Vehicle. In 2022 IEEE 20th International Power Electronics and Motion Control Conference (PEMC) (pp. 421-426). IEEE.
- [20] Hou, M., Hu, Y., Zhang, J., Cao, H., & Wang, Z. (2020). Development of electrochemical-thermal modelling for large-format Li-ion battery. *Electrochimica Acta*, 347, 136280.
- [21] Ceylan, M., SARIKURT, T., & BALIKÇI, A. (2013). Elektrikli araçlarda kullanılan lityum-iyon bataryalar için model geliştirilmesi. 5. Enerji Verimliliği ve Kalitesi Kongresi, 23-24.
- [22] Zhang, Q. Z., Wang, X. Y., & Yuan, H. M. (2018, May). Estimation for SOC of Li-ion battery based on two-order RC temperature model. In 2018 13th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA) (pp. 2601-2606). IEEE.
- [23] Lyu, Z., Gao, R., & Chen, L. (2020). Li-ion battery state of health estimation and remaining useful life prediction through a model-data-fusion method. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 36(6), 6228-6240.
- [24] Goud, J. S., Kalpana, R., & Singh, B. (2018, December). Modeling and estimation of remaining useful life of single cell Li-ion battery. In 2018 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES) (pp. 1-5). IEEE.
- [25] Ayche, S., Daboussy, M., & Aglizim, E. H. (2018, April). Modeling and experimenting the thermal behavior of a lithium-ion battery on a electric vehicle. In 2018 Third International Conference on Electrical and Biomedical Engineering, Clean Energy and Green Computing (EBECEGC) (pp. 16-22). IEEE.
- [26] Sinkaram, C., Rajakumar, K., & Asirvadam, V. (2012, November). Modeling battery management system using the lithium-ion battery. In 2012 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (pp. 50-55). IEEE.
- [27] Yutthanava, T., Khomfoi, S., & Phophongviwat, T. (2023, January). Modeling Li-ion Battery Using Measurement Data. In 2023 Third International Symposium on Instrumentation, Control, Artificial Intelligence, and Robotics (ICA-SYMP) (pp. 131-134). IEEE.
- [28] Muratoğlu, Y., & Alkaya, A. (2016). Elektrikli Araç Teknolojisi ve Pil Yönetim Sistemi-İnceleme. *Elektrik Mühendisliği*, 458, 10-14.
- [29] Haghjoo, Y., & Khaburi, D. A. (2022, February). Modeling, simulation, and parameters identification of a lithium-ion battery used in electric vehicles. In 2022 9th Iranian Conference on Renewable Energy & Distributed Generation (ICREDG) (pp. 1-7). IEEE.
- [30] Navas, S. J., González, G. C., Pino, F. J., & Guerra, J. J. (2023). Modelling Li-ion batteries using equivalent circuits for renewable energy applications. *Energy Reports*, 9, 4456-4465.
- [31] Thakkar, R. R., Rao, Y. S., & Sawant, R. R. (2020, December). Performance Analysis of electrical equivalent circuit models of lithium-ion battery. In 2020 IEEE Pune Section International Conference (PuneCon) (pp. 103-107). IEEE.
- [32] Sumislawska, M., Phillip, N., Marinescu, M. M., & Burnham, K. J. (2013, November). Reduction of high fidelity lithium-ion battery model via data-driven system identification. In IET Hybrid and Electric Vehicles Conference 2013 (HEVC 2013) (pp. 1-5). IET.
- [33] Nie, Y., Wang, Y., & Si, Y. (2022, September). Research on Modeling and Soc Estimation of Second-Order Rc Equivalent Model of Li-ion Battery Based on Extended Kalman Filter. In 2022 IEEE 5th International Conference on Information Systems and Computer Aided Education (ICISCAE) (pp. 514-517). IEEE.
- [34] Hossain, M., Haque, M. E., Saha, S., Arif, M. T., Mendis, N., & Oo, A. M. T. (2020, December). State of charge estimation of li-ion batteries considering uncertainties due to sensor measurement biases and temperature variations. In 2020 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES) (pp. 1-6). IEEE.
- [35] Grandjean, T. R., McGordon, A., & Jennings, P. A. (2017). Structural identifiability of equivalent circuit models for Li-ion batteries. *Energies*, 10(1), 90.
- [36] Chen, L., Tong, Y., & Dong, Z. (2020). Li-ion battery performance degradation modeling for the optimal design and energy management of electrified propulsion systems. *Energies*, 13(7), 1629.
- [37] Khan, K., Jafari, M., & Gauchia, L. (2018). Comparison of Li-ion battery equivalent circuit modelling using impedance analyzer and Bayesian networks. *IET Electrical Systems in Transportation*, 8(3), 197-204.
- [38] Tenfen, D., Finardi, E. C., Delinchant, B., & Wurtz, F. (2016). Lithium-ion battery modelling for the energy management problem of microgrids. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 10(3), 576-584.
- [39] Ananda, S., Lakshminarasamma, N., Radhakrishna, V., Srinivasan, M. S., Satyanarayana, P., & Sankaran, M. (2018, December). Generic Lithium ion battery model for energy balance estimation in spacecraft. In 2018 IEEE International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems (PEDES) (pp. 1-5). IEEE.
- [40] Yin, L., Geng, Z., Chien, Y. C., Thiringer, T., Lacey, M. J., Andersson, A. M., & Brandell, D. (2022). Implementing intermittent current interruption into Li-ion cell modelling for improved battery diagnostics. *Electrochimica Acta*, 427, 140888.
- [41] Elmahallawy, M., Elfouly, T., Alouani, A., & Massoud, A. (2022). A Comprehensive Review of Lithium-Ion Batteries Modeling, and State of Health and Remaining Useful Lifetime Prediction. *IEEE Access*.



# Pekiştirmeli Öğrenmenin Finansal Piyasalarda Uygulamaları: Literatür Taraması

## Applications of Reinforcement Learning in Financial Markets: Literature Review

Dr. K. SEOUSSEN<sup>1</sup>, E. ERDOĞAN<sup>2</sup>, H.TERZİOĞLU<sup>3</sup> ve M.U. ALİOĞLU<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Departement of Biochemistry Faculty of Life Sciences and life Farhet Abbas, Setif 1 University, Algeria, Cezair, kada.seoussen@gmail.com

<sup>2</sup> Selcuk University, Konya/Turkey, 228273002001@lissustu.selcuk.edu.tr

<sup>3</sup> Selcuk University, Konya/Turkey, [hterzioglu@selcuk.edu.tr](mailto:hterzioglu@selcuk.edu.tr)

<sup>4</sup> Selcuk University, Konya/Turkey, [alioglumuhammedubada@gmail.com](mailto:alioglumuhammedubada@gmail.com)

**Abstract** - It examines the effects of reinforcement learning, which has made significant progress in the field of artificial intelligence in recent years, on analysis and optimization in financial markets. Reinforcement learning is a learning paradigm in which an agent interacts with its environment for a specific purpose and tries to maximize the rewards it receives as a result of this interaction. In financial markets, this goal can often be to increase profitability in matters such as portfolio management, trading strategy, risk management.

Starting with the basic concepts and classification of reinforcement learning, a literature review is presented, focusing on applications in finance. Deep reinforcement learning algorithms try to determine the agent's optimal actions by processing financial data. The performance of these algorithms, which focus especially on financial problems such as portfolio management and trading strategies, has been evaluated through experiments conducted on real data sets.

**Keywords** - Reinforcement Learning, Deep-Q Network, Portfolio Management

**Özet** - Yapay zeka alanındaki son yıllarda önemli gelişmeler kaydedilen pekiştirmeli öğrenmenin finansal piyasalardaki analiz ve optimizasyon üzerindeki etkilerini incelemektedir. Pekiştirmeli öğrenme, bir agent'ın belirli bir amaca yönelik olarak çevresiyle etkileşim halinde olduğu ve bu etkileşim sonucunda elde ettiği ödülleri maksimize etmeye çalıştığı bir öğrenme paradigmasıdır. Finansal piyasalarda, bu amaç genellikle portföy yönetimi, alım-satım stratejisi, risk yönetimi gibi konularda karlılığı artırmak olabilir.

Pekiştirmeli öğrenmenin temel kavramları ve sınıflandırmasıyla başlayarak, finans alanındaki uygulamalara odaklanan bir literatür taraması sunulmuştur. Derin pekiştirmeli öğrenme algoritmaları, finansal verileri işleyerek agent'ın optimal eylemlerini belirlemeye çalışır. Özellikle portföy yönetimi ve alım-satım stratejileri gibi finansal problemlere odaklanan bu

algoritmaların performansı, gerçek veri setleri üzerinde yapılan deneylerle değerlendirilmiştir.

Pekiştirmeli öğrenmenin finans alanındaki farklı problemlere nasıl uyarlandığına dair örnekler sunulmuştur. Bu örnekler arasında, portföy yönetimi için kullanılan Deep Deterministic Policy Gradient (DDPG) ve finansal piyasalardaki alım-satım

stratejileri için kullanılan Deep Q-Network (DQN) gibi derin pekiştirmeli öğrenme algoritmalarının başarılarına odaklanan çalışmalara yer verilmiştir.

Son bölümde, pekiştirmeli öğrenmenin finans alanındaki mevcut zorlukları ve gelecekteki potansiyelleri tartışılmıştır. Literatürdeki çalışmalara dayanarak, pekiştirmeli öğrenmenin finansal piyasalardaki başarılarına ve sınırlamalarına ışık tutacak önemli bulgular ele alınacaktır. Ayrıca, gelecekteki araştırma yönleri ve teknolojik gelişmelerin pekiştirmeli öğrenmeye olan etkileri üzerinde durulacaktır.

**Anahtar Kelimeler** - Pekiştirmeli Öğrenme, Derin Q Network, Derin Yöntemler

### I. GİRİŞ

Finansal piyasaların karmaşıklığı ve belirsizliği, geleneksel analitik yöntemlerin sınırlamalarını gün geçtikçe daha belirgin hale getirmektedir. Bu bağlamda, yapay zeka alanında pekiştirmeli öğrenme, finans sektöründe çeşitli zorlukları ele almak ve optimize etmek için yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır. Pekiştirmeli öğrenme, bir agent'ın belirli bir amacı gerçekleştirmek için çevresiyle etkileşimde bulunarak deneyimlerinden öğrenmeye odaklanan bir öğrenme çalışmasıdır.

Finansal piyasalarda, pekiştirmeli öğrenme modelleri genellikle karmaşık karar verme süreçlerini otomatize etmek, portföy yönetimini optimize etmek, alım-satım stratejilerini geliştirmek ve risk yönetimini iyileştirmek gibi önemli alanlarda kullanılmaktadır. Bu bağlamda, pekiştirmeli öğrenme algoritmalarının finansal verileri işleyerek agent'ın davranışını optimize etme yeteneği, geleneksel finans yönetimi pratiğinde çığır açıcı bir gelişme olarak kabul edilmektedir.

Bu makale, pekiştirmeli öğrenmenin finansal piyasalardaki uygulamalarını geniş kapsamlı bir şekilde inceleyerek, bu alandaki literatürdeki önemli bulguları ve gelişmeleri sunmayı amaçlamaktadır. Yapay zeka ve finansın kesişim noktasında ortaya çıkan bu yeni paradigma, finans dünyasında daha etkili,

adaptif ve öğrenen sistemlerin oluşturulmasına olanak tanımaktadır.

Giriş bölümü olarak pekiştirmeli öğrenmenin finansal analiz ve optimizasyon süreçlerine getirdiği yenilikçi perspektiflere vurgu yaparak, makalenin kapsamını ve temel odak noktalarını ortaya koymaktadır. İlerleyen bölümlerde, pekiştirmeli öğrenmenin finansal piyasalardaki temel kavramları, uygulamaları ve mevcut zorlukları detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Yapay zekanın finans sektöründeki evrimi ve pekiştirmeli öğrenmenin bu evrimdeki öncü rolü vurgulanacaktır.

Giriş bölümünden sonra, makale genelinde ayrıntılı bir literatür taraması yapılacak ve pekiştirmeli öğrenmenin finansal piyasalardaki temel kavramları ele alınacaktır. "Pekiştirmeli Öğrenme Temel Kavramları ve Sınıflandırmaları" başlıklı bölümde, pekiştirmeli öğrenmenin temel prensipleri, algoritmaları ve sınıflandırmaları geniş bir perspektifle incelenecektir.

Daha sonra, "Finansal Piyasalara Uygulamalar" başlıklı bölümde, pekiştirmeli öğrenmenin finansal analiz ve optimizasyon süreçlerinde nasıl uygulandığına dair çeşitli örnekler sunulacaktır. Portföy yönetimi, alım-satım stratejileri, risk yönetimi gibi finansal alanlarda pekiştirmeli öğrenmenin başarıları detaylı bir şekilde incelenecektir.

Ardından, "Mevcut Zorluklar ve Gelecekteki Potansiyeller" başlıklı bölümde, pekiştirmeli öğrenmenin finansal piyasalardaki mevcut zorluklar ve karşılaştığı engeller ele alınacak, aynı zamanda gelecekteki potansiyelleri ve bu alandaki muhtemel gelişmeler tartışılacaktır. Pekiştirmeli öğrenmenin finansal sektördeki rolünün nasıl evrilebileceği konusunda önemli perspektifler sunulacaktır.

Sonuç bölümünde, makalenin ana bulguları özetlenecek ve pekiştirmeli öğrenmenin finansal piyasalardaki mevcut durumu, başarıları ve sınırlamaları değerlendirilecektir. Ayrıca, gelecekteki araştırma yönleri ve bu alandaki potansiyel ilerlemeler üzerine bir bakış sunulurken, pekiştirmeli öğrenmenin finansal analiz ve yönetimdeki rolünün nasıl şekillenebileceği üzerine çeşitli düşünceler paylaşılacaktır.

## II. LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR

### Pekiştirmeli Öğrenme Temel Kavramları ve Sınıflandırmaları

Pekiştirmeli öğrenme, bir davranışın belirli bir durumda karşılaşılan bir ortamda hangi eylemlerin gerçekleştirileceğini öğrenmeye odaklanan bir öğrenme türüdür. Bu öğrenme türü, bir ajanın çevresiyle etkileşimde bulunarak çeşitli eylemleri denemesi ve bu eylemlerin sonuçlarına göre ödüller veya cezalar alması yoluyla öğrenmeyi içerir. İşte pekiştirmeli öğrenmenin temel kavramları ve sınıflandırmaları:

#### Ajan (Agent)

Ajan, pekiştirmeli öğrenme sistemini temsil eder. Hedefe ulaşmak için çevresiyle etkileşimde bulunur. Ajan, durumu gözlemleyebilir, eylemler gerçekleştirebilir ve çevresinden ödüller alabilir.

#### Çevre (Environment)

Çevre, ajanın etkileşimde bulunduğu dış dünya veya sistemdir. Ajanın durumu ve aldığı eylemler, çevrenin durumunu etkiler. Çevre, genellikle dinamik ve belirsizdir.

#### Durum (State)

Durum, bir sistem veya ortamın anlık durumunu temsil eden bilgilerin bütünüdür. Ajanın kararlarını vermesi için gereken bilgileri içerir. Durum, genellikle gözlemlenebilir değişkenlerden oluşur.

#### Eylem (Action)

Eylem, ajanın çevresine müdahale etmek veya etkilemek amacıyla gerçekleştirdiği işlemlerdir. Her durumda ajan, belirli bir eylem kümesinden bir eylem seçer.

#### Ödül (Reward)

Ödül, ajanın belirli bir eylemi gerçekleştirmesinin ardından alacağı geri bildirimdir. Ajan, ödüllerin maksimizasyonu için eylemlerini ayarlar. Ödüller, ajanın davranışını şekillendirmek için kullanılır.

#### Politika (Policy)

Politika, ajanın belirli bir durumda hangi eylemi seçeceğini tanımlayan stratejidir. Ajan, politikasını optimize ederek hedefine daha etkili bir şekilde ulaşmaya çalışır.

#### Değer Fonksiyonu (Value Function)

Değer fonksiyonu, bir durumun veya durum-eylem çiftinin "değerini" tahmin eden bir fonksiyondur. Değer fonksiyonu, ajanın bir durumda veya belirli bir eylemde ne kadar başarılı olabileceğini öngörebilir.

#### Belirginlik ve Exploitation

Ajanın keşfetme ve kullanma arasında denge kurma çabası. Ajan, yeni eylemleri deneyerek çevresini keşfeder (belirginlik) ve aynı zamanda öğrendiği bilgileri kullanarak bilinçli bir şekilde hareket eder (Exploitation).

#### Sınıflandırmalar

Model tabanlı öğrenme, ajan, çevresiyle etkileşime geçmeden önce bir iç model oluşturur. Bu model, ajanın çevresini ve eylemlerini anlamasına yardımcı olur.

Model tabansız öğrenme ajan, çevresiyle doğrudan etkileşime geçer. Önceki bilgiler veya modeller kullanılmaz. Ajan, belirli bir görevi tamamlamak için ayrı ayrı denemeler yapar. Her deneme, başlangıçtan sona kadar bir bütündür. Ajan, sürekli olarak çevresiyle etkileşimde bulunur ve öğrenme süreci sürekli devam eder.

#### Finansal Piyasalara Uygulamalar

"Pekiştirmeli Öğrenme Temel Kavramları ve Sınıflandırmaları" bölümünden sonra, şimdi pekiştirmeli öğrenmenin finansal piyasalardaki çeşitli uygulama alanlarına odaklanacağız. Bu

uygulamalar, finansal analiz ve yönetimde pekiştirmeli öğrenmenin nasıl kullanıldığını daha yakından incelememizi sağlayacaktır.

Pekiştirmeli öğrenme, portföy yönetimindeki karmaşık kararları optimize etme yeteneğiyle öne çıkmaktadır. Örneğin, "Deep Reinforcement Learning for Optimizing Finance Portfolio Management" [1] çalışmasında, derin pekiştirmeli öğrenme algoritması olan DDPG kullanılarak farklı varlıklara yatırım yaparak portföyün getirisini ve Sharpe oranını maksimize etmeye yönelik bir model önerilmiştir. Bu tür uygulamalar, yatırım profesyonellerine daha etkili portföy yönetimi stratejileri geliştirme olanağı sunmaktadır.

"Application of a Deep Reinforcement Learning Method in Financial Market Trading" [2] çalışması, finansal piyasalardaki alım-satım stratejilerini optimize etmek için derin pekiştirmeli öğrenme algoritmalarının kullanımını ele almaktadır. DQN algoritması, farklı zaman aralıklarında hisse senedi fiyatlarını tahmin ederek alım veya satım kararı vermeye çalışan bir ajanın performansını artırmak için kullanılmıştır. Bu tür uygulamalar, piyasa koşullarına adaptasyon yeteneği ile dikkat çekmektedir.

Pekiştirmeli öğrenme aynı zamanda risk yönetimi alanında da önemli bir rol oynamaktadır. Finansal piyasalardaki belirsizlik ve risk faktörleri, geleneksel yöntemlerle zor anlaşılabilir hale geldiğinde, pekiştirmeli öğrenme algoritmaları bu karmaşıklığı daha iyi yönetebilir. Bu bağlamda, pekiştirmeli öğrenmenin risk yönetimi stratejilerini nasıl optimize ettiğine dair yapılan çalışmalar, finansal kuruluşlara daha etkili bir risk kontrolü sağlama potansiyelini ortaya koymaktadır.

Finansal karar alma süreçlerinde kritik bir rol oynayan kredi skorlaması, pekiştirmeli öğrenme ile daha sofistike bir düzeye taşınabilir. Ajanlar, müşteri davranışlarını ve ödeme alışkanlıklarını analiz ederek daha hassas kredi skorlaması modelleri oluşturabilir. Bu, finans kurumlarının kredi riskini daha doğru bir şekilde değerlendirmelerine ve kredi verme süreçlerini iyileştirmelerine olanak tanır.

Finansal piyasalara uygulanan pekiştirmeli öğrenme modelleri geniş bir yelpazede kullanılmakta ve bu uygulamaların çeşitliliği, finans profesyonellerine daha etkili ve verimli kararlar alma olanağı sunmaktadır. İlerleyen bölümlerde, bu uygulamalara yönelik literatürdeki kilit çalışmaların daha ayrıntılı bir incelenmesi yapılacaktır.

Pekiştirmeli öğrenme, kredi skorlaması alanında sadece risk değerlendirmelerini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda müşteri profillerini daha hassas bir şekilde analiz etme ve özelleştirilmiş kredi teklifleri sunma potansiyeli sunar. "Recent Advances in Reinforcement Learning in Finance" [6] çalışması, pekiştirmeli öğrenmenin kredi skorlamasında kullanılmasıyla ilgili önemli ilerlemeleri vurgulamaktadır. Bu yaklaşım, müşteri davranışlarını anlamak ve gelecekteki ödeme performanslarını daha doğru bir şekilde tahmin etmek adına geleneksel yöntemlere kıyasla daha adaptif bir çözüm sunmaktadır.

"Reinforcement Learning for Quantitative Trading" [4] çalışması, pekiştirmeli öğrenmenin niceliksel ticarettteki

(quantitative trading) uygulamalarına odaklanmaktadır. Bu bağlamda, pekiştirmeli öğrenme algoritmalarının finansal piyasa verilerini analiz ederek niceliksel ticaret stratejilerini geliştirmeye nasıl yardımcı olduğunu göstermektedir. Bu uygulamalar, algoritmik ticarete daha etkili ve adaptif stratejiler oluşturulmasını sağlamaktadır.

## **Ekonomi ve Finans Alanında Teorik ve Deneysel Uygulamalar**

"Reinforcement Learning in Economics and Finance" [3] çalışması, pekiştirmeli öğrenmenin ekonomi ve finans alanındaki teorik ve deneysel uygulamalarını kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Bu bağlamda, ekonomik modellerin geliştirilmesinden, finansal piyasalardaki risk yönetimine kadar pek çok alanda pekiştirmeli öğrenmenin nasıl kullanıldığını açıklamaktadır. Bu çalışma, pekiştirmeli öğrenmenin ekonomik modellere ve finansal stratejilere entegrasyonu konusunda geniş bir bakış sunmaktadır.

## **Modern Gelişmeler ve Trendler**

"Modern Perspectives on Reinforcement Learning in Finance" [5] çalışması, pekiştirmeli öğrenmenin finansal piyasalardaki son gelişmelerini ve trendlerini sunmaktadır. Bu trendler, derin öğrenme tekniklerinin daha yaygın hale gelmesi, büyük veri setlerinin kullanımının artması ve çeşitli finansal problemlere odaklanan spesifik pekiştirmeli öğrenme algoritmalarının geliştirilmesini içermektedir.

Bu uygulama alanları ve literatürdeki önemli çalışmalar, pekiştirmeli öğrenmenin finansal piyasalardaki etkisini geniş bir perspektifle ele alarak, yapay zekanın finans sektöründeki dönüşümüne ışık tutmaktadır. İlerleyen bölümlerde, bu uygulamalardan kaynaklanan avantajlar ve potansiyel zorluklar detaylı bir şekilde incelenecektir.

## **Mevcut Zorluklar ve Gelecekteki Potansiyeller**

Pekiştirmeli öğrenmenin finansal piyasalardaki kullanımı, bir dizi meydan okuma ve gelecekteki potansiyel fırsatları da beraberinde getirmektedir. Bu bölümde, pekiştirmeli öğrenmenin finans sektöründeki mevcut zorlukları ve gelecekteki potansiyelleri ele alacağız.

**Veri Kalitesi ve Güvenilirliği:** Pekiştirmeli öğrenme modelleri, geniş ve kaliteli veri setlerine ihtiyaç duyar. Finansal piyasalarda ise veri kalitesi ve güvenilirliği, modellerin doğruluğunu ciddi şekilde etkileyebilir. Yanlış veya eksik veri, algoritmaların yanıltıcı sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle, finans sektörü veri yönetimi ve temizleme konusunda daha fazla çaba sarf etmelidir.

**Modelin Yorumlanabilirliği:** Finans sektöründe kararların açıklanabilir olması kritik öneme sahiptir. Pekiştirmeli öğrenme modelleri genellikle karmaşık yapıya sahiptir ve bu modellerin kararlarını anlamak ve yorumlamak zor olabilir. Bu durum, finans profesyonelleri ve düzenleyiciler açısından güven sorunlarına neden olabilir. Modelin içsel işleyişini anlamak için daha şeffaf ve yorumlanabilir modeller geliştirme çabaları, bu zorluğun üstesinden gelmede yardımcı olabilir.

**Hassasiyet ve Uygulanabilirlik:** Finansal piyasalardaki hızlı değişimlere ve ani olaylara hızlı bir şekilde tepki verebilmek, pekiştirmeli öğrenme modelleri için önemlidir. Ancak, bu modellerin bazen aşırı hassas veya aşırı uyumlu olma eğilimi, gerçek dünya uygulamalarında zorluklar yaratabilir. Modelin, farklı piyasa koşullarına ve değişkenliklere uyum sağlama yeteneğinin geliştirilmesi, bu zorluğun çözümüne katkı sağlayabilir.

### Gelecekteki Potansiyeller

**Daha İleri Derin Öğrenme Yöntemleri:** Finansal piyasalarda daha etkili ve ölçeklenebilir pekiştirmeli öğrenme modelleri geliştirmek adına derin öğrenme tekniklerinin daha da ileriye taşınması beklenmektedir. Bu, model performansını artırabilir ve daha karmaşık finansal problemlerle başa çıkma kapasitesini güçlendirebilir. Derin öğrenme algoritmalarının daha geniş bir veri kümesini daha hızlı işleme yetenekleri üzerine odaklanılabilir.

**Daha İyi Veri İşleme Teknikleri:** Veri kalitesi ve güvenilirliği ile ilgili zorlukların aşılması için daha gelişmiş veri işleme teknikleri ve yöntemlerinin benimsenmesi beklenmektedir. Büyük veri setleri üzerinde daha etkili çalışma ve veri temizleme süreçleri, pekiştirmeli öğrenme modellerinin daha güvenilir sonuçlar üretmesine katkı sağlayabilir. Veri doğruluğu ve bütünlüğünü sağlamak adına otomatize edilmiş veri denetim sistemlerine daha fazla yatırım yapılabilir.

**Daha İyi Model İnterpretasyonu:** Modelin kararlarının açıklanabilir olması, finans profesyonelleri ve düzenleyiciler açısından güveni artırabilir. Bu bağlamda, pekiştirmeli öğrenme modellerinin daha iyi yorumlanabilirliğini sağlamak adına yeni metodolojiler ve araçlar geliştirilmesi önemlidir. Modelin içsel işleyişini anlamak için şeffaflık ve açıklanabilirlik sağlanması, finans sektöründeki kabulü artırabilir.

**Daha Fazla Uygulama Alanı:** Pekiştirmeli öğrenme modellerinin finansal piyasalardaki kullanım alanlarının genişlemesi beklenmektedir. Özellikle sigorta, emlak, tüketici kredileri gibi finans sektörü dışındaki alanlarda da bu modellerin daha fazla kullanımı öngörülmektedir. Bu genişleme, finansal karar alma süreçlerini daha geniş bir perspektife taşıyabilir.

Bu mevcut zorluklara ve gelecekteki potansiyellere odaklanmak, pekiştirmeli öğrenmenin finansal piyasalardaki etkinliğini artırmak için önemli bir adımdır. İlerleyen araştırmalar ve gelişmeler, pekiştirmeli öğrenmenin finans sektöründeki rolünü daha da güçlendirecek ve yenilikçi çözümler sunacaktır.

### III. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu makale, pekiştirmeli öğrenmenin finansal piyasalardaki uygulamalarını geniş bir perspektifle ele almış ve literatürdeki önemli çalışmaları incelemiştir. Pekiştirmeli öğrenme, finansal karar alma süreçlerini optimize etme, portföy yönetimini

geliştirme, alım-satım stratejilerini optimize etme ve risk yönetimini sağlama gibi birçok alanda etkili bir öğrenme paradigması olarak öne çıkmaktadır.

Finansal piyasalardaki pekiştirmeli öğrenme uygulamalarını incelediğimizde, derin öğrenme teknikleriyle desteklenmiş algoritmaların genellikle daha etkili sonuçlar verdiğini görmekteyiz. Örneğin, DDPG ve DQN gibi derin pekiştirmeli öğrenme algoritmalarının, portföy yönetimi ve alım-satım stratejileri gibi finansal problemlerde başarılı olduğu literatürde sıkça vurgulanmaktadır.

Ancak, finans sektöründeki pekiştirmeli öğrenme uygulamalarıyla ilgili bazı önemli zorluklar ve konular da ele alınmalıdır. Veri kalitesi, modelin açıklanabilirliği ve uygulanabilirliği gibi mevcut zorluklar, bu teknolojinin daha yaygın bir şekilde benimsenmesini engelleyebilir. Finansal piyasalardaki belirsizlikler ve hızlı değişimlere etkili bir şekilde adapte olma gerekliliği, pekiştirmeli öğrenme modellerinin daha gelişmiş ve dirençli hale getirilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Veri kalitesi ve güvenilirliği, finansal piyasalardaki pekiştirmeli öğrenme uygulamalarının başarısını belirleyen temel faktörlerden biridir. Yanlış veya eksik veri, algoritmaların yanlış sonuçlar üretmesine neden olabilir. Bu nedenle, finans sektöründe daha etkili veri yönetimi ve temizleme süreçleri üzerine odaklanılmalıdır.

Modelin açıklanabilirliği, finansal karar alma süreçlerinde güveni artırmak için kritik öneme sahiptir. Finans profesyonelleri ve düzenleyiciler, pekiştirmeli öğrenme modellerinin kararlarını anlamak ve yorumlamak istemektedir. Bu bağlamda, pekiştirmeli öğrenme modellerinin içsel işleyişini daha şeffaf bir şekilde sunabilen yeni yöntemler ve araçlar geliştirilmelidir.

Hassasiyet ve uygulanabilirlik konuları da finans sektöründeki pekiştirmeli öğrenme uygulamalarının karşılaştığı önemli zorluklardandır. Finansal piyasalardaki hızlı değişimlere ve ani olaylara hızlı bir şekilde adapte olabilen daha güvenilir ve esnek modellerin geliştirilmesi gereklidir.

### REFERENCES

- [1] He, D., Wu, D., & Zhang, Y. (2017). Deep Reinforcement Learning for Portfolio Management. In *Advances in Financial Machine Learning* (pp. 97-123). John Wiley & Sons.
- [2] Zhang, Y., & Cartea, Á. (2018). Algorithmic trading of cryptocurrency based on Twitter sentiment analysis. *Journal of Computational Science*, 27, 222-231.
- [3] Silver, D., Huang, A., Maddison, C. J., Guez, A., Sifre, L., Van Den Driessche, G., ... & Hassabis, D. (2016). Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature*, 529(7587), 484-489.
- [4] Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D., Graves, A., Antonoglou, I., Wierstra, D., & Riedmiller, M. (2013). Playing Atari with deep reinforcement learning. *arXiv preprint arXiv:1312.5602*.
- [5] Lillicrap, T. P., Hunt, J. J., Pritzel, A., Heess, N., Erez, T., Tassa, Y., ... & Wierstra, D. (2016). Continuous control with deep reinforcement learning. *arXiv preprint arXiv:1509.02971*.

- [6] Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). Reinforcement learning: An introduction. MIT press Cambridge.
- [7] Arulkumaran, K., Deisenroth, M. P., Brundage, M., & Bharath, A. A. (2017). Deep reinforcement learning: A brief survey. *IEEE Signal Processing Magazine*, 34(6), 26-38.
- [8] Kaelbling, L. P., Littman, M. L., & Moore, A. W. (1996). Reinforcement learning: A survey. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 4, 237-285.
- [9] Bellman, R. (1957). A Markovian decision process. *Journal of Mathematics and Mechanics*, 6(5), 679-684.
- [10] Watkins, C. J., & Dayan, P. (1992). Q-learning. *Machine learning*, 8(3-4), 279-292.
- [11] Y. L. Li, "Deep reinforcement learning: an overview", *arXiv:1701.07274v6 [cs.LG]*, Jan. 2017.
- [12] Y. Bengio, "Training a neural network with a financial criterion rather than a prediction criterion", *Proc. of the 4th Int. Conf. on Neural Networks in the Capital Markets ser. Progress in Neural Processing*, pp. 36-48, 1996.
- [13] J. Moody et al., "Performance functions and reinforcement learning for trading systems and portfolios", *Journal of Forecasting*, vol. 17, pp. 441-470, 1998.
- [14] J. Jiang, "A deep reinforcement learning framework for the financial portfolio management problem", *arXiv:1706.10059v2 [q-fin.CP]*, July 2017
- [15] Z. Liang et al., "Deep reinforcement learning in portfolio management", *arXiv:1808.09940v3 [q-fin.PM]*, Nov. 2018
- [16] B. Li and C. H. S. Hoi, "Online portfolio selection: A survey", *ACM Computing Survey*, no. 3, pp. 35:1-35:36, 2014.
- [17] D. L. M. Prado, *Advances in Financial Machine Learning*, Wiley, 2018
- [18] B. J. Heaton et al., "Deep learning in finance", *arXiv:1602.06561v3*.
- [19] J. Moody and M. Saffell, "Learning to trade via direct reinforcement", *IEEE Trans. on Neural Networks*, vol. 12, no. 4, pp. 875-889, 2001.
- [20] G. Infanger, "Dynamic asset allocation strategies using a stochastic dynamic programming approach" in *Handbook of Asset and Liability Management*, Elsevier, 2008.
- [21] R. Neuneier, "Enhancing q-learning for optimal asset allocation", *Proc. of the 10th International Conference on Neural Information Processing Systems ser. NIPS'97*, pp. 936-942, 1997.
- [22] Y. Deng et al., "Deep direct reinforcement learning for financial signal representation and trading", *IEEE Trans. on Neural Networks and Learning Systems*, vol. 28, no. 3, pp. 653-664, 2017.
- [23] S. R. Sutton and A. G. Barto, *Reinforcement Learning: An Introduction*, MIT Press, 2017
- [24] T. Jaakkola, P. S. Singh and I. M. Jordan, "Reinforcement learning algorithm for partially observable markov decision problems", *Proc. of the 7th Int. Conf. on Neural Information Processing Systems ser. NIPS'94*, pp. 345-352, 1994.
- [25] J. Moody et al., "Stochastic direct reinforcement: Applications to simple games with recurrence" in *Artificial Multiagent Learning*, AAAI Press, 2004.





# Phyton ile Makine Öğrenmesinde Görüntü İşleme Image Processing in Machine Learning with Python

G. GÜR<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Selcuk University, Konya/Turkey, [238268001003@lisansustu.selcuk.edu.tr](mailto:238268001003@lisansustu.selcuk.edu.tr)

**Özet** – Bu makalede insanın yapabileceği imkân ve kabiliyetin ötesinde fakat insan ürünü gelişmiş teknoloji ürünlerini inceleyeceğiz. Geçen her gün işleme tabi tutulacak veri miktarının artmasıyla birlikte bu verilerin insan tarafından işlenebilme olasılığının doğrudan azaldığı, aynı şekilde artan veri miktarının verilerden elde edilecek sonuçlarının insan hata faktörü ile doğruluğunun düştüğü görülmektedir. Makalemizde bir veriyi işlerken herhangi bir denklem kullanmadan sadece verilerdeki bilgilere dayalı olarak analitik model oluşturmayı sağlayan, veri miktarının artmasıyla sonucun doğruluk oranının düşmediği yapay zekânın bir alt çalışma alanı olan makine öğrenmesinin kullanım alanlarından biri olan görüntü işleme yeteneğinin imkân ve kabiliyetlerine değinilecektir.

**Anahtar Kelimeler** – Makine Öğrenmesi, Görüntü İşleme, Yapay Zekâ, Python, OpenCV.

**Abstract** – In this article, we will explore advanced technological products that go beyond the capabilities and possibilities of human capabilities. With the increasing amount of data to be processed every day, the likelihood of human processing of this data directly decreases. Similarly, as the volume of data increases, the accuracy of results obtained from the data decreases due to the human error factor. In our article, we will delve into the capabilities of image processing, a subfield of artificial intelligence, specifically machine learning, which enables the creation of analytical models based solely on information in the data without using any equations. We will discuss the potential and capabilities of image processing, a subdomain of machine learning, which allows the creation of analytical models based solely on information in the data without using any equations, emphasizing that the accuracy of results does not decrease with an increase in data volume.

**Keywords** – Machine Learning, Image Processing, Artificial Intelligence, Python, OpenCV.

## I. GİRİŞ

Yapay zekâ, insan yeteneklerini taklit ederek bu taklit kabiliyetin yanında bunun da üzerinde çalışabilecek şekilde bilgisayar ve robot sistemlerinin geliştirilmesi alanı olarak tanımlanabilir. Yapay zekâ tabanlı programlar, iç görü sağlamak için verileri analiz edebilir veya insan müdahalesi olmadan herhangi bir duruma karşı yanıt oluşturulabilir.

Birçok alanda yapay zekânın kullanımı görülmektedir. Bunların amacı doğal dil işleme ve görüntü işleme gibi teknikleri birleştirerek görevleri otomatikleştirmek, karar vermeyi hızlandırmak ve bu hızla aynı doğrultuda doğruluk oranını yüksek tutarak sonuçlar elde etmek üzerine ilerliyor.

Günümüzde, teknolojik gelişmelerin hız kesmeden ilerlemesiyle birlikte, makine öğrenmesi ve görüntü işleme alanları giderek artan bir öneme sahip olmuştur. Bilgisayarlar

ve yapay zeka, karmaşık veri setlerini analiz edebilme, desenleri tanıma ve öğrenme kapasitelerini sürekli olarak geliştirebilme yetenekleri sayesinde, birçok sektörde devrim yaratmaktadır. Bu devrimin en önemli kollarından biri de görüntü işleme alanıdır.

Görüntü işleme, dijital görüntüler üzerinde çeşitli matematiksel ve istatistiksel yöntemler kullanarak bilgi çıkarma sürecini ifade eder. Bu süreç, fotoğraf ve video gibi görsel verilerin analiz edilmesini, anlamlandırılmasını ve yorumlanmasını içerir. Makine öğrenmesi ise algoritmaların, modellerin ve yapay zeka tekniklerinin kullanılmasıyla bilgisayar sistemlerinin deneyim kazanma ve problem çözme yeteneklerini geliştirmeyi amaçlar.

Bu inceleme makalesi, makine öğrenmesi ve görüntü işlemenin kesişim noktasında nasıl bir sinerji oluşturduğunu ve bu alanın gün geçtikçe nasıl evrildiğini ele almaktadır. Özellikle büyük veri setlerinin kullanımı ve gerçek dünya uygulamalarındaki başarılar, bu disiplinlerin birbirine entegrasyonunun önemini vurgulamaktadır. İlerleyen bölümlerde, makine öğrenmesi temelli görüntü sınıflandırma, nesne tanıma gibi konuları ele alacağız.

## II. MAKİNE ÖĞRENMESİ

Makine öğrenmesi, esas olarak insanların bir adım ötesine geçerek, çoğu zaman insanların çözüm bulabildiği sorunları çözen ve makinelerin bu sorunları da öğrenip çözüm üretebileceği yolları araştıran bir alandır. Makine öğrenmesinin temel prensibi, makinelerle sorunu çözmeleri için belirli bir dizi kural, formül vb. vermek yerine, belirli verilerden problemi öğrenerek bu probleme çözüm üretmektir. Makinenin kabiliyeti doğrultusunda öğrenerek üretmeye başlaması ve bu öğrenimi devamlı olarak geliştirebilmesi sayesinde, zaman içerisinde makinenin yazılımcısı bile tasarımının kabiliyetini ölçme imkânı olmayacaktır. Bu açıdan makine öğrenmesi yöntemleri, yapay zekâ araştırmasında son derece önemli bir konuma sahiptir.

Klasik programlama temelinin mantığında sisteme kural ve veri girdisi yapılarak cevaplar elde edilir. Makine öğrenmesinde ise veri ve cevaplar verilerek bize bunlar arasındaki bağıntıyı yani kuralı oluşturmasını bekleriz.

### 2.1. Makine Öğrenmesi Türleri

Makine öğrenimi yöntemleri iki ana kategoriye ayrılabilir: Tablo 1'de gösterildiği gibi denetimli ve denetimsizdir. Sorunun türüne göre kullanılan yöntemler farklılık göstermektedir. Mümkün olan en düşük hata oranını alabildiğimiz yöntem en uygun yöntem olarak kabul edilir [1].

MAKİNE ÖĞRENMESİ (M.Ö.)		
Denetimli Ö.		Denetimsiz Ö.
Sınıflandırma	Regresyon	Kümeleme

Tablo 1: Makine Öğrenmesi Türleri.

### A. Denetimli Öğrenme

Denetimli öğrenme, makine öğrenmesi yöntemlerinin en popüler şeklidir. Veri kümeleri, sınıflandırılmış veriler ve belirsiz veriler olarak vardır. Denetimli öğrenmenin amacı, veriler üzerinde eğitim vererek verileri doğru bir şekilde sınıflandırmaktır. Denetimli öğrenmede ağırlıklı olarak sınıflandırma yöntemleri yer alsa da farklı yöntemler de bu kategoride değerlendirilmektedir. Görüntü işlemede nesnelere tespit edilmesi denetimli öğrenmenin bir konusu olarak yer almaktadır.

### B. Sınıflandırma

Sınıflandırma, bir veri kümesinin belirli kategorilere veya sınıflara ayırmayı amaçlayan bir denetimli öğrenmedir. Bu algoritma kullanıldığında genel maksat giriş verisini doğru kategoriye atamaktır. Örneğin; bir e-posta spam mı yoksa normal bir iletmi mi, bu bilgiyi belirlemek istiyorsunuz. Eğitim sürecinde, algoritma, geçmişteki e-posta verilerini kullanarak spam ve normal e-postaları doğru bir şekilde sınıflandırmayı öğrenir. Bu sayede, yeni bir e-posta geldiğinde, algoritma bu e-postayı otomatik olarak spam veya normal olarak sınıflandırabilir.

### C. Regresyon

Regresyon, bir çıktı değişkenini tahmin etmeye çalışan bir denetimli öğrenmedir. Bu algoritma giriş verilerini kullanarak bir sayısal değeri tahmin etmeyi öğrenir. Örneğin; bir evin fiyatını belirlemek istediğimizi düşünürsek, regresyon algoritması, evin özellikleri (oda sayısı, konumu, büyüklüğü, vb.) gibi giriş verilerini kullanarak bir evin fiyatını tahmin eder. Bu, eğitim sürecinde öğrenilen ilişkileri temel alır. Sonuç olarak, yeni bir evin fiyatını tahmin etmek için bu model kullanılabilir.

### D. Denetimsiz Öğrenme

Denetimsiz öğrenmede sınıflandırılmış veriler mevcut değildir; denetimsiz öğrenmenin klasik bir örneği kümelemedir. Verilerine dayanarak çıkarımlar yapmaya dayanır. Veriler arasındaki benzerliklere göre sınıflandırma tahmini yapılır. Üç tür çiçeğin sepal (çanak yaprağı) ve petal (taç yaprağı) boyutlarının ölçülmesi örneğini ele alırsak ve her bir ölçüm seti için çiçeğin tam adı olmadan, üç ölçüm setini otomatik olarak tanımlamak için denetimsiz öğrenme teknikleri kullanılabilir. Ancak sınıfı bilinmediği için her küme çiçek türü 1, çiçek türü 2 ve çiçek türü 3 olarak adlandırılabilir. Yeni bir ölçüm seti verilirse, en yakın oldukları kümeyi bulabilir ve bunları rastgele üç farklı grupta sınıflandırabiliriz [2].

### E. Kümeleme

Kümeleme, benzerlik veya yakınlık ölçütlerine göre veri noktalarını gruplandırmayı amaçlayan bir denetimsiz öğrenmedir. Bu algoritmada, herhangi bir veri herhangi bir kategoriye atanmaz; bunun yerine, veri içindeki benzerliklere dayalı olarak örnekler doğal olarak kendi içinde gruplara ayrılır. Örneğin; bir perakende şirketi, müşterilerini belirli özelliklere göre segmentlere ayırmak istiyor. Bu durumda, kümeleme algoritması, müşterilerin alışveriş alışkanlıkları, harcama miktarları veya diğer benzer özelliklere göre müşteri gruplarını belirleyebilir. Bu sayede, şirket pazarlama stratejilerini belirli müşteri segmentlerine daha iyi uyarlayabilir. Bu algoritma sayesinde, veri setindeki müşteriler benzer özelliklere sahip oldukları için kümeleme algoritması tarafından otomatik olarak belirlenen gruplara ayrılır. Bu, şirketin müşteri tabanını daha iyi anlamasına ve özelleştirilmiş stratejiler geliştirmesine olanak tanır.

## III. TEKNİK YÖNTEMLER VE ALGORİTMALAR

Görüntü işleme, dijital görüntülerin analizi ve değiştirilmesi için kullanılan bir teknikler setidir. Bu alan, özellikle makine öğrenmesi ve yapay zeka uygulamalarında büyük önem taşımaktadır. Görüntü işlemenin başarısı, uygulanan algoritmaların ve tekniklerin etkinliğine bağlıdır. Bu bölümde, görüntü işlemede sıklıkla kullanılan bazı temel algoritmalar ve Python programlama dilindeki uygulamaları üzerinde duracağız.

### A. Python

Python, yüksek seviyeli, yorumlanabilir ve nesne yönelimli bir programlama dilidir. Kolay okunabilirliği, basit sözdizimi ve geniş kütüphane desteği ile her seviyede programcı arasında popülerdir. Python, veri analizi, web geliştirme, otomasyon, ve özellikle yapay zeka ve makine öğrenmesi gibi alanlarda yaygın olarak kullanılır. Görüntü işleme alanında, Python özellikle önemli bir role sahiptir. Görüntü işlemedeki bu önem, Python'un kapsamlı kütüphane ekosisteminden kaynaklanır. OpenCV, Pillow, Scikit-image gibi kütüphaneler, görüntü işleme ve analizi için güçlü araçlar sunar. Bu kütüphaneler sayesinde, kullanıcılar karmaşık görüntü işleme görevlerini kolayca gerçekleştirebilir. Örneğin, görüntü filtreleme, dönüşüm, nesne tanıma ve görüntü sınıflandırma gibi işlemler, Python kütüphaneleri kullanılarak etkili bir şekilde yapılabilir. Python'un bu yetenekleri, özellikle yapay zeka ve makine öğrenmesi uygulamalarında görüntü verilerinin analizi ve işlenmesi için vazgeçilmez hale gelmiştir.

#### 1) OpenCV (Open Source Computer Vision Library)

OpenCV, açık kaynak kodlu bir bilgisayar görüşü kütüphanesidir. Gerçek zamanlı görüntü işleme yetenekleriyle tanınır ve çeşitli dillerde (C++, Python, Java) kullanılabilir. Karmaşık görüntü işleme ve bilgisayar görüşü görevleri için geniş bir fonksiyon seti sunar. Görüntü filtreleme, dönüşümler, şekil algılama, yüz tanıma, nesne tespiti ve takibi, makine öğrenmesi entegrasyonu gibi özelliklere sahiptir.

Örneğin; Python'da Canny kenar tespiti algoritması ile kenar tespiti yapmak için aşağıda yer alan kod grubunu kullanabiliriz.

```
import cv2

# Görüntüyü yükle
image =
cv2.imread("C:/Users/gurka/OneDrive/Masaüstü/SELÇUK/NUMERİK
ALGORİTMALAR/tuz_biber_gurultulu_resim.png"
) # Görüntünün yolu

# Görüntüyü gri tonlamaya çevir
gray_image = cv2.cvtColor(image,
cv2.COLOR_BGR2GRAY)

# Görüntüleri göster
cv2.imshow('Original Image', image)
cv2.imshow('Gray Image', gray_image)

# Herhangi bir tuşa basılana kadar bekleyin
ve sonra tüm pencereleri kapat
cv2.waitKey(0)
cv2.destroyAllWindows()
```

Resim 1- OpenCV Örnek Kod

### B. Pillow (Python Imaging Library Fork)

Pillow, Python Imaging Library'nin (PIL) devamı niteliğinde bir kütüphanedir. Basit görüntü işleme ve görüntü manipülasyon işlemleri için kullanılır. Geniş format desteği ve kolay kullanımı ile dikkat çeker. Görüntü filtreleme, dönüşümler, şekil algılama, yüz tanıma, nesne tespiti ve takibi ve makine öğrenmesi entegrasyonu gibi özelliklere sahiptir.

Örneğin; görüntüyü açıp boyutunu değiştirmek için aşağıda yer alan kod grubunu kullanabiliriz.

```
from PIL import Image

# Görüntüyü yükle
image =
Image.open("C:/Users/gurka/OneDrive/Masaüstü/SELÇUK/NUMERİK
ALGORİTMALAR/original_image.png")
```

```
# 'C:/Users/gurka/OneDrive/Masaüstü/SELÇUK/NUMERİK
ALGORİTMALAR/original_image.png' bu
bölüme resmin uzantısının kopyalanması
gereklidir.
```

```
# Görüntünün boyutunu değiştir
resized_image = image.resize((xxx, yyy))

# xxx, yyy değerini girerek görselin
istediğimiz boyutunu görüntüleyebiliriz.

# Yeni görüntüyü göster
resized_image.show()
```

Resim 2- Pillow Örnek Kod

### C. Scikit-Image (SciPy Toolkit Image)

Scikit-image, SciPy ekosistemi içerisinde yer alan bir görüntü işleme kütüphanesidir. Bilimsel ve analitik görüntü işleme işlevleri sunar. Numpy dizileri ile uyumlu çalışır ve karmaşık görüntü işleme görevleri için kullanılır. Morfolojik işlemler, filtreleme, doku analizi, görüntü segmentasyonu, kenar ve köşe tespiti, görüntü dönüşümü ve restorasyonu gibi özelliklere sahiptir.

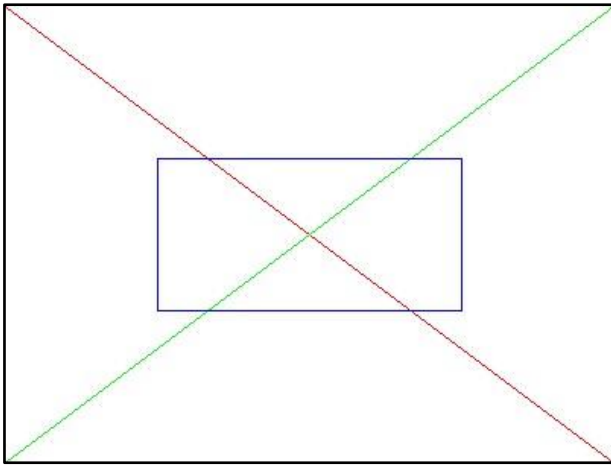
Örneğin; görüntüdeki nesnelere segmente etmek için aşağıda yer alan kod grubunu kullanabiliriz.

```
from skimage import io, filters

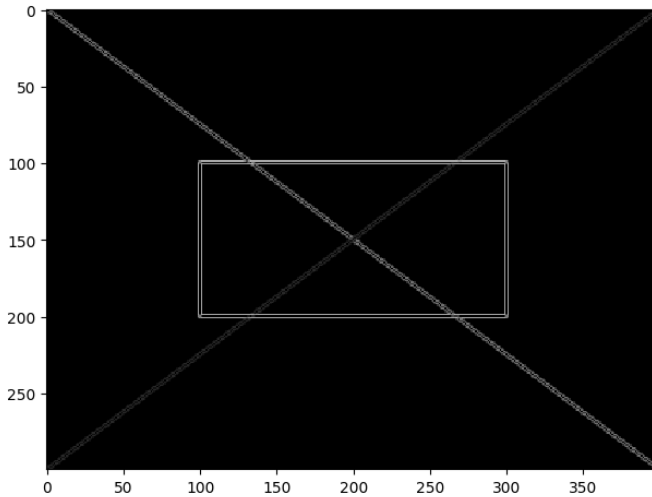
# Görüntüyü yükle
image =
io.imread('C:/Users/gurka/OneDrive/Masaüstü/SELÇUK/NUMERİK
ALGORİTMALAR/original_image.png',
as_gray=True)
```

```
#'C:/Users/gurka/OneDrive/Masaüstü/SELÇUK/N  
UMERİK ALGORİTMALAR/original_image.png' bu  
bölüme resmin uzantısının kopyalanması  
gereklidir.  
  
# Sobel filtresi uygula  
edges = filters.sobel(image)  
  
# Sonucu göster  
io.imshow(edges)  
io.show()
```

Resim 3- Scikit-Image Örnek Kod



Resim 4- Orjinal Resim



Resim 5- Scikit-Image Sobel Filtresi Uygulanmış Sonuç

#### D. Temel Görüntü İşleme Algoritmaları

1) Kenar Tespiti (Edge Detection) : Görüntülerdeki kenarları tespit etmek için kullanılan bir yöntemdir. Canny, Sobel, ve Prewitt algoritmaları bu alandaki popüler yöntemlerdir. Kenar tespiti, nesne tespiti ve görüntü segmentasyonu gibi alanlarda kullanılır.

2) Görüntü Filtreleme (Image Filtering): Görüş kalitesini artırmak veya istenmeyen gürültüyü azaltmak için kullanılır. Ortalama filtreleme, Gauss filtreleme ve medyan filtreleme, yaygın kullanılan filtreleme teknikleridir.

3) Morfolojik İşlemler (Morphological Operations): Görüntülerdeki şekiller üzerinde çalışır. Erozyon, genişleme, açılma ve kapanma işlemleri bu kategoriye girer. Bu işlemler, görüntü iyileştirme ve nesne çıkarımı için önemlidir.

4) Histogram Eşitleme (Histogram Equalization): Görüntünün kontrastını artırmak için kullanılır. Bu yöntem, görüntü histogramını yeniden dağıtarak görüntünün genel görünümünü iyileştirir.

#### IV. GÖRÜNTÜ İŞLEME

Görüntü işleme, basitçe ifade etmek gerekirse bir görselden bilgi çıkarmak olarak tanımlanabilir. Görsellere bilgisayar ortamında işlem yapılabilmesi için bilgisayarın bunu analiz edip işleyebileceği bir forma dönüştürmesi gerekmektedir. Bu sürece dijitalleştirme adı veriliyor. Görüntüdeki ışık bir mikroişlemci aracılığıyla önce elektriksel veriye, daha sonra da dijital veriye dönüştürülür.

Üç tür görüntü vardır: siyah beyaz, gri tonlamalı ve renkli. Yalnızca siyah beyaz piksellerden oluşan görüntüler siyah beyaz, gri tonları içeren görüntüler gri tonlamalı, RGB (Kırmızı, Yeşil, Mavi) katmanı içeren görüntüler ise renkli görüntü türü olarak sınıflandırılır [3].

##### 1) Siyah-Beyaz Görüntü

Siyah-beyaz görüntü, yalnızca iki renk tonunu içeren bir görüntüdür: siyah ve beyaz. Bu tür görüntülerde her piksel ya tamamen siyahtır (0), ya da tamamen beyaz (1). Siyah-beyaz görüntüler genellikle ikili nesne tanıma, kenar belirleme ve temel desen analizi uygulamalarında kullanılır.

##### 2) Gri Tonlamalı Görüntü

Gri tonlamalı görüntü, siyah-beyaz görüntünün aksine birden fazla gri tonunu içeren bir görüntüdür. Her pikselin gri tonu, siyah ile beyaz arasında bir değere sahiptir. Gri tonlamalı görüntüler genellikle daha fazla detay ve tonlama gerektiren uygulamalarda kullanılır, örneğin medikal görüntüleme ve fotoğraf düzenleme.

##### 3) RGB Görüntü

RGB görüntü, kırmızı (Red), yeşil (Green) ve mavi (Blue) renk kanallarının kombinasyonunu içeren bir renkli görüntü türüdür. Bu renk kanalları, her pikselin rengini belirler. Her bir renk kanalı 0 ile 255 arasında değer alabilir, bu da toplamda milyarlarca farklı renk tonu elde edilebileceği anlamına gelir. RGB görüntüler genellikle renkli fotoğraf ve video gibi uygulamalarda kullanılır.

### A. Görüntü İşleme Tekniklerinin Uygulama Alanları

Görüntü işlemeden birçok sektörde (askeri sanayi, robot teknolojileri, biyoloji, coğrafi analiz, tarım, kriminoloji, kalite kontrol vb.) faydalanılmaktadır. Görüntü işleme tekniklerinin öne çıkan özelliği uygulamanın düşük maliyetle hızlı ve başarılı sonuçlar üretebiliyor olmasıdır.

Tarımda ürünlerin renk ve boyut özellikleri başta olmak üzere bu verileri inceleyerek hastalık tespitini yapmak, olgunluk seviyelerini belirlemek ve hasat zamanı hakkında bilgi edinerek genel amaç olarak rekolte seviyesini artırarak verim elde edebilmek amacıyla makine öğrenmesi ve görüntü işleme teknikleri ile çözümler üretilebilmektedir.

Hayvancılıkta sektöründe canlı kütlelerinin bilinmesinin doğabilecek problemlerin önceden tahmini yüksek önem arz etmektedir. Büyük çiftliklerde hem iş gücünün yetersiz kalması ve zaman faktöründe iyileştirme sağlanabilmesi adına canlıların vücut ölçülerinin bir parametre içerisinde ortalama ağırlık tahmininde kullanıldığı bilinmektedir. Makine öğrenmesi ile görüntü işleme teknikleri ile de bu işlemler daha yüksek doğruluk oranında sonuçlar çıkarabilmektedir.

Güzel ve ark. (2019) Tokat'taki buğday tarlalarında yabancı hardal popülasyonunun varlığına ilişkin gerçek zamanlı yaptıkları çalışmada buğday topraklarındaki yabancı hardal popülasyonlarının %95-99 oranında doğru şekilde tespit edildiğini bildirmiştir [4].

Türkseven ve ark. (2018), İzmir Menemen'deki pamuk tarlalarında yabancı ot tespitinde geleneksel yöntemlere alternatif olarak İHA'larda kamera kullanarak uçarken görüntüler topladılar. Ayrıca mevcut yabancı otların konumunu GPS koordinatları olarak kaydederler. Ortaya çıkan görüntüleri tek bir programa dönüştürdükten sonra RGB ve NDVI haritalarının yabancı ot tespitinde faydalı olduğunu belirlediklerini bildirmiştir [4].

Cozler ve ark. (2019), Fransa'da deneysel süt istasyonunda ineklerin üç boyutlu vücut profilini kaydedip analiz edebilen bir araç üzerinde pilot çalışma gerçekleştirdi. Çalışmada, çevresi, göğüs derinliği ve kalça yüksekliği gibi vücut özelliklerini tahmin etmek için her biri bir lazer projektörle desteklenen ve bir laboratuvar istasyonuna yerleştirilen beş kamerayla donatılmış bir mobil cihaz kullanılarak ölçüleri alınan ineklerin görüntülerinin işlenmesi sonucunda ağırlık tahmininde bulunuldu [5]. Çalışmanın makine öğrenmesi ile görüntü işlenmesi sayesinde klasik yöntemlere göre daha az veri ile daha hızlı ve doğru sonuçlar çıkartabileceği kıymetlendirilmektedir.

Solak ve Altınışık (2018), görüntü işleme teknikleri ve kümeleme yöntemleri kullanılarak fındıkların tespiti ve sınıflandırılmasını temel alan çalışmalarında, fındıkların boyutlandırılmasını amaçlamışlardır. Fındıkları büyük, orta ve küçük olarak sınıflandırmışlardır. Analiz için ortalamaya dayalı sınıflandırma yöntemlerini ve K-ortalama kümelemeyi kullanmışlar ve çalışma sonucunda görüntü işleme tekniklerini kullanarak fındıkları %100 tespit etmişler. Dolayısıyla

önerdikleri yazılımın farklı nesnelere kullanarak sınıflandırma sürecinde etkili olacağı sonucuna varmışlardır [6].

Ahmed ve ark. (2019), görüntü işleme kullanarak mango meyvesinin şeklinden olgunluk düzeyini görüntü işleme teknikleri kullanarak belirlemeyi amaçlamıştır. Meyve olgunluğunu belirlemede en önemli fiziksel özelliklerin renk, şekil, boyut ve doku gibi dış özellikler olduğunu ancak mangolarında durumun farklı olduğunu söylediler. Mangoların şekli olgunluk ve kaliteyi belirlemede önemli bir faktör olduğundan, çalışmada mangolar şekle göre sınıflandırılmıştır. Çalışmada görüntü elde etme, ön işleme, segmentasyon, özellik çıkarma ve sınıflandırmayı içeren bilgisayarlı görme yöntemini kullandılar. Araştırma sonuçlarına göre sınıflandırmanın şekil tabanlı sınıflandırmayla tutarlı olduğu belirtilmektedir [7].

Göktuğ (2020), projesinde endüstriyel ekipmanlar kullanarak bir görüntü işleme uygulaması gerçekleştirmiştir. Bir bilgisayar ve buna veri sağlayacak yüksek çözünürlüklü kamera kullanmıştır. Kamera ile çekilen el yazısıyla yazılmış tekil rakamları içeren görüntüleri işleme tabi tutarak Python dilinde yazılmış yapay sinir ağı tarafından sınıflandırmıştır. Bu sayede günümüzde el yazısı ile olan bir metnin taranması ve herhangi başka dile çevrilmesi gibi işlemleri yüksek doğrulukta kolaylaştırmıştır [8].

Uğur (2023), OpenCV kütüphanesi ile Python yazılım dilinde kamera ile elde ettiği verileri kullanarak nesne tanıma üzerine bir çalışma yapmıştır. Enerji tasarrufu sağlamayı amaçlayan bu çalışmada ortam ve aydınlatma renklerinin nesne tanınması için gerekli kontrol yöntemleri kullanılarak aydınlatma sistemlerinin insan faktörü olmadan otonom olarak çalışması ve minimum enerji sarfıyatı ile çalışması hedeflenmiştir [9].

Murat (2019), görüntü işleme yöntemleri kullanarak gömülü mayınların konum tespitinin analizi yapmıştır. Alınan ısı, boyut, şekil gibi verilerin işlenmesi ile geliştirilen Hough dönüşümüne dayalı algoritma ile mayınların tespitini amaçlamıştır. Gözle tespit imkânı olmayan veriler tercih edilmiş olup, verideki gürültü oranı en yüksek olan alan içerisinde mayınların tespit edilebildiği sonucuna varılmıştır [10].

Sara (2017), çalışmasında kan damarlarının tespiti amacıyla görüntü işleme yaklaşımları ile tıp sektöründe hastalığa karşı uygulanabilir çözümler üretmeyi amaçlamıştır. Diyabetik Retinopati (DR) rahatsızlığının daha hızlı ve kolay bir yöntemle tespiti için karar verilmesini sağlayan gözdeki optik disk ve eksüdaların kapladıkları alan belirlenerek erken teşhis amaçlamıştır [11].

Ş.Murat (2021), çalışmasında mevcut Jeofizik haritalarının görüntü işlemeden yararlanılarak iyileştirilmesini incelemiştir. Amaç, konuya hâkim olmayan kişilerin de Jeofizik yöntemler ile elde edilen veriler ile jeofizik haritaları okuyabilmesidir. Harita üstünde daha çok öneme haiz noktaların fiziki olarak ön plana çıkarılarak önemsiz hususların ise yani gürültülü alanların

arka planda bırakılması için görüntü işlemeden faydalanılmıştır [12].

Mustafa (2020), sağlık sektöründe kullanılan ve seri üretimi yapılan bir ürünün hatalı olanlarının ayrıştırılmasını görüntü işleme tabanlı kalite kontrol sistemi ile sağlanmasını amaçlamıştır. Bu sayede kusurlu ürünlerin yüksek doğrulukta tespiti üreticilerin itibar problemi, kalite kontrol çalışanlarının da işinin basitleştirilmesi yanında insanın hata faktörünü de minimize etmiştir [13].

Enes (2023), çalışmasında alüminyum alaşımının değişken işleme parametrelerinin tornalama yöntemiyle işlenmesi, takım aşınmasının metal işleme teknolojisi kullanılarak görüntüleri, sıvama takımlarının taramalı elektron mikroskobu kullanılarak işlenmesiyle yüzey pürüzlülük değerleri elde edilmiş ve belirlenen güç tüketimi değeri test edilmiştir [14].

#### V. SONUÇ

Bu makalede, yapay zekânın, insan yeteneklerini taklit ederek ve aşarak bilgisayar ve robot sistemlerinin geliştirilmesi alanında nasıl kullanıldığına odaklandık. Bunlarla ilgili dönemimizdeki son kullanım alanlarındaki kabiliyetlerini gözlemledik. İnsanın işleme kapasitesini aşan veri miktarlarının artmasıyla birlikte, bu verilerin insan tarafından işleme olasılığının azaldığı ve doğruluğun düştüğü bir gerçektir. Bu bağlamda, makine öğrenmesinin özellikle görüntü işleme yeteneği üzerinde durduk.

Başlangıçta yapay zekânın doğal dil işleme, görüntü işleme gibi teknikleri birleştirerek görevleri otomatikleştirmeyi amaçlayan birçok alanda kullanıldığını belirttik. Makine öğrenmesi, bu yapay zekâ uygulamalarının temelini oluşturan önemli bir alt disiplindir.

Sonuç olarak, görüntü işleme yeteneği, verilerdeki bilgileri kullanarak analitik modeller oluşturabilme

yeteneğiyle ön plana çıkıyor. Bu, veri miktarının artışına rağmen doğruluk oranının düşmediği bir avantaj sağlar. Gelecekte, yapay zekânın etkileşimli ve karmaşık görevlerdeki rolü daha da artacak, bu da insanlığın birçok sektörde daha verimli ve yenilikçi olmasına olanak tanıyacağı kıymetlendirilmektedir.

#### REFERENCES

- [1] S. K. Kavuncu, Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme: Nesne Tanıma Uygulaması, Kırıkkale, 2018
- [2] Y. Kirelli, Tıbbi Görüntü Analizi Ve İşlemede Derin Öğrenme Modelleri, Sakarya, 2022
- [3] GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ KULLANILARAK RENKLİ OBJE TAKİBİ YAPMA, İBRAHİM YILMAZ
- [4] İ. Kadioğlu, Çukurova Buğday Ekiliş Alanlarında Görülen Yabancı Yulaf Türleri, Gelişme Biyolojileri, Buğday ile Karşılıklı Etkileşimleri ve Kontrol Olanakları Üzerinde Araştırmalar, Adana, 1989
- [5] A.E. Karahan, Makine Öğrenmesi Ve Görüntü İşleme Yöntemlerini Kullanarak Et Sığırlarında Canlı Ağırlık Tahmini, İzmir, 2020
- [6] Solak, S. ve Altınçık, U., Görüntü İşleme Teknikleri Ve Kümeleme Yöntemleri Kullanılarak Fındık Meyvesinin Tespit Ve Sınıflandırılması, Sakarya, 2018
- [7] Ahmad, K.A.B, Othman, M., Abdullah, S.L.S., Ali, N.R. ve Dawam, S.R.M., (2019). Mango Shape Maturity Classification Using Image Processing. In 2019 4th International Conference and Workshops on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE) (Syf. 1-5). IEEE.
- [8] G. Ülküer, Yapay Sinir Ağı Destekli Bir Endüstriyel Görüntü İşleme Uygulaması, İstanbul, 2020
- [9] U. Akış, Robotik Sistemlerde Görüntü İşleme Tabanlı Nesne Tanıma İçin Akıllı Ortam Aydınlatması, Çorum, 2023
- [10] M. Kılınç, Aktif Termal Görüntüleme Ve Görüntü İşleme Tekniklerinin Gömülü Mayınların Yerlerinin Belirlenmesinde Kullanılabilirliğinin Analizi, Ankara, 2019
- [11] S. Aldeeb, Kan Damarlarının Çeşitli Görüntü İşleme Teknikleriyle İncelenmesi, İstanbul, 2017
- [12] Ş.M. Gölebatmaz, Jeofizik Model Ve Haritaların Görüntü İşleme Yöntemleri İle İyileştirilmesi, Ankara, 2021
- [13] M. Tari, Görüntü İşleme Teknikleri İle Enjektör Üretiminde Kalite Kontrolü, Konya, 2020
- [14] E. Çelik, Aa7075 Alüminyum Alaşımının Tornalanmasında Takım Aşınmasının Görüntü İşleme Yöntemi İle Tahmini, Karabük, 2023

# Finans Sektöründe Makine Öğrenmesi

## Machine Learning in Finance

Pr KOUADRI<sup>1</sup>, O. BARAN<sup>2</sup>, B. MEKKİ<sup>3</sup> ve M.. HABBEŞ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Abdelmalek, University of M'hamed Bougara-Boumerdes, Algeria, Cezayir

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, [oguzhan.baran@selcuk.edu.tr](mailto:oguzhan.baran@selcuk.edu.tr)

<sup>3</sup>Halep, Suriye, [Betul.mekki3@gmail.com](mailto:Betul.mekki3@gmail.com)

<sup>4</sup>Suriye, yosy4779@gmail.com

**Özet** – Bilişim sektöründeki gelişimler bütün toplumumuza derinden etkilese de en fazla etkilediği alanlarda biri de finans sektörüdür. Bilişim sektöründe son zamanda yapay zekanın gelişmesiyle durdurulamaz bir ilerleme olmaya başlamıştır. Bu iki farklı sektörün birlikteliğinin hem müşteriler için hem de finans kurumları için çok fazla olumlu etki yarattığı konusunda çalışmalar hem fikir olmaktadır. Çalışmada sektörde kullanılan makine öğrenmesi tekniklerinden, kümeleme algoritmalarından bahsedilmiştir. Araştırmanın sonucunda, konuyla ilgili yapılan tezlerde makine ve derin öğrenme yöntemlerinin en çok finansal enstrümanların gelecekteki fiyatlarının tahminlemede, ardından finansal risklerin tespit edilmesinde, kurumsal finansal başarısızlık ve iflas tahmininde, müşterilerin derecelendirilmesinde ayrıca portföy optimizasyon modellerinde kullanıldığı belirlenmiştir. Bu çalışma finans sektörü ile makine öğrenmesinin birlikteliğinin incelendiği bir literatür taramasıdır.

**Anahtar Kelimeler** – Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme, Finans, Veri Madenciliği, FinTek.

**Abstract** – The developments in the information technology sector deeply affect our entire society, with one of the most impacted areas being the financial sector. With the recent advancement of artificial intelligence in the IT sector, an unstoppable progress has begun. Studies unanimously agree that the collaboration between these two different sectors has created highly positive effects for both customers and financial institutions. The study discusses machine learning techniques and clustering algorithms used in the industry.

The research concludes that machine and deep learning methods are extensively used in predicting future prices of financial instruments, followed by identifying financial risks, predicting corporate financial failures and bankruptcies, rating customers, and additionally in portfolio optimization models. This study represents a literature review examining the collaboration between the financial sector and machine learning.

**Key Words** – Machine Learning, Deep Learning, Finance, Data Mining, FinTech.

### I. GİRİŞ

Finansal piyasalar, ülkelerin ekonomileri ve reel piyasaları açısından önem arz etmektedir. Dünya çapında çok sayıda hizmet sağlayıcının, özellikle de bankaların mevcudiyeti nedeniyle pazar dinamik ve oldukça rekabetçidir. Finans şirketleri günümüzde, insanların paralarını saklayabilmesi için en güvenilir ortamlar haline gelmiştir [3].

Finansal piyasaların oluşum amacı, hisse senedi, tahvil vs. menkul kıymetler üzerinden fon arz eden tasarruf sahipleri ile

fon talep eden ihtiyaç sahiplerini bir araya getirmektir. Diğer bir deyişle, fon fazlası olan bireyler ile fon açığı olan bireylerin veya kurumların gereksinimlerini gidererek, ekonominin kalkınmasına katkıda bulunmaktır [2].

Bilişim sektöründeki gelişmeler diğer tüm sektörlerde olduğu gibi finans sektöründe de önemli değişikliklere neden olmuştur. 20. yüzyılın sonlarından itibaren bilgisayar ve yapay zekâ kullanımı finans sektöründe derin değişimlerin önünü açarak, finans aktivitelerini insanın yanı sıra makine merkezli hale getirmiş, insanlar gibi makinelerin de finans sektöründe birer aktör olarak yer almalarına neden olmuştur [1].

Son yıllarda finans sektörleri yapay zekâ algoritmalarının farkına varmakla kalmayıp yapay zekâ algoritmalarını sistemlerine hızlı bir şekilde entegre ederek yapay zekâ ile elde edilen başarılı sonuçlardan yüksek oranda faydalanmaya başlamıştır. Risk analizleri de artık yapay zekâ temelli algoritmalar ile desteklenerek işlem hacimlerinde artış, maliyet kısmında azalış trendleri elde edilmiştir.

Finans şirketleri, müşterilerine ürün satmak ve buna ek olarak müşterilerinin oluşturacak olduğu riskini de hesaplayarak, olası bir geri ödememe durumunu önceden öğrenerek, müşteriye göre aksiyon alınmasını sağlamaktadır [6].

Özellikle milyonlarca müşterisi olan ve bu müşterilere ait milyarlarca işlenmemiş ham verilere sahip bankalar bilişim odaklı çözümlere daha çok önem verir olmuştur [23]. Veri madenciliği, mevcut veri yığınlarından işe yarayacak önemli bilgileri çıkarmak ve bankacılık sektöründe daha iyi kararlar alabilmek için kullanılan bir araçtır. Verilerin toplanabilmesi ve veri ambarının oluşturulabilmesi için veri tabanlarındaki çeşitli verilerin uygun bir biçimde birleştirilmesi ve hazırlanması gerekir [24].

Finansal performans tahmininde son yıllarda yaygın olarak çeşitli makine öğrenmesi araçları kullanılmaktadır. Özellikle yapay sinir ağları araştırmalarda en çok çalışılan yöntem olarak ortaya çıkmaktadır [5].

### II. FİNANS SEKTÖRÜNDE MAKİNE ÖĞRENMESİ

Teknolojinin gelişimiyle birlikte finansal sektör de teknolojilerdeki ilerlemelere ayak uyduruyor. Makine öğrenimi, ekonomik ve finansal verilerin karmaşıklığının arttığı finansal piyasalara yönelik özel olarak tasarlanmış modern bir araç seti sunarak bu zorluklarla başa çıkmaya yardımcı oluyor.

Bu teknoloji, finansal sektörün gelişiminde önemli bir rol



oynuyor, özellikle bankalar arasında. Bankalar, müşterilerine sundukları ürün ve hizmetlerin belirlenmesi ve daha sonraki aşamalarda makine öğrenimi modellerini kullanmaya başladılar. Aynı şekilde, borsalardaki işlem hacmindeki artışlar nedeniyle riskleri azaltmak ve maliyetleri düşürmek için makine öğrenme tekniklerine başvurulmaya başlandı.

Makine öğrenimi, finansal veri setlerini ele alırken ekonometri sınırlarını aşarak, finansal araştırmalarda şeffaf bir araştırma aracı olarak önemli bir rol oynadığı yönündedir. Büyük ve karmaşık veri setleriyle başa çıkmak için çeşitli tekniklerin kullanılması, finans endüstrisi için mükemmel bir uygulama sunuyor.

Portföy yöneticileri genellikle yatırım kararlarını ham veri ve haberlerle analiz yaparak ve sezgilerine güvenerek verirler. Ancak bu kararlar her zaman rasyonel olmayabilir ve bireysel veya kurumsal düzeyde etkileşim eksik olabilir. Bu tür sorunları aşmanın bir yolu, finans sektörüne makine öğrenmesini entegre etmektir [7]

#### A. FinTech (Finansal Teknoloji)

FinTek, finans ve teknoloji kelimelerinin birleştirilmesiyle oluşan yeni bir kavramdır. FinTek geleneksel şirketlerin kullandığı iş geliştirme modelleri dışında, finansal hizmetlerinde teknolojik araçları kullanan kurumlar ve bu kurumların sağladığı hizmet ve ürünler olarak açıklanabilir. Daha da açık bir şekilde FinTek kavramı internet, mobil, veri analitiği gibi teknolojileri kullanarak ödemeler, varlık yönetimi, kitle fonlaması, kredilendirme, sermaye piyasası ve sigorta ürünlerinin sunulmasıdır.

#### B. Dijitalleşme (Dijital Dönüşüm)

Dijitalleşme veya diğer adıyla dijital dönüşüm bir kurumun iş modelinin, iş süreçlerinin ve verilerinin, geleneksel bir işletmeden modern dijital bir işletmeye geçişi için bilgi teknolojileri kullanma kabiliyetinin artırmasıdır. Dijital dönüşüm finans sektöründe birçok yeniliği beraberinde getirmiştir.

#### C. Kripto Paralar ve Blok Zincir

Finansal yeniliklerle gündeme gelen para yapılarının daha fazla teknoloji anlamında ele alındığı görülmektedir. Kripto paraların temelini oluşturan ve 2009 yılında Bitcoin ile gündeme gelen blok zincir teknolojisi büyük bir devrim niteliğinde görülmektedir. Blok zincir kısaca içerisinde kayıtların birbirine şifreleme (kriptografik) elementleriyle bağlı olduğu (hash fonksiyonları) sürekli büyüyen dağıtık veri tabanıdır [7].

### III. BÜYÜK VERİ

Büyük veri medya paylaşımları, ağ günlükleri, bloglar, fotoğraf, video, log dosyaları, mikrobloglar, iklim algılayıcıları ve benzer sensörlerden gelen veriler, GSM operatörlerinden elde edilen çağrı kayıtları gibi farklı ve ilişkisel veri tabanlarında barındırılan ve yapısal verinin dışında kalan veri yığıdır [6].

Zamanla, banka müşterileri bilinçli veya bilinçsiz bir şekilde kendileriyle ilgili çeşitli verileri bankayla paylaşırlar. Bu

veriler, müşterilerin yaşam tarzlarını, kişisel özelliklerini, finansal durumlarını, alışkanlıklarını ve eğilimlerini içerir ve önerilen projelerin temelini oluşturur.

Müşteri bilgilerinin periyodik olarak güncellenmesi gereklidir; bu da verilerin dinamik bir yapıda olduğu ve zamanla değişebileceği anlamına gelir. Ayrıca, oluşturulan veri bütünlüğü, işlemlerin kolaylıkla gerçekleştirilmesine olanak tanır.

Müşteriyi en iyi şekilde anlama ve tanımlama, müşteriden elde edilen bilgilerle mümkündür. Yapay zekâ destekli sistemlerin başarısı için yeterli miktarda veri önemlidir; daha fazla veri, daha doğru müşteri sınıflandırması ve kararlar anlamına gelir. Bu nedenle, mümkün olduğunca çok müşteri verisinin toplanması önemlidir, ancak bu bilgiler önceden kategorize edilmelidir.

Banka müşterilerini Gerçek ve Tüzel olmak üzere iki sınıfa ayırıp, bu sınıfların potansiyel özelliklerini ayrı ayrı incelemek önemlidir.

#### A. Gerçek Kişilerin Öznitelikleri

İsim, yaş, cinsiyet, gelir bilgisi, çocuk sayısı, medeni durum, eğitim durumu, iş bilgisi, yaşanılan semt gibi temel öznitelikler bir müşteriyi daha iyi tanımak ve tanımlamak için yeterli değildir. Mutlaka daha farklı ve detaylı verilerin de alınması gereklidir. Müşterilere ait olası öznitelikler şunlar olabilir:

- Sağlık durumu
- Davranış durumları:
- Belirli bir zaman diliminde telefon bankacılığını kullanma sıklığı
- Kullanım süresi
- Gece veya gündüz kullanım durumu
- İnternet bankacılığına bağlanma süresi
- Banka şubesinde bekleme süresi. Bu süre şubeye giriş ve işlem bitimine kadar geçen süreyi kapsamaktadır
- Banka şubesine gitme sıklığı
- Gidilen banka şubesinden müşterinin yaşadığı veya çalıştığı bölgenin tespiti
- Aylık ve yıllık İşlem potansiyeli
- Bankamatik kullanım sıklığı
- Hangi şehirdeki ve semtteki bankamatikleri kullandığı
- Kredi kartı ile mekâna bağlı alışveriş hareketleri
- Kredi kartı ile zamana bağlı alışveriş hareketleri
- Kredi kartı ile alınan tüketim malzemeleri türü (Ek kredi kartı için de aynı analizler yapılabilir)
- Sanal kredi kartı kullanım miktarı, oranı
- Müşteri temsilcisini arama sıklığı
- Müşteri temsilcisini arama nedeni
- Bankaya E-posta gönderme sıklığı
- Bankaya E-posta gönderme nedeni
- Yazılı iletişimde ifade gücü, imla kurallarına uyup uymadığı vs.
- Hangi numaradan (şehir ya da cep numarası) aradığı
- Ses tonu ile kişisel özellik analizi (nazik, agresif, kaba, medeni, eğitimsiz vs.)
- Sosyal medya aracılığı ile ulaşım ulaşmadığı
- Fatura ödeme türleri

- Ödemelerini ne düzende yapabildiği
- Hangi şubeleri ziyaret ettiği
- Şubeleri ziyaret etme nedeni
- Bankaya yaptığı şikâyetlerin türü
- Bankaya yaptığı şikâyetlerin nedeni
- Problemin hukuki süreçte olup olmadığı
- Şikâyetvar.com gibi sitelere banka hakkında şikâyette bulunup bulunmadığı
- Bankadan alınan hizmet türleri
- Alınan hizmetlerden duyulan memnuniyet düzeyi
- Bankanın önerdiği ürün ve hizmetlerden hangilerini reddettiği
- Bankadan alınan ürün ve hizmet bilgileri ve türleri
- Müşteri temsilcisinin müşteriyi tel ile arayıp ürün veya hizmet satmak istemesi karşısında müşterinin tutumu (Bu bilgi
- Özellikle Makine Öğrenmesi ile yapılan sınıflandırma algoritmalarında kullanılabilir.)
- Kredi kartı ve diğer faturalarını düzenli ödeme niteliği
- Mobil cihazlar ile İnternet Bankacılığı kullanıyor mu?
- Kullandığı İnternet Bankacılığı servisleri
- Aylık İnternet Bankacılığı işlem kapasitesi
- Turist olarak yurt içinde nerelere gittiği
- Turist olarak yurt dışında nerelere gittiği
- Turistik gezilerinde kaç gün kaldığı ve ne kadar harcama yaptığı
- Ne sıklıkta tatile çıktığı
- Yaz turizme gidip gitmediği
- Kış turizme gidip gitmediği
- Yurt dışı turizme gidip gitmediği
- Akaryakıt alım sıklığı
- Birim zaman diliminde banka ile geçirdiği süre (Telefonda, şubede, web'de)
- Vadesiz hesap miktarı
- Vadeli hesap miktarı
- Altın hesabı
- Son birkaç aylık veya yıllık mevduat ortalaması
- Son birkaç aylık veya yıllık işlem miktarı
- Son birkaç aylık veya yıllık işlem hacmi

Yukarıda bahsi geçen birçok özneliği alabileceği cevaplar kategorize edilmelidir. Ayrıca bazılarının cevapları ise reel sayılara dönüştürülmelidir. Elbette ki Makine Öğrenmesi gibi yapay zekâ alanında elde edilen verilerin tamamı kategorize edilmiş nominal veya reel olmalıdır ki gerekli yapay karar destek sistemleri inşa edilebilsin.

#### B. Tüzel Kişilerin Öznelikleri

Gerçek kişilikteki özneliklerden uygun olanların seçilerek Tüzel kişiliklere ilave edilmesinin yanında olası diğer öznelikleri şunlar olabilir:

- Şirket kredi kartı harcama bilgileri
- Şirket kredi kartı ile harcama türleri
- Şirket kredi kartı ile harcama yapılan mekân bilgisi
- Şirket kredi kartı ile yapılan harcama miktarı
- Şirketin bankada bulunan nakit durumu

- Şirket çalışanlarına ödenen maaş bilgileri
- Şirket çalışan sayısı
- Şirket çalışanlarının yukarıda bahsedilen (Gerçek Kişilik Öznelik) bilgileri
- Şirket araçlarının akaryakıt alım bilgileri (alım miktarı, alım yapılan mekân bilgileri, alım sıklıkları)
- Şirket araç sayısı

Gerçek ve tüzel kişilere ait çok sayıda tanımlayıcı bilginin (özneliğin) varlığı, yapay öğrenme sistemleri için genel bir zorluk oluşturabilir. Ancak, büyük veri analizi bağlamında ve uygun yazılımsal ve donanımsal araçların kullanılmasıyla projeler başarılı sonuçlar elde edebilir. Özellikle, müşterilere ait çok boyutlu ve çok sayıda özneliğin bulunduğu veri setlerinde, öğrenme ve sınıflandırma araçlarının başarı seviyeleri düşebilir veya bazı sapmalar görülebilir. Bu tür durumlarda, boyut indirgeme algoritmaları tercih edilir [22].

#### IV. SEKTÖRDE MAKİNE ÖĞRENMESİNİN KULLANILABİLECEĞİ ALANLAR

Otomatik makine öğrenimi, çeşitli alanlarda avantaj sağlayabilir.

**Müşteri Skorlaması:** Müşteri davranışları ve veri analiziyle müşteri memnuniyetini tahmin etmek için kullanılır.

**Müşteri Kaybı Skorlaması:** Mevcut müşterileri elde tutmak, yeni müşteri edinmekten daha maliyetlidir. Bu nedenle, müşteri kayıplarını öngörmek ve önlemek için kullanılır.

**Yönlendirme Skorlaması:** Potansiyel müşterilerin değerlendirilmesi ve en uygun yaklaşım yöntemlerinin belirlenmesi için kullanılır.

**Satış Frekansının Tahmini:** Özellikle tekrarlayan alışverişler üzerinde çalışarak müşterilere doğru zamanda öneriler sunmayı amaçlar.

**Müşteri Yaşam Değeri:** Müşterinin toplam alışveriş değerini tahmin etmek ve buna göre pazarlama stratejileri belirlemek için kullanılır.

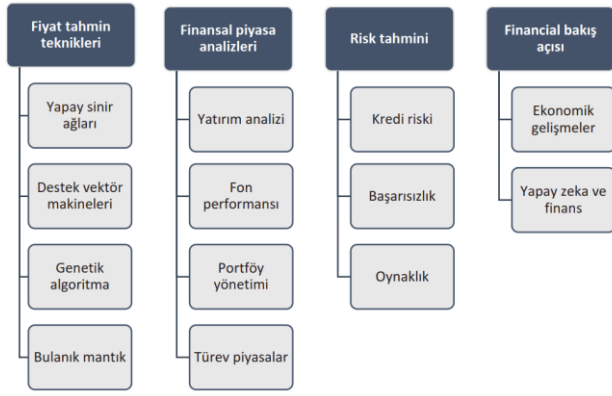
**Müşteri Yaşam Süresi:** Müşterinin sistemde kalma süresini tahmin etmek ve bu süreyi en verimli şekilde yönetmek için kullanılır.

**Ödeme Riski Skoru:** Borç tahsilatı için müşterilerin ödeme risklerini belirlemek ve açıklanabilir yapay zekâ ile ödeme faktörlerini analiz etmek amacıyla kullanılır.

**Potansiyel Müşteri Skorlaması:** Potansiyel müşteriler arasında kimlerin müşteri olma ihtimalinin yüksek olduğunu tahmin etmek için kullanılır.

**Finansal ve Satış Anomalileri:** Şirketlerin satış kanallarındaki veya finansal akıştaki anormallikleri tespit etmek ve bu durumlara hızlı şekilde müdahale etmek için kullanılır.

**Rakip İndeks Analizi:** Birden fazla firmanın performansını karşılaştırmak için kullanılır ve bu indeksler geniş bir yelpazede kullanılabilir [17].



Şekil 1. Makine Öğrenmesinin Kullanım Alanları

## V. SEKTÖRDE KULLANILABİLECEK VERİ MADENCİLİĞİ VE MAKİNE ÖĞRENMESİ TEKNİKLERİ

Yapay Zekâ alanında Makine Öğrenmesi, Veri Madenciliği ve Bilgi Keşfi ile Şekil Tanıma disiplinlerinden seçilen özgün ve ihtiyaca uygun metotları kullanarak bir karar destek modeli geliştirmektedir. Teknik olarak projede kullanılacak olan algoritmalar şu ana başlıklar altında incelenebilir:

- **Sınıflandırma:** Verileri belirli kategorilere ayırma yöntemi.
- **Kümeleme:** Benzer özelliklere sahip verilerin gruplanması.
- **İlişkilendirme:** Veriler arasındaki ilişkilerin analizi ve birlikte görülmeye sıklıklarının belirlenmesi.
- **Tahmin ve Reel Değerlerle Sınıflandırma:** Gelecekteki olayları tahmin etmek veya sayısal verilerle sınıflandırmak için kullanılan metotlar.
- **Görselleştirme:** Verilerin grafikler veya görsel araçlarla incelenmesi.
- **İstatistiksel Analiz:** Verilerin istatistiksel yöntemlerle analizi.
- **Zamanla Değişen Dinamik Yöntemler:** Zaman serileri veya sürekli değişen verilerle ilişkili analiz yöntemleri.

Bu şekilde projede kullanılacak metotlar, özgün bir karar destek modeli oluşturmak için çeşitli teknik yaklaşımları içermektedir [12].

## VI. MAKİNE ÖĞRENMESİ

Son yıllarda bilgisayarların işlem gücü ve kapasitesinin artmasıyla birlikte makine öğrenmesi algoritmalarının popülerliği de artmıştır (2).

Makine öğrenimi, yazılım uygulamalarının sonuçlarını daha hassas bir şekilde tahmin etmeyi amaçlayan yapay zekâ alanıdır. Bu algoritma türleri geçmiş verilere dayalı olarak çalışır ve yeni çıktılar tahmin etmek için geçmiş verileri kullanır.

Makine öğrenimi dört temel yaklaşımı içerir:

**Denetimli öğrenme:** Veri bilimcileri, algoritmaların belirli değişkenler arasındaki ilişkileri değerlendirmesi için etiketlenmiş eğitim verileri sağlar. Algoritmanın hem giriş hem de çıkışı önceden belirlenmiştir.

**Denetimsiz öğrenme:** Bu tür öğrenme, etiketlenmemiş veriler üzerinde çalışır. Algoritma, anlamlı ilişkiler arayan veri

kümelerini tarayarak öğrenilmiş veriler ve tahminler/öneriler üretir.

**Yarı denetimli öğrenme:** Bu yaklaşım, denetimli ve denetimsiz öğrenmenin bir karışımıdır. Veri bilimcileri genellikle eğitim verilerini etiketlerle beslerken, model veri kümelerini de kendi anlayışlarıyla keşfetme yeteneğine sahiptir.

**Pekiştirmeli öğrenme:** Burada, veri bilimcileri genellikle bir makineye çok adımlı bir süreci tamamlaması için öğretmek için pekiştirmeli öğrenmeyi kullanır. Algoritma bir görev tamamlama sürecinde olumlu veya olumsuz geri bildirimler verir. Algoritma çoğunlukla, görevi tamamlamak için kendi kararlarını verir, ancak araştırma aşamasında belirli yönlendirmeler alabilir [8].

Makine öğrenmesi, verileri ayırtmak, onlardan öğrenmek ve ardından bir durum hakkında bir belirleme veya tahmin yapmak için algoritmaları kullanma işlemi olarak tanımlanabilir. Makine öğrenmesi Şekil 1' de gösterildiği gibi birçok finansal kararlarda kullanılabilir ve bu alanın gelecek yıllarda daha hızlı bir gelişim göstereceği beklenmektedir [6].

## VII. SINIFLANDIRMA ALGORİTMALARI

Makine öğrenimi, geniş bir problemler yelpazesinde kullanıldıkça bir dizi algoritma geliştirilmiş ve sürekli olarak ilerlemiştir. Bu süreçte, birçok gelişmiş algoritma modeli ortaya çıkmıştır. Bunlar arasında Yapay Sinir Ağları (YSA), karar ağaçları (DT), rastgele ormanlar (RF), Naive Bayes (NB), XGBoost, Bagging ve Boosting gibi modeller bulunmaktadır [18].

### A. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyninden ilham alınarak geliştirilen ve ağırlıklı bağlantılarla birbirine bağlanan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır. Bu yapay ağlar, kendi belleğine sahip işlem elemanlarından oluşur ve biyolojik sinir ağlarının bilgisayar programlarıyla taklidini içerir [25].

YSA'lar, tahmin, sınıflandırma ve kümeleme gibi problemlerin çözümünde kullanılan doğrusal olmayan modellerdir. Bu yapay ağlar, sayısal verileri işleme, saklama, örneklerden öğrenme ve hiç görmediği örnekler hakkında bilgi üretme, sınıflandırma ve desen tamamlama gibi özelliklere sahiptir.

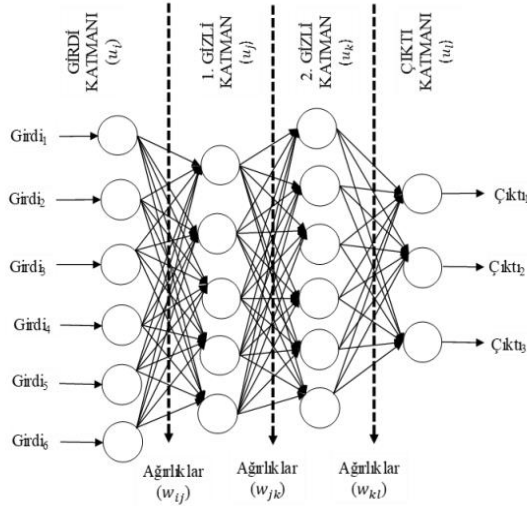
YSA'lar, finansal konular, mühendislik, tıp bilimi, savunma sanayi gibi birçok alanda günlük hayatta yaygın bir şekilde kullanılabilir. Özellikle makroekonomik tahminler, banka kredisi değerlendirmeleri, döviz kuru tahminleri, risk analizleri ve petrol fiyatlarının tahmini gibi finansal konularda geniş bir uygulama alanına sahiptir.

Aşağıda YSA'nın özellikleri kısaca açıklanmıştır:

- **Doğrusal Olmama:** Yapay Sinir Ağları (YSA'lar), yapısında yer alan yapay sinir hücreleri doğrusal olmayan yapılara sahiptir. Bu özellikleri, karşılaşılan birçok problemde doğrusal olmayan ilişkilerin çözümünde etkin bir yöntem sunar.
- **Genelleme:** YSA'ların öğrenme sürecinde hiç görmediği yeni girdilere dayanarak anlamlı çıktılar üretebilme yeteneği olarak tanımlanır.
- **Öğrenme:** YSA'nın problemle ilgili verileri kullanarak içindeki gizli ilişkileri keşfetmesidir.

• **Hata toleransı:** Paralel ve dağıtılmış yapay sinir hücrelerinin ağı oluşturduğu YSA'lar, bazı bağlantıların veya hücrelerin etkisiz hale gelmesine rağmen önemli hatalara yol açmaz. Bu özellik, YSA'nın geleneksel yöntemlere kıyasla daha hoşgörülü olduğunu gösterir.

• **Uyarlanabilirlik:** YSA'nın problemdeki değişikliklere uyum sağlama yeteneğini ifade eder. Bu sayede, yeni problemlere göre yeniden adapte olabilmeye özelliği, örneğin uyarlamalı örnek tanıma, sinyal işleme, sistem tanımlama ve denetim gibi alanlarda kullanılabilir [9].



Şekil 2. Çok Katmanlı Algılayıcılar

### B. Destek vektör makineleri

DVM'nin YSA'ndan farkı, aslında diğer tüm sınıflandırma yaklaşımlarından farkı, ampirik risk minimizasyonu ilkesi yerine Yapısal Risk Minimizasyonu (YRM) ilkesine dayanan bir hata minimizasyonu tekniği geliştirmesidir. Ampirik risk minimizasyonu nedir? Modeller doğru tahminleme yapabilmek için, hatalarını minimize etme yoluna giderler. Hata ya da risk olarak adlandırılan ve modelin gerçek çıktı değerinden farklı bir çıktı üretmesi olarak tanımlanan ampirik risk ilkesi aslında gerçek riskin aynısı değildir. Gerçek risk, kullanılan diğer ismiyle beklenen risk;

$$R(\alpha) = \int L(y, f(x, \alpha)) dP(x, y) \quad (1)$$

şeklinindedir. Fakat burada veri kümesinin olasılık dağılımı, yani  $dP(x, y)$ , bilinmediği için bu formülle risk minimizasyonu gerçekleştirilememektedir. Beklenen risk minimize edilemediği için, onun yerine ampirik risk minimizasyonuna gidilir:

$$Remp(\alpha) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ((y_i - f(x_i, \alpha))^2) \quad (2)$$

İstatistikte merkezi limit teoremi gereği, örnekleme ne kadar büyür ve ana kütleyle yakınlaşırsa, standart hata o kadar azalır. Yani örneklemin anakütleyle temsil kabiliyeti artar. Hatta örneklem büyür ve anakütleyle eşit olursa bu durumda standart hata sıfır (0) olacaktır [11].

### C. Rassal Orman Regresyonu

Rassal Orman (RF), Breiman (2001) tarafından geliştirilen karar ağaçlarına dayanan sınıflama ve regresyon analizinde

sıklıkla kullanılan bir topluluk makine öğrenmesi yöntemidir. RF, modelin sapmasını ve varyansını azaltmak amacıyla çok sayıda karar ağacını birbirlerine paralel olacak şekilde büyütür. Modelin eğitilmesi amacıyla veri setinden bootstrap yöntemiyle ile örneklem çekilir ve her örnek sınıflama veya regresyon ağaçlarını büyütme amacıyla kullanılır. Burada önemli olan adım ise tüm tahmin ediciler yerine, bölünmüş örneklem içerisinden daha az sayıda ve uygun olan tahmin ediciler seçilir. Bu adım karar ağacı yeteri kadar büyüene kadar devam ettirilir ve yeni veri seti bu karar ağaçlarından elde edilen tahminlerin toplanmasıyla oluşturulur [13].

RF regresyonuna ait fonksiyon Eşitlik 3'deki gibi gösterilebilir:

$$f_{RF}(x) = \frac{1}{C} \sum_{i=1}^C T_i(x) \quad (3)$$

Eşitlik 3'da  $x$  girdi vektörü,  $C$  ağaç sayısı ve  $T_i(x)$  ise bootstrap örnekleri kullanılarak elde edilen regresyon ağacıdır [14]. RF regresyonu kurulurken izlenecek adımlar aşağıdaki gibidir:

1.  $n$  adet bootstrap örneği yerine koyma yöntemiyle orijinal veri setinden çekilerek bireysel olarak regresyon ağaçlarının büyütülmesi amacıyla kullanılır.

2. Eğitim veri seti içerisinden elde edilen örneklere "başarılı örnekler" olarak adlandırılırken geriye kalan örnekler "başarısız örnekler" olarak adlandırılır.

3. Her bir karar ağacını inşa etmek amacıyla rastgele sayıda özellik seçilerek yapraklar ve düğümler oluşturulur. Böylece modelin doğruluğunu artırmak amaçlanır.

4. RF regresyonun probleminde, bir özellik "kök düğüm" olarak atanır ve veri seti sırasıyla bölünür ve dallara ayrılır. Böylece yukarıdan başlanılarak aşağıya doğru bir regresyon ağacı kurulur [15].

### D. Ekstrem Gradyan artırma (xgboost)

Temeli Karar Ağaçlarına dayanan topluluk makine öğrenmesi yöntemi olan Extreme Gradient Boosting (XGBoost), genellikle regresyon ve sınıflandırma problemlerinde kullanılmaktadır. XGBoost'un en önemli özellikleri arasında; ölçeklenebilir olması ve yüksek hesaplama yeteneğine rağmen düşük hafızaya gereksinim duyması gösterilebilir [16]. Ayrıca XGBoost, makine öğrenmesi yöntemlerinde sıklıkla karşılaşılan bir problem olan aşırı öğrenme ve aşırı uyum sorunlarını en aza indiren bir "düzeltme terimine" sahiptir.

Düşük hafıza gerekliliği ve yüksek hesaplama yeteneği nedeniyle veri boyutunun sürekli ve hızlı arttığı finansal zaman serisi alanında çalışan araştırmacı ve uygulamacılar için kullanışlı bir yöntem haline gelmiştir. XGBoost topluluk makine öğrenmesi yönteminin amaç fonksiyonu;

$$L(\phi) = \sum_{i=1}^n \ell(y_i, \hat{y}_i) + \sum_{k=1}^K \Omega(f_k) \quad (4)$$

şeklinde tanımlanabilir. Eşitlik 4'de,  $\ell$ , konveks ve türevlenebilir bir kayıp fonksiyonudur. Bu fonksiyon, tahminlenen değer ( $\hat{y}_i$ ) ile gerçek değer ( $y_i$ ) arasındaki farkı ölçmektedir. Her bir  $f_k$  ise birbirlerinden bağımsız olan bir ağaç yapısına ve bağımsız ağaçların yaprak ağırlıklarına

karşılık gelmektedir. Düzeltme terimi  $\Omega$ , Eşitlik 4'in ikinci bileşeni ise;

$$\Omega(f) = \gamma T + 1/2 \lambda \|w\|_2^2 \quad (5)$$

ile gösterilebilir. Eşitlik 5'de, karmaşıklık parametresini  $\gamma$ , karar ağacındaki yaprak sayısını T, yaprak düğümlerinin ağırlıklarını  $w$  ve aşırı uyum parametresini  $\lambda$  göstermektedir. XGBoost yöntemine ait önemli özellikler aşağıda sıralanmıştır;

- Veri setinde içerisinde kayıp veya eksik gözlem varsa XGBoost bu gözlemleri otomatik olarak doldurur. Bu durumda araştırmacı tamamlanmış veri setini kullanabilir.
- Makine öğrenmesi yöntemlerinde genellikle kullanılan eşit ağırlıklı veri setlerine ek olarak XGBoost ağırlığın eşit olmadığı veri setleri üzerinde de rahatlıkla kullanılabilir [13].

#### E. Karar Ağaçları

Karar ağaçları, sayısal değerlerin belirli eşik değerlerine göre nasıl işleneceğini belirleyen bir dizi karar mekanizmasını birleştiren bir ardışık modeldir. Genellikle gruplama veya sınıflandırma amaçlarıyla kullanılır. Bir karar ağacı, genel bir yapıdan özelleşmiş bölümlere doğru dallanan bir yapıya sahiptir. Her düğüm, belirli bir kategori veya özelliği temsil eder ve alt gruplar, bu düğümlerde belirlenen değerlere göre ayrılır. Bu model, yüksek hassasiyeti nedeniyle çeşitli alanlarda kullanılabilir. Ancak, herhangi bir intihal içermeyecek şekilde metni değiştirebilirim [19].

#### F. Naive Bayes

Bayes Teoremi, sınıflandırma amaçlı kullanılır ve bu teorem, sınıflandırmanın tahmin edici tarafından bağımsız bir şekilde işlem yaptığı varsayımına dayanır. Yani, Naive Bayes (NB) sınıflandırıcısı, belirli bir sınıftaki özelliklerin diğer tüm özelliklerden bağımsız olduğunu düşünerek çalışır. NB modeli, büyük veri kümeleri oluşturmak ve veri seti üzerinde daha derin bir analiz yapabilmek için kullanılabilir. Ayrıca, son derece basit ve özelleştirilebilir bir modeldir. Basit işleyiş prensibi sayesinde, karmaşık problemlerde bile yüksek performans sergileyebilir. Bayes teoremi matematiksel olarak Eşitlik 6'da ifade edilmiştir.

$$P\left(\frac{a}{y}\right) = \frac{P\left(\frac{a}{y}\right)P(a)}{P(y)} \quad (6)$$

Burada a ve y birer olaydır ve  $y \neq 0$ 'dır. Kısacası burada y olayının doğru olması durumunda a olayının olma olasılığı bulunmaya çalışılmaktadır [21].

#### G. Torbalama

Boosting'in temel çalışma prensibi, her veri örneğine başlangıçta aynı ağırlığı vermek ve ardışık iterasyonlarda, modelin o örneği doğru tahmin edip etmediğine göre sürekli olarak ağırlıkları ayarlamaktır. Gelecekteki iterasyonlarda yanlış tahmin edilen eğitim örneklerinin önemini artırarak önceki iterasyonlardan öğrenir. Ancak torbalamada, temel öğrencileri bağımsız olarak eğitir ve modelin tahminlerinde çeşitlilik oluşturmak için veri dönüşümlerini kullanırlar. Bagging, tahmin modellerinin kararlılığını ve doğruluğunu artırmak için kullanılan bir topluluk öğrenme tekniğidir [20].

#### KAYNAKLAR

- [1] Ceyhan, İ. F. (2023). Finans Alanında Makine ve Derin Öğrenmenin Kullanılması: Lisansüstü Tezlerde Sistematik Literatür Taraması. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 12 (3), 2187-2209
- [2] Kırca, S., Güldeniz, C., Güneş, V. (2022). Makine Öğrenmesi Yaklaşımı ile Acente Kredi Riski Hesaplama. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 15 (2)
- [3] Uyar, U., Yavuz, M. (2022) Entelektüel Sermaye ve Hisse Fiyatı Arasındaki İlişkinin Makine Öğrenmesi ile İncelenmesi. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 8 (2), 214-228
- [4] Özcan, B., Kayapınar, Kübra., Adem, K. (2023). Gelişen Teknoloji ile Bankacılık Sektöründe Veri Analitiği: Müşteri Kaybı Tahmini İçin Makine Öğrenmesi Yaklaşımları. Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Dergisi, 2 (1), 74-84
- [5] Yurttabir, A., Kıymetli Şen, İ. (2021). Finansal Performans Tahmininde Prophet Modeli: İmalat Sektörü Uygulaması. *Journal of Economics, Finance and Accounting*, 8 (4)
- [6] Yıldız, A. (2022). Finans Alanında Yapay Zekâ Teknolojisinin Kullanımı: Sistematik Literatür İncelemesi. *Pamukkale Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 52, 47-66.
- [7] Yılmaz, V. (2019). Finansmanı Öğrenen Makineler, *4th International Symposium on Innovative Approaches in Social Human and Administrative Sciences*, 4, 187-192
- [8] Öztoprak, S., Orman, Z. (2022). Finansal Verilere İlişkin Tahminleri Açıklamaya Yönelik Yeni Bir Model-Agnostik Yöntem ve Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 38. 32-39,
- [9] Yürük, M.F. (2019), Yapay Zekâ Yöntemleri ile İşletmelerin Finansal Başarısızlığının Tahmin Edilmesi. Doktora Tezi. *Gaziantep Üniversitesi İİBF*.
- [10] Cura, T. (2008). Modern Sezgisel Teknikler ve Uygulamaları. *Papatya Yayıncılık*.
- [11] Korkmaz, G. (2020). Yapay Zekâ Yöntemleriyle Sınıflandırma ve Finans Sektöründe Kurumsal Müşterilere Dönük Bir Uygulama. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 11,2.
- [12] Bulut, F. (2019). Bankacılık Sektöründe Yeni Özniteliklerle ve Makine Öğrenmesi Yöntemleriyle Müşteri İlişkileri Yönetiminin Zenginleştirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 382-394.
- [13] Doğan, S. Büyükkör, Y., (2022). Makine Öğrenmesi ile Finansal Zaman Serisi Tahminleme. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24/3
- [14] Ahmad, M.W., Reynolds, J., Rezgüi, Y. (2018). Predict & Modelling for Solar Thermal Energy Systems: A Comparison of Support Vector Regression, Random Forest, Extra Trees and Regression Trees. *Journal of Cleaner Production*, 203, 810-821
- [15] Wang, L., Zhou, X., Zhu, X., Dong, Z., Guo, W. (2016). Estimation of Biomass in Wheat Using Random Forest Regression Algorithm and Remote Sensing Data. *The Crop Journal*, 4(3),212-219
- [16] Chen, T., & Guestrin, C. (2016, August). Xgboost: A Scalable Tree Boosting System. In Proceedings of the 22nd Acm Sigkdd International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (pp. 785-794).
- [17] Şeker, S. E. (2020). OptiScorer: Otomatik Makine Öğrenmesi ile Skorlama. *YBS Ansiklopedisi*, 8 (1)
- [18] Oktay, S., Bakır, H., Tabaru, T. E. (2023). Makine Öğrenmesi Teknikleri Kullanılarak Bankalardaki Potansiyel Müşterilerin Sınıflandırılması. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 12 (2), 22-41
- [19] Charbuty, B., of Applied Science, A. A.-J., Technology, & undefined 2021. (2021). Classification based on decision tree algorithm for machine learning. *Jastt.Org*, 02(01), 20–28. <https://doi.org/10.38094/jastt20165>
- [20] González, S., García, S., Del Ser, J., Rokach, L., & Herrera, F. (2020). A practical tutorial on bagging and boosting based ensembles for machine learning: Algorithms, software tools, performance study, practical perspectives and opportunities. *Information Fusion*, 64, 205–237.
- [21] Jackins, V., Vimal, S., Kaliappan, M., & Lee, M. Y. (2021). AI-based smart prediction of clinical disease using random forest classifier and Naive Bayes. *Journal of Supercomputing*, 77(5), 5198–5219. <https://doi.org/10.1007/S11227-020-03481-X>
- [22] Fernández, A., García, S., Galar, M., Prati, R. C., Krawczyk, B., & Herrera, F. (2018). Imbalanced Classification for Big Data. In *Learning from Imbalanced Data Sets* (pp. 327-349). Springer, Cham
- [23] Zerbino, P., Aloini, D., Dulmin, R., & Mininno, V. (2018). Big Data-enabled customer relationship management: A holistic approach. *Information Processing & Management*, 54(5), 818-846
- [24] Nguyen, N. T., Hoang, D. H., Hong, T. P., Pham, H., & Trawiński, B. (Eds.). (2018). *Intelligent Information and Database Systems: 10th Asian*

Conference, ACIIDS 2018, Dong Hoi City, Vietnam, March 19-21, 2018, Proceedings (Vol. 10751). Springer.

[25] Elmas, Ç. (2007). Yapay Zekâ Uygulamaları (Vol. 1). Ankara: Seçkin Yayıncılık A.Ş.



# Tam Otonom ve Yarı Otonom Silah Sistemlerinin Gelişimi

## Development of Fully Autonomous and Semi-Autonomous Weapon Systems

Pr Y. MERAIHI<sup>1</sup>, M. ÜSTÜN<sup>2</sup>, E. ASYA<sup>3</sup>, M. ELMUSA<sup>4</sup> ve A. LYNDA<sup>5</sup>

<sup>1</sup> University of M'hamed Bougara-Boumerdes, Algeria, Cezayir

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, [mikailustun06@gmail.com](mailto:mikailustun06@gmail.com)

<sup>3</sup>Şam, Suriye, [masah734@gmail.com](mailto:masah734@gmail.com)

<sup>4,5</sup>Halep, Suriye, [mamunelmusa2003@gmail.com](mailto:mamunelmusa2003@gmail.com)

**Özet** - Bu makale, Tam Otonom ve Yarı Otonom Silah Sistemi'nin ne anlama geldiğini, aralarındaki farkı, tarihsel gelişimlerini, harp alanında nasıl kullanıldıklarını ve kullanım alanlarını anlatmaktadır. Ayrıca, Tam Otonom ve Yarı Otonom Sistemlerin askeri alandaki mevcut ilerlemesini ele alarak kara, deniz ve hava savunma alanlarındaki uygulamalarını incelemektedir. Çeşitli tam otonom ve yarı otonom silah sistemlerinin çalışma prensipleri anlatılarak, bu sistemlerde kullanılan yapay zekanın sistemlerde geliştirdiği yeteneklere dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** - AKS, otonom silah, yarı-otonom silah, ölümcül robotlar

**Abstract** - This article explains what the Fully Autonomous and Semi-Autonomous Weapon Systems mean, the difference between them, their historical development, how they are used in the field of warfare and their usage areas. It also examines the current progress of Fully Autonomous and Semi-Autonomous Systems in the military field and examines their applications in the fields of land, sea and air defense. By explaining the working principles of various fully autonomous and semi- autonomous weapon systems, it has been tried to draw attention to the capabilities developed by the artificial intelligence used in these systems.

**Keywords** - APS, autonomous weapon, semi-autonomous weapon, deadly robots

### I. GİRİŞ

#### A. Otonom Silah Sistemi Nedir?

Otonom silahlar (Autonomous weapons-AWS), programlanmış kısıtlamalara ve açıklamalara dayalı olarak hedefleri bağımsız arayabilen ve hedef alabilen bir tür askeri sistemlerdir. Bazı savunma sistemlerinde istisnalar olsa da 2018 itibarıyla mevcut sistemlerin özerkliği, bir insanın saldırı için son komutu vermesi anlamında kısıtlanmıştır. Otonom silah sistemleri barut ve nükleer silahların keşfinden sonra savaşlarda üçüncü devrim olarak ortaya çıkmıştır. Otonom sistemler, ön görülmeyen durumlarda davranışı hedefe yönelik bir biçimde optimize edebilir. Otonom silah sistemleri insandan tamamen bağımsız bir şekilde eyleme geçen, toplanan bilgilerden ve önceden programlanmış kısıtlardan türetilmiş sonuçlara dayanarak, bağımsız olarak hedefini belirleyen ve taarruza geçen silah sistemleridir[1].



Şekil 1: Otonom Silah Sistemleri

Güney Kore'nin Kuzey Kore ile arasındaki silahsızlandırılmış bölge arasına kurduğu SGR-A1; İsrail'in radar emicilere karşı geliştirdiği Harpy Loitering Weapon; Rusya ve Çin'in ürettikleri PMK-2 isimli kapsüllü torpido mayınları ve ABD'nin hava, deniz ve kara silah sistemleri, otonom silah sistemlerine örnektir[2].

#### B. Özerklik ve İnsan Kontrolü

Otonom silah sistemleri aynı zamanda "özerk" sistemler olarak da adlandırılırlar. "Özerk" tanımı mühendislikte, makinenin insan müdahalesi olmadan çalışma kabiliyeti olarak adlandırılır. Askeri sistemlerde ise, özerklik kavramının belirli bir tanımı yoktur[1]. Örneğin Hukukçu Heather Roff, otonom silah sistemlerini, "yerleştirildikleri ortamdaki değişen koşullara yanıt olarak işlevlerini öğrenebilen ve uyarlayabilen, hem de kendi başlarına atış kararı verebilme yeteneğine sahip silahlı sistemler" olarak tanımlamıştır[3]. Otonom silah sistemlerinin bu tanımı, Peter Asaro ve Mark Gubrud'a

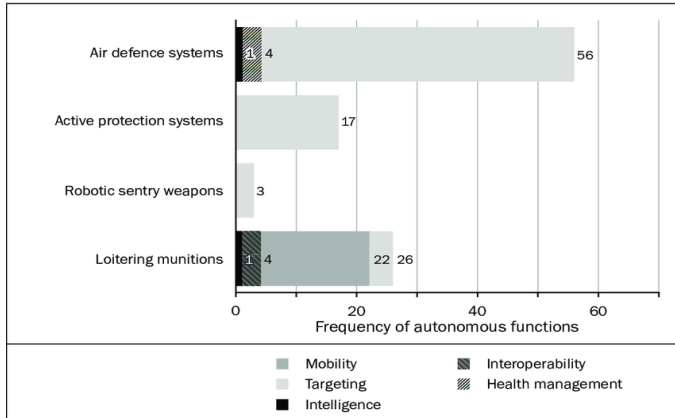
göre, kısmen veya tamamen insan müdahalesi olmadan çalışan bir silah sistemi özerk kabul edilir. Bir silah sisteminin özerk olarak adlandırılabilmesi için tamamen kendi başına karar vermesi gerektiğini savunmuştur[4-5].



## Silah Sistemlerindeki Özerklik Durumları;

- Özerklik; hareketlilik, hedefleme, istihbarat, birlikte çalışabilirlik ve sağlık yönetimi dahil olmak üzere silah sistemlerinde çeşitli yetenekleri desteklemek için halihazırda kullanılmaktadır.
- Otomatik Hedef Tanıma (ATR) sistemleri, silah sistemlerinin otonom olarak hedefleri tespit etmesini sağlayan teknoloji 1970'lerden beri varlığını sürdürmektedir. ATR sistemleri hala sınırlı algısal ve karar verme zekasına sahiptir.
- Otonom olarak hedeflere ulaşabilen ve ateş edebilen mevcut silah sistemleri çoğunlukla savunma sistemleridir. Bunlar insan gözetimi altında çalıştırılır ve yalnızca çatışma süresinin insanların yanıt veremeyecek kadar kısa olduğu durumlarda bağımsız ateş etmeleri amaçlanır[6].

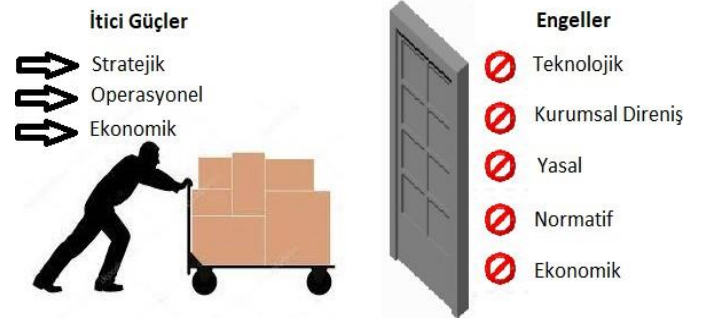
İnsan müdahalesi olmaksızın hedefleri bağımsız olarak tespit edebilen, tanımlayabilen, takip edebilen, seçebilen ve potansiyel olarak saldırabilen silah sistemleri uzak bir geleceğe ait değildir; aslında bazıları onlarca yıldır kullanılmaktadır. Bunlar, hava savunma sistemlerinin bazı türleri, aktif koruma sistemleri, robotik nöbetçi silahları, güdümlü mühimmat ve sahipsiz mühimmatdır.



Şekil 2: Otonom Silah Sistemlerinde Özerklik Dereceleri[7]

Silah Sistemlerinde Özerkliğin Gelişmesinin İtici Güçleri ve Önündeki Engeller Nelerdir? [7].

İtici Güçler	Engeller
Stratejik	Teknolojik
Operasyonel	Kurumsal Direniş
Ekonomik	Yasal
	Normatif
	Ekonomik



Şekil 3: Özerkliğin İtici Güçleri ve Engelleri

## II. OTONOM SİLAH SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Otonom silah sistemlerinde belirli bir sınıflandırma ya da kategorizasyon bilimsel bir ayrım söz konusu değildir. Otonom silah sistemleri Tablo 1'de belirtildiği gibi kurumlar/uluslararası örgütler tarafından konseptlerde sınıflandırılmıştır [8].

Tablo 1: Otonom Silah Sistemlerinin Sınıflandırılması [8]

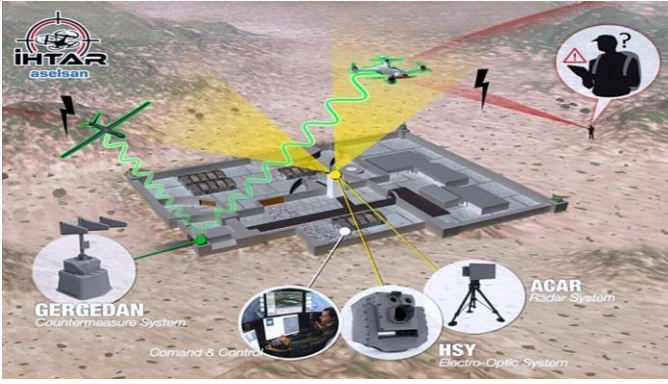
ABD Savunma Bakanlığı	Yarı Otonom Silah Sistemleri	İnsanlar Tarafından Denetlenen Otonom Sistemler	Tam Otonom Silah Sistemleri
İnsan Hakları İzleme Örgütü	Döngü İçinde İnsanın Bulunduğu Sistemler	Döngünün Üzerinde İnsanın Bulunduğu Sistemler	İnsanın Döngünü Dışında Kaldığı Sistemler
Uluslararası Kızılhaç Komitesi	Uzaktan Kumandalı Sistemler	Otomatik Sistemler	Tam Otonom Sistemler

### A. Tam Otonom Silah Sistemleri

Tam Otonom silah sistemleri (otonom sistemler/insanın döngünü dışında kaldığı silah sistemleri): Bu tür sistemler ihtiyari karar alma kapasitesine sahiptir. Bir nesneye veya kişiye angaje olmak için özellikle programlanmamıştır. Böylece otonom silah sistemleri, bağımsız olarak, bir insan operatörünün müdahalesini gerektirmeden değişen koşullara tepki verme yeteneğine sahiptir.

Son 30 yılda büyük değişim gösteren savaş teknolojisi bugün bir odadan cihazla bağlanıp on binlerce kilometre ötedeki hedefi ortadan kaldıracak seviyeye ulaşmıştır[9].

İHTAR Anti-Drone Sistemi tam otonom silah sistemlerine bir örnektir. İHTAR bir erken uyarı ikaz sistemidir. Olası bir hava saldırısı durumunda hedefi tespit ederek, entegre çalıştığı hava savunma sistemine haber verir.

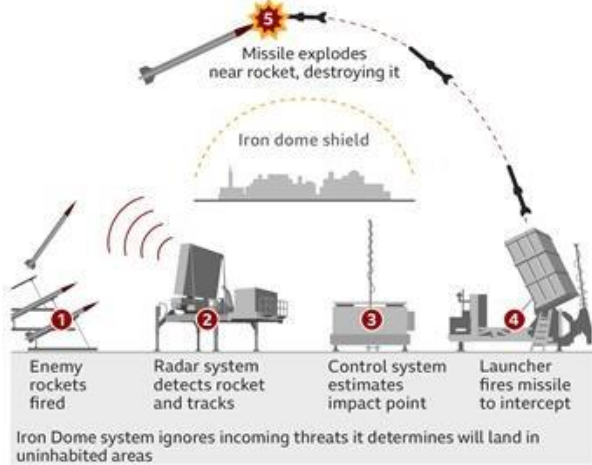


Şekil 4: Tam Otonom İHTAR Anti-Drone Sistemi[10].

### B. Yarı Otonom Silah Sistemleri

Süreç içerisinde sahada bulunan operatör tarafından uzaktan kumanda sistemi ile kontrol edilebilen, hedefleri seçen ve gerektiğinde kuvvet uygulama kapasitesine sahip silah sistemleridir[10]. Günümüzde kullanılan 'Ateş et ve unut (Fire and forget)' tipi roketler bu sınıfa giren yarı otonom silah sistemidir. Bir başka örneği ise dünyada sayılı ülkelerin ürettiği insansız hava araçları İHA ve SİHA'lardır.

Yarı Otonom silah sistemleri hedefleri seçebilen ve yalnızca bir insan komutasıyla kuvvet uygulayan sistemlerdir. Yarı otonom sistemler bazen yakın mesafeden bazen uydu bağlantısı yoluyla insan operatörleri tarafından yönlendirilir. Bunlar hava, kara ve deniz tabanlı platformların yanı sıra 'Ateş et ve unut (Fire and forget)' veya 'Fırlatmadan sonra kilitle (lock on after launch)' prensibi ile çalışan İsrail'e ait "Iron Dome" dur. Iron Dome sistemi gelen roketleri tespit eder, sonra bu bilgiyi bir önleme roketinin başlatılıp başlatılmayacağına karar veren bir insan operatörüne gönderir[11].



Şekil 5: Iron Dome Çalışma Prensibi[12]

İnsan tarafından denetlenen bazı otonom silah sistemleri (döngünü içerisinde insanın bulunduğu sistemler) de yarı-otonom silah sistemi sayılabilir. İnsan tarafından denetlenen otonom silah sistemlerinin modern örnekleri olarak otomatik nöbetçi silahlar, Cruise füzeleri, savunma amaçlı füzeler

sistemleri, gözetim sistemleri gösterilmektedir. Bu sistemler, kabul edilemez seviyelerde hasar meydana gelmeden önce insan operatörlerinin müdahale etme ve sona erdirmeye kabiliyetine sahip olacak şekilde geliştirilmişlerdir[30].

### III. OTONOM SİLAH SİSTEMLERİNİN GELİŞİMİ

İnsan operatör müdahalesi olmadan fonksiyonlarını yerine getirebilen otonom sistemler, her ne kadar muharebe sahalarına inmemiş olsa da yarı otonom sistem olarak bilinen silahlı insansız hava araçları aktif bir şekilde kullanılmaktadır.

Otonom sistemleri araştırma ve geliştirme faaliyetleri eski tarihlerden itibaren başlamıştır. Örneğin A.B.D. Deniz Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı (NRL – Navy Research Lab) 1923–2012 yılları arasında deniz/hava/kara platformlarını kapsayan yaklaşık 200 prototip otonom sistem geliştirmiş ve 2012 yılında ilk Otonom Sistem Araştırma Laboratuvarını kurmuştur. İlk yıllardaki çalışmalar genelde uzaktan kontrol alanına yönelirken son yıllarda otonom sistemlerin birlikte ve karşılıklı çalışabilirlik (interoperability) konularına önem verilmiştir. NRL tarafından geliştirilen örnek otonom sistemler ve konu ile ilgili çalışmalar özet olarak aşağıda sunulmuştur[13].

1930-1940'lı yıllarda özellikle insan hayatı için tehlikeli olabilecek durumlarda kullanılacak sistemler için uzaktan kontrol üzerine yoğunlaşmıştır. Örneğin, 1930 yılında hava bombardımanına karşı gemilerin hasar görebilirliğini (vulnerability) ölçmek amacıyla USS Stoddert ve USS Utah gemileri hedef gemisi olarak uzaktan kontrol edilmişlerdir. 1946 yılında nükleer patlama deneyleri olarak bilinen Bikini Testleri sırasında nükleer patlamada veri toplama işini dronlar yapmıştır. Dron (drone) temel olarak insansız hava aracı demektir. 1940-1955 yılları arasında güdümlü sistemleri ön plana çıkmıştır. Bir denizaltından fırlatılan ilk güdümlü merminin güdümlü sistemi 1947 yılında geliştirilmiştir. 1955-1975 yılları arasında uydu yoğunluklu çalışmalar yapılmıştır. 1979 yılında geliştirilen 5 kts sürat ile 25 saat çalışabilen insansız denizaltı ilk otonom denizaltı prototiplerinden sayılabilir.

1980 – 1990 yılları donanımdan ziyade yazılımın ön plana çıkmaya başladığı dönemdir. Özellikle yapay zekanın gelişmeye başladığı dönem olarak görülebilir. 1981 yılında NRL bünyesinde Uygulamalı Yapay Zeka Araştırma Merkezi kurulmuştur.

1990 yılında gelişen durumsal farkındalığa göre hedeflere hangi silahların angaje olacağını belirleyen silah atama algoritmaları geliştirilmiştir. 1990 – 2000'li yıllar öğrenme, nesne tanıma, ağ sistemlerinin ön plana çıktığı yıllar olmuştur. 1992 yılında robotların gerçek zamanlı olarak değişen ortama adapte olmaları amacıyla "sürekli öğrenme" algoritmaları geliştirilmiştir. Makinelerin öğrenmeleri ve ortamdaki şekilleri sınıflandırmaları bu yıllarda mümkün olmaya başlamıştır. 2000 – 2008 yılları otonominin üzerinde durulduğu çalışmalar olmuştur. Birçok insansız araç geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalara 2001 yılında uzaktan mayın avlama (AN/WLD-1

RMS) aracı, 2002 yılında FINDER isimli insansız hava aracı (İHA), 2003 yılında Dragon Gözü adı verilen sensör platformu ve 2005 yılında Dragon Warrior adlı bir çeşit insansız helikopter örnek olarak verilebilir[14].

The Economist'e göre, teknoloji ilerledikçe insansız denizaltı araçlarının gelecekteki uygulamaları arasında mayın temizleme, mayın döşeme, tartışmalı sularda denizaltı karşıtı sensör ağları oluşturma, aktif sonarla devriye gezme, insanlı denizaltılara ikmal yapma ve düşük maliyetli füze platformları yer alacaktır[15]. 2018 yılında yapılan ABD Nükleer Durum İncelemesinde, Rusya'nın "Status6" olarak adlandırılmış kıtalararası, nükleer silahlı, nükleer enerjili, özerk denizaltı torpido geliştirdiğini iddia etmiştir[16]. Rusya Federasyonu aktif olarak yapay zekalı füzeler, insansız hava ve kara araçları, askeri robotlar ve sağlık robotları geliştirmektedir[17]. Ekim 2018'de Çinli savunma firması Norinco'nun üst düzey yöneticilerinden Zeng Yi yaptığı bir konuşmada "Gelecek muharebe alanlarından savaşılan hiç kimsenin olmayacağını ve ölümcül otonom silahların savaşlarda kullanılmasının kaçınılmaz olduğunu" söyledi[18]. ABD donanması, insansız gemilerden oluşan hayalet filolar geliştirmektedir[19].

BM Güvenlik Konseyi Libya Uzmanlar Paneli'nin Mart 2021'de yayınlanan bir raporuna göre, 2020 de Kargu insansız hava aracı bir insan hedefine saldırdı ve imha etti. Bu otonom katil bir robotun ölümcül silahlarla silahlandırılarak canlı insan hedefine olan ilk saldırı olmuştur[28-29].

#### A. Hava Savunma Sistemleri

Hava savunma sistemleri, düşman hava hareketinin etkinliğini ortadan kaldırmak veya azaltmak için özel olarak tasarlanmış silah sistemleridir. Bunlar, füze savunma sistemleri, uçaksavar sistemleri ve yakın silahsileri (CIWS'ler). NBS MANTIS, ileri hareket üslerini korumak için geliştirilmiş çok kısa menzilli bir hava savunma koruma sistemidir. Bu sistem menzindeki mermileri tespit etmek, takip etmek ve ateş etmek için tasarlanmıştır[20].



Şekil 6: NBS MANTIS Hava Savunma Sistemi[21]

#### B. Gemi Savunma Sistemleri

SeaRAM gemi savunma sistemi, seyir füzeleri, insansız hava araçları ve helikopter dahil olmak üzere ses üstü ve ses altı tehditlere karşı koruma sağlar.

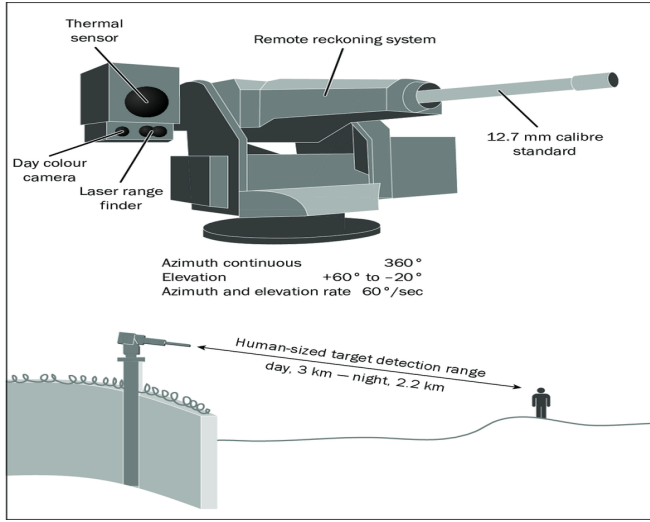
SeaRAM, iki silah sistemini entegre eden bir MK 15 CIWS çeşididir. Block 1B Phalanx CIWS ve Rolling Airframe Füze (RAM) Güdümlü Füze Silah sistemidir.

SeaRAM, Phalanx CIWS Block 1B arama ve izleme radarını ve Elektro Optik sensörünü, kendine özgü tehdit değerlendirme ve silah belirleme yeteneği ile birlikte tek bir montaj üzerinde 11 yuvarlak RAM başlatıcı kılavuz tertibatı ile birleştirir. SeaRAM CIWS, geminin etrafındaki genişletilmiş bir kendini savunma savaş alanı zarfında ASM ve yüksek hızlı uçak tehditlerine karşı otomatik olarak algılayan, değerlendiren, takip eden, devreye giren ve öldürme değerlendirmesi yapan eksiksiz bir savaş silahı sistemidir[22].

Şekil 7: SeaRAM Gemi Savunma Sistemi[22]

#### C. Robotik Nöbetçi Silahları

Robotik nöbetçi silahları, otomatik olarak tespit edebilen, takip edebilen ve ateş edebilen silah taretleridir. Sabit silah olarak kullanılabilirler veya çeşitli araçlara monte edilebilirler. CIWS'lere benzerler ancak daha düşük kalibreli mermi kullanırlar ve genellikle anti personel silah olarak kullanılırlar. Robotik nöbetçi silah kullanımı azalmıştır. Samsung'un SGR-A1 (Güney Kore), Raphael'in Sentry Tech (İsrail) ve DODAAM'ın Super aEGIS II (Güney Kore) olmak üzere yalnızca 3 model bilinmektedir. Bu sistemlerin herbirinin gelişimi yakın zamanda tamamlanmıştır. SGR- A1 için , Sentry Tech için ve Super aEGIS II 2010[23]. SGR-A1 kullanımdan kaldırılmıştır[24].



Şekil 8: DODAAM'ın Super aEgis II [25]

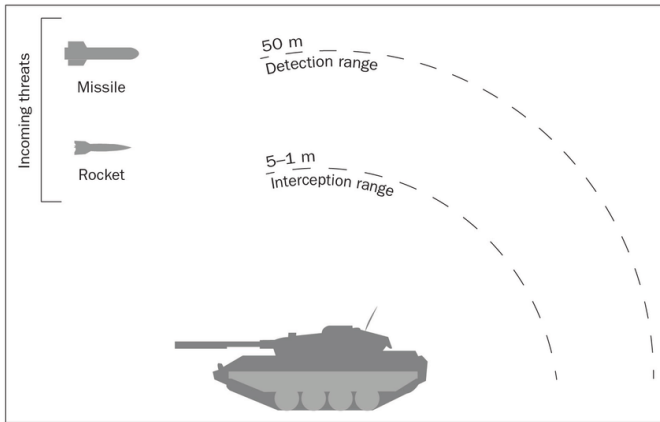
#### D. Aktif Koruma Sistemleri

Aktif koruma sistemleri (Active Protect System (APS)), zırhlı araçları gelen tanksavar füzelerine veya roketlere karşı korumak için tasarlanmış silah sistemleridir. APS'ler hava savunma sistemleriyle aynı temel prensipte çalışır. Bir sensörden gelen tehditleri izleyen, değerlendiren ve sınıflandıran bir atış kontrol sistemi ile gelen mermileri algılayan tipik bir radardır. Bu sensörler IR veya UV algılama sensörleridir. Sistemler sensörden gelen bilgilere göre en uygun yerde ve zamanda karşı önlem başlatır (zorla öldürme veya soft-kill).

Zorla öldürme karşı önlemleri genellikle:

- Zırhlı araca yaklaşma açılarını değiştirmek
- Penetrasyon şansını azaltmak
- Savaş başlığının zamanından önce veya uygun olmayan zamanda tetiklenmesini sağlamak
- Dış kabuğu yok etmek şeklindedir.

Yumuşak öldürme önlemleri, güdümlü mühimmatın APS'nin korumayı amaçladığı araca kilitli kalmasını önlemek için IR bozucular, lazer nokta taklitçileri veya radar bozucular kullanmayı içerir[26].



Şekil 9: T-80 Arena KAZT Aktif Koruma Sistemi[27]

## IV. SONUÇ

Yapay zekanın gelişmesine paralel olarak otonom silah sistemleri de hızlı bir gelişme göstermiştir. Bu ilerlemeyle sistemler üzerindeki insan kontrol oranı azalmış hatta 0'a yakın olsa da bir çok silah sisteminde son kararın insan kontrolünde olması istenmiştir. Bu da otonom kabiliyeti olan silah sistemlerinin yarı-otonom gibi çalıştırılması anlamına gelmektedir.

Yapay zeka ile gelişme gösteren yeni nesil savaşın en önemli askeri unsurları otonom silah sistemleri olacaktır. Hiçbir şekilde insan müdahalesine gereksinim duymayan bu silah sistemleri, operasyon esnasında insani hiçbir duygu hissetmeden görevini yerine getirmektedir. Otonom silah sistemleri alanındaki yaşanan gelişmeler devletler arasında yapay zeka temelli bir yarışa ortaya çıkarabilir. Bu alanlarda yaşanacak gelişmelerin askeri teknolojiye yansması ile birlikte artık sivilin yaşadığı bölgelere taşınan savaşlar; otonom sistemler vasıtası ile yapılacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1]. Crootoof, R., The killer robots are here legal and policy implications. *Cardozo L. Rev.*, 2014. 36: p. 1837.
- [2]. Available from: <https://hukukcular.org.tr/otonom-silahsistemlerinin-uluslararası-hukuk-bakımından-incelemesi>
- [3]. Roff, H.M., Lethal autonomous weapons and jus ad bellum proportionality. *Case W. Res. J. Int'l L.*, 2015
- [4]. Asaro, P., On banning autonomous weapon systems: human rights, automation, and the dehumanization of lethal decision-making. *international review of the Red Cross*, 2012. 94 (886): p. 687-709
- [5]. Gibrud, M., *Autonomy without mystery: where do you drive the line? 1.0 Human*, 2014. 9.
- [6]. What is the state of autonomy in weapon systems? *MAPPING THE DEVELOPMENT OF AUTONOMY IN WEAPON SYSTEMS*, Nov. 1, 2017
- [7]. SIPRI dataset on autonomy in weapon systems.
- [8]. Wagner, M., *Autonomous weapon system*, 2016
- [9]. Mariarosaria Taddeo, Alexander Blanchard, *A Comparative Analysis of the Definitions of Autonomous Weapons Systems*
- [10]. Yakar, H. 2017. Otonom silah ve yapay zeka üzerine. *Jeosam*. Retrieved.
- [11]. Özer, A. (2020, January). Savaşlarda üçüncü devrim otonom silah sistemleri
- [12]. Etzioni, A. and O. Etzioni, Pros and cons of autonomous weapon systems. *Military Review*, May-June, 2017.
- [13]. NRL, *A Timeline of NRL's Autonomous Systems Research*, NRL, 2012.
- [14]. ONR, SAFFiR, 04 February 2015. Available from: <http://www.onr.navy.mil/Media-Center/Press-Releases/2015/saf-fir-ship-firefighting-robot-prototype.aspx>.
- [15]. *Economist*. Getting to grips with military robotics. Available from: <https://www.economist.com/special-report/2018/01/25/getting-to-grips-with-military-robotics>
- [16]. CNN. US says Russia 'developing' undersea nuclear-armed torpedo. Available from: <https://edition.cnn.com/2018/02/02/politics/pentagon-nuclear-posture-review-russian-drone/index.html>
- [17]. Russia, B. *Rise of the Machines: A look at Russia's latest combat robots*.
- [18]. Allen, G.C., *Understanding China's AI Strategy: Clues to Chinese strategic thinking on artificial intelligence and national security*. 2019.
- [19]. US Navy plans to build an unmanned Ghost Fleet.
- [20]. Brenneke, M. (2020). *Lethal Autonomous Weapon Systems* (Naval Institute Press: Annapolis, MD, 1989).
- [21]. *Military Periscope*. NBS MANTIS, Available from: <https://www.militaryperiscope.com/weapons/ground-combat-vehicles/air-defense/nbs-mantis/overview/>
- [22]. Dettmer, R. (2003). *Modern Warfare*. *IEE Review*, 49(9), 18-19.
- [23]. DODAAM also sells a version of the Super aEgis II, called 'Athena', which is mounted on an unmanned ground system. DODAAM, 'Combat Robot

(lethal): Athena'

- [24]. The South Korean Army has allegedly also used the Athena in combat operations in Iraq, very little public information exists about this. [Improving the Korean robots]. Army guide, 13 Nov. 2005 (in Russia); and Parkin, S., 'Killer Robots: the soldier that never sleep', BBC, 16 July 2015.
- [25]. DODAAM, 'Combat robot (lethal): Super aEgis II', [n.d.].
- [26]. Journal of Physics: Conference Series, Analysis on the Development of Active Protection System for Tanks and Armored Vehicles
- [27]. US Department of the Navy (USDN), US Marine Corps, Antiarmor Operations, MCWP 3-15.5 (USDN: Washington, DC, 2000).
- [28]. Hambling, D., Drones may have attacked humans fully autonomously for the first time. *New Scientist*. 2021. 27(5): p. 2021
- [29]. Foxnews, Killer drone 'hunted down a human target' without being told to. Available from: <https://www.foxnews.com/world/killer-drone-hunted-down-a-human-target-without-being-told-to>
- [30]. Saxon, D., A human touch: autonomous weapons, directive 3000.09, and "the appropriate levels of human judgment over the use of force". *Georgetown Journal of International Affairs*, 2014. 15(2): p. 100-109

# Mes (Üretim Yönetim Sistemi) İncelemesi

## Review Of Mes (Manufacturing Execution System)

S. NEŞELİ<sup>2</sup> and Y. Ç. KAĞITÇI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Selcuk University, Konya/Turkey, sneseli@selcuk.edu.tr

<sup>2</sup>Selcuk University, Konya/Turkey, [ycaglarkagitci@selcuk.edu.tr](mailto:ycaglarkagitci@selcuk.edu.tr)

**Özet** - Üretim Yürütme Sistemi (MES), imalat endüstrisinde kritik bir rol oynar. Veritabanı, veri toplama, üretim izleme ve kontrol, üretim planlama ve programlama, malzeme yönetimi, kalite yönetimi, işgücü yönetimi, raporlama ve analiz gibi temel bileşenlere sahiptir. MES'in kullanılması, üretim verimliliğini artırır, stok ve malzeme yönetimini iyileştirir, kalite kontrolünü geliştirir, işgücü verimliliğini artırır ve işletme maliyetlerini düşürür.

Otomotiv, gıda ve içecek, ilaç ve kimya, elektronik gibi farklı sektörlerde MES'in uygulama örnekleri gözlemlenir. Bu örnekler, üretim süreçlerini izleme, verimlilik artışı ve hata önleme gibi konularda başarılı sonuçlar elde edildiğini gösterir.

MES'in uygulanması bazı zorlukları beraberinde getirebilir, ancak işletme kültürünün uyumlaştırılması, yazılım entegrasyonu, insan kaynakları yetkinlikleri ve eğitim gibi faktörler dikkate alınarak bu zorluklar aşılabilmektedir.

Gelecekte, Endüstri 4.0, Nesnelerin İnterneti, yapay zeka, büyük veri analitiği, bulut bilişim ve mobil uygulamalar gibi teknolojik trendler MES'in daha da gelişmesine katkı sağlayacaktır.

Üretim Yürütme Sistemi (MES), imalat endüstrisinde önemli bir rol oynar ve işletmelere birçok avantaj sunar. Etkili bir şekilde kullanıldığında, rekabetçiliklerini artırır ve gelecekteki endüstri trendlerine ayak uydurmalarına yardımcı olur.

**Anahtar Kelimeler** - Mes, Üretim, Veri Analizi, Üretim Planlama

**Abstract** - The Manufacturing Execution System (MES) plays a crucial role in the manufacturing industry. Its key components include database and data collection, production monitoring and control, production planning and scheduling, material management, quality management, workforce management, reporting, and analysis. The functioning of MES involves processes such as data collection and monitoring, data analysis and reporting, decision support system, and integration and data sharing. MES offers significant advantages, including increased production efficiency and speed, improved inventory and material management, enhanced quality control, enhanced workforce productivity, and reduced operational costs. These advantages hold great importance for the competitiveness of manufacturing industries. MES finds application examples across various sectors. For instance, in the automotive sector, MES usage has yielded successful outcomes in areas such as production process monitoring, productivity improvement, and error prevention. Similarly, the effectiveness of MES applications has been observed in industries such as food and beverage, pharmaceuticals and chemicals, electronics, and high technology. However, the implementation of MES can present certain challenges. Factors such as aligning organizational culture and business processes, software integration and data compatibility, and human resource competencies and training need to be

considered for successful implementation. Looking ahead, future trends of MES revolve around integration with Industry 4.0 and the Internet of Things, artificial intelligence and big data analytics, cloud computing, and mobile applications. These technological advancements are set to further enhance MES capabilities and unlock greater potential in the manufacturing industry. In conclusion, the Manufacturing Execution System (MES) holds significant importance and offers numerous advantages in the manufacturing industry. Its effective utilization helps businesses enhance their competitiveness and adapt to future industrial trends.

**Keywords** - Mes, Production, Data Analysis, Production Planning

### I. GİRİŞ

MES'in tanımı MES (Üretim Yürütme Sistemi), endüstriyel üretim süreçlerinin yönetimini destekleyen bir bilişim sistemidir. Fabrikadaki verileri toplar, analiz eder, takip eder ve raporlar oluşturur. MES, üretim sürecinin izlenmesi, kontrol edilmesi ve optimize edilmesi için temel bir bileşendir. [1] Bilgi teknolojilerinde değişen ve çok hızlı gelişen dinamikler işletmelerde; Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning-ERP) uygulamalarına geçilerek, bütünleşik yazılım programları aracılığıyla, tüm işletme fonksiyonlarının etkileşimi kolaylıkla sağlanabilir hale gelmiştir.[2] Endüstri 4.0, tasarım ilkeleri merkezi olmayan karar verme için ara bağlantı (işbirliği, standartlar, güvenlik) ve bilgi şeffaflığını (veri analitiği, bilgi sağlama) vurguladığından, üretim sistemlerinde BT odaklı bir değişikliklerdir [3]. MES'in önemi ve kullanım alanları MES'in kullanımı, üretim verimliliğinin artırılması, kalite kontrolünün iyileştirilmesi, stok yönetiminin optimize edilmesi ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi gibi bir dizi avantaj sağlar. MES, çeşitli endüstrilerde yaygın olarak kullanılmaktadır, örneğin otomotiv, gıda ve içecek, ilaç, kimya ve yüksek teknoloji endüstrilerinde.[4] 'Akıllı fabrika', Endüstri 4.0'ın temel konseptidir ve onu devreye almak için, 'iş bilgi sistemleri mühendisliği' yenilikçi MES/ERP yaklaşımlarını içeren alanı ön plana çıkacaktır [5]. Üretim işletmelerinin gelişmiş dijital yetenekleri sayesinde, üretim operasyonları izlenebilirlik (üretim sürecindeki tüm kaynakların geçmişini izleme yeteneği) aracılığıyla eskisinden daha kolay planlanabilir, yürütülebilir ve kontrol edilebilir.[6] MES sisteminin

içeriğinin belirlenmesi de önemli bir adımdır. İmalat işletmelerinin ihtiyaçları ve hedefleri doğrultusunda, hangi verilerin toplanacağı, hangi işlemlerin takip edileceği ve hangi raporların üretileceği gibi faktörler belirlenmelidir. Bu şekilde, sistemin işletme ihtiyaçlarına tam olarak uyum sağlaması ve verimli sonuçlar elde etmesi mümkün olacaktır. Her işletme bir misyon, bu misyonu elde etmek için oluşturulmuş amaçlar ve bu amaçlara da ulaşmayı sağlayacak stratejiler topluluğuna sahiptir. Bir kısım amaçlar tüm işletmeler için ortak olabilir ancak çoğul amaçlar işletme türlerine göre farklılık gösterir. [7] MES, endüstriyel üretim süreçlerinin yönetimini destekleyen bir bilişim sistemidir. Üretimi izler, kontrol eder ve optimize eder. Verimlilik, kalite kontrolü, stok yönetimi ve maliyet düşürme gibi avantajlar sağlar. Çeşitli endüstrilerde kullanılır.

## II. ÜRETİM YÖNETİM SİSTEMİ'NİN TEMEL BİLEŞENLERİ

### A. Veritabanı ve Veri Toplama:

MES, fabrika katmanındaki verileri toplar ve bir veritabanının da depolar. Sensörler, cihazlar ve üretim ekipmanları aracılığıyla veriler toplanır ve MES tarafından işlenir. Üretim İzleme ve Kontrol: MES, üretim süreçlerini gerçek zamanlı olarak izler ve hataları tespit eder. Gerekliğinde otomatik düzeltme yapar ve üretim sürecinin optimum şekilde ilerlemesini sağlar. Üretim Planlama ve Programlama: MES, üretim planlaması ve programlamasını gerçekleştirir. Talep tahminlerine dayanarak üretim planlarını oluşturur ve kaynakları etkin bir şekilde kullanarak üretim sürecini planlar.

**Malzeme Yönetimi:** MES, malzeme akışını takip eder, envanter seviyelerini yönetir ve malzeme tüketimini izler. Doğru miktarda malzeme stoklanmasını sağlar ve gerektiğinde otomatik olarak sipariş verir.

**Kalite Yönetimi:** MES, kalite kontrol süreçlerini yönetir ve hataları tespit eder. Kalite parametrelerini izler, üretim sürecindeki değişkenlikleri analiz eder ve kalite standartlarına uygunluğu sağlar.

**İşgücü Yönetimi:** MES, işçilerin takibini yapar, görevleri yönetir ve işgücü verimliliğini artırmak için eğitim ve yetkinlik yönetimi gibi işgücü kaynaklarını optimize eder.

**Raporlama ve Analiz:** MES, üretim verilerini analiz eder, raporlar oluşturur ve performans metriklerini izler. Bu raporlar, karar verme süreçlerinde kullanılmak üzere yöneticilere ve operasyonel ekiplere sunulur.[8][9][10]

**İzlenebilirlik ve Raporlama:** Üretim verilerini gerçek zamanlı olarak takip eder ve raporlar. Üretim izlenebilirliğini artırır ve hızlı kararlar almayı sağlar. Müşteri taleplerine daha iyi yanıt verir ve müşteri memnuniyetini artırır. [11]

### B. Üretim Yönetim Sistemi için Gerekli olan Ağ Altyapısının Önemi

MES sistemi, üretim verilerinin gerçek zamanlı olarak toplanmasını ve paylaşılmasını gerektirir. İşletmelerin geniş bir coğrafi alana yayılan tesislerinde veri iletişimini sağlamak için güvenilir bir ağ altyapısına ihtiyaç duyar. Veri bütünlüğünü ve güvenliğini sağlamak için uygun ağ yapılandırması önemlidir. İletişim Protokollerinde ise veri

toplama ve paylaşımı için uygun iletişim protokolleri kullanılmalıdır. Endüstriyel iletişim standartları (örneğin, OPC, MQTT) ve Ethernet tabanlı protokoller (örneğin, TCP/IP) tercih edilmelidir.[12]

**Güvenlik Önlemleri ve Performans Optimizasyonu:** Ağ güvenliği için uygun güvenlik önlemleri alınmalıdır. Firewalls, sanal özel ağlar (VPN) ve ağ izleme sistemleri kullanarak ağın güvenliği sağlanmalıdır. Yetkilendirme, kimlik doğrulama ve veri şifreleme gibi güvenlik yöntemleri uygulanmalıdır. Ağ performansı için ağ trafiği yönetimi ve bant genişliği optimizasyonu önemlidir. Yedekli ağ yapıları, ağ segmentasyonu ve hızlı veri iletimi için uygun ağ donanımları kullanılmalıdır. Ağın ölçeklenebilir olması ve gelecekteki ihtiyaçları karşılayabilmesi sağlanmalıdır.[13]

## III. ÜRETİM YÜRÜTME SİSTEMİ (MES)

MES, üretim sürecinin kontrolünü ve optimizasyonunu sağlamak için kullanılan bir yazılım ve donanım sistemidir. Fabrika katmanındaki üretim verilerini toplar, işler, analiz eder ve raporlar oluşturur. MES, tedarik zinciri, malzeme yönetimi, iş takibi ve verimlilik analizi gibi bir dizi işlevi destekler.[14] MES sistemi, üretim süreçlerinin gerçek zamanlı izlenmesi ve yönetilmesi için kullanılan bir bilgi sistemidir. Üretim verilerini toplar, analiz eder ve yöneticilere detaylı bilgiler sunar. Üretim hattında yaşanan değişiklikleri takip ederek hızlı kararlar almayı sağlar.[15]

Üretim Yürütme Sistemleri, geleneksel üretim yapan şirketlerde yaygın olarak kullanılan BT araçlarıdır. Bir MES, genellikle bir Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) tarafından desteklenen organizasyon düzeyi ile genellikle birkaç, farklı, yüksek oranda özelleştirilmiş yazılım uygulamalarından oluşan üretim katı kontrol sistemleri arasında bilgi alışverişini sağlar [16].

MES, fabrikadaki otomasyon ve üretim ekipmanı ile entegre çalışır. Sensörler ve veri toplama cihazları aracılığıyla üretim verilerini toplar. Toplanan veriler, gerçek zamanlı olarak MES'e iletilir ve işlenir. MES, bu verileri kullanarak üretim süreçlerini takip eder, hataları tespit eder, verimliliği artırmak için optimizasyon adımları önerir ve iş raporları oluşturur.[17]

**Veri Toplama ve İzleme:** MES, üretim sürecindeki verileri sensörler, cihazlar ve üretim ekipmanları aracılığıyla toplar. Bu veriler gerçek zamanlı olarak izlenir ve analiz edilir.

**Veri Analizi ve Raporlama:** Toplanan veriler, MES tarafından analiz edilir ve raporlar oluşturulur. Bu raporlar, işletme yönetimi ve operasyonel ekipler tarafından kullanılarak performansı değerlendirir.

**Karar Destek Sistemi:** MES, analiz sonuçlarına dayanarak karar destek sistemleriyle entegre çalışır. Bu sayede, yöneticilerin stratejik ve operasyonel kararlarını bilgiye dayanarak almasını sağlar.

**Entegrasyon ve Veri Paylaşımı:** MES, diğer işletme sistemleriyle entegre olarak çalışır. Verilerin diğer sistemlere aktarılması ve paylaşılmasıyla süreçler arası koordinasyon sağlanır.[18][19]

Günümüzde işletmeler, şiddetli rekabet, hızlı iş temposu ve sürekli olarak sıkıştırılmış zaman çizelgeleri ile karakterize edilen bir pazar talebi tarafından yönlendirilmektedir. Bir yandan, üretimde üretim döngüleri kısalıyor ve parti boyutları

küçülüyor; Öte yandan, ürün çeşitlerinin çeşitliliği ve kişiselleştirilmesi artmakta ve müşteri talepleri hızla değişmektedir. Bu nedenle, rekabet avantajlarını sürdürmek ve geliştirmek için, farklı endüstriyel sektörlerdeki önde gelen kuruluşların süreç optimizasyonunu ve verimliliğini iyileştirmesi gerekir. Bir şirketin üstlenebileceği bir girişim, yalın üretim uygulamalarının uygulanmasıdır: bu terim, Womack ve diğerleri tarafından ortaya atılmıştır. [20] Japon şirketlerinde uygulanan çalışma felsefesini, özellikle Toyota'yı ilgilendirerek açıklamak için. Bu metodoloji, katma değerli operasyonlara odaklanmak ve müşterilerin talep hızında, ideal olarak atıksız yüksek kaliteli ürünler üretmek için atıkların ve üretken olmayan süreçlerin ortadan kaldırılmasına dayanır. Diğer bir yaklaşım ise, süreç planlamasını ve kontrolünü iyileştirmenin yanı sıra bu üretim sürecinin performansını artırmaya olanak tanıyan otomasyon ve sistemidir.[21] Toplam Kalite Yönetimi; Savurganlıkları önler, Kaliteyi artırır, İşlem zamanlarını kısaltır, Maliyetleri düşürür, Moral ve verimliliği artırır, Sürekli iyileşme ve gelişmeyi sağlar [22]. [23] Kurumsal kaynak planlama sistemleri ya da diğer iş uygulamaları, günlük işlemleri otomatik bir biçimde ele alarak iş süreçleriyle ilgili verilerin kayıt altına alınmasını sağlarlar.[24] Üretimde Kurumsal Bilgi Sistemi (ERP) Gelişmiş endüstriyel otomasyon sistemleri, hem fabrika kontrol sistemlerini hem de kurumsal yazılımları ve dijital hizmetleri içerir. Kurumsal bilgi sistemleri bilgisayarlardan, yazılımlardan, insanlardan, işlemlerden ve verilerden oluşur [25]. KBS aktif bir çalışma alanıdır ve son yıllarda yeniden kavramsallaştırılmaktadır. KBS, 1960'lı yıllarda kağıt tabanlı sistemlerin yerini almak üzere endüstride bilgisayar olarak kullanılmaya başlandığı yıllardan günümüze kadar veri tabanı sistemleri ve bilgisayar ağlarında meydana gelen gelişmelerle birlikte gelişmiştir. İş süreçlerini, bilgi akışlarını ve analitiği destekleyerek üretim işletmelerinde önemli bir rol oynarlar. KBS genel olarak 6 tipte sınıflandırılabilir. [25] Kurumsal kaynak planlaması (ERP),Tedarik zinciri yönetimi (SCM) İmalat yürütme sistemleri (MES),Müşteri ilişkileri yönetimi (CRM),Ürün yaşam döngüsü yönetimi (PLM), İş Zekası (BI) Kurumsal birlikte çalışabilirlik ve izlenebilirlik, "bilgi sistemlerinin" bu tür akıllı üretimi gerçekleştirmede çok önemli olacağı saatin ihtiyacıdır. Akıllı üretim, fiziksel varlıklar ve hesaplama yetenekleri arasındaki bağlantıyı siber fiziksel sistemlerin (CPS) idare edeceği atölyede internet özellikli cihazlara sahip olacaktır [26]. Ortaya çıkan iş gereksinimlerini desteklemek için organizasyonlar arası işbirliklerine sahip olmak için ERP'nin işletme sınırlarının ötesine büyümesiyle aynı şekilde [27], MES'in kapsamı da üretim kuruluşunun tedarik, tasarım ve iş fonksiyonlarını kapsayacak şekilde büyümektedir. ERP ve MES sistemleri farklı içeriklere sahiptir. MES işlem anındaki veriyle ilgilenerek, üretimdeki anlık değişimlerin yönetimini sağlar. MES aynı zamanda ERP'nin daha hassas ve doğru verilerle yönetilmesini sağlar. MES ile ERP'nin anlık olarak güncellenmesi sonucu maliyetler ve kaynaklar gözlemlenebilir. MES ve ERP'nin birbirleriyle senkronize çalışma sonucunda üretimde etkili olacağı ifade edilebilir.[28]

#### IV. ÜRETİM YÜRÜTME SİSTEMİNİN İŞLEVI VE FAYDALARI (MES)

##### A. Mes'in Avantajları ve Önemi

MES Sisteminin Avantajları: Gerçek zamanlı veri ve raporlama sağlayarak hızlı kararlar almayı kolaylaştırır. Üretim süreçlerini optimize ederek zaman tasarrufu sağlar. Malzeme ve işgücü kaynaklarının etkin kullanımını sağlar. Üretim hatalarını azaltır ve kaliteyi iyileştirir. İzlenebilirlik ve geçmiş verilere erişim sağlar.[29] [30]

Üretim Verimliliği ve Hızın Artması: MES, üretim süreçlerini izleyerek ve optimizasyon adımları önererek verimliliği artırır. Üretim süreçlerindeki atıkları azaltır, iş gücünün etkin kullanımını sağlar ve üretim hızını artırır.[31]

Stok ve Malzeme Yönetiminin İyileştirilmesi: MES, malzeme akışını izler ve stok yönetimini optimize eder. Doğru miktarda malzeme stoklanmasını sağlar ve malzeme israfını önler.

Kalite Kontrolünün Geliştirilmesi: MES, kalite parametrelerini izler ve hataları tespit eder. Böylece kalite kontrol süreçlerini iyileştirir ve ürün kalitesini artırır.

İşgücü Verimliliğinin Artması: MES, işçilerin takibini yapar, görevleri yönetir ve işgücü verimliliğini artırmak için eğitim ve yetkinlik yönetimi gibi işgücü kaynaklarını optimize eder.

İşletme Maliyetlerinin Düşürülmesi: MES, verimlilik artışı, stok yönetimi ve kalite kontrolünün iyileştirilmesi sayesinde işletme maliyetlerini azaltır. MES, malzeme akışını takip ederek stok yönetimini optimize eder. Talep tahminleri, envanter seviyeleri ve sipariş takibi gibi bilgileri kullanarak stokları doğru ve etkin bir şekilde yönetir. [32]

Kalite Kontrolü: MES, üretim süreçlerini izleyerek hataları tespit eder ve kalite kontrolünü sağlar. Gerçek zamanlı veri analizi sayesinde, hatalı üretim adımları hızlı bir şekilde belirlenebilir ve düzeltilir. [33]

Kalite İyileşmesi: Kalite kontrol süreçlerini izler ve hataları minimize eder. Üretim sırasında kalite kontrol parametrelerinin takibini sağlar. Yanlış üretim ve atık miktarını azaltır.[34]

Üretimde OEE (Genel Ekipman Etkinlik Oranı) hesaplamalarını MES Sistemi üzerinden otomatik olarak yapabilen anlık hareketleri takip etmemizi sağlayan bir sistemdir. Ekipman etkinliği kavramı içerisinde performans, gerçekleşen üretim süresi içerisinde tamamlanması gereken üretim miktarına göre tamamlanmış üretim miktarının seviyesini değerlendirmek amacı ile kullanılmaktadır. OEE hesaplamasında; Kullanılabilirlik, Performans ve Kalite oranlarıdır. [35]. +Üretim operasyonlarının gerçek zamanlı izlenmesi ve kontrol edilmesi için MES yazılımları kullanılır. Verimlilik ve hızın artırılmasına yardımcı olur. İmalat süreçlerindeki veri toplama, analiz etme ve raporlama işlemlerini sağlar.[36]

Kullanılabilirlik çalışma zamanının planlı üretime oranıdır. Performans gerçekleşen üretim miktarının yapılabilir üretim miktarına oranıdır. Kalite sağlam parça adedinin toplam parça adedine oranıdır. Müşteri istek ve şartlarını sağlayan üretim miktarının toplam üretim miktarına oranı, kalite oranı veya kalite uygunluk oranı olarak tanımlanır. [37]

OEE =(Kullanılabilirlik X Performans X Kalite X 100) şeklinde hesap edilir. (1)

Yapılan çalışmalar ve araştırmalar, her ne kadar tüm makine ve ekipmanlar için genelleme yapılması doğru olduğu kabul



edilmeyen çalışmalar olsa da OEE için dünya standardının % 85 ve üzeri olması gerekliliğini ortaya koymuştur. [38]. Üretimde kalite kontrol verilerinin anlık olarak MES sisteminde görüntülenmesi ve analizi yapılabilmektedir. Kalite analizlerini şu başlıklarla görüntüleyebiliriz. Histogram • Kontrol şemaları • Pareto analizi • Sebep-sonuç diyagramı • Dağılım diyagramı • Proses yeterlilik analizi'dir [39]. Kalite ppm analiz etme kısmında PPM(milyonda hata oranı) şu formül ile hesaplanır. Mes Sisteminin içine gömülü olarak alınan verilere göre hesaplama yapmaktadır.

$PPM = (\text{Hatalı Parça Adedi} / \text{Sevk Edilen Adet}) * 1.000.000$  [40]  
(2)

Üretim planlama, üretim sürecinde işletme içerisinde 7/24 çalışan makinelerden elde edilen verilerin işlenmesi olarak tanımlanmaktadır.[41] Bilgi toplama sürecinde üretim verilerinin sistemde planlı bir şekilde işlenmesi gerekmektedir. Üretim iş emirlerinin oluşturulması, aylık ve haftalık makine planlaması olarak sıralı bir ilerleme ile sağlanmaktadır. Üretimin yapıldığı anda gerçekleşen üretim adet bilgisi ve duruş bilgisi sensörler ile algılanıp sisteme veri girişi yapabilmektedirler.

Bütünleşik üretim planlama sisteminin girdileri irdelenen soruna bağlı olarak kuşkusuz değişir.[42] Operasyonel planlamanın çerçevesinde somut, kısa vadeli haftaya, güne, saate bağlı detaylı planlama yer almaktadır. Burada bölümler yer almaktadır. Planlama sayısal metotlarla, özellikle matematiksel planlamaya göre yapmaktadır.[43] Planlamada Optimum toplam maliyet, Gereksinim duyulan toplam işgücü zamanı, Normal mesai üretim kapasitesi, Üretim makinelerinin verimliliği gibi konuların sistemden otomatik birim süreler göre hesaplamasını yapmaktadır.[44] İş analizinin aynı anlama gelen birçok farklı tanımı verilebilir.

[45] İş analizi; yapılan bu çalışmalar sonucu, bir işin ne olduğu, niçin ve nasıl yapıldığı, iş ihtiyaçları, hedef ve amaçları ve o işin yerine getirilmesi için ne gibi bilgi, yetenek, ustalık ve sorumluluk gerektiğinin saptanmasıdır [46]. Kanonik korelasyon analizi, çok değişkenli analiz tekniklerinden biri olup, faktör analizi ile birlikte en karmaşık işlem aşamalarını gerektiren teknikler arasında yer almaktadır [47] En az iki değişkenden oluşan iki set arasındaki ilişki yapısının, bütünlüğü bozulmadan ortaya konulabilmesi ve yorumlanabilmesi bakımından kanonik korelasyon analizinin önemi büyüktür.[48]

### *B. Mes'in Yenilikçi Üretim Süreçlerine Entegrasyonu ve Etkisi*

MES sistemleri, yenilikçi üretim süreçlerine entegrasyonu otomasyon, veri analitiği, yapay zeka gibi ileri teknolojileri kullanarak verimlilik ve esneklik sağlar. Yenilikçi üretim süreçlerine uyum sağlayarak, işletmelerin rekabet avantajını artırır ve daha çevik hale gelmelerini sağlar. Sensörler, IoT (Nesnelerin İnterneti) ve büyük veri analitiği gibi teknolojilerle entegre olarak veri toplama ve analizini iyileştirir. İşletmelerin süreçlerini optimize ederek verimliliği artırır. Verimlilik Artışı; Otomatik veri toplama ve gerçek zamanlı izleme ile üretim süreçlerinde verimlilik artışı sağlar. Hızlı ve doğru kararlar almayı destekleyen veri analitiği sağlar.[49]

Üretim süreçlerinde esneklik sağlar ve hızlı değişikliklere uyum sağlar. Üretim planlaması ve zamanlama konularında

daha hızlı ve hassas ayarlamalar yapmayı mümkün kılar. İşgücü ve ekipman kullanımını optimize ederek esnekliği artırır.[50]

### *C. Personelin Mes Kullanmasının Önemi*

MES sistemi, işçilerin ve personellerin üretim süreçlerinde etkin bir şekilde kullanılmasını sağlar. İşgücü planlamasını optimize eder ve verimliliği artırır. İşçi beceri ve yetkinliklerini yöneterek işgücü performansını iyileştirir. İşçilerin yetkinliklerini ve bilgi birikimlerini optimize eder. Üretim süreçlerinde işçi verimliliğini artırır ve atıl süreleri azaltır. İşçi eğitimi ve gelişimi için daha etkin bir platform sağlar. [51] İşçilerin beceri ve yetkinlik seviyelerini yönetir. Eğitim ihtiyaçlarını belirler ve eğitim programlarına rehberlik eder. İşçilerin daha iyi iş performansı göstermesine yardımcı olur. İşçi ihtiyaçlarını belirler ve uygun işgücü planlaması yapar. İşçi rotasyonunu optimize eder ve verimli çalışma süreçleri oluşturur. Personel takibi ve performans yönetimi için veri sağlar. [52]

### *D. İleri Seviye Mes Kullanımı*

Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti ile Entegrasyon: MES, Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojileriyle entegre olarak çalışacak. Sensörler ve akıllı cihazlar aracılığıyla daha fazla veri toplanacak ve bu veriler gerçek zamanlı olarak işlenecek. Yapay Zeka ve Büyük Veri Analitiği: Yapay zeka ve büyük veri analitiği, MES'in verileri daha etkili bir şekilde analiz etmesine ve daha iyi kararlar almasına olanak sağlayacak. Öngörücü analizler ve otomatik karar destek sistemleri yaygınlaşacak. Bulut Bilişim ve Mobil Uygulamalar: MES, bulut bilişim ve mobil uygulamalarla entegre olarak çalışacak. Veriler bulutta depolanacak ve mobil cihazlar aracılığıyla erişilebilir hale gelecek. Bu, esneklik ve erişilebilirlik sağlayacak.[53][54]

İleri Analitik ve Tahmin Yetenekleri: Büyük veri analitiği, makine öğrenimi ve yapay zeka gibi teknolojilerle entegre olarak veri tabanlı tahmin ve analitik yeteneklerini artırır. Üretim performansını önceden tahmin etme ve iyileştirme fırsatlarını belirleme konusunda yardımcı olur. Sorunları önceden tespit ederek önleyici bakım yapılmasını sağlar.[55]

### *V. ÜRETİM YÜRÜTME SİSTEMİ'NİN UYGULAMA ÖRNEKLERİ (MES)*

Otomotiv Sektöründe MES Uygulamaları: Otomotiv endüstrisinde MES, üretim süreçlerini optimize eder, malzeme yönetimini iyileştirir ve kalite kontrolünü artırır. Gıda ve İçecek Endüstrisinde MES Uygulamaları: MES, gıda ve içecek üretiminde stok yönetimini, kalite kontrolünü ve izlenebilirliği iyileştirir. Üretim süreçlerini etkinleştirir ve ürün güvenliğini sağlar. İlaç ve Kimya Sektöründe MES Uygulamaları: İlaç ve kimya endüstrisinde MES, sıkı kalite yönetimi, izlenebilirlik ve düzenleyici uyumluluk gereksinimlerini karşılar. Üretim süreçlerini optimize eder ve hata olasılığını azaltır. Elektronik ve Yüksek Teknoloji Endüstrisinde MES Uygulamaları: Elektronik ve yüksek teknoloji endüstrisinde MES, kompleks üretim süreçlerini

yönetir, malzeme yönetimini optimize eder ve hızlı değişen taleplere uyum sağlar.[56][57]

#### A. Üretim Yönetim Sisteminin Uygulamasının Zorlukları ve Çözümleri

İşletme Kültürü ve İş Süreçlerinin Uyumlaştırılması: MES, mevcut iş süreçlerine entegre edilmelidir. İşletme kültürünü değiştirmek ve iş süreçlerini yeniden yapılandırmak zorluklar doğurabilir. Çözüm olarak, liderlik desteği, eğitim ve değişim yönetimi stratejileri uygulanabilir. Yazılım Entegrasyonu ve Veri Uyumluluğu: MES, diğer işletme sistemleriyle entegre çalışmalıdır. Yazılım entegrasyonu ve veri uyumluluğu zorluklar doğurabilir. Standart veri paylaşım protokolleri ve uyumlu yazılım çözümleri kullanmak çözüm sağlayabilir. İnsan Kaynakları Yetkinlikleri ve Eğitim: MES'in etkili bir şekilde kullanılabilmesi için işletmedeki çalışanların yetkinlikleri ve eğitimi önemlidir. İnsan kaynakları yönetimi ve eğitim programlarıyla çalışanların MES'i kullanma becerileri geliştirilebilir.[58][59]

#### B. Üretim Yönetim Sisteminin İçeriğinin Programlama ve Yazılımın Önemi

MES sistemi, imalat operasyonlarına ilişkin verilerin toplanması, analizi ve yönetimi için programlamaya ihtiyaç duyar. İşletmelerin ihtiyaçlarına özelleştirilebilir yazılım çözümleri sunar. İş süreçlerinin optimize edilmesi ve verimlilik artışı için programlanabilir iş kuralları sağlar. İmalat verilerinin toplanması, analizi ve raporlanması için yazılım tabanlı çözümler sunar. Veri entegrasyonu ve veritabanı yönetimi ile veri tutarlılığını sağlar. Veri tabanlı karar destek sistemleri oluşturarak hızlı ve doğru kararlar almayı destekler.[60] İş Süreçleri ve Optimizasyon; İşletmelerin özelleştirilmiş iş süreçlerini programlamaya ve yönetmeye olanak tanır. İş süreçlerinin otomasyonu ve optimizasyonu için iş akışları oluşturur. Hata ve atık miktarını azaltır, süreçlerin verimliliğini artırır. Sistemler Arası Entegrasyon: MES sistemi, diğer üretim sistemleri ve işletme yazılımlarıyla entegre çalışabilir. Üretim planlaması, envanter yönetimi, kalite kontrol gibi sistemlerle entegrasyon sağlar. Veri paylaşımı ve senkronizasyonu için yazılım tabanlı entegrasyon arayüzleri sunar. [61]

### VI. TARTIŞMA

Bu çalışma da, üretim yönetim sisteminin (MES) önemini ve işletmeler üzerindeki etkisini inceledik. Araştırmamız, MES'in işletmelerin operasyonel süreçlerini optimize etmedeki kritik rolünü vurgulamaktadır. Ayrıca, MES'in verimlilik artışı, maliyet azaltma, kalite kontrolü ve işgücü yönetimi gibi alanlarda sağladığı avantajları ele aldık. Elde ettiğimiz bulgular, MES'in işletmeler için önemli bir stratejik araç olduğunu göstermektedir. MES, veri toplama, analiz, izleme ve raporlama gibi işlevleriyle işletmelerin daha iyi kararlar almasını sağlamaktadır. Bunun yanı sıra, MES'in entegrasyonu, iş süreçlerinin koordinasyonunu artırarak verimliliği ve hızı artırmaktadır. Tartışmamızda ayrıca MES'in uygulama zorlukları ve çözümleri üzerinde durduk. İşletmelerin MES'i etkin bir şekilde uygulayabilmesi için yazılım entegrasyonu, veri uyumluluğu, işletme kültürü uyumu ve insan kaynakları yetkinlikleri gibi faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu zorlukların üstesinden

gelmek için işletmelerin stratejik bir planlama ve iyileştirme süreci izlemesi önemlidir. MES'in imalat endüstrisindeki rolü ve önemi açıkça ortaya konmuştur. İşletmeler, ÜYS'nin sağladığı avantajları değerlendirerek rekabetçiliklerini artırabilir ve operasyonel süreçlerini optimize edebilirler. Gelecekte, MES'in teknolojik gelişmelerle entegrasyonu ve Endüstri 4.0 kavramıyla uyumlu hale gelmesi, işletmelere daha fazla potansiyel sunacaktır. Ayrıca, işletmelerin MES'i daha etkin bir şekilde uygulayabilmeleri için daha fazla yönlendirici bilgiye ihtiyaç vardır.

### VII. SONUÇ

Bu çalışma, Üretim Yürütme Sistemi'nin (MES) imalat endüstrisindeki rolünü ve avantajlarını vurgulamaktadır. MES'in temel bileşenleri ve önemli avantajları incelenmiştir. Farklı sektörlerde yapılan uygulamalar, MES'in etkinliğini desteklemektedir. MES'in uygulanması zorluklar içerebilir ve dikkat edilmesi gereken faktörleri içermektedir. Gelecekte, MES'in teknolojik trendlere entegre olması beklenmektedir. MES, işletmelerin rekabetçiliğini artırmakta ve yenilikçi üretim süreçlerine entegre olmayı sağlamaktadır. Personelin eğitimi ve yetkinlikleri, başarılı bir uygulama için kritik öneme sahiptir. Bu çalışma, MES'in rolünü ve işletmelere rehberlik edecek sonuçları özetlemektedir. MES sistemi projelerinde dikkate alınması gereken faktörler ve adımlar da belirtilmiştir. Bu çalışma, imalat işletmelerine yol gösterici bir kaynak sunmaktadır.

Üretim Yürütme Sistemi'nin (MES) imalat endüstrisindeki önemli rolünü ve avantajlarını ortaya koymaktadır. MES, veritabanı ve veri toplama, üretim izleme ve kontrol, üretim planlama ve programlama, malzeme yönetimi, kalite yönetimi, işgücü yönetimi, raporlama ve analiz gibi temel bileşenlerden oluşmaktadır.

MES, üretim verimliliğinin artırılması, stok ve malzeme yönetiminin iyileştirilmesi, kalite kontrolünün geliştirilmesi, işgücü verimliliğinin artırılması ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi gibi önemli avantajlara sahiptir. Bu avantajlar, imalat endüstrisinde rekabetçilik açısından büyük önem taşımaktadır.

Farklı sektörlerde yapılan uygulamalar, MES'in etkinliğini göstermektedir. Örneğin, otomotiv, gıda ve içecek, ilaç ve kimya, elektronik ve yüksek teknoloji endüstrilerinde MES uygulamaları başarılı sonuçlar vermektedir.

MES'in uygulanması bazı zorlukları beraberinde getirebilir. İşletme kültürü ve iş süreçlerinin uyumlaştırılması, yazılım entegrasyonu ve veri uyumluluğu, insan kaynakları yetkinlikleri ve eğitim gibi faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir.

Gelecekte, MES'in Endüstri 4.0 ve Nesnelerin İnterneti, yapay zeka ve büyük veri analitiği, bulut bilişim ve mobil uygulamalar gibi trendlere entegre olması beklenmektedir. Bu teknolojik gelişmeler, MES'in imalat endüstrisinde daha da gelişmesini sağlayacaktır.

MES, işletmelerin rekabetçiliğini artırmakla birlikte yenilikçi üretim süreçlerine de entegre olmayı sağlar. MES kullanımı, verimlilik, kalite ve müşteri memnuniyeti gibi alanlarda olumlu etkiler yaratır.

Personelin MES kullanımına yönelik eğitimi ve yetkinlikleri, sistemin başarılı bir şekilde uygulanması için kritik öneme

sahiptir. Eğitim ve farkındalık, personelin sistemi etkin bir şekilde kullanmasını sağlayarak olumlu sonuçların elde edilmesine katkıda bulunur. Üretim Yürütme Sistemi (MES) konusunda yapılan çalışmaların sonuçlarını ve MES'in imalat endüstrisindeki rolünü özetlemektedir. Bu çalışmanın sonuçları, işletmelerin rekabetçiliğini artırma ve gelecekteki endüstri trendlerine uyum sağlama konusunda rehberlik etmektedir.

Mes sistemi projelerinde dikkate alınması gereken faktörler ve adımlar özetlenmektedir. Bunlar arasında, güvenilir ağ alt yapısının oluşturulması, malzeme seçimi, içerik belirleme, programlama, personel eğitimi, kullanıcı dostu arayüz tasarımı, veri kontrolü ve analizi gibi unsurlar bulunmaktadır. Bu proje sayesinde fabrikalarda Mes sistemi kullanımının etkisi, rekabet avantajı ve işletmelerin performansı üzerindeki katkıları Mes sisteminin kurulumu ve kullanımı için gereken önemli adımlar ve faktörler özetlenerek, imalat işletmelerine yol gösterici bir kaynak sunulmaktadır.

## **KAYNAKLAR**

- [1] Zhu, Q., & Zhang, T. (2018). A Manufacturing Execution System Architecture Based on Cyber-Physical Systems for Industry 4.0. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(10), 4733-4741.
- [2] Bilgi Teknolojilerindeki Değişimin Görsel İşitsel Teknikler ve Medya Yapımcılığı Alanlarına Etkisi 8th International Vocational Schools Symposium UMYOS'19 SİNOP A.Uçartürk, E.Mete,T.Uçartürk (pg. 10-15 JUNE 2019)
- [3] M. Hermann, T. Pentek, and B. Otto, "Design principles for industrie 4.0 scenarios," *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, vol. 2016–March, pp. 3928–3937, 2016
- [4] Kaynak: Brandt-Pook, H., & Siewert, A. (2017). A method for MES implementation for high-variant production environments in small- and medium-sized enterprises. *Procedia CIRP*, 63, 631-636.
- [5] H. Lasi, P. Fettke, H. G. Kemper, T. Feld, and M. Hoffmann, "Industry 4.0," *Bus. Inf. Syst. Eng.*, vol. 6, no. 4, pp. 239–242, 2014.
- [6] S. Mantravadi, C. Möller, An Overview of Next-generation Manufacturing Execution Systems: How important is MES for Industry 4.0? pg. 588-595,2019.
- [7] YILANCI, M.(2003). İç Denetim, Osmangazi Üniversitesi Yayınları No:086, Eskişehir.
- [8] Grieves, M. (2014). *Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking*. McGraw-Hill Education.
- [9] [Dornfeld, D. A., & Linke, B. S. \(2017\). MES: Managing the Complexity of Manufacturing Systems. CIRP Encyclopedia of Production Engineering.](#)
- [10] Krause, O., Seuring, S., & Rüßmann, M. (2018). *Internet of things and the future of manufacturing: A systematic review. IEEE Transactions on Engineering Management*, 65(2), 245-257.
- [11] Johnson, D. (2019). "Enhancing Traceability with MES Software." *Manufacturing Today*.
- [12] Johnson, M. et al. (2021). "Network Infrastructure for MES System." *Automation World*.
- [13] Smith, A. et al. (2022). "Performance Optimization of MES Network Infrastructure." *Journal of Manufacturing Technology*.
- [14] Kagermann, H., Helbig, J., Hellinger, A., & Wahlster, W. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 working group*.
- [15] Jones, A. (2020). "The Role of MES in Modern Manufacturing." *Manufacturing Technology Insights*.
- [16] H. Meyer, F. Fuchs, K. Thiesl, *Manufacturing Execution Systems (MES): Optimal design, planning, and deployment*, first ed., McGraw-Hill Professional, New York, 2009.
- [17] Zhu, Q., & Zhang, T. (2018). A Manufacturing Execution System Architecture Based on Cyber-Physical Systems for Industry 4.0. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(10), 4733-4741.
- [18] Dornfeld, D. A., & Linke, B. S. (2017). *MES: Managing the Complexity of Manufacturing Systems*. *CIRP Encyclopedia of Production Engineering*.
- [19] Zhu, Q., & Zhang, T. (2018). A Manufacturing Execution System Architecture Based on Cyber-Physical Systems for Industry 4.0. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(10), 4733-4741.
- [20] J. P. Womack, D. T. Jones, D. Roos, *The machine that changed the world*, Free Press, New York, 1990.
- [21] Gianluca D'Antonio\*, Joel Sauza Bedollaa, Paolo Chiaberta *Procedia İmalatı Cilt 11, 2017 , Sayfa 2243-2251*
- [22] EFİL, İ.(2010).*Toplam Kalite Yönetimi, Genişletilmiş 7.Baskı,Dora Basım-Yayın Dağıtım,Bursa.*
- [23](Selda Türedi, *Uluslararası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi Yıl:2012, C:4, S:1, s.27-37*)
- [24] Kevser Köklü İş Analizi, İş Analistliği ve İş Zekası July 2018, Volume 2, Issue 2, 121-142
- [25] D. Romero and F. Vernadat, "Enterprise information systems state of the art: Past, present and future trends," *Comput. Ind.*, vol. 79, pp. 3–13, 2016.
- [26] R. Baheti, "The Impact of Control Technology: Cyber-physical Systems," *IEEE Control Syst. Soc.*, pp. 1–6, 2011.
- [27] C. Möller, "ERP II: a conceptual framework for next-generation enterprise systems?," *J. Enterp. Inf. Manag.*, vol. 18, no. 4, pp. 483–497, 2005.
- [28] Timur, M. & Kılıç, H. (2022). Üretim Takip Sistemleri ve Kavramsal Veri Analizi ile Dijital Fabrika Oluşumu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (33), 285-289.
- [29] Smith, J. (2019). "Advantages of Implementing MES in Manufacturing." *Manufacturing Today*.
- [30] Johnson, M. (2018). "MES Systems: Enhancing Production Efficiency and Quality." *Automation World*
- [31] Brandt-Pook, H., & Siewert, A. (2017). A method for MES implementation for high-variant production environments in small- and medium-sized enterprises. *Procedia CIRP*, 63, 631-636.

- [32] Dornfeld, D. A., & Linke, B. S. (2017). MES: Managing the Complexity of Manufacturing Systems. CIRP Encyclopedia of Production Engineering.
- [33] Grieves, M. (2014). Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking. McGraw-Hill Education.
- [34] Smith, A. et al. (2020). "The Influence of MES Software on Manufacturing Quality." Journal of Manufacturing Systems.
- [35] ÇELİK, H., (2020), Ekipman Etkinliğine Farklı Bir Yaklaşım: Genel Operasyon Etkinliği, Verimlilik Dergisi, Yıl: 2020, Sayı: 4, T. C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Yayını.
- [36] Lee, C. et al. (2021). "The Impact of MES Software on Manufacturing Operations." International Journal of Production Research.
- [37] DÖKME, F., TANER, E., (2013), **Toplam Verimli Bakım Stratejisi ve Endüstriyel Tesislerde Uygulanmasının Önemi**, Teknik Bülten, 42 (4): 21-31.
- [38] GUPTA, A. K., GARG, R. K., (2012), **OEE Improvement by TPM Implementation: A Case Study**, International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research (IJIEASR), 1 (1): 115-124.
- [39] Ramakrishnan, B. ve ark., "Process capability indices and product reliability", Microelectronics Reliability, 41, pp.2067-2070, 2001.
- [40] Ülge Taş ÜRETİM SÜREÇLERİNDE 8D METODU İLE HATA ANALİZİ: OTOMOTİV ENDÜSTRİSİNDE BİR UYGULAMA'sı Doktora'a Tezi Aksaray, 2021
- [41] Timur, M. & Kılıç, H. (2022). Üretim Takip Sistemleri ve Kavramsal Veri Analizi ile Dijital Fabrika Oluşumu. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (33), 285-289.
- [42] Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Cilt: XVI Sayı: 1-2, Yıl: 1995/1996, (Buffa:1973, Shore:1973)
- [43] Uludoğan, Didem; Marmara Üniversitesi (Turkey) ProQuest Dissertations Publishing, 2002. 28565806.
- [44] H.K. Sezen İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Cilt XVI, Sayı 1-2, Yıl: 1995/1996, ss. 25-29.
- [45] Pem360. (2016). İş Analizi nedir? İş Analistinin Görevleri nedir? 3 Ocak 2018 tarihinde, <https://www.pem360.com/blog/BusinessAnalysis/Is-Analizi-nedir--Is-Analistinin-Gorevleri-nedir-/443> adresinden erişilmiştir.
- [46] Balaban, Ö. (2013). Sakarya Üniversitesi Uzaktan Eğitim Dersi, 2016 yılında
- [http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/66221/30187/iş\\_analizi.pdf](http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/66221/30187/iş_analizi.pdf).
- [47] Tatlidil, H. 1996. Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz. Cem Web Ofset Ltd. Şti. 424s. Ankara.
- [48] S.Keskin A.N.Özsoy 2003 TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ 2004, Cilt 10, Sayı 1
- [49] Smith, J. et al. (2022). "Integration of MES Systems with Innovative Manufacturing Processes." Journal of Manufacturing Technology.
- [50] Johnson, M. et al. (2021). "MES Systems Integration for Agile Manufacturing." Automation World.
- [51] Anderson, R. et al. (2021). "The Role of MES System in Workforce Utilization." International Journal of Production Management.
- [52] Smith, A. et al. (2022). "Workforce Skill Management in MES System." Journal of Manufacturing Technology.
- [53] Zhu, Q., & Zhang, T. (2018). A Manufacturing Execution System Architecture Based on Cyber-Physical Systems for Industry 4.0. IEEE Transactions on Industrial Informatics, 14(10), 4733-4741.
- [54] Krause, O., Seuring, S., & Rüßmann, M. (2018). Internet of things and the future of manufacturing: A systematic review. IEEE Transactions on Engineering Management, 65(2), 245-257.
- [55] Lee, C. et al. (2020). "Integration of MES with Advanced Analytics for Predictive Manufacturing." International Journal of Production Research.
- [56] Grieves, M. (2014). Product Lifecycle Management: Driving the Next Generation of Lean Thinking. McGraw-Hill Education.
- [57] Dornfeld, D. A., & Linke, B. S. (2017). MES: Managing the Complexity of Manufacturing Systems. CIRP Encyclopedia of Production Engineering.
- [58] Dornfeld, D. A., & Linke, B. S. (2017). MES: Managing the Complexity of Manufacturing Systems. CIRP Encyclopedia of Production Engineering.
- [59] Brandt-Pook, H., & Siewert, A. (2017). A method for MES implementation for high-variant production environments in small- and medium-sized enterprises. Procedia CIRP, 63, 631-636.
- [60] Johnson, M. et al. (2021). "MES Software Programming and Configuration." Automation World.
- [61] Smith, A. et al. (2022). "Programming and Configuration of MES Content." Journal of Manufacturing Technology.



# Makine Öğrenmesinde Sınıflandırma Algoritması İncelenmesi

## Examination of Classification Algorithms in Machine Learning

M.S.HEMEDİ<sup>1</sup>, A. ESER<sup>2</sup>, M.A. MASALMEH<sup>3</sup> ve A.A. MASALMEH<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Suriye—Halep, [abdullhemedi5@gmail.com](mailto:abdullhemedi5@gmail.com)

<sup>2,3,4</sup>Suriye, Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye

**Özet** - Bu makale de makine öğrenmesinde sınıflandırma algoritmasını inceledim. Günümüzde Makine öğrenmesi her alanda kullanılmaya ve hayatı kolaylaştırmaktadır. Bu alanların ise kategorize edip gruplara ayrılması gerekmektedir. Verilerin hangi gruplara ait olduğunu karar veren algoritmalar konusu işlenmiştir. Çalışılan bir veri setinden faydalanarak sınıflandırmanın yapılması ve performansının analizini, hangi gruba ait olduğunu tahmin edilmesi şeklinde gruplandırma araştırılmıştır. Sınıflandırılan algoritmalar Naives Bayes, Yapay Sinir Ağları, Random Forest Algoritmaları, Karar Ağacı, K-Nearest Neighbour(KNN) Algoritması, Lojistik Regresyon algoritmaları en çok kullanılan algoritmalarlardır. Naives Bayes algoritması olasılıklar için kullanılmaktadır. En yüksek olan olasılığı seçer. Yapay sinir ağlar, Karar Ağacı, veri setini küçük parçalara bölerek geliştirilmektedir. Random Forest, rasgele birden fazla karar ağacı üreterek sınıflandırmayı yapmayı sağlar. KNN algoritması, en yakın komşu algoritması verinin hangi en yakın sınıflandırmaya dahil olduğunu bulan algoritmadır. Lojistik Regresyon algoritması en az değişken kullanarak en iyi uyuma sahip değişkenlerin ilişkilerini analiz eden algoritmadır. Makine öğrenmesinde sınıflandırma algoritmalarında farklı hastalıkların tahminleri, duyu analizleri, borsa analizleri, haberlerin sınıflandırılması gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Makine Öğrenmesi, Sınıflandırma, Algoritmalar, Düşüm

**Abstract** - In this article, I examined the classification algorithm in machine learning. Machine learning is used in every field today to make life easier. These areas need to be categorized and divided into groups. The subject of algorithms that decide which groups the data belongs to has been processed. Groupings were investigated in the form of making classification and analyzing its performance, and predicting which group it belongs to, by using a data set that was worked on. The most commonly used algorithms are Naive Bayes, Artificial Neural Networks, Random Forest Algorithms, Decision Trees, K-Nearest Neighbor (KNN) Algorithm, and Logistic Regression algorithms. The Naive Bayes algorithm is used for probabilities. It selects the highest probability. Artificial neural networks, Decision Trees, are developed by dividing the data set into small pieces. Random Forest allows classification by randomly generating multiple decision trees. The KNN algorithm, the nearest neighbor algorithm, is the algorithm that finds which classification the data belongs to. The Logistic Regression algorithm is an algorithm that analyzes the relationships of the variables with the best fit using the least variables. Classification algorithms in machine learning are used in many areas such as

predictions of different diseases, sentiment analysis, stock market analysis, and classification of news.

**Keywords** - Machine Learning, Classification, Algorithms, Nodes

### I. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ve bu doğrultuda endüstriyel faaliyetlerin hızla ilerlemesi çeşitli ihtiyaçları ortaya çıkarmıştır. Bu ihtiyaçlar ise insan gücü yerine farklı makineler geliştirilmesini ve gerekli olan ihtiyaçların bu makineler ile sağlanması durumunu ortaya çıkarmıştır. Geliştirilmiş olan bu makineler ise hem eleman sayısında tasarruf hem de zamandan büyük ölçüde kazanımlar elde edilmesini sağlamıştır. Bu makinelerin yeni teknolojilerin ortaya çıkmasıyla anlaşıldı ki makine öğrenme kavramı ile daha da tasarruf edilebilir şekilde insan kaynaklarını azaltarak istenilen bir bilgi makineye ve bilgisayara öğretilerek işlerin hızlanması, analiz etme ve hata olasılığının düşmesi öngörülmektedir. Makine öğrenmesi problemleri çözme ve en kısa sürede öğretilen işin önceki verilerle bakılarak yapılır. Makine öğrenmesinde kendi içinde gruplandırma yapılır. Bu gruplandırma denetimli, denetimsiz, yarı denetimsiz şeklindedir. Denetimli öğrenme sonuç odaklı bir yöntemdir. Verilerden bilgilere ulaşım hedefe ulaşım sonuçlandırılması gerekmektedir (Koyuncuoglu ve Özgülbaş, 2009). Burada en önemli şey veri olmasıdır. Verinin geçmiş den alınarak uygun bir model bulunması ve tahmin yürütülmesi sağlanmalıdır. Bu verinin işlenmesi için algoritmalar oluşmuş ve birçok alanda çalışılmaya başlanmıştır. Algoritmalar problem çözmek için kullanılan yapılardır. Bu problemleri tasarlayarak çözülmesi sağlanmalıdır (Tungut 2021). Verileri kategorize etmek için sınıflandırma algoritmaları kullanılmaktadır. Makine öğrenmesinde en önemli algoritmalar sınıflandırma algoritması veriyi kategorik olarak ayırma, hangi veri hangi gruba dahil olması gerektiği sınıflandırma algoritması ile belirlenmektedir (Singh ve Ark 2016). Belirli sınıflandırma algoritmaları vardır. En çok kullanılan sınıflandırma algoritmaları Naive Bayes, Random Forest, Karar Ağacı, K-Nearest Neighbour (KNN), lojistik Regresyon yöntemleri kullanılır (Kazan ve Karakoca 2019).

## II. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kaynak araştırmasına baktığımızda birçok alanda makine öğrenmesinin sınıflandırma algoritmasının kullanıldığı görülür. Naives Bayes Algoritmasında örneklerin hangi gruba ait olması gerektiği ve hangi olasılık ile tespit edilir. Nitelik aynı derecede ve bağımsız olmalıdır (Sarıkoc 2012). Karar Ağaçları algoritması, sık kullanılan bir algoritmadır. Bunun nedeni eğitim ve testinin hızlı olmasından kaynaklanmaktadır. Nitelik seçimi önemli ve bu nitelik seçimine göre en hızlı şekilde sonuca ulaşması gerekmektedir (Kaya ve Yıldız, 2014). K means algoritmasında kolay uygulanmayı sağlar. En yakın komşu algoritması tespitiyle sınıflandırılmasını sağlar. Algoritmada amaç k adet kümenin içerisindeki benzerliklerin maksimum ve minimumu bulmaktır (Bülbül ve ark. 2009). Lojistik Regresyonlar açıklayıcı değişkenlere dayanarak ikili yanıt tahmin etmek için kullanılır. Sonuçlara dayalı olasılıklar bir lojistik fonksiyondur. Matematiksel olarak  $P(Y = 1)$  fonksiyonu şeklinde tahmin eder Aydın (Atasoy ve Demiröz 2021).

## III. YÖNTEM

Makine öğrenmesinde sınıflandırma algoritmalarında, gruplandırma, kategorize etme ve hangi düğümün nereye ait olduğunun bulunması önemlidir. Bir veri seti oluşturulmalı ya da hazır veri setlerinden yararlanılmaktadır. Bunun yanında test setleri de yazılabilir. Ancak özneliği belirlenmeli ve özneliğinde gruplara ayrılmalıdır. Tek etiketli ya da çok etiketli de sınıflandırma yapılmaktadır (Sebastiani 2002). Sınıflandırma algoritması denetimli öğrenme modelinin bir parçasıdır. Denetimli öğrenme eğitilmiş sistemde test veri setine tahmin ve tanımlamak için kullanılmıştır (Chao 2011). Sınıflandırma algoritmaları kendi içerisinde birçok farklı algoritma barındırır. En popüler olanlar, Naive Bayes, Random Forest, Karar Ağacı, K-Nearest Neighbour (KNN), Lojistik Regresyon, Yapay Sinir Ağları şeklinde en yaygın olanlarıdır (Caruana ve Niculescu-Mizil 2006).

## IV. MAKİNE ÖĞRENMESİNDE SINIFLANDIRMA ALGORİTMALARIN KULLANIMI

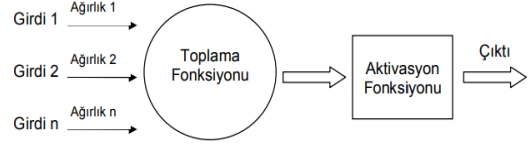
### A. Naive Bayes Algoritması

Naive Bayes algoritması temeli Bayes teoremine dayanmaktadır. Makine öğrenmesi, veri madenciliği, duygu analizi gibi alanlarda sıkça kullanılmaktadır. Dengesiz veri setleri ile çalışmaktadır. Algoritmanın çalışma şekli bir elemanın durumları için olasılıkları hesaplanmasını sağlar. En yüksek olan olasılığı algoritmayı seçer (S. Alqaraleh 2021).

### B. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları metodu belirli değişkenlere bağlı olarak önceki verilerin yapay sinir ağları kullanarak ileriye dönük tahmin yapmaya yarayan bir sınıflandırma algoritmasıdır (Türk ve Kiani 2019). İnsan beyninden esinlenerek öğrenme süreçlerini sayısal olarak modellemeye çalışarak ortaya çıkmıştır. İnsan beyni gibi düşünme ve gözleme yeteneklerine bakarak problemleri çözmeye odaklanmıştır. Yapay sinir ağları birbirine bağlanmış nöronlardan oluşmaktadır.

Nöronlardan sinyal olarak, birleştirme dönüştürerek sayısal sonuca bağlanmayı sağlar (Kabalıcı, 2014).



Şekil 1. Yapay Sinir Hücresi (Vural 2007)

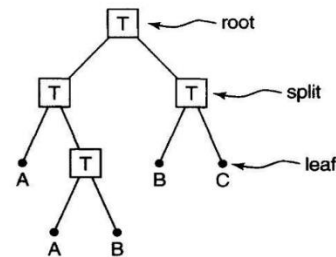
Yapay Sinir ağları birbirlerine bağlı olduğu için birbirlerine bağlı bir hücrelerdir. Dışarıdan girilen bilgiler girdi olarak adlandırılır. Ağırlıklar değerler girdilerin önem ve etkisidir. Toplama fonksiyonu, girdilerin kendi ağırlıklarının toplamıdır. Aktivasyon fonksiyonu, toplama fonksiyonundan gelen girdinin işleme tabi tutularak çıktısını üreten doğrusal olmayan fonksiyondur. (Öztemel, 2003),

### C. Random Forest Algoritması

Rasgele Ormanlar (Random Forest) Denetimli sınıfta yer alan bir algoritmadır. Rasgele birden fazla karar ağacı üreterek sınıflandırmayı sağlar. Yeterli miktar ağaç varsa öğrenme sorunu azalır. Bu sınıflandırmanın sonucunda en yüksek değeri alır. Etiketlenmemiş verilerin etiketlerinin tahmin çıkarımları yapılmalıdır. Ormandaki ağaç sayıları arttıkça genelleme hatasına bağlı olarak genel yaklaşım sağlanır (Kumral ve Ark. 2022).

### D. Karar Ağacı

Karar ağaçları diğer sistemlerden daha kullanılır, veri tabanları ile entegre şekilde olup daha kolay ve yorumlaması daha basittir. Sınıflandırma algoritmasındaki bu tahmin edici yapıdadır. Karar ağacı düğümleri dallar ve yapraklardan oluşmaktadır. Kök(root) den başlayarak dallanır. Bu dalların her biri bir sınıflandırma tamamlanır (Sezer 2008).



Şekil 2. Karar Ağacı Yapısı (Parim ve Ark. 2022)

Şekil 1'deki karar ağacı yapısı kök yaprak ve dal şeklinde verilmiştir. Burada verilen A, B, C noktaları bir düğümdür. Her düğüm bir dala bağlıdır ve bu dallar bir yaprak da bağlıdır. Karar ağacı genelleştirmeyi en aza indirmek için uygun olan karar ağacını oluşturmayı hedefler. Karar ağacı küçük boyutlu olmayı, düğüm sayısını azaltmayı da amaçlamaktadır (Maimon ve Rokach 2010).

### E. K-Nearest Neighbour (KNN) Algoritması

K-En Yakın Komşuluk algoritması (KNN) makine öğrenmesinde çok kullanılan bir algoritmadır. KNN tahmin edilecek değerlerin bağımsız değişkenlerin oluşturduğu vektörün

en yakın komşularının hangi gruba, sınıfa ait olduğunu tahmin eden algoritmadır. İki önemli noktası uzaklık ve komşuluk sayısı vardır (Liu ve Zhang 2012). KNN algoritmasının adımlarına göre hedeflenen düğüm hangi sınıfta olduğu belirlenmektedir. İlk adım k düğümün belirlenmesidir. İkinci adım hedef değişkene olan uzaklık hesaplanır. Üçüncü adım uzaklıklar en küçükten en büyüğe doğru sıralanarak en yakın komşu düğümü bulur. Dördüncü adım en yakın komşusu belirli olan düğümün sınıfları belirlenir. Beşinci adımda sınıflarda en çok belirlenen komşu düğümlerin sınıflandırılması seçilmektedir (Bhuvanewari ve Therese, 2015). KNN algoritması borsa endeks tahmin algoritmalarında popüler olarak kullanılan, Dolar-TL ve Euro-TL günlük kurların al/sat işlemlerinin tahminin de kullanılmaktadır (Özari ve Demirkale 2022).

#### F. Lojistik Regresyon Algoritması

Regresyon, tahmine edilecek hedef öznitelik verileri sürekli verilerden oluşmaktadır. Basit bir regresyon kök düğüm, yaprak ve dal yer almaktadır. Lojistik Regresyon bir veya birden fazla veri faktörünün ilişkisinin matematiksel olarak analiz edilmesini sağlayan bir algoritmadır. Lojistik regresyon diğerlerine dayalı bu faktörlerden birinin tahmin etmek için kullanılan ilişkidir. Çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerindedir (Nefeslioglu 2010). Lojistik regresyon özellikle eksiltme yöntemlerinin kullanılması ve gen dizimlerinin sınıflandırılmasında kullanılan bir sınıflandırma algoritmasıdır (Yengi ve Omurca 2015).

#### V. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Sınıflandırma algoritmalarında verilerin hangi grup da olması gerektiğinin bu makale de anlattığım şekilde hangi algoritmanın kullanılması gerektiğini hedefledim. Makaledeki çalışmanın örnek bir veri setinin olması gerekiyor ancak ben veri seti tercih etmedim. Ancak örnek bir veri seti ya da test veri seti olmalıdır. Bu veri setlerinin KNN, Karar ağaçları, naives bayes, lojistik regresyon algoritmaların hangi sınıflandırma için yapılacağı belirlenmiştir. Makine öğrenmesinde sınıflandırma algoritmalarındaki yapılan çalışmalardaki alanlar daha dikkat çekicidir. Bunun bir örneği

#### VI. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Makine öğrenmesinde sınıflandırma algoritmaların çeşitli şekilde olması ve alanlarının geniş olmasıyla bu çalışmada popüler olan bazı sınıflandırmalardan bahsettim. Sınıflandırma algoritmasında veri setlerinin olması gerektiği ve bu veri setinin üzerinde *tahminler*, analizler, en yakın komşulara göre verileri sınıflandıran algoritmalar kullanılmıştır. Kullanılan algoritmalar günümüzde yapay zeka alanında bir çok projede python yada r dilinde yazılmaktadır. Kullanılan yöntem ve materyaller ile hangi formül nerede kullanılması gerektiği hangi analizin yapılması gerektiği yada hangi olasılık ile veriyi doğru sınıflandırma yapılacağı doğru algoritma belirlenmesi ile ortaya çıkmaktadır.

#### KAYNAKLAR

- [1] Koyuncugil, A., & Özgülbaş, N. (2009). Veri madenciliği: Tıp ve sağlık hizmetlerinde kullanımı ve uygulamaları. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 2,2.
- [2] A. Singh, N. Thakur and A. Sharma, "A review of supervised machine learning algorithms," *2016 3rd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, New Delhi, India, 2016, pp. 1310-1315.
- [3] Tungut, H. B. (2021). ALGORİTMA VE PROGRAMLAMA MANTIĞI (Vol. 108). KODLAB YAYIN DAĞITIM YAZILIM LTD. ŞTİ..
- [4] Kazan, S., & Karakoca, H. (2019). Makine öğrenmesi ile ürün kategorisi sınıflandırma. *Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences*, 2(1), 18-27.
- [5] Sarıkoç, F., "Meme Kanseri Biyopsi Örneklerinde Östrojen Hormonu Alıcı Varlığının Zeki Yöntemlerle Tespiti", Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 148s, (2012).
- [6] Kaya, Ç., & Yıldız, O. (2014). Makine öğrenmesi teknikleriyle saldırı tespiti: Karşılaştırmalı analiz
- [7] Bülbül,Ş., Güler, M.F., Kandemir, A.Ş., (2009), Propensity Skor Uygulamalarında Kümeleme Analizinin Test Amaçlı Kullanımı,172.
- [8] Aydın Atasoy, N. & Demiroz, A. (2021). Makine Öğrenmesi Algoritmaları Kullanılarak Prostat Kanseri Tümör Oluşumunun İncelenmesi . *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* , Ejosat Special Issue 2021 (ISMSIT) , 87-92 . DOI: 10.31590/ejosat.1018897
- [9] Sebastiani, F. , 2002. Machine learning in automated text categorization, *ACM computing surveys* (CSUR), 34(1), 1-47
- [10] Chao, W. L. , 2011. Machine Learning Tutorial.,
- [11] Caruana, R. , Niculescu-Mizil, A. , 2006. An empirical comparison of supervised learning algorithms. In *Proceedings of the 23rd international conference on Machine learning* (pp. 161-168), ACM.
- [12] S. Alqaraleh , "Efficient Turkish Text Classification Approach for Crisis Management Systems", *Gazi University Journal of Science*, 34(3), 718-731, 2021, doi:10.35378/gujs.715296..
- [13] Türk, E., & Kiani, F. (2019). Yapay sinir ağları ile talep tahmini yapma: Beyaz eşya üretim planlama örneği. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (İZÜFBED)/Journal of Istanbul Sabahattin Zaim University Natural Sciences Institute (JIZUNSI)*.
- [14] 13.Kabalıcı,E.(2014),YapaySinirAğları.DersNotları <https://ekblc.files.wordpress.com/2013/09/ysa.pdf>
- [15] Vural, B. B. (2007). YAPAY SİNİR AĞLARI İLE FİNANSAL TAHMİN.
- [16] Öztemel, E. (2003), Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul.
- [17] C. D. Kumral , A. Topal , M. Ersoy , R. Çolak and T. Yiğit , "Random Forest Algoritmasının FPGA Üzerinde Gerçekleştirilerek Performans Analizinin Yapılması", *El-Cezeri*, vol. 9, no. 4, pp. 1315-1327, Dec. 2022, doi:10.31202/ecjse.1134799
- [18] Sezer, Ü. (2008). Karar ağaçlarının birliktelik kuralları ile iyileştirilmesi (Master's thesis, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).  
Parim, C. , Güneş, M. Ş. & Dilbas, H. (2022). Düşük, Orta ve Yüksek Dayanım için Karar Ağacı Algoritmasıyla Beton Karışım Tasarımı . *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi* , 37 (4) , 951-958 . DOI: 10.21605/cukurovaumfd.1230798
- [19] O., Maimon, L. Rokach, "Classification Trees". *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*, Editör: O., Maimon, L. Rokach, Springer, New York, A.B.D., 149-175, 2010.
- [20] Liu, H., & Zhang, S. (2012). Noisy Data Elimination Using Mutual K-nearest Neighbor for Classification Mining. *Journal of Systems and Software*, 85(5), 1067-1074. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2011.12.019>
- [21] Bhuvanewari, P., & Therese, A. B. (2015). Detection of Cancer in Lung With k-NN Classification Using Genetic Algorithm. *Procedia Materials Science*, 10, 433-440. doi: 10.1016/j.msp.2015.06.077
- [22] Özari, Ç. & Demirkale, Ö. (2022). K-En Yakın Komşu Algoritması İle Dolar-TL Ve Euro-TL Kuru Kullanarak Borsa Endeks Tahmini . *Maliye ve Finans Yazıları* , (117) , 41-62 . DOI: 10.33203/mfy.1034155
- [23] Nefeslioglu, H.A., Sezer, E., Gokceoglu, C., Bozkir, A.S., Duman, T.Y., 2010, Assessment of Landslide Susceptibility by Decision Trees in the Metropolitan Area of Istanbul, Turkey, *Mathematical Problems in Engineering*, doi:10.1155/2010/901095.
- [24] YENGİ, Y., & OMURCA, S. İ. (2015). Lojistik Regresyonun Özellik Azaltma Teknikleri ile Gen Dizimlerinin Sınıflandırılmasındaki



Başarı, Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği  
Dergisi, 8(1), 1-12.

# Mikro Frezeleme Mekaniği ve Simülasyon Uygulamaları

## Micro Milling Mechanics and Simulation Applications

Dr. K. BAICHE<sup>1</sup>, Y. ATEŞ<sup>2</sup>, M. ASLAN<sup>3</sup>, M. DADASHPOUR<sup>4</sup> ve F. ZAHRA<sup>5</sup>

<sup>1</sup>University of M'hamed Bougara-Boumerdes, Algeria, Cezayir

<sup>2</sup>Makine Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye  
[228272002002@lisansustu.selcuk.edu.tr](mailto:228272002002@lisansustu.selcuk.edu.tr)

<sup>3</sup>Mısır—Gharbiya, [mohamededldhrawy6@gmail.com](mailto:mohamededldhrawy6@gmail.com)

<sup>4,5</sup>Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Konya, Türkiye

**Özet** - Teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte minyatür parçalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç duyulan minyatür parçalar özellikle elektro optik, otomotiv, biyoteknoloji, savunma, havacılık ve bilgi teknolojileri endüstrisinde ihtiyaç her geçen gün hızla artmaktadır. Mikro frezeleme ile malzeme ve güç tüketimi en az seviyeye indirilmektedir. Bu teknoloji sayesinde kaynak ve zaman kullanımında yüksek verim elde edilmektedir. Bu makalede son yıllarda mikro frezeleme mekaniği ve buna bağlı olarak yapılan simülasyonlar incelenerek imalat sürecine katkıları araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** - Mikro frezeleme, kesme kuvvetleri, kuvvet simülasyonu, bağlantı hesabı

**Abstract** - With the rapid development of technology, miniature parts are needed. The need for these miniature parts, especially in the electro optics, automotive, biotechnology, defense, aerospace and information technology industries, is increasing day by day. With micro milling, material and power consumption is minimized. Thanks to this technology, high efficiency is achieved in the use of resources and time. In this article, micro milling mechanics and simulations made in recent years have been examined and their contribution to the manufacturing process has been investigated.

**Key words** - Micro milling, cutting forces, force simulation, joint calculation

### I. GİRİŞ

Mikro frezeleme, karmaşık minyatür parçaların üretimi için yaygın olarak kullanılan en temel üretim süreçlerinden biridir. Geleneksel frezeleme mekanizmaları iyi kurulmuş olsa da, mikro frezeleme mekaniği daha az anlaşılmıştır. Mikro mekanik işleme teknikleri, mikro boyutlu parçaların üretilmesine birçok avantaj sağlar. İşleme kalitesini artırmak, kesme işlemini kontrol etmek ve anlamak

için mikro freze kuvvetlerinin modellenmesi hayati önem taşır.

Literatürdeki kesme kuvvetlerini tahmin etmek için en yaygın model, kesme kuvvetinin kesilmemiş talaş kalınlığı alanı ve kesme katsayılarının doğrusal bir fonksiyonu olduğu mekanik kesme kuvveti modelidir. Önceki araştırmalardan, mikro frezelemenin geleneksel işleme operasyonlarından farklı olduğu ve sürecin ölçeklendirilmesinin yanı sıra, spesifik yaklaşımların olduğu da bulundu.

Bu bölümde, mikro uç frezeleme sırasında oluşan kesme kuvvetlerini tahmin etmek için takım kenarı yarıçapı etkisi ve takım tükenmesi dikkate alınarak mikro kesme işleminin yeni bir matematiksel modellenmesi önerilmektedir. Tahmini kesme kuvvetleri hem kesme hem de sürme bölgelerindeki kesme katsayılarının bir fonksiyonu olarak sunulmaktadır.

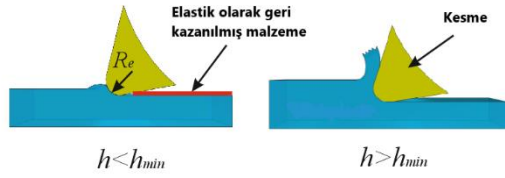
Mikro frezeleme için Li tarafından geliştirilen kapsamlı bir talaş kalınlığı modeli, kesme kuvvetlerinin kesin olarak hesaplanması için kullanılır. Sürme kuvveti sürülmüş alanın fonksiyonu olarak modellenmiştir ve elastik olarak geri kazanılmış malzemenin yüksekliği ile ilgilidir.

### II. MİKRO FREZELEME KESME KUVVETLERİNİN MODELLENMESİ

Mikro frezeleme işleminin modellenmesi, işlenmiş parça kalitesini artırmak ve işlemin verimliliğini artırmak için önemlidir. Bununla birlikte, geleneksel modelleme yaklaşımı, işlemin özel doğası nedeniyle mikro frezelemeye uygulanamaz.

Mikro işleme aynı zamanda diş başına, takım yarıçapına yüksek ilerleme oranı ile karakterize edilir. Kesme aletinin kenar yarıçapı diş başına ilerleme ile karşılaştırılabilir olduğunda, kesme mekanizmaları arasındaki geçiş gerçekleşir.

Sonuç olarak, iki kesme mekanizması meydana gelir: Talaş oluşumu ile kesme ve talaş oluşumu olmadan sürme, mikro frezeleme işlemi sırasında baskındır. Sürme sırasında, talaş kalınlığı minimum talaş kalınlığının altında olduğunda ve iş parçası malzemesi elastik olarak deforme olduğunda hiçbir talaş oluşmaz. Bu nedenle, minimum talaş kalınlığı altında sabit bir talaş oluşturulamayan kritik talaş kalınlığının değeri olarak tanımlanabilir. Kesme sırasında ise, gerçek kesilmemiş talaş kalınlığı minimum kesilmemiş talaş kalınlığından daha yüksek olduğunda aktiftir,  $h_{min}$ . Bununla birlikte, gerçek kesilmemiş talaş kalınlığı  $h_{min}$ 'den daha az ise, Şekil 1.1'de gösterildiği gibi, sürmekte olan baskın kesme rejimi gözlenir. Minimum talaş kalınlığı aletin kenar yarıçapının %30' u olarak hesaplanır.



Şekil 1.1. Kesme ve sürme

Kesme ve sürme kuvvetleri mekanizmaları göz önünde bulundurularak mikro frezeleme sırasında kesme kuvvetlerini tahmin etmek için mekanik bir kesme kuvveti modeli geliştirilmiştir. Gelişmiş kuvvet tahmini modelinde Li tarafından geliştirilen kapsamlı bir talaş kalınlığı modeli kullanılmıştır. Kesici salgısı 2  $\mu$ m olarak ölçüldü ve simülasyon sırasında dikkate alındı [1]. Önerilen talaş kalınlığı modeli aşağıda verilmiştir,

$$h = m_i R \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2t_s \sin \theta}{R + \frac{Nt_s \cos \theta}{2\pi}} - \frac{tx^2 \cos(2\theta)}{(R + \frac{Nt_s \cos \theta}{2\pi})^2} + \frac{tx^2 \sin \theta \cos^2 \theta}{(R + \frac{Nt_s \cos \theta}{2\pi})^3}} \right] + R_i - R_{i-m_i} \quad (1.1)$$

Burada  $R_i$ , kesici kenar  $i$ 'nin isteğe bağlı bir elemanın dönüş yarıçapıdır.

$$R_i = \rho \cos \left[ \lambda - K - \frac{2(i-1)\pi}{N} \right] \quad (1.2)$$

$$K = \frac{z \tan \beta}{R} \quad (1.3)$$

N: Yiv sayısını temsil eder.

R: Aletin yarıçapı.

Tx: Diş başına ilerleme.

$\rho$  ve  $\lambda$ : eksen genliği ve eksen açısı.

$\beta$ : Helis açısı

z: Kesici elemanın aksel konumudur.

$m_i$ : Dişin ne kadarlık yer kaldırdığını ifade eder.

$\theta$ : Dönme açısı anlamına gelir.

Talaş kalınlığı kritik değerden ( $h > h_{min}$ ) daha büyük olduğunda, kesme mekanizmasının kesme ve

kenar katsayılarını dikkate alan geleneksel kesme mekanizmasına benzer olduğu gözlemlendi.

Kesme için diferansiyel kesme kuvvetleri aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\begin{bmatrix} dF_{xs} \\ dF_{ys} \\ dF_{zs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \left( \begin{bmatrix} K_{tc} & h\theta & dz \\ K_{rc} & h\theta & dz \\ K_{ac} & h\theta & dz \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{te} & dz \\ K_{re} & dz \\ K_{ae} & dz \end{bmatrix} \right) \quad (1.4)$$

$dF_{xs}$ ,  $dF_{ys}$  ve  $dF_{zs}$ : Diferansiyel x, y ve z kuvvetlerinin kesme bileşenlerini temsil eder.

$K_{tc}$ ,  $K_{rc}$  ve  $K_{ac}$ : Kesme katsayılarıdır.

$K_{te}$ ,  $K_{re}$  ve  $K_{ae}$ : Kenar katsayılarıdır.

$dz$ : Aksel kesme derinliğini ifade eder.

$h$ : Kesilmemiş kalın talaş anlamına gelir.

Talaş kalınlığı kritik değerden daha düşük olduğunda ( $h < h_{min}$ ), kesme mekanizmasının sürme yaptığı görülür.

Sürme için diferansiyel kesme kuvvetleri aşağıdaki gibi tahmin edilmektedir:

$$\begin{bmatrix} dF_{xp} \\ dF_{yp} \\ dF_{zp} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} K_{tp} \cdot Ap \cdot dz \\ K_{rp} \cdot Ap \cdot dz \\ K_{ap} \cdot Ap \cdot dz \end{bmatrix} \quad (1.5)$$

$dF_{xp}$ ,  $dF_{yp}$  ve  $dF_{zp}$ : Diferansiyel x, y ve z kuvvetlerinin sürme bileşenlerini temsil eder.

$K_{tp}$ ,  $K_{rp}$  ve  $K_{ap}$ : Sürme katsayılarını temsil eder.

$Ap$ : Sürülmüş alanı belirtir (elastik olarak geri kazanılmış malzemenin yüksekliğine ( $h_e$ ), aletin yarıçapına ( $r_e$ ) ve boşluk açısı ( $\psi_e$ ) bağlı olan sürülmüş alanı belirtir).

Kesme katsayıları Altıntaş tarafından açıklanan prosedüre göre modellenmiştir [2].

Sürülmüş alanın ayrıntılı hesaplanması aşağıda sunulmuştur [3].

$$\text{Eğer; } h_{er} \geq r_e (1 - \cos \varphi_e) \quad (1.6)$$

$$A_p = \frac{1}{2} r_e^2 (a_p + \varphi_e) + \frac{1}{2} r_{eAD}^1 - \frac{1}{2} r_{eAB}^1 \sin(a_p + \varphi_e + \varphi_p) \quad (1.7)$$

$$\text{Eğer; } h_{er} < r_e (1 - \cos \varphi_e) \quad (1.8)$$

$$A_p = \frac{1}{2} r_e^2 (a_p + \varphi_s - \sin(a_p + \varphi_s)) \quad (1.9)$$

Burada  $\varphi_s$ ,  $a_p$  açılar ve  $LAD$ ,  $LAB$  geometrik ilişkilerden hesaplanan büyüklüklerdir:

$$\varphi_s = \cos^{-1} \left( 1 - \frac{h_{er}}{r_e} \right) \quad (1.10)$$

$$a_p = \cos^{-1} \left( 1 - \frac{h}{r_e} \right) \quad (1.11)$$

$$L_{AD} = \left( \frac{h_{er} - r_e (1 - \cos \varphi_e)}{\sin \varphi_e} \right) \quad (1.12)$$

$$l_{AB} = \sqrt{r_e^2 + l_{AD}^2} \quad (1.13)$$

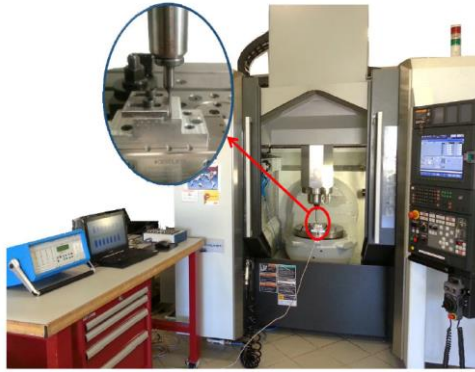
Sonuç olarak, kesme ve sürme kuvvetleri dahil toplam diferansiyel kuvvetler aşağıdaki gibi yazılır:

$$\begin{bmatrix} dF_x \\ dF_y \\ dF_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \sin(\theta) & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \left( \begin{bmatrix} K_{tc} & h_\theta & dz \\ K_{rc} & h_\theta & dz \\ K_{ac} & h_\theta & dz \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{te} & dz \\ K_{re} & dz \\ K_{ae} & dz \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_{tp} & A_p & dz \\ K_{rp} & A_p & dz \\ K_{ap} & A_p & dz \end{bmatrix} \right) \quad (1.14)$$

### III. KUVVET SİMÜLASYONLARI VE DENEYSEL DOĞRULAMALAR

Önerilen mekanik kesme kuvveti modeli, kuvvete dayalı ilerleme hızı planı, takım sapma modeli, kesme sıcaklığı tahmin modeli ve bozulma tahmin modeli gibi çeşitli uygulamalar için bir program kullanılmıştır. Bahsedilen tüm uygulamalarda, kesme kuvveti modeli, kesme kuvvetlerinin eğilimini ve büyüklüğünü çok iyi bir doğrulukla tahmin edebilmiştir.

Deneyler Titanyum alaşımı Ti-6Al-4V üzerinde 800 µm çapında iki yivli Tungsten Karbür mikro parmak freze (T1) ve Alüminyum Alaşımli Al-7050 üzerinde 1500 µm çapında iki yivli Tungsten Karbür parmak freze (T2) kullanarak Mori Seiki NMV5000DCG 5 eksenli CNC freze makinesinde yapılmıştır. Kesme kuvveti ölçümleri Kistler 9256C mini dinamometre kullanılarak gerçekleştirilir. Kuvvet ölçümleri için kullanılan deneysel kurulum Şekil 1.2.'de aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Kuvvet ölçümleri için deneysel kurulum

10.000 dev / dk iş mili hızında Titanyum Alaşımı ve 20.000 dev / dk iş mili hızında Alüminyum alaşımı üzerinde Tablo 1.'de verilen çeşitli kesme koşullarında kesme deneyleri yapılmaktadır.

Tablo 1. Kuvvet ölçümü deneyleri için kesme koşulları

Durum	İş parçası	Koşul	Eksenel kesim derinliği [µm]	Diş başına ilerleme [µm/ Diş devri]
Durum 1	Ti-6Al-4V	Aşağı frezeleme	100	10
Durum 2	Ti-6Al-4V	Aşağı frezeleme	200	5
Durum 3	Ti-6Al-4V	Yukarı frezeleme	200	7
Durum 4	Al-7050	Aşağı frezeleme	500	10
Durum 5	Al-7050	Aşağı frezeleme	500	15

Kesme sabitlerini Altıntaş [2] tarafından önerilen yönteme göre belirlemek için mekanik kalibrasyon yapılır. Deneysel ve teorik kuvvetler tam daldırma için senkronize edilmiş, çeşitli ilerleme hızlarında bir dizi freze deneyi ve sabit eksenel kesme derinliği yapılmıştır. Deneysel olarak değerlendirilen ortalama kesme kuvvetleri, besleme hızının doğrusal bir fonksiyonu ve kenar kuvvetlerinin katkıda bulunduğu bir ofset olarak ifade edilebilir.

Sürme katsayıları, diş başına besleme değerlerinde ölçülen ortalama kesme kuvvetlerinden, minimum kesilmemiş talaş kalınlığının eşit ve daha düşük olduğu, kesme katsayılarının ise diş başına besleme değerlerinde ölçülen ortalama kesme kuvvetlerinden, minimum talaş kalınlığının daha yüksek olduğu bulunmuştur. Malekian ve arkadaşları tarafından da kullanılan ortak tanımlama tekniğidir [3].

Hem kesme hem de sürme rejimleri için kalibre edilmiş bir alet kullanılarak, ilgili kesme katsayıları tahmin edilir ve Tablo 1.1. ve Tablo 1.2.'de verilir [4].

Tablo 1.1. T1 Tungsten karbür kesme aleti ile ti-6Al-4V için kesme katsayıları

Tablo 1.2. T2 Tungsten karbür kesme aleti ile Al-7050 için kesme katsayıları

$K_{tc}$	$K_{rp}$	$K_{ac}$	$K_{rc}$	$K_{tp}$	$K_{re}$	$K_{ae}$	$K_{sp}$	$K_{se}$
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm]
1687	3460	16	2765	3831	14	349	482	13

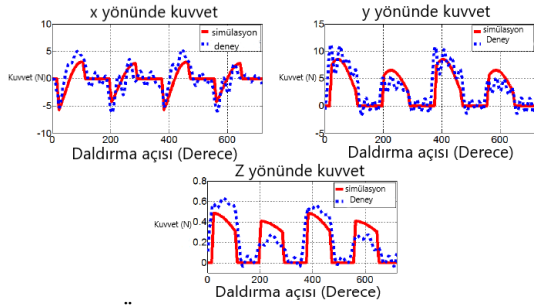
Mikro frezeleme işlemi sırasında toplam kesme kuvvetleri, kesme ve sürme mekanizmaları nedeniyle diferansiyel kuvvetlerin toplamı olarak ifade edilir. Aletin tükenmesi 2µm olarak ölçüldü ve simülasyonlar sırasında değerlendirildi. Alet özellikleri tablo 1.3.'de verilmiştir.

Tablo 1.3. Takım ve iş parçası malzeme özellikleri

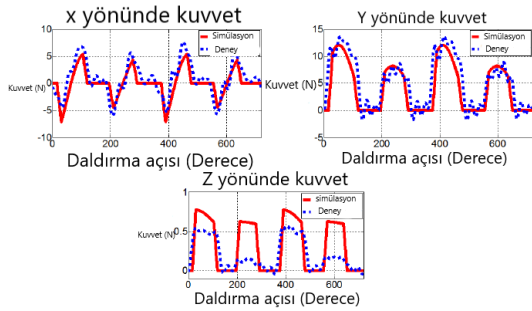
Takım çapı (T1)	800 µm
Takım çapı (T2)	1500 µm
Ölçülen helis açısı (T1)	25.2°
Ölçülen helis açısı (T1)	31.2°
Takım kenar yarıçapı (T1 ve T2)	6 µm
Takım uzunluğu	20 mm

Kuvvet modelinin geçerliliği deneysel kuvvet ölçümleri ile gerçekleştirildi. Şekil 1.3.'den Şekil 5.7.'ye kadar çeşitli kesme deneyleri için doğrulama sonuçları verilmiştir ve simülasyon sonuçlarının

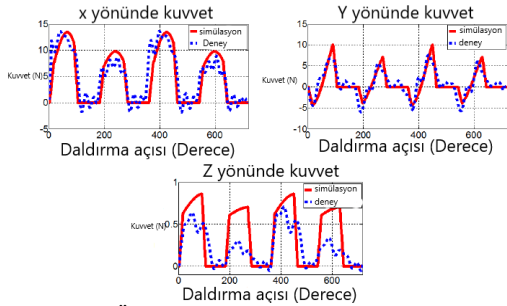
deneySEL kuvvet ölçümleri ile iyi bir uyum içinde olduğu görülebilir [5].



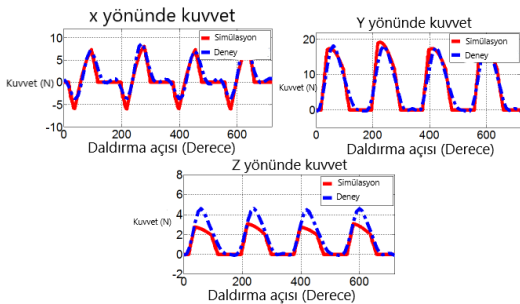
Şekil 1.3. Örnek 1 için x, y ve z yönlerinde simülasyon ve deney kuvvetleri



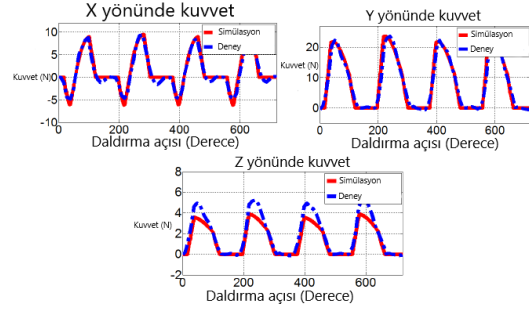
Şekil 2.4. Örnek 2 için x, y ve z yönlerinde simülasyon ve deney kuvvetleri



Şekil 3.5. Örnek 3 için x, y ve z yönlerinde simülasyon ve deney kuvvetleri



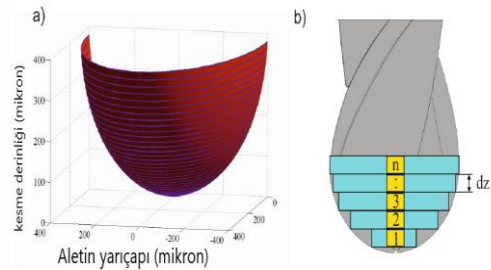
Şekil 4.6. Örnek 4 için x, y ve z yönlerinde simülasyon ve deney kuvvetleri



Şekil 5.7. Örnek 5 için x, y ve z yönlerinde simülasyon ve deney kuvvetleri

#### IV. SERBEST BİÇİMLİ YÜZEYLER İÇİN KUVVET SİMÜLYASYONLARI

Proses kinematığının modellenmesi, işlenmiş parçaların serbest biçimli yüzeylerle işleme kalitesini, kontrolünü ve doğruluğunu geliştirmek için önemli bir faktördür. Bu bölümde bilyeli freze için kesme kuvvetlerinin modellenmesi için yeni bir metodoloji önerilmiştir. Bilyeli freze, şekil 2'de gösterildiği gibi yerel yarıçapa göre sınırlı sayıda düz frezeye ayrılır ve her diskte hesaplanan kuvvetler, x ve y yönlerinde hesaplanan toplam kesme kuvvetine entegre edilir. Düz uçlu freze için kesme kuvveti hesaplama algoritması yukarıda bölüm 1.2'de açıklanmıştır. Serbest biçimli yüzeyler için kesme kuvvetlerini doğru bir şekilde modellemek için kesici-iş parçası bağlantısı hesaplanmalıdır.

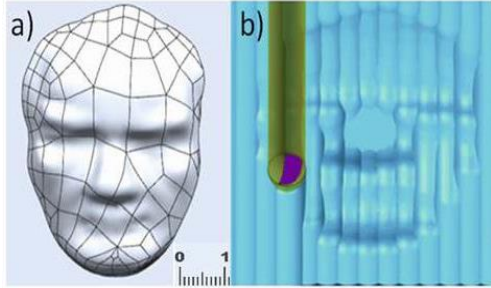


Şekil 2. a) Bilyeli frezenin ayrıklaşması  
b) Şematik görünümü

#### V. KESİCİ VE İŞ PARÇASI BAĞLANTI HESABI

Kesici iş parçası bağlantı hesaplaması, kesme işleminin kinematığının modellenmesinde önemli bir rol oynar. Katı modelleyiciye dayalı kesici iş parçası hesaplama yöntemi, önerilen algoritmada kullanılır. Bu yöntemde, takım ile iş parçası arasındaki temas yüzeyi her bir kesici konum noktasında hesaplanır. Daha sonra, kesici konum dosyasından, aletin hacmi hesaplanır ve boş bir iş parçasından çıkarılır. Çıkarma işleminden sonra, her ayrı kesme diskinin giriş ve çıkış açıları hesaplanır. Kuvvet modeli için kesici bağlantı girişi hesaplanan giriş ve çıkış açılarından oluşur. Başka bir deyişle, kesici-iş parçası bağlantı haritası veya takım

yüksekliğinin bir fonksiyonu olarak kesme yivinin giriş ve çıkış açıları, kesme kuvvetlerinin tahmininde bir sınır koşulu olarak kabul edilir [6]. Kesici konum noktası ve işlenmiş parça için numune temas bölgesi, Şekil 2.1.'de aşağıda gösterilmiştir.



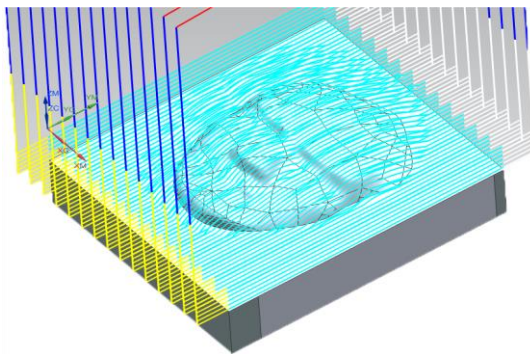
Şekil 2.1. a) Serbest biçimli yüzey CAD modeli  
b) Takım iş parçası temas bölgesi

#### A. Serbest Biçimli Yüzeyler İçin Kuvvet Simülasyonlarının Deneysel Geçerliliği

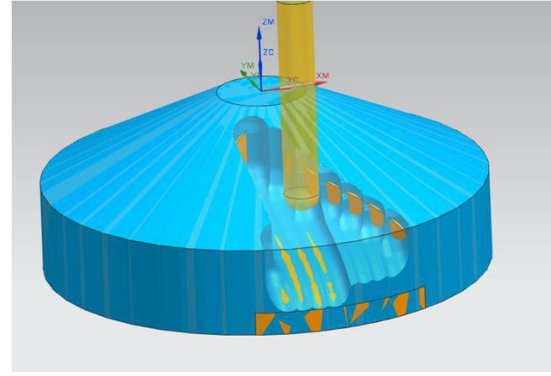
Ti-6Al-4V sınıfı Titanyum Alaşımı üzerinde 10.000 dev / dk iş mili için 800 µm çaplı bilye uçlu freze ile 5 mikron diş ilerlemesi değerinde kesme deneyleri yapılır. Takımın kenar yarıçapı beyaz ışık interferometresi kullanılarak ölçülür, kenar yarıçapının ortalama değeri 4 µm'dir. Takım tükenmesi 2 µm olarak ölçülür ve kesme kuvvetlerinin simülasyonları sırasında dikkate alındı. Tungsten karbür bilyeli freze ile ti-6Al-4V için kesme katsayıları tablo 2.2.'de verilmiştir. Kesme kuvvetleri iki durum için simüle edilir. Şekil 2.2.'de gösterilen Atatürk heykelinin serbest biçimli yüzeyi ve şekil 2.3.'de gösterilen çarkın serbest biçimli yüzeyi [7].

	$K_{se}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$K_{sp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$K_{sa}$ [N/mm]	$K_{sc}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$K_{sp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$K_{re}$ [N/mm]
Disk 1	1080	4110	3.07	540	2300	1.04
Disk 2	397	3678	0.80	234	1660	0.61
Disk 3	286	1450	0.53	139	1036	0.46
Disk 4	158	850	0.39	95	632	0.24

Tablo 2.2. Tungsten karbür bilyeli freze için ti-6Al-4V için kesme katsayıları

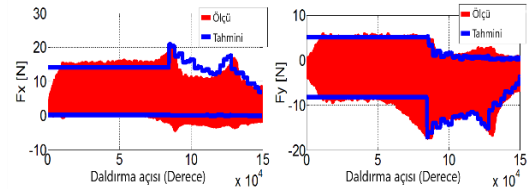


Şekil 2.2. Atatürk heykelinin serbest biçimli yüzeyi

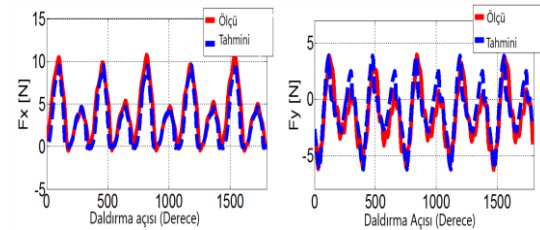


Şekil 2.3. Diskin serbest biçimli yüzeyi

İşleme, her katmanda 15 yol ile altı kat halinde gerçekleştirilir. Önerilen kuvvet modelini doğrulamak için deneysel kuvvet ölçümleri yapılır. İkinci kattaki 13. yol için x ve y yönlerinde ölçülen kuvvetler Şekil 2.4. 'de gösterilmiştir. Önerilen kuvvet modelinin doğruluğu Şekil 2.5. 'de görülebilir.

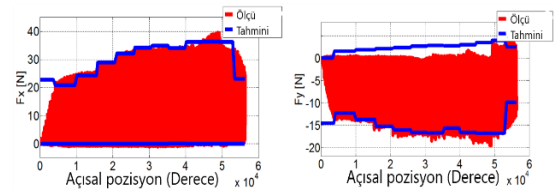


Şekil 2.4. Tek yol için ilerleme (x) ve çapraz ilerleme (y) yönlerinde kesme kuvvetleri



Şekil 2.5. İlerleme (x) ve çapraz ilerleme (y) yönlerinde kesme kuvvetleri

Çarkın işlenmesi, her katmanda 8 yol ile beş kat halinde gerçekleştirilir. Önerilen kuvvet modelini doğrulamak için deneysel kuvvet ölçümleri yapılır. X ve y yönlerindeki tahmini ve ölçülen kuvvetler Şekil 2.6.'da gösterilmektedir [8].



Şekil 2.6. Tek yol için ilerleme (x) ve çapraz ilerleme (y) yönlerindeki kesme kuvvetleri

#### VI. SONUÇ

Bu bölümde, mikro frezeleme mekaniği ve simülasyonları incelenmiştir. Sunulan kesme kuvveti modeli, kesme kuvveti katsayılarının, mikro

talaş kalınlığı modelinin ve takım kenarı geometrisinin bir fonksiyonudur. Bu model, hem kesme hem de sürme mekanizmalarının oluşturduğu mikro frezeleme mekaniğini kesin olarak belirler. Kesme hızı, besleme hızı, aksel kesim derinliği, kenar yarıçapı ve daldırma gibi farklı parametrelerin etkisi araştırılmıştır. Kenar yarıçapının etkisinin düşük ilerleme oranlarında önemli olduğu, sürme kuvvetlerinin artmasıyla açıklanabilir. İlerleme hızı arttıkça, kenar yarıçapının ve sürme kuvvetlerinin etkisi daha az önemli hale gelir. Bu, düşük kenar yarıçaplı mikro aletlerin imalatının, sürme kuvvetlerinin etkisini azaltmak için Mikro frezeleme mekaniği için oldukça önemli olduğu anlamına gelir. Önerilen model için yapılan bazı varsayımlar vardır. İş parçasının düzgün ve katı olduğu varsayılır ve sunulan modelde termal etkiler dikkate alınmaz. Bu varsayımlar mikro freze işleminin modellenmesi için makuldür. Deneyler sayesinde, sunulan kuvvet modelinin kesme kuvvetlerini doğru bir şekilde belirlediğimiz görülmüştür. Hem düz hem de bilyeli freze takım geometrileri için X ve Y yönlerindeki kesme kuvvetleri, deneysel verilerle doğruluğu sağlandı. Kesme kuvvetlerinin Z yönünde ve deneysel sonuçlardaki farkının ana kaynağı, modelleme işlemi sırasında mikro uçlu frezenin alt yüzeyine etki eden kesme kuvvetlerinin dikkate alınmamasından kaynaklanmaktadır.

#### KAYNAKÇA

- [1] Kline W, DeVor RE. (1983), "The effect of runout on cutting geometry and forces in end milling.", *International Journal of Machine Tool Design and Research*, 23, 123–40.
- [2] Altintas Y. (2012), "Manufacturing Automation, Metal Cutting Mechanics, Machine Tool Vibrations and CNC Design", *Cambridge University Press*, 2nd edition.
- [3] Malekian M, Park SS, Jun MBG. (2009), "Modeling of dynamic micro-milling cutting forces", *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, 49, 586–98.
- [4] Ensarioğlu, C., Çakır, M.C. (2005). Titanyum ve alaşımlarının işlenebilirlik etüdü. Mühendis ve Makine, Cilt:46 – 546.
- [5] MAMEDOV Ali, LAZOGLU İsmail, <http://timak.balikesir.edu.tr/pdf2012/TMK41.pdf> (18/06/2020)
- [6] Yigit I, Layegh K. SE, Lazoglu I. (2015), "A solid modeler based engagement model for 5-axis ball end milling", *15th CIRP Conference on Modeling of Machining Operations Accepted for publication*, 27, 389–95.
- [7] PFERD, <https://www.pferd.com/images/catalogue-2-tm23-web-tr.pdf> (19/06/2020)
- [8] Arrazola P, Kortabarria A, Madariaga A, Esnaola J, Fernandez E, Cappellini C, Ulutan D, Özel T. (2014), "On the machining induced residual stresses in IN718 nickel-based alloy: Experiments and predictions with finite element simulation", *Simulation Modelling Practice and Theory*, 41, 87–103.

# Buhar Sıkıştırırmalı Soğutma Sistemlerinde Kullanılan Bazı Gazların Analizi Üzerine İnceleme

## An Investigation On The Analysis Of Some Gases Used In Vapor Compression Refrigeration Systems

Dr Y. TABET<sup>1</sup>, A. ÖZSELÇUK<sup>2</sup>, F.S.A. MOHAMMEDALI<sup>3</sup> ve M.A. ALAHMED<sup>4</sup>, ve B.G. ZINEDDINE<sup>5</sup>

<sup>1</sup>University of M'hamed Bougara-Boumerdes, Algeria, Cezayir

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye

<sup>3</sup>Sudan, fatimaSharafeldin24@gmail.com

<sup>4,5</sup>Suriye—Homs, muhammadahmed622571@gmail.com

**Özet** - Soğutmanın gerçek anlamı, çevresine göre soğuk hapsetme üretimidir. Bunda, söz konusu alanın sıcaklığı, çevreye atmosferden daha düşük bir sıcaklıkta tutulur. Bu makale, R134a, R407c ve R410a soğutucu gazları ile bir buhar sıkıştırırmalı soğutma sisteminin teorik performans çalışmasını sunmaktadır. R134a, buhar sıkıştırırmalı sistemler için en yaygın kullanılan soğutucu akışkandır ancak çevre üzerinde Ozon tabakasının incilmesi ve sera etkisi gibi bazı zararlı etkileri vardır. R410a ve R407c çevre dostu soğutucu akışkanlardır ve zararlı etkileri yoktur. COP'nin buharlaşma sıcaklığına göre değişimi bu raporda farklı soğutucu akışkan kullanan sistemler için gösterilmektedir ve sonuçta performans ve çevresel yönler açısından en iyi seçeneği bulacağız.,

**Anahtar Kelimeler:** Buzdolabı, Buhar Sıkıştırma, COP

**Abstract** - The true meaning of cooling is the production of cold confinement relative to its surroundings. In this process, the temperature of the given space is kept lower than the surrounding atmosphere. This article presents the theoretical performance of a vapor compression cooling system with refrigerant gases R134a, R407c and R410a. R134a is the most commonly used refrigerant fluid for vapor compression systems, but it has some harmful effects on the environment, such as the depletion of the ozone layer and greenhouse gas emissions. R410a and R407c are environmentally friendly refrigerant fluids with no harmful effects. This report demonstrates the variation of COP (Coefficient of Performance) based on the evaporation temperature for systems using different refrigerants, aiming to find the best option in terms of performance and environmental aspects.

**Keywords:** Refrigerator, Vapor Compression, COP

### I. GİRİŞ

Bir buzdolabı, ısı olarak yalıtılmış bir bölme ve içindekileri ortam sıcaklığının altında bir sıcaklığa soğutarak ısıyı buradan dış ortama aktaran bir mekanizma içeren bir

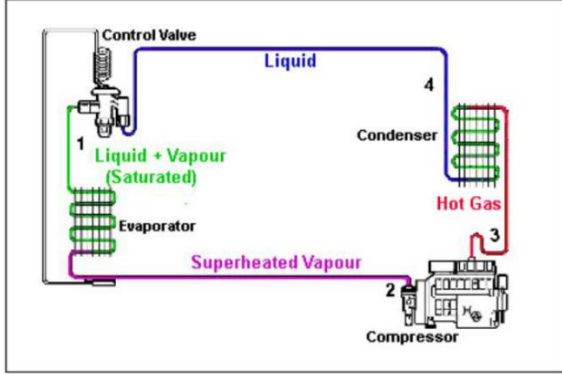
soğutma cihazıdır. Buzdolabı, yirminci yüzyılın en yenilikçi ve önemli icatlarından biridir. Buzdolapları, ortam sıcaklıklarında bozulan gıdaları saklamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Buzdolabının icadından önce, yılın büyük bir bölümünde soğuk depolama sağlamak için buzhaneler kullanılıyordu. Bundan sonra, bilinen ilk yapay soğutma, 1748'de İskoçya'daki Glasgow Üniversitesi'nde William Cullen tarafından gösterildi. 1805'te Oliver Evans, kapalı bir sıkıştırılmış eter döngüsüne dayalı buzdolabı tasarladı ve buharlaştırma yerine basit buhar kullanmaya yönelik ilk çabayı temsil etti Bundan sonra, 1857'de James Harrison, mayalama ve et paketleme endüstrilerine buhar sıkıştırırmalı soğutmayı tanıttı.

20. yüzyılın başında, şimdiye kadar tüm buzdolapları buhar sıkıştırırmalı soğutma çevrimini kullandı. Çağdaş buzdolabı tasarımı iki temel fizik yasasına dayanmaktadır: birincisi, ısı daha sıcak malzemeden daha soğuk malzemelere akar ve asla tersi olmaz; ikincisi, bir gazın basıncını düşürmenin sıcaklığını da düşürmesidir [1]. Buzdolabı, mutfak aletleri arasında nispeten modern bir buluştur. Neredeyse bir buçuk asır önce dışarıda bulunan ortak buzdolabının yerini aldı. Soğutma sistemlerinde tipik olarak bir kompresör, bir kondansatör, bir genişleme valfi (kılcal tüp) ve bir buharlaştırıcı. Tüm bileşenler, bir akışkan devresi oluşturmak üzere birbirine bağlıdır. Soğutma, sıvı bir soğutucu akışkanın düşük sıcaklık ve basınç altında buharlaştırılması yoluyla gerçekleştirilir.

Günümüzde buzdolaplarındaki hammadde birkaç temel bileşenden oluşmaktadır: dış dolap ve kapı, iç dolap veya astar, ikisi arasına yerleştirilen yalıtım, soğutma sistemi, soğutucu akışkan ve armatürler. Kabin ve kapı, bazen boyalı olan alüminyum veya çelik sacdan yapılmıştır. İç dolap, dış dolap gibi sacdan veya plastikten yapılmıştır. İç ve dış dolaplar arasındaki boşluğu dolduran yalıtım cam



elyafi veya strafordan oluşur [2]. Soğutma sisteminin bileşenleri (kompresör, kondansatör, bobinler ve kanatçıklar) alüminyum, bakır veya bir alaşımdan yapılmıştır. Freon, en yaygın olarak kullanılan soğutucu akışkandır ve neredeyse tüm büyük iç donanımlar (kapı ve dolap kaplamaları) vakumla şekillendirilmiş plastikten yapılmıştır.



Şekil 1. Temel Soğutma Sistemi

## II. BUZDOLABININ TEMEL BİLEŞENİ

Soğutma sistemleri tipik olarak bir kompresör, bir kondansatör, bir genişleme valfi ve bir buharlaştırıcı içerir; tüm bu bileşenler bir akışkan devresi oluşturmak için birbirine bağlıdır [3].

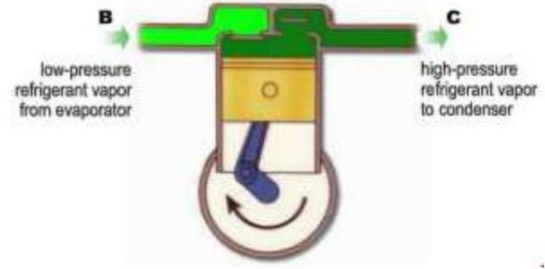
### A. Kompresör

Adından da anlaşılacağı gibi bir soğutucu akışkan kompresörü, buharlaştırıcıdan gelen soğutucu akışkanı sıkıştırmak ve ilgili doyma sıcaklığının daha yüksek olması için basıncı yükseltmek için kullanılan bir makinedir.

Soğutma işlemi, ima edildiği gibi, kapalı bir devredir. Aynı zamanda soğutucu akışkanı soğutma sisteminde sürekli olarak dolaştırır. Soğutucu akışkanın sıkıştırılması üzerinde bazı çalışmalar yapılmasını gerektirdiğinden, bu nedenle bir kompresörün bir ana taşıyıcı tarafından çalıştırılması gerekir [4].

Soğutucu akışkanın serbest havaya genişlemesine izin verilmez. Evaporatörden gelen soğutucu akışkan bir tanka beslendiğinde, tanktaki basınç evaporatördeki basınca eşit olana kadar yükselir. Bu nedenle, soğutucu akışkan akışı duracak ve hem tanktaki hem de evaporatördeki sıcaklık kademeli olarak ortam sıcaklığına yükselecektir[5]. Daha düşük bir basıncı ve bununla birlikte daha düşük bir sıcaklığı korumak için buharı çıkarmak gerekir [6][7].

Bu, buharı evaporatörden emen kompresör tarafından yapılır. Basit bir ifadeyle kompresör, soğutma devresinde buhar taşıyan bir pompaya benzetilebilir. Şekil 2, temel kompresör sistemini [8][9] göstermektedir.



Şekil -2: Temel Kompresör Sistemi

Kapalı bir devrede her zaman bir denge durumu hâkim olacaktır. Bunu göstermek için, eğer kompresör buharı buharlaştırıcıda oluşabileceğinden daha hızlı emerse, basınç ve bununla birlikte evaporatördeki sıcaklık düşecektir. Tersine, evaporatör üzerindeki yük artarsa ve soğutucu akışkan daha hızlı buharlaşırsa, bununla birlikte evaporatördeki sıcaklık da yükselir.

Genel olarak soğutma kompresörleri aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir:

- Pozitif Sıkıştırımlı Kompresörler
  - Pistonlu Kompresörler
  - Paletli Dönel Kompresörler
  - Helisel-Vida tipi dönel kompresörler
  - Çift Spiralli-Scroll kompresörler
  - Trokoidal - Trochoidal Kompresörler
- Santrifüj Kompresörler



Açık Tip Pistonlu Kompresör



V Tipi Kompresör



Open Drive Vidalı Kompresör



Scroll Kompresör



Semi Hermetik Kompresör

2 Kademeli Semi Hermetik Kompresör

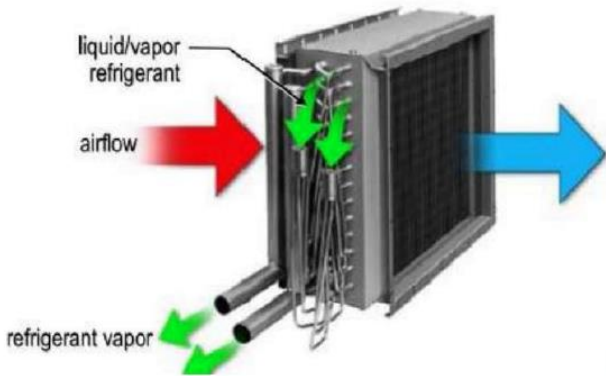


Semi Hermetik Vidalı Kompresör

Kompakt Vidalı Kompresör

### B. Evaporatör

Evaporatör, soğutma sisteminin düşük buhar tarafında kullanılır. Genleşme valfinden gelen sıvı soğutucu akışkan, kaynadığı ve buhara dönüştüğü buharlaştırıcıya girer. Evaporatörün işlevi, soğutucu akışkan vasıtasıyla soğutulan ortamı çevreleyen konumdan ısıyı emmektir. Aşağıdaki çizimde gösterildiği gibi basit bir soğutucu akışkan devresi oluşturulmuştur. Aşağıda, tek tek bileşenler, nihai bir genel resmi netleştirmek için açıklanmaktadır [10]. Sıvı haldeki bir soğutucu akışkan buharlaştığında ısıyı emecektir ve bir soğutma işleminde soğumayı sağlayan bu koşullu değişimdir.



Şekil -3: Temel Evaporatör Sistemi

Ortam sıcaklığı ile aynı sıcaklıktaki bir soğutucu akışkanın atmosfer basıncına çıkışı olan bir hortumdan genişlemesine izin verilirse, soğutucudan ısı alınacaktır. Belirli bir durumda çıkış tarafındaki basınç (atmosferik basınç) değiştirilirse, bu orijinal sıcaklığa benzer olduğundan farklı bir sıcaklık elde edilecektir- basınca bağlıdır [11]. Bunun meydana geldiği bileşen, işi çevredeki ısıyı uzaklaştırmak, yani soğutma üretmek olan buharlaştırıcıdır. Evaporatör aşağıdaki nedenlerden dolayı soğur ve soğuk kalır:

- Serpantin içindeki soğutucu akışkanın sıcaklığının düşük olması nedeniyle evaporatör serpantininin sıcaklığı düşüktür.
- Soğutucu akışkanın düşük sıcaklığı değişmeden kalır çünkü soğurduğu ısı kaynama ileledikçe gizli ısıya dönüşür.

Evaporatör (Buharlaştırıcı) Tipleri:

Evaporatör tipleri aşağıda genel olarak sıralanmıştır:

1. Soğutucu akışkanın beslenmesine göre,
2. Çalışma şartlarına göre,
3. Soğutulmak istenen sıvı veya havanın sirkülasyon yöntemine göre,
4. Soğutucu akışkan kontrol tipine göre,
5. Uygulamaya göre pratikte çok değişik konstrüksiyonlarda ve boyutlarda buharlaştırıcı tipi bulunmaktadır [13].



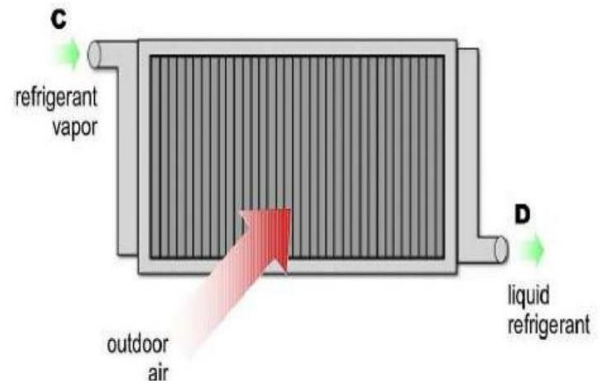
Şekil -4: Çeşitli Evaporatör Tipleri

### C. Kondansatör

Kondenser, bir soğutma sisteminin yüksek basınç tarafında kullanılan önemli bir cihazdır. İşlevi, kompresörden çıkan sıcak buhar soğutucu akışkanın ısını uzaklaştırmaktır.

Bir kondansatördeki sıcak buhar soğutucu akışkandan gelen ısı, önce kondenser borularının duvarlarına ve daha sonra borulardan yoğuşma veya soğutma ortamına aktarılarak uzaklaştırılır [10]. Bir kondansatörün seçimi, soğutma sisteminin kapasitesine ve kullanılan soğutucu akışkan tipine ve mevcut soğutma ortamı tipine bağlıdır.

Soğutucu, kondenserde ısı verir ve bu ısı, daha düşük sıcaklıktaki bir ortama aktarılır.



Şekil -5: Temel Kondansatör Sistemi

Verilen ısı miktarı, soğutucu akışkan tarafından evaporatörde emilen ısı artı sıkıştırma girişi tarafından oluşturulan ısıdır. Isı transfer ortamı hava veya su olabilir, tek gereklilik sıcaklığın yoğuşma basıncına karşılık gelen sıcaklıktan düşük olmasıdır. Kondansatördeki süreç, ters "işarete" sahip olması dışında, buharlaştırıcıdaki süreçle karşılaştırılabilir, yani koşullu değişim buhardan sıvıyadır [9].

Genel itibari ile 3 değişik tip kondenser mevcuttur:

1. Su Soğutmalı Kondenserler
2. Hava Soğutmalı Kondenserler
3. Evaporatif Kondenserler [13].

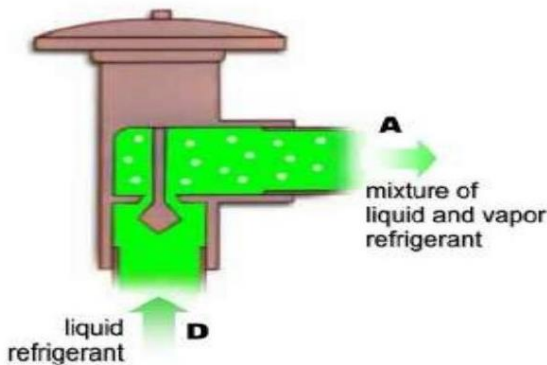


Şekil -6: Çeşitli Kondansatör Tipleri

#### D. Genişletme Cihazı

Ölçüm cihazı veya kısma cihazı olarak da bilinen genişleme cihazı, soğutma sisteminin yüksek basınç tarafını ve düşük basınç tarafını ayıran önemli bir cihazdır. Alıcılar (yüksek basınçta sıvı soğutucu içeren) ve evaporatör (düşük basınçta sıvı soğutucu içeren) arasında bağlantı kurar. Genişletme cihazı aşağıdaki işlevleri yerine getirir:

- Evaporatöre beslenmeden önce yüksek basınçlı sıvı soğutucuyu düşük basınçlı sıvı soğutucuya düşürür.
- Sistemin yüksek ve alçak basınç tarafları arasında istenen basınç farkını korur, böylece sıvı soğutucu akışkanın evaporatörde tasarlanan basınçta buharlaşması sağlanır.



Şekil -7: Temel Genişletme Cihazı Sistemi

#### e. Soğutucu

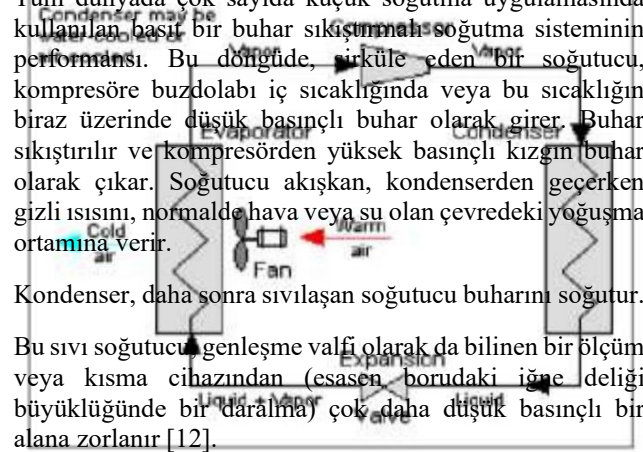
Soğutucu akışkan, soğutma sistemindeki döngüleri sırasında (sıkıştırma, yoğuşma, genişleme ve buharlaşma) düşük sıcaklıktaki bir sistemden ısıyı emen ve bu şekilde emilen ısıyı daha yüksek bir sıcaklıktaki sisteme atan bir ısı taşıma ortamıdır.

### III. BUHAR SIKIŞTIRMALI SOĞUTMA

Çoğu ev tipi buzdolabında, derin dondurucuda ve soğuk hava depolarında kullanılan bir buhar sıkıştırma döngüsü. Tüm dünyada çok sayıda küçük soğutma uygulamasında kullanılan basit bir buhar sıkıştırma soğutma sisteminin performansı. Bu döngüde, dolaşan bir soğutucu, kompresöre buzdolabı iç sıcaklığında veya bu sıcaklığın biraz üzerinde düşük basınçlı buhar olarak girer. Buhar sıkıştırılır ve kompresörden yüksek basınçlı kızgın buhar olarak çıkar. Soğutucu akışkan, kondensere girer ve burada gizli ısıyı, normalde hava veya su olan çevredeki yoğuşma ortamına verir.

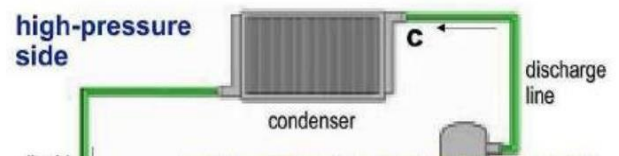
Kondenser, daha sonra sıvılaştıran soğutucu buharını soğutur.

Bu sıvı soğutucu, genişleme valfi olarak da bilinen bir ölçüm veya kısma cihazından (esasen borudaki iğne deliği büyüklüğünde bir daralma) çok daha düşük basınçlı bir alana zorlanır [12].



Şekil -8: Şematik Buhar Sıkıştırma Soğutma

Basıncıdaki ani düşüş, sıvının bir kısmının (tipik olarak yaklaşık yarısının) patlayıcı benzeri ani buharlaşmasıyla sonuçlanır. Buharlaşma sırasında, sıvı buhar soğutucu gizli buharlaşma ısıyı soğutulacak üründen emer. Bu olgu "otomatik soğutma"[9] olarak bilinir. Buhar sıkıştırma sisteminin tipik yerleşimi Şekil 6'da gösterilmektedir. Soğutucu akışkan artık tamamen buharlaşmış ve hafifçe ısıtılmış olarak buharlaştırıcıdan çıkar ve döngüye devam etmek için kompresör girişine geri döner. Buhar sıkıştırma çevriminin başarılı bir şekilde çalışması için, her bileşenin buhar sıkıştırma sistemi içinde bulunması gerekir. Şekil 7, temel buhar sıkıştırma soğutma sistemini göstermektedir.



#### Şekil -9: Temel Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma

#### IV. COP İÇİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ

COP, net iş girişi üzerindeki soğutma etkisi olarak tanımlanır. Performans katsayısı, buhar sıkıştırma sisteminin performansını hesaplamak için yaygın olarak kullanılır.

Termodinamiğin birinci yasasına dayanan enerji analizi, buhar sıkıştırılmalı soğutma sisteminin performansı, buzdolabı tarafından üretilen net soğutma etkisinin buzdolabı tarafından yapılan işe oranı olarak tanımlanan Performans Katsayısı (COP) cinsinden tahmin edilebilir. Kompresör [8]. Şu şekilde ifade edilir:

Soğutma etkisi (kw)

COP = \_\_\_\_\_

Kompresöre güç girişi (kw)

Tüm konfigürasyonların karşılaştırmasını gösteren grafik gösterim ve tablodan, buhar sıkıştırma sistemindeki üç soğutucu akışkanın - R134a, R410a, R407c, buharlaşan sıcaklığa göre performans katsayısı açısından ilişki gösterdiği görülmektedir. Bu analizde R134a soğutucu akışkanı, diğer iki soğutucu akışkana göre en yüksek performans katsayısına (COP) sahiptir.

Grafik-1: Tüm Soğutucu Akışkanların Özellikleri

Soğutucu (Kategori)	Kimyasal Formül	Kaynama Noktası (°C)	Kritik Nokta(°C)
R134a(HFC)	CF3CH2F	-26.07	101.06
R407c	CH3CHF2	-43.56	86.74
R410a	C3F4H2	-51.6	72.5

#### V. SONUÇ

Buzdolabı, yirminci yüzyılın en yenilikçi ve önemli icatlarından biridir. Buzdolapları, ortam sıcaklıklarında bozulan gıdaları saklamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Buzdolabının icadından önce, yılın büyük bir bölümünde soğuk depolama sağlamak için buzhaneler kullanılıyordu. Soğutma sistemleri tipik olarak bir kompresör, bir kondansatör, bir genişleme valfi ve bir buharlaştırıcı içerir; tüm bu bileşenler, bir sıvı devresi oluşturmak için birbirine bağlıdır.

Bu raporda, buhar sıkıştırılmalı soğutmada COP'nin hesaplanması için karşılaştırmalı bir analiz yapılmıştır.

Yukarıdaki çalışmadan, R134a'nın COP'sinin R134a, R407c ve R410a arasında en yüksek olduğunu söyleyebiliriz. Bununla birlikte, R410a'nın COP'si R134a ile karşılaştırılabilir, dolayısıyla R410a, R134a'ya kıyasla daha az ODP'ye sahip olduğundan, R134a'nın yerini alabilir. Ancak R134a'nın mevcudiyeti diğer tüm soğutucu akışkanlardan çok daha yüksek olduğundan, buhar sıkıştırılmalı sistemlerde soğutucu akışkan olarak en iyi seçenek R134a'dır.

#### KAYNAKLAR

[1] <http://www.danfoss.com/BusinessAreas/Refrigeration> And Air Conditioning.

[2] "Soğutma ve İklimlendirme Uygulamaları", Sürüm 1 ME, HTE Kharagpur.

[3] RS Mishra, " Küresel Isınmayı ve Ozon Tüketmesini Azaltmak İçin On Üç Çevre Dostu Soğutucu Kullanan Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Sistemlerinde Çoklu Buharlaştırıcı Tek Kompresör ve Tek Genleşme Valfi ve Sıvı Buhar Isı Eşanjörünün Termodinamik Performans Değerlendirmesi", International Journal of Advance Research and Innovation , Cilt 1, Sayı 3, 2013.

[4] Gaurav, Raj Kumar, "Alternatif Soğutucu Akışkanlarla Ev Tipi Buzdolabının Performans Analizi", International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Cilt. 3, Sayı 4, Nisan 2014.

[5] Muhammad Khazratul Bin Bani, "Design and Development of small DC Buzdolabı", Malezya Pahang Üniversitesi tarafından sunulan bir rapor, Kasım 2008.

[6] "Bir Soğutma ve İklimlendirme Ders Kitabı " RS Hurmi.

[7] PLBallany tarafından "A Textbook of Soğutma ve iklimlendirme" .

[8] Madhuri Maheswari, Gaurav Shrivastava, Bhanu Choubey, "Düşük Sıcaklık için Tasarlanmış Soğutma Sistemi Çalışması", International Journal of Scientific and Research, Cilt. 3 Sayı 2, Şubat 2013.

[9] Lovelin Terald, A. ve D. Senthil Kumaran, "Investigations on Performance on Vapor Compression System Retrofitted with Zeotropic Refrigerant R404a", American Journal of Environment Science 10(1):35-43, 2014.

[10] JK Dabas, AK Dodija, Sudhir Kumar, KS Kasana, "Gerçek Geçici Koşullarda Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Sisteminin Performans Özellikleri", International Journal of Advancements in Technology, Cilt. 2 Sayı 4, Ekim 2011.

[11] Jyoti Soni ve RC Gupta, " R404a, R407c ve R410a ile Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Sisteminin Performans Analizi ", IJMERR, Cilt. 2 No. 1, Ocak 2013.

[12] AN Korshitti, VN Raibhole, NA Kumbhar, " R22 & R161 Soğutucu Akışkanlı Buhar Sıkıştırma Döngüsünün Performansı ve Parametrik Analizi ", International Journal of Researchers Sciences and Developers, Cilt. 2 Sayı 2, Nisan 2014.

[13] Levent Ceran, Evaporatör Ve Kondenserlerde İçten Yivli Boru Kullanılmasının Avantajları Ve Dezavantajlarının İncelenmesi, FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında Hazırlanan Yüksek Lisans Tezi, 2009



# Cam Elyaf Takviyeli Betonların Sürdürülebilirlik Potansiyeli: Performans, Dayanıklılık ve Geri Dönüşüm

## Sustainability Potential of Glass Fiber Reinforced Concrete: Performance, Durability and Recycling

R.A. MASALMEH<sup>1</sup>, A. PARLAR<sup>2</sup>, N. HATİB<sup>3</sup>, B. KHALDİ<sup>4</sup> ve A.E. MUHAMMED<sup>5</sup>

<sup>1,2</sup>Selcuk University, Konya/Turkey, [parlarali@outlook.com](mailto:parlarali@outlook.com)

<sup>3</sup>Lazkiye, Suriye, [baraahkhaldi.2001@gmail.com](mailto:baraahkhaldi.2001@gmail.com)

<sup>4</sup>Suriye—Homs, [baraahkhaldi.2001@gmail.com](mailto:baraahkhaldi.2001@gmail.com)

<sup>5</sup>Suriye—Homs,

**Özet** - Bu makalede, cam elyaf takviyeli betonun inşaat sektöründe önemi ve sürdürülebilirlik potansiyeli ele alınmaktadır. Geleneksel beton malzemelerinin çevresel etkileri ve dayanıklılık sorunları göz önüne alındığında, alternatif malzemelerin ve inşaat teknolojilerinin geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Cam elyaf takviyeli beton, hafif, sağlam, ateşe ve hava koşullarına karşı dayanıklı bir malzeme olarak çevre dostu ve sürdürülebilir bir seçenek sunmaktadır. Makalenin giriş bölümünde, cam elyaf takviyeli betonun kullanım alanları ve popülerliği vurgulanmaktadır. Ayrıca cam elyaf takviyeli betonun tarihçesi ve üretim konuları ele alınmaktadır. Makalenin devamında cam elyaf takviyeli betonun içeriği açıklanmaktadır. Elyaf beton içine eklenmesiyle betona yeni özellikler kazandırıldığı ve betonun dayanıklılığını artırdığı belirtilmektedir. Elyaf takviyeli betonun çeşitli avantajları, çatlaklara karşı direnç, tokluk, eğilme ve çekme dayanımını artırma gibi özellikler vurgulanmaktadır. Ayrıca, cam elyaf takviyeli betonun kullanım alanları ve sürdürülebilirliği konusunda yapılan çalışmalardan bahsedilmektedir. Cam elyaf takviyeli betonun mimari kullanım, cephe rehabilitasyonu ve prekast beton paneller gibi farklı alanlarda yaygın olarak kullanıldığı ve bu alanda yapılan araştırmaların yapı sektörüne katkı sağladığı ifade edilmektedir. Makalenin son bölümünde, cam elyaf takviyeli betonun sürdürülebilirlik potansiyeli ele alınmaktadır. Cam elyaf takviyeli betonun kaynak verimliliği, enerji tasarrufu, geri dönüşüm potansiyeli ve çevresel etkileri açısından avantajlı olduğu vurgulanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler** – Sürdürülebilirlik, Elyafli Beton, Dayanıklılık, Verimlilik, Geri Dönüşüm

**Abstract** - In this article, the importance and sustainability potential of glass fiber reinforced concrete in the construction sector is addressed. Given the environmental impacts and durability issues of traditional concrete materials, it is important to develop alternative materials and construction technologies. Glass fiber reinforced concrete offers an environmentally friendly and sustainable option as a lightweight, sturdy, fire and weather resistant material. In the introduction section of the article, the use areas and popularity of glass fiber reinforced concrete are highlighted. The history and production issues of glass fiber reinforced concrete are discussed. The content of glass fiber

reinforced concrete is explained in the continuation of the article. With the addition of fiber into concrete, new properties are added to concrete and increasing the durability of concrete. Various advantages of fiber reinforced concrete are highlighted features such as resistance to cracks, toughness, bending and increasing tensile strength. Furthermore, glass fiber reinforced concrete is mentioned from the work done in terms of use areas and sustainability. Glass fiber reinforced concrete is widely used in different fields such as architectural use, facade rehabilitation and precast concrete panels, and researches in this field contribute to the construction sector. In the last part of the article, the potential for sustainability of glass fiber reinforced concrete is addressed. The welding efficiency of glass fiber reinforced concrete is highlighted in terms of energy saving, recycling potential and environmental impacts.

**Keywords** – Sustainability, Fibrated Concrete, Durability, Productivity, Recycling

### I. GİRİŞ

Betonlar inşaat sektöründe yapı iskeletini oluşturan temel unsurlardan biridir. Bu açıdan geniş bir kullanım alanına sahiptir. Geleneksel beton malzemelerinin kullanımı, yapı sektöründe yaygın kullanılıyor olsa da çevresel etkileri ve dayanıklılık sorunları nedeniyle sürdürülebilirlik açısından bazı problemlere yol açmaktadır. Bu nedenle, alternatif malzemelerin üretilmesi ve inşaat teknolojilerinin geliştirilmesi, çevre dostu ve dayanıklı yapıların inşası için ciddi bir hedef haline gelmiştir. Son yıllarda, cam elyaf takviyeli betonların (CETB) inşaat sektöründe gördüğü ilgi giderek artmaktadır. Bu tarz betonlar, hafif, sağlam, ateşe ve hava koşullarına karşı dayanıklı, sızdırmaz malzeme ihtiyacı olduğunda kullanılabilirler. (1) Cam elyafın beton matrisine entegrasyonu ile oluşturulan bu kompozit malzeme, yüksek mukavemet, hafiflik ve çevresel avantajlar sunarak sürdürülebilir bir inşaat seçeneği sunmaktadır. Böylelikle bu teknoloji inşaat sektöründe popüler hale gelmiştir. (2)

Cam elyaf takviyeli betonun tarihçesine bir parça bakacak olursak; potansiyeli 1940'larda cam elyaf takviyeli plastiğin erken dönem geliştirme çalışmalarında fark edilmiştir. Erken dönemlerde kazanılan tecrübeler, üzerinde herhangi bir koruma olmayan geleneksel cam lifleri ve Portland çimentosu ile üretilmiş kompozit malzemelerin alkali saldırısına uğradıklarını göstermiştir. Bu sebeple özel bir tür olan alkaliye dayanıklı cam elyaf ürünler geliştirilmiştir. (3)

1970'lerde alkaliye dayanıklı cam elyaf üretimi teknolojisi sayesinde, cam elyaf katkılı beton endüstrisi doğmuştur. Yaklaşık 50 yıldır süregelen gelişmeler sonucunda endüstri günümüzde daha çeşitli boyutlarda, daha iyi kalitede cam elyaf, cam elyaf katkılı beton özelliklerini geliştiren yeni mineral katkıları ve yeni üretim yöntemleri sunmaktadır.

19. yüzyılda endüstri devrimi ile birlikte dökme demir ve çelik çerçevelerin geliştirilmesi ve ardından betonarme çerçevelerin gelmesi, taşıyıcı masif duvarlı yapılara olan bağımlılığı ortadan kaldırmıştır. Bundan sonra strüktürel çerçevelerin sağladığı olanaklar ve teknolojik gelişmelerin de yardımıyla mimarlar cephe tasarımında daha yenilikçi metotlara yönelmişlerdir. Böylece çerçevesiz cam cephe sistemleri ve giydirme cephe sistemleri ortaya çıkmıştır (4).

Giydirme cepheler, taşıyıcısı inşa edilmiş binalara monte edilebilen, yapının sağlamlığına hiçbir şekilde katkısı olmayan kendi ağırlığı ve rüzgâr yüklerini bina taşıyıcısına ileten, dış ortamla iç ortam arasında filtre görevi yapan yan örtü sistemleridir (5).



Şekil 1. Cam Elyaf Takviyeli Betonun içinde Elyafların dağılımı

Cam elyaf takviyeli beton içeriği itibarıyla; çimento, agrega ve süreksiz dağılmış liflerin suyla karıştırılmasıyla elde edilen kompozit bir malzeme olarak tanımlanabilir. (6) Beton içeriğine liflerin katılmasıyla betona yeni özellikler kazandırmak ve mevcut özellikleri iyileştirilmektedir. (7) Betona liflerin eklenmesi; betonun çekme ve eğilme mukavemetini ve enerji tüketim kapasitesini artırmak için etkili yöntemlerden biri olduğu yapılan çalışmalarda görülmüştür. (8) Genelde elyaflar asıl yük taşıyıcı elemanlardır, elyafların çevresindeki karışım ise bir yük transfer aracı olarak görev yaparken elyafları istenilen düzende tutmakta ve çevresel zararlardan korumaktadır. (9)

Elyaf beton içinde kullanıldığında, yüksek çekme mukavemetleri sayesinde, betondaki çatlakların başlangıcını, yayılmasını ve birleşmesini önlerler (10). Yeterli miktarlarda ve amacına uygun olarak kullanılan elyaf, betonda oluşabilecek çatlaklardaki gerilmeleri çatlak oluşmamış bölgelere iletirler. Elyafın çatlak sonlarına bitişik olduklarından, matristeki gerilmelerin üzerlerinden geçmesini ve böylece, daha önce çatlama yapmış beton kesitlerinin de dayanımından yararlanılmasını sağlamaktadırlar (11). Çatlakların oluştuğu bölgede bu şekilde taşıma gücü artırılarak, mühendislik özellikleri gelişmiş bir malzeme elde edilmektedir. Elyafın betona verdiği katkıları kısaca şu şekilde özetlenebilir;

- Tokluğu ve çarpma direncini artırır,
- Taze betonda mikro ve makro çatlakların oluşmasını engeller,
- Eğilme ve çekme dayanımlarını artırır,
- Gevrek kırılmayı engeller, enerji yutma kapasitesini artırır,
- Betonun uzun dönem dayanımını (dayanıklılığı) artırır (12),
- Bazı lif türleri ile basınç dayanımının artırılması sağlanabilir,
- Süneklilik ve burulma direncini artırır,
- Aşınma dayanımını artırır ve tozlamayı engeller (13),

Tablo 1: Elyaf takviyeli betonların bazı özelliklerinde norma betona oranla beklenen artış oranları (14)

Özellik	Artış (%)
Şekil değiştirme oranı	50-300
Elastisite modülü	±25
basınç dayanımı	±25
Eğilmede çekme dayanımı	25-200
İlk çatlak dayanımı	25-100
Darbe dayanımı	100-1200
Tokluk	100-1200
Yorulma dayanımı	50-100
Çekme Dayanımı	25-100

Cam elyaf takviyeli betonların kullanım alanları ve sürdürülebilirliği alanında yapılan çalışmalara kısaca bakmak gerekirse;

Gilbert (2004) "GFRC - 30 Years Of High Fiber Cement Composite Applications Worldwide" adlı makalesinde cam elyaf çeşitleri ve teknik özellikleri hakkında bilgi vermiştir. Cam elyaf takviyeli betonların üretim yöntemleri ve malzemenin teknik özellikleri, çalışmada yer alan başlıklardandır. Son 30 yıldır giderek yaygın bir şekilde kullanılmakta olan cam elyaf takviyeli betonun mimari kullanım başta olmak üzere çeşitli kullanım alanları açıklanmıştır. (15)

Abrantes, Abrantes ve Abrantes (2008) "Application of GRC - Glass Fiber Reinforced Concrete in Building Rehabilitation" adlı dergi makalesinde Cam elyaf takviyeli beton panellerin

cephre rehabilitasyonunda kullanımını konu almıştır. Cam elyaf takviyeli betonların tanımı yapılmış ve malzeme özellikleri açıklanmıştır. Cam elyaf takviyeli betonların teknik özellikleri, üretim yöntemleri ve örnekler üzerinden cephe rehabilitasyonunda Cam elyaf takviyeli beton kullanımının estetik ve teknik bakımdan avantajları incelenmiştir. (16)

Ballast (2009), "Architect's Handbook of Construction Detailing" adlı kitabının beton detayları bölümünde bir alt başlık olarak cam elyaf katkılı prekast beton panelleri incelemiştir. Çalışmada, cam elyaf katkılı betonun tanımı, genel kullanım alanları ve hafif olmasının getirdiği avantajlar açıklanmıştır. Cam elyaf takviyeli beton panellerin bina ile olan bağlantıları, detay çizimleri ile desteklenerek açıklanmıştır. Detaylandırmada dikkat edilmesi gereken teknik unsurlar ele alınmıştır. (17)

Ball (2011), "35 Year Review of the GRC Technology, Equipment and Markets" adlı kongre bildirisinde cam elyafın tarihsel gelişimi detaylı olarak irdelenmiştir. Cam elyaf katkılı betonun üretim tekniklerindeki gelişmeler ve zaman içinde değişen karışım bileşenleri ele alınmıştır. Cam elyaf katkılı betonun dayanıklılığını ölçmek için geliştirilen testlerin ortaya çıkış sebepleri açıklanmıştır. Cam elyaf takviyeli beton üretim kriterleri ve şartnameler de çalışmada ele alınmıştır. (18)

Er (2012), "Kompozit Yapı Malzemelerinin Performans Özelliklerinin ve Mimarlıkta Kullanım Olanaklarının Araştırılması" adlı yüksek lisans tezinde Cam elyaf takviyeli betonların genel özellikleri, Cam elyaf takviyeli beton panellerin geleneksel prekast paneller karşısındaki avantajları, Cam elyaf takviyeli betonların yapıda kullanım alanları açıklanmıştır. Cam elyaf takviyeli betonların teknik ve estetik avantajlarını ele almıştır. (19)

Bunlar gibi birçok akademik çalışma Cam elyaf takviyeli betonların teknik özelliklerini, kullanım alanlarını, sağladığı faydaları ve sürdürülebilirliğini araştırmış ve yapı sektörüne katkıda bulunmuştur.

## II. SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK POTANSİYELİ

Cam elyaf takviyeli beton (CETB), sürdürülebilirlik açısından bir çok avantaja sahiptir. Cam elyaf takviyeli betonların sürdürülebilirlikleri ilgili bazı önemli noktalar şunlardır:

### A. Kaynak Verimliliği

Cam elyaf takviyeli beton, geleneksel çelik takviyeli betona kıyasla daha az doğal kaynak kullanır. Yapılan çalışmalarda CETB takviyeli direkler, çelik takviyeli direklere göre daha yüksek yük taşıma kapasitesi gösterirken, CETB çubukların çelik çubuklara göre daha düşük rijitliği nedeniyle belirli bir yükte daha yüksek serbest uç sehimleri gözlemlenmiştir. (20)

Cam elyafı, genellikle geri dönüştürülmüş cam elyaftan üretilir ve yerel kaynaklardan elde edilen diğer malzemelerle birleştirilir. Bu, doğal kaynakların tükenmesini azaltır ve sınırlı kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar.

### B. Tasarruf

Cam elyaf takviyeli beton, üretim aşamasında daha az enerji tüketir. Çimento, cam elyafları takviye etmek için kullanılan diğer malzemeler ve üretim süreci, genellikle daha düşük enerji yoğunluğuna sahiptir. Bu, sera gazı emisyonlarını azaltır ve enerji tasarrufu sağlar.

Yapı tasarımında inşa edilebilir yapılar birçok faktör sebebiyle tercih edilmektedir. İnşa edilebilirlikte temel prensip yapım uzmanlarının bilgisi ve mimar mühendislerin tasarım bilgisini projenin erken aşamalarında bir araya getirmektir. Bunun genel sonucu tasarımın teknik verimliliğidir. (21,22,23,24,25,26) Cam elyaf takviyeli betonlar tasarımların daha inşa edilebilir olmasının yanı sıra fonksiyonel olmasını sağlamaktadır. Estetik, maliyet bakımından ve yapım kolaylığı açısından da işgücü açısından da tasarruf sağlamaktadır.

Cam elyaf takviyeli betonların en önemli özelliklerinden birisi de normal betona göre kalınlığının azaltılmış olmasıdır. Bu özellik sayesinde malzeme hafif olmakta ve taşıyıcı sisteme taşınan ölü yükten tasarruf edilmektedir. (27)

## III. UZUN ÖMÜRLÜLÜK VE DAYANIKLILIK

Cam elyaf takviyeli beton, yüksek mukavemet ve dayanıklılık özelliklerine sahiptir. Cam elyaf takviyeli betonun darbe mukavemeti çok iyi seviyededir ve darbe almış olsa bile zarar belirli bir bölgeyle sınırlı kalmaktadır. Karışımdaki cam elyaflar, oluşan çatlakların darbe alınan bölgenin dışına iletilmesinin önüne geçmektedir. 6-12 mm kalınlığında panellerde yapılan testlerde 15-25 N/mm<sup>2</sup> sonuçları alınmıştır. (27) Bu, yapıların daha uzun ömürlü olmasını sağlar ve bakım ve onarım maliyetlerini azaltır. Uzun ömürlü olması, yeni yapıların inşasını azaltır ve kaynakların korunmasına yardımcı olur.

Birçok uygulama için betonu küçük ve rastgele dağılmış elyaflarla desteklemek gün geçtikçe popüler hale gelmektedir. Bu işlemin temel amacı, betonun enerji absorbe etme kabiliyetini ve tokluğunu artırmaktır. Ayrıca betonun çekme ve eğilme dayanımlarını da artırmak amaçlanmaktadır. Sonuç olarak, çelik elyaflardan betonun dayanımını artırmak ve çatlakların ilerlemesini önlemek amacıyla faydalanılmaktadır. (28)

## IV. KOROZYON VE ADERANS

Betonarme yapılarda çelik donatıların korozyonu en önemli sorunlardan biridir. (29) Korozyon olayı çelik donatı ve beton arasındaki yüzeye zarar verir ve aderans dayanımını düşürür. Sonuç olarak betonarme yapıların ömrü kısalır olur. (30) Betonarme yapılarda donatı yerine kullanmak üzere alternatif malzeme ve tekniklere olan talep giderek artmaktadır. (31)

Cam elyaf takviyeli polimerlerin (CETP), beton yapılarda donatı olarak kullanılabilirliğindeki en kritik sorunlardan biri de aderans (kenetlenme) kapasitesidir. Çelik donatıdan farklı olarak, CETP malzemelerinin anizotropik, homojen olmayan ve doğrusal elastik özelliklere sahip olmasından dolayı, donatı ile beton arasında farklı kuvvet aktarma mekanizmaları oluşmaktadır. Beton dayanımı ve pas payı gibi aderans davranışını etkileyen temel faktörler (32) giriş testi veya



doğrudan sıyrılma testi (33) temel alınarak incelenmiştir. Buna bağlı olarak ABD, Kanada ve Japonya'daki elyaf takviyeli polimer donatılar için tasarım kodları hem gömülme derinliği hem de aderans dayanımı açısından aderans mekanizmasıyla ilgili önemli veriler ortaya koymuştur. (34)

Mosley vd. (2008) (35) yaptıkları çalışmada, elyaf takviyeli polimer donatının aderans dayanımının, çelik donatıya kıyasla önemli ölçüde düşük olduğunu ve elastisite modülünün aderans dayanımını etkileyen önemli bir parametre olduğunu ifade etmişlerdir.

Polat vd. (2017) (36) yaptıkları çalışmada, çelik ve CETP donatıları kullanarak ürettikleri numuneleri kademeli bir şekilde 800 oC sıcaklığa kadar maruz bırakmışlardır. Elde edilen sonuçlarda çelik donatılı numunelerde 400 oC'ye kadar %30'luk bir kayıp olurken, 600 oC'ye kadar %50'lik bir kayıp gözlemlenmiştir. Daha yüksek sıcaklıklarda ise aderans tamamen kaybolmuştur. CETP donatılı beton numunelerde ise 250 oC'ye kadar aderans dayanımlarında %30'luk bir kayıp, 400 oC'ye kadar ise %50'lik bir aderans kaybı söz konusu olmuştur. Çalışmada 600 oC'den daha yüksek sıcaklıklarda ise CETP donatı ve beton arasındaki aderans tamamen kaybolmuştur.

Davalos vd. (2008) (37) çalışmalarında elyaf takviyeli polimer donatı beton arayüzey aderansının dayanıklılık performansını belirleyen deneysel bir araştırma sunmuşlardır. Bu çalışmada yüksek basınç dayanımına sahip beton karışımı kullanarak elyaf takviyeli polimer donatının yüzey malzemesinin bozulmasına odaklanmışlardır. Çalışmanın sonucunda, yüksek dayanımlı betonda cam elyaf takviyeli polimer donatılar için aderans yetersizliğinin esas olarak donatının yüzeylerinde meydana geldiği görülmüştür.

## V. RISK FAKTÖRÜ

Risk yönetimi günümüzde birçok mühendislik alanında, belirli bir işgücü ve kaynak ile bir araştırmanın ya da mühendislik malzemesinin geliştirilmesinin öngörülme tehditlerden korunarak gerçekleştirilebilmesi yönünde tercih edilmektedir. (38)

Risk yönetiminin ilk adımı, risk faktörlerinin risk tanımlaması sürecidir. Birçok çalışmada, bir projedeki risk faktörleri, bakış açısına bağlı olarak çeşitli kategorilerde sınıflandırılır: işveren kaynaklı faktörler (geç hakediş ödenmesi, proje kapsamının değişmesi, vb.), yüklenici riskleri (teknik yetersizlik, yönetim zaafı, vb.) ve malzeme üreticisi riskleri (düşük malzeme kalitesi, malzemelerin geç gönderilmesi, vb.) (39-40).

Literatürdeki risk tanımlama aşamaları genellikle tekrarlayan ve örgütsüz koşullar altında olarak değerlendirilmiştir. Risk tanımlama işlemleri çok fazla zaman harcanması gereken işleri içerirken, risk tabanlı proje kusurlarına nihai bir çözümü garanti etmemektedir (41,42).

Diğer projelerde olduğu Cam elyaf takviyeli beton üretim projelerinde, beklenilmeyen maliyet artışları ve iş programındaki gecikmeler işveren ve yüklenici kaynaklıdır. Özellikle maliyet değişimleri, işveren ve yüklenici arasındaki anlaşmazlıklardan birisidir.

Cam elyaf takviyeli beton maliyetleri, diğer prefabrik beton üretim maliyetlerine göre pahalı içeriği nedeniyle çok yüksektir. Bu sebeple olumsuz riskler dikkatlice analiz edilmeli ve toplam üretim maliyetlerini ve proje süresini olumlu şekilde etkilemesi için mümkünse engellenmeli ya da etkilerini azaltıcı önlemler alınmalıdır. Bu yazının amacı cam elyaf takviyeli beton projelerinin maliyetini ve süresini etkileyen risk faktörlerinin etkisini tanımlamak, incelemek ve değerlendirmektir. (2)

## VI. GERİ DÖNÜŞÜM POTANSİYELİ

Cam elyaf takviyeli beton, kullanım ömrünün sonunda geri dönüştürülebilir. Kullanılmış cam elyaflar geri dönüştürülerek yeni cam elyaf takviyeli beton üretiminde kullanılabilir. Bu, atık miktarını azaltır ve malzeme kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlar.

Endüstriyel atıklar, son yıllarda işleme problemleri ve artan çevresel kaygılar sebebiyle etkin bir şekilde geri dönüştürülmektedir (43). Yapı materyallerinin çoğu, endüstriyel atıkların doğal veya yapay katkı malzemeleri olarak kullanımını geliştirilebilmektedir. Atıkların çimentoda puzolan olarak kullanılabilirliği konusunda birçok araştırma mevcuttur. Özdemir ve Uğurlu (2007); çimento içerisinde çimentonun fiziksel ve kimyasal özelliklerini olumsuz etkilemeyen her türlü mineral katkı malzemesinin kullanılmasının mümkün olduğunu belirtmişlerdir (44). Aruntaş ve diğ. (2010) (45) mermer, Bignozci ve diğ. (2010) (46) cam, Lin ve diğ. (2010) (47) ve Şimşek ve Çiftci (2006) (48) tuğla, Kalınçimen ve diğ. (2015) (49) seramik atıklarını çimentoda puzolan olarak kullanılabilirliği konusunda çalışmalar yapmışlardır.

Ö. Sallı Bideci, K. Mercanoğlu, A. Bideci (2018) (50) Cam elyaf takviyeli beton atıklarının çimento ikame malzemesi olarak geri dönüşümünün sağlanabilmesi üzerine yaptıkları çalışmada aşağıdaki şu sonuçları elde etmiştir:

- Priz başlama süresi katkı miktarının artışına bağlı olarak uzamıştır. Genleşme oranlarının, limit sınırlar içinde kaldığı gözlemlenmiştir. Yayılma deneyinde ise katkının yayılmaya olumlu etki yaptığı belirlenmiştir.
- Basınç dayanım değerleri sonuçlarına göre; 28 günlük %5RecGRC numunelerin standartta belirtilen 50-80 MPa arasındaki limit sınırları içinde olduğu görülmüştür.
- Eğilme dayanımları değerlerinde %0RecGRC numuneye göre tüm serilerde azalma gözlenmiştir.
- Isı-yağmur etkisi deneyi sonucunda levha numuneler üzerinde herhangi görünür çatlak, tabakalaşarak ayrılma vb. hasar kaydedilmemiştir.
- Donma-çözülme çevrimleri sonucunda, numunelerin donma-çözülme sonrası MOR değerleri, donma-çözülme öncesi değerlerine göre azaldığı tespit edilmiştir.

Çalışmanın sonucunda; %5 öğütülmüş cam elyaf beton atığın çimento ikamesi olarak kullanılabilmesi belirlenmiştir. Böylece, üretim esnasında uygulamadan kaynaklanan, kabul

görmeyen ürünler, paketleme ve nakliye esnasında hasar görmüş ürünler ve kalite kontrol aşamasında uygunsuz olan atık cam elyaf beton malzemeleri tekrar değerlendirilebilecektir. Bununla beraber inşaat sektöründe tabii kaynak kullanımını azaltılarak geri dönüşüm malzemesinin verimli şekilde kullanılması sağlanabilecektir.

## VII. HAFİFLİK VE NAKLİYE VERİMLİLİĞİ

Cam elyaf takviyeli beton, geleneksel betona kıyasla daha hafiftir. Bu, yapı elemanlarının daha kolay taşınmasını ve monte edilmesini sağlar. Daha hafif yapı malzemeleri, inşaat sürecinde enerji tasarrufu sağlar ve ulaştırma maliyetlerini azaltır.

## VIII. SONUÇ

Cam elyaf takviyeli betonlar, çevresel etkileri azaltma potansiyeline sahip olan sürdürülebilir bir yapı malzemesidir. Kaynak verimliliği, enerji tasarrufu, uzun ömürlülük, geri dönüşüm potansiyeli ve hafiflik gibi özellikleri, sürdürülebilirliğini artıran etkenlerdendir.

Hem performans hem dayanıklılık hem de geri dönüşüm avantajları cam elyaf takviyeli betonları tercih etmede en büyük nedenlerdendir. Yapılan çalışmalarla elyaf yapısı geliştirilebilirse daha iyi neticeler vermesi olasıdır.

Cam elyaf takviyeli betonların bahsi geçen avantajları nedeniyle kullanımları giderek yaygınlaşmaktadır. İlerleyen yıllarda yapı sektöründeki yerini daha da sağlamlaştıracağına kesin gözüyle bakılmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] M. İskender, B.Karasu, Glass Fibre Reinforced Concrete (GFRC), El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 5, No: 1, 2018 (136-162).
- [2] S. A. Yıldız, Y. Arslan, Cam Elyaf Takviyeli Beton Üretim Sektöründe Risk Faktörlerinin Belirlenmesi ve Tahmini, GU J Sci, Part C, 5(4): 215-221 (2017).
- [3] NPCAA, 2006a
- [4] Sev, A., Gür, V. ve Özgen, A., (2004), "Cephenin Vazgeçilmez Saydam Malzemesi Cam", Kongre Bildirisi, 2. Ulusal Yapı Kongresi ve Sergisi, İTÜ Taşkılla Kampüsü
- [5] Gür, V., (2001), "Hafif Giydirmeye Cephe Sistemlerinin Analiz ve Değerlendirilmesi için bir model", Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [6] Kurt, G. 2006. Lif içeriği ve su/çimento oranının fibrobetonun mekanik davranışına etkileri, Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ.
- [7] Arslan, A., & Ulucan, Z. Ç. 1997. Çelik liflerin erken yaşta betonarme kirişlerin göçmesine etkisi. Teknik Dergi, 8(39).
- [8] A. MURTHADA ALİ, Cam takviyeli betonun yangın dayanımlarının çeşitli parametreler açısından irdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi 2017. Selçuk Üniversitesi
- [9] Vahidi, E.K. ve Malekabadi, M.M. (2011), "GRC and Sustainable Building Design", GRC 2011, İstanbul Sempozyum Bildirisi
- [10] M. Sahmaran, A. Yurtseven, ve I. Ozgur Yaman, "Workability of Hybrid Fiber Reinforced Self-Compacting Concrete", Build. Environ., c. 40, sayı 12, ss. 1672-1677, 2005.
- [11] N. Özyurt, M. A. Taşdemir ve S. P. Shah, "Lif Donatılı Çimento Esaslı Kompozitlerde, Lif Dağılımının Elektriksel Bir Yöntem ile Tahratsız Ölçümü", İstanbul Teknik Üniversitesi Mühendislik Dergisi, c. 5, s. 4, ss. 119-130, 2006.
- [12] B. Z. Michel Pigeon ve J. Marchand, Advanced Concrete Technology. London, UK: Elsevier LTD., 2003.
- [13] M. T. Yıldırım, "Lif Donatılı Çimentolu İnce Kompozitler - Mimaride Kullanımı", Yüksek lisans tezi, Mimarlık Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2014.
- [14] M. Sarı, "Farklı Tipteki Liflerin Betonun Mekanik Davranışlarına Etkisi", Yüksek lisans tezi, Yapı Mühendisliği, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2013.
- [15] Gilbert, G.T., (2004), "GFRC - 30 Years Of High Fiber Cement Composite Applications Worldwide", American Concrete Institute Special Publication, Sayı: 224, Sf: 1-20, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778815002765>
- [16] Abrantes, N., Abrantes, V., Abrantes R., (2008), "Application of GRC - Glass Fiber Reinforced Concrete in Building Rehabilitation", International Journal for Housing Science, Vol.32, No.1 pp. 41-50
- [17] Ballast (2009), "Architect's Handbook of Construction Detailing"
- [18] Ball, H. (2011), "35 year review of the GRC Technology, Equipment and Markets", GRC Congress 2011, İstanbul
- [19] Er, A., (2012), "Kompozit Yapı Malzemelerinin Performans Özelliklerinin ve Mimarlıkta Kullanım Olanaklarının Araştırılması" Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Bölümü, Yapı Bilgisi Anabilim Dalı, İzmir.
- [20] H. Ahmadi, M. Shakiba, S.M.R. Mortazavi, M. Bazli, Feasibility of using Static-Cast Concrete Transmission Poles fully reinforced with glass-fibre reinforced polymer bars and stirrups, Case Studies in Construction Materials. Volume 18, July 2023
- [21] Singhaputtangkul, N., Low, S.P., Teo, A.L. ve Gang, B., (2014), "Analysis of Criteria for Decision Making to Achieve Sustainability and Buildability In Building Envelope Design", Architectural Science Review, 57:1, 20-30, DOI: 10.1080/00038628.2013.783458
- [22] Mydin, S.K., Zin, R.M., Majid, M.Z.A., Zahidi, M. ve Memon, A.H., (2011), "Buildability Attributes at Design Phase in Malaysian Building Construction", International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology Vol 2, Issue 1, 24-43
- [23] Lam, P.T.I., Wong, F.W.H. ve Chan, A.P.C., (2006), "Contributions of Designers to Improving Buildability and Constructability", Design Studies Vol 27 Issue 4, 457-479 doi: 10.1016/j.destud.2005.10.003
- [24] Wong, F.W.H., Darshi De Saram, D., Lam, P.T.I. ve Chan, D.W.M., (2006), "A Compendium of Buildability Issues from the Viewpoints of Construction Practitioners", Architectural Science Review, 49:1, 81-90, doi:10.3763/asre.2006.4910
- [25] Wong, F.W.H., Lam, P.T.I., Chan, A.P.C. ve Chan, E. H. W. (2006), "A Review of Buildability Performance in Hong Kong and Strategies for Improvement", Surveying and Built Environment Vol 17(2), 37-48 ISSN 1816-9554
- [26] Wong, F.W.H., Lam, P.T.I. ve Shen, L.Y., (2004), "A Dynamic Design Management System for Improving Buildability of Construction", 20th Annual ARCOM Conference, 1-3 September, Heriot Watt University. Association of Researchers in Construction Management, Vol. 1, 185-194.
- [27] Goussous, J.S., Al-Azhari W.W., Al-Abweh, M., (2013), "Design Guidance of Using Glass Fibre Reinforced Concrete (GRC) in Architectural Building", Wulfenia Journal Vol 20, No. 5, Avusturya
- [28] Hussin, K.A. (2018) Cam Elyaf, Bazalt Elyaf ve Çelik Elyaf ile Takviyelendirilmiş Beton Blokların Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, T.C. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- [29] ACI Committee, 2006. Guide for the design and construction of structural concrete reinforced with FRP bars. ACI 440.1R-06, Farmington Hills, MI.
- [30] Bedard, C., 1992. Composite reinforcing bars: assessing their use in construction. Concrete International, 14, 55-59.
- [31] Saadatmanesh, H. and Ehsani, M.R., 1989. Application of fiber-composites in civil engineering. In: Structural materials. ASCE, 526-535.
- [32] Brown, V.L. and Bartholomew, C.L., 1993. FRP reinforcing bars in reinforced concrete members. ACI Materials Journal, 90, 34-39.
- [33] Faza, S.S. and GangaRao, H.V., 1991. Bending and bond behavior of concrete beams reinforced with plastic rebars. Transportation Research Record, 185-193.
- [34] ACI 440.1 R 2006:6, Machida and Uomoto 1997, Canadian Standards Association 2002, Canadian Standards Association 2006
- [35] Mosley, C.P., Tureyen, A.K. and Frosch, R.J., 2008. Bond strength of nonmetallic reinforcing bars. ACI Structural Journal, 5, 634-642.
- [36] Polat, M., Yağan, M., Orhan, M., Mehmet, F., 2017. GFRP ve çelik donatıların yüksek sıcaklık etkileri altında aderans kayıplarının incelenmesi. II. International Conference on Advanced Engineering Technologies, 238-247.

- [37] Davalos, J.F., Chen, Y. and Ray, I., 2008. Effect of FRP bar degradation on interface bond with high strength concrete. *Cement and Concrete Composites*, 30, 722- 730.
- [38] Cooper, D. F. (2005). *Project risk management guidelines: Managing risk in large projects and complex procurements*. John Wiley & Sons, Inc.
- [39] Tian Y., (2008) *Compiling principle and method of railway and highway engineering budget*, Beijing:China railway press.
- [40] Wang L., Li Y., Wang E. *Research on Risk Management of Railway Engineering Construction*. *SystemsEngineering Procedia* 1 (2011) 174–180.
- [41] Ding, L. Y., Yu, H. L., Li, H., Zhou, C., Wu, X. G., & Yu, M. H. (2012). Safety risk identificationsystem for metro construction on the basis of construction drawings. *Automation in construction*, 27,120-137.
- [42] Zhixing Cai, Guangyou Xu, *Artificial Intelligence: Principles and Applications*, third edition TsinghuaUniversity Press, Beijing, 2003.
- [43] Nishibori, S., Takeuchi, Y., Sugiyama M., Kobayashi M., 2005, “Properties of GRC Using Recycled Material”, *The 14th International Congress GRCA*, Hong Kong, pp. 31-39, 14-16 November 2005.
- [44] Özdemir, M., ve Uğurlu, U., 2007, “Boraks Üretiminde Ortaya Çıkan Atık Malzemenin Çimentoda Değerlendirilmesi”, 2. Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu, pp.319-329, 12-13 Nisan 2007.
- [45] Aruntaş, H. Y., Gürtü, M., Dayı, M., Tekin, İ., 2010, “Utilization of Waste Marble Dust as an Additive in Cement Production”, *Materials & Design*, Vol. 31 (8), pp. 4039–4042.
- [46] Bignozzi, M. C., Saccani, A., Sandrolini, F., 2010, “Chemical–Physical Behaviour of Matt Waste in Cement Mixtures”, *Construction and Building Materials*, Vol. 24 (11), pp. 2194–2199
- [47] Lin, K. L., Chen, B. Y., Chiou, C. S., Cheng, A., 2010, “Waste brick’s Potential for use as a Pozzolan in Blended Portland Cement”, *Waste Management and Research*, Vol. 28(7), pp. 647-652
- [48] Şimşek, O., Çiftci, M., 2006, “Usability of Waste Brick Powder as Pozzolanic Additive in Cement”, *Journal of Polytechnic*, Vol. 9(4), pp. 325-329.
- [49] Kalınçimen, G., Öztürk, A. U., Kaplan, G., Yıldız, S. A., 2015, “Seramik atıklarının Çimento İkame Malzemesi Olarak Kullanılması ve Asit Dayanıklılığının İncelenmesi”, *Kastamonu University, Journal of Engineering and Science*, Vol. 1 (1), pp. 9-16.
- [50] Ö. Sallı Bideci, K. Mercanoğlu, A. Bideci S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg., c.6, s.2, ss. 198-206, 2018

# Nar Ekşisindeki Potansiyel Tağşişlerin Kızılötesi Spektroskopisi Ve Kemometrik Yöntemlerle Belirlenmesi

## Determination of Potential Adulterants in Pomegranate Syrup Using Infrared Spectroscopy and Chemometric Methods

Dr. M. MANSOURI<sup>1</sup>, B. MENEVŞEOĞLU<sup>2</sup>, K. ELABDO<sup>3</sup>, H. ELALI<sup>4</sup> ve M. ZREK<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Texas A&M University, Qatar

<sup>2</sup>Selcuk University, Konya/Türkiye,

<sup>3</sup>Türkiye—Kahramanmaraş, kusayelabdo2004@gmail.com

<sup>4,5</sup>Selcuk University, Konya/Türkiye,

**Özet** - Bu çalışma, nar ekşisinin bileşimlerini karakterize etmek ve olası tağşişleri belirlemek için FT-MIR ve FT-NIR spektroskopisine dayalı tahmin modelleri oluşturmayı amaçlamıştır. %100 nar ekşisi (n=27) ve nar ekşisi sosu (n=19) etiketli örnekler Türkiye'deki yerel marketlerden satın alınmıştır. Spektraları toplamak için bir tezgah üstü FT-MIR spektrometresi ve taşınabilir bir FT-NIR sensörü kullanıldı. Numuneler, HPLC kullanılarak şeker ve organik asit içerikleri, refraktometri kullanılarak çözünabilir katı içerikleri ve Folin-Ciocalteu yöntemleri ile toplam fenolik içerikleri ile karakterize edildi. Sonuçlar, nar ekşisi örneklerinin %33'ünün (27'de 9'u) olağandışı şeker ve organik asit profilleri sergilediğini gösterdi. Ayrıca, tağşişli tüm numuneler, Yumuşak Bağımsız Sınıf Analizi (SIMCA) ve Kısmi En Küçük Kareler-Ayrırma Analizi (PLS-DA) ile birleştirilen spektral verilerle tanımlandı. Ayrıca Nar ekşisinin tüm kalite parametrelerini tahmin etmek için Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu (PLSR) kullanılmış ve mükemmel tahminler göstermiştir ( $r_{\text{val}} > 0.93$ ).

**Anahtar Kelimeler** - nar ekşisi; FT-MIR; FT-NIR; kemometrik; kimlik doğrulama

**Abstract** - This study aimed to develop predictive models based on FT-MIR and FT-NIR spectroscopy to characterize the compositions of pomegranate molasses and identify potential adulterations. Labeled samples of 100% pomegranate molasses (n=27) and pomegranate molasses sauce (n=19) were purchased from local markets in Turkey. Spectra were collected using a benchtop FT-MIR spectrometer and a portable FT-NIR sensor. Samples were characterized by their sugar and organic acid contents using HPLC, their soluble solid contents using refractometry, and their total phenolic contents using the Folin-Ciocalteu methods. Results showed that 33% of pomegranate molasses samples (9 out of 27) exhibited unusual sugar and organic acid profiles. Additionally, all adulterated samples were identified by spectral data combined with Soft Independent Class Analogy Modeling (SIMCA) and Partial Least Squares-Discriminant Analysis (PLS-DA). Partial Least Squares Regression (PLSR) was also used to predict all quality parameters of pomegranate molasses and showed excellent predictions ( $r_{\text{val}} > 0.93$ ).

**Keywords:** Pomegranate molasses; FT-MIR; FT-NIR; chemometric; authentication

### I. GİRİŞ

Nar (*Punica granatum* L.), Punicaceae familyasına ait çok yıllık çok yıllık bir bitki türü olup, meyvesi gıda, meyve suyu ve fonksiyonel gıda olarak tüketildiği için "mucize meyve" olarak kabul edilmektedir [1].

Dünyadaki toplam nar üretim alanının 300.000 hektarın oldukça üzerinde olduğu ve %76'dan fazlasının 5 ülkede (Hindistan, İran, Çin, Türkiye ve ABD) bulunduğu tahmin edilmektedir [2]. Türkiye, Avrupa pazarındaki en önemli nar üreticilerinden biridir [3]. Nar, anti-enflamatuar, antioksidan, antibakteriyel ve antiviral özellikler dahil olmak üzere çok çeşitli farmakolojik aktivitelere sahiptir ve ayrıca lipid regülasyonunda ve immünomodülasyonda rol oynar [4]. Ayrıca ateroskleroz, diyabet, hipertansiyon, hiperlipidemi, çeşitli kanser türleri ve peptik ülser ve ağız hastalıklarının tedavisinde kullanılabileceği bildirilmiştir [5]. Narın birincil kullanımı taze tüketim içindir. Bununla birlikte, narın fonksiyonel özelliklerinden dolayı, meyve suları, şuruplar, nektarlar, jöleler, konsantreler, alkollü içecekler, reçeller, kuru tohumlar, besin lifleri, infüzyonluk kuru kabuklar ve ekstraktlar gibi endüstriyel olarak işlenmiş ürünlere olan talepte bir artış olmuştur [2,6]. Ayrıca nar meyvesinin ayıklanıp preslenmesiyle elde edilen nar suyunun tekniğine uygun olarak vakum altında veya açık kazanda renginin koyulaştırılmasıyla elde edilen nar suyunun süzülerek elde edilen ekşi gıda ürünü şeklinde nar ekşisi olarak tanımlanan bir ürün de bulunmaktadır. Yemeklere tat vermek için Türkiye'de yaygın olarak kullanılmaktadır. Türk Standartlar Enstitüsüne (2016) göre nar ekşisi; kalıntı içermemeli, meyve parçacıkları ve sükröz içermemelidir [7].

Yukarıdaki özelliklerin tümü, nar ürünlerinin ekonomik önemine ve artan talebe katkıda bulunmaktadır. Bununla birlikte, tağşişlere karşı savunmasızlığı da artırır. Örneğin

pahalı bir ürün olan nar ekşisinde yapılan değişiklikler, üretim maliyetini düşürmek için daha ucuz meyve sularının (üzüm, elma, kiraz, kiraz, çilek) eklenmesi, su ile seyreltilmesi, nar ekşisi ile nar ekşisi üretilmesi olarak sayılabilir. glikoz şurubu ve limon tuzu ilavesi [8,9]. Bu nedenle, nar orijinallığı için kalite kontrol önlemlerinin oluşturulması, meyve suyu endüstrisi ve tüketiciler için çok önemlidir. Fizikokimyasal indeksler (pH, Brix değeri veya titre edilebilir asitlik) gibi geleneksel analitik metodolojiler, düşük seviyeli tağşişi tespit edemese de tağşiş uygulamalarını tespit edebilir. Bunun yerine, belirli meyve suyu bileşenlerinin (amino asitler, polifenoller veya organik asitler) hedefli profillemesi en çok uygulanan yaklaşımdır [10]. Geleneksel analitik yöntemlerin gıda ürünlerinde tağşişi tespit etmede doğru olduğu kanıtlanmış olsa da, bu yöntemler zaman alıcıdır ve numunelerin saflığının bozulmasına neden olur [11]. Bu tağşişler belirlenirken genellikle gaz kromatografisi (GC), yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC), gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi (GC-MS), polimeraz zincir tespiti ve enzim bağlantılı immünosorbent assay (ELISA) teknikleri kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin dezavantajları; yavaş ve pahalı tekniklerdir ve bu teknikler için özel kolonlar veya tüpler gibi ek enstrümantasyon bileşenlerine ihtiyaç vardır [12,13]. Bugün, kemometri ile birleştirilmiş spektroskopik teknikleri kullanan hedefsiz parmak izi alma ve profilleme, nar tağşişini tespit etmek için giderek daha fazla uygulanmaktadır [10]. Ek olarak, gıda tağşişini tespit etmek için son zamanlarda hızlı ve uygun maliyetli titreşim spektroskopisi kullanılmaktadır. Titreşim spektroskopisi, kalite kontrol ve orijinallik değerlendirmesi için endüstriyel ihtiyacı karşılamak için önemli bir tekniktir [14]. Bununla birlikte, nar ve ürünlerinin titreşim spektroskopisi ile doğrulanmasıyla ilgili çok az çalışma vardır [15-17].

Bu çalışma, nar ekşisinin benzersiz bileşimlerini karakterize etmek için FT-MIR ve FT-NIR spektroskopisine dayalı tahmin modelleri oluşturmayı amaçlayarak, hızlı kimlik doğrulama ve malzemelerle yapılan tağşişlerin tespit edilmesini sağlar. Bildiğimiz kadarıyla, bu iki teknik nar ekşisi tağşişini tespit etmek için karşılaştırılmamıştır ve değerlendirilmemiştir.

## II. MATERYAL VE YÖNTEMLER

### A. Örnek Toplama

Ticari ve ev yapımı nar ekşisi (n=27) ve nar ekşisi (n=19) örnekleri Ağrı, Gaziantep ve Hatay'daki yerel mağazalardan satın alınmıştır. Numuneler, referans analizleri ve spektral veri toplama işlemi yapılan kadar oda sıcaklığında (22±1 °C) saklandı.

### B. Şeker ve Organik Asit Tayini

[18] tarafından önerilen yöntem, numunelerdeki şekerleri ve organik asitleri belirlemek için kullanıldı. Önce 1 g örnek 15 mL'lik santrifüj tüpüne aktarıldı ve ağırlık 10 g'a gelene kadar ultra saf su ilave edildi. Karıştırıldıktan sonra tüpler santrifüjlendi (6000 rpm, 4°C, 10 dakika). Elde edilen üst şeffaf kısım alınarak 0,45 µm

naylon filtrelerden geçirilerek enjeksiyon cam şişeler hazırlandı. Daha sonra bu ekstrakt HPLC'ye (Shimadzu, LC-20AT, Kyoto, Japonya) enjekte edildi. Numunelerdeki şeker ve organik asit konsantrasyonu g/100 g olarak belirlendi. Bu analizlerde PDA/RID (PDA dalga boyu: 210 ve 244 nm) detektörü ile birlikte Coregel Ion 300 (Concise, ABD) kolonu kullanılmıştır. Numuneler, 55 dakikalık elüsyon süresi boyunca 30°C kolon sıcaklığında 0,4 mL/dak akış hızında 5 mM H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> mobil faz (izokratik akış) içine 20 µL enjekte edildi.

### C. Şeker ve Organik Asit Tayini

#### C. Toplam Fenolik İçeriğin Belirlenmesi

Toplam fenolik içerik için [19] tarafından kullanılan yöntemde bazı değişiklikler yapılarak ekstraksiyon hazırlanmıştır. Toplam fenolik madde içeriği için, şahin tüplerine tartılan 5 g nar ekşisine 20 mL %0,1 HCl içeren %80 metanol:su (v/v) çözeltisi ilave edildi. Vorteks ile karıştırıldıktan sonra karışım ultrasonik banyoda 50-60°C'de 15-30 dakika ekstrakte edildi. Ekstraksiyonun ardından tüpler 5000-6000 rpm'de 10 dakika santrifüjlendi ve santrifüjlemeden sonra süpernatant toplandı. Bu süpernatant, toplam fenolik madde analizi için kullanıldı. Nar ekşilerinin toplam fenolik içeriği (TPC) [20] tarafından açıklanan yöntem değiştirilerek yapılmıştır. Hazırlanan nar ekşisi ekstraktlarından 1 mL alınarak üzerine saf su (8,250 mL), Folin-Ciocalteu reaktifi (500 µL) ve Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (%20 w/v) (250 µL) ilave edildi. Karıştırılıp 30 dakika karanlıkta bekletildikten sonra 760 nm'de absorbansları ölçüldü. Nar ekşisi ekstraktlarının fenolik içerikleri, farklı gallik asit konsantrasyonları için hazırlanan grafikten elde edilen standart eğri yardımıyla gallik asit eşdeğeri (mg GAE/g) olarak hesaplanmıştır.

### D. Çözünür Katılar (°Bx)

Numunelerin çözünebilir katı içerikleri, 20°C'de bir refraktometre (ATAGO RX-9000, Atago, Bellevue, WA) kullanılarak belirlendi.

### E. Renk ölçümleri

Numunelerin renk yoğunlukları CIE (L\*, a\*,b\*) sisteminde ölçüm yapan üç boyutlu kolorimetre (Konica Minolta CR-400, Kore) ile belirlendi. Kolorimetrenin kalibrasyonu cihazın standart beyaz plakası yardımıyla yapılmıştır. Örneklerin \*L (parlak:100, koyu:0), a\* (kırmızı:+60, yeşil:-60) ve b\* (sarı: +60, mavi: -60) değerleri 3 kez tekrarlanan ölçümlerle belirlendi. 20±2 °C'de beyaz zemin üzerinde (Zor ve Şengül 2022).

### F. Spektral Veri Toplama

**FT-MIR:** Nicolet IS50 cihazı, Ge kaplı bir KBr ışın ayırıcı içeriyordu ve MIR uygulamaları için döteryumlu, L-alanin katkılı triglisin sülfat (DLaTGS/KBr) detektörü kullanıldı. Sistemin tek yansımali ZnSe kristal ATR (zayıflatılmış toplam yansıtma) aksesuarı (GoldenGate™, Specac Ltd., Orpington, Kent, UK), 4 cm-1 ile 4000 ila 650 cm-1 aralığındaki numunelerin spektrumlarını toplamak için kullanıldı. çözünürlük. MIR-ATR spektrumları doğrudan numunelerden toplanmıştır. Numunelerin MIR-ATR ölçümleri arasında, ATR aksesuarının kristali %70 etil alkol (v/v) kullanılarak temizlendi ve silerek kurutuldu.

**FT-NIR:** Nar ekşisi örneklerinin FT-NIR spektrumları mikro-NeoSpectra (Si-Ware Systems, Kahire, Mısır) kullanılarak toplanmıştır. Tek çipli Michelson interferometre ve yekpare Opto-elektro-mekanik yapı ile donatılmış avuç içi boyutunda bir spektrometredir. Spektrumlar absorbans modunda ve 16 cm<sup>-1</sup> çözünürlükte 7400–3920 cm<sup>-1</sup> üzerinde toplanmıştır. Sensöre toplam 5 gramlık bir numune yerleştirildi ve gümüş bir transflektans aksesuarı ile kaplandı. Sinyal-gürültü oranını artırmak için numuneler 15 saniye boyunca tarandı. Spektral veri toplama iki kopya halinde gerçekleştirildi.

FT-NIR ve FT-MIR spektrometrelerinden elde edilen spektral veriler, çok değişkenli veri analiz yazılımı (Pirouette sürüm 4.5, Infometrix, Inc., Bothell, WA, ABD) kullanılarak değerlendirildi. Ham spektrumlar, ortalama merkezleme kullanılarak önceden işlendi ve MIR spektrumları için 2. türev ve düz (35 nokta pencereci ikinci dereceden poli-nominal filtre) kullanılarak dönüştürüldü. NIR spektrumları için NIR spektroskopisinde katı maddeler tarafından saçılmayı telafi etmeye yönelik standart yaklaşımlar olan Standart Normal Değişken (SNV) ve Çarpımsal Saçılma Düzeltmesi (MSC) kullanıldı.

İlk olarak, spektrum toplama sırasında veya numunelerin kendilerinden meydana gelen herhangi bir spektrum anormalliğini kontrol etmek için Temel Bileşen Analizi (PCA) kullanıldı. Değişken sayısını azaltmak için PCA kullanıldı. Ayrıca başlangıçta ölçülen değişkenleri, sınıfların benzerlikleriyle ilgili ilişkisiz değişkenlere dönüştürür. Bu nedenle, bu kemometrik yöntem, değişkenler ve modeller arasındaki ilişkiyi inceleyebilir. Ardından, nar ekşisinde tağşışın varlığını belirlemek için referans yöntemlerle (yani şeker analizi) birlikte Yumuşak Bağımsız Sınıf Analjisi Modellemesi (SIMCA) ve Kısmi En Küçük Kareler-Ayrırma Analizi (PLS-DA) kullanıldı.

SIMCA, denetimli bir örüntü tanıma yöntemidir ve her örneği PCA'ya göre sınıflandırır. Bu durumda numuneler, referans analiz sonuçlarına göre bir numunenin o sınıfa ait olup olmadığına karar veren her bir temel bileşende yansıtılmıştır. Sınıflar arası mesafe 3'ten fazlaysa, bu sınıflar (otantik nar ekşisi ve nar ekşisi) önemli ölçüde farklı kabul edildi. SIMCA, üç boyutlu sınıf projeksiyonu, yanlış sınıflandırma (örnek doğru sınıfta tahmin edildiyse) ve sınıflar arası mesafe (ICD) temelinde değerlendirildi.

PLS-DA, bir hedef sınıfla (Y) maksimum kovaryanslarına dayalı olarak kızılötesi spektrumları (X) kullanarak iki farklı sınıfı ayırt etmek için kullanılan bileşenleri bulan bir kemometrik yöntemdir. Model, örnekleri bir veya iki farklı sınıfta sınıflandırdığında, yanıt Y matrisi bir y değişkenine sahip olabilir. PLS-DA kurallarına göre, o sınıf için y'nin tahmin edilen değeri 0,5 ile 1,5 arasında olduğunda bir örneklem düşünülebilir.

SIMCA ve PLS-DA için; modellerin duyarlılığı, özgüllüğü, kesinliği ve doğruluğu karşılaştırılarak istatistiksel performanslar tartışıldı.

$$\text{Duyarlılık} = \text{TP}/(\text{TP}+\text{FN}) \quad \text{Özgünlük} = \text{TN}/(\text{TN}+\text{FP})$$

$$\text{Kesinlik} = \text{TP}/(\text{TP}+\text{FP})$$

$$\text{Doğruluk} = (\text{TP}+\text{TN})/(\text{TP}+\text{TN}+\text{FP}+\text{FN})$$

TP: Doğru pozitif, TN: Doğru Negatif, FP: Yanlış Pozitif, FN: Yanlış Negatif

Kısmi En Küçük Kareler Regresyonu (PLSR), ilişkili, gürültülü ve çoklu X değişkenleri için en çok kullanılan çok değişkenli veri analizlerinden biridir. Örneğin, FT-NIR ve FT-MIR'den elde edilen veriler binlerce veri noktasına sahip olabilir (X değişkeni, yani 7400 cm<sup>-1</sup>'den 3920 cm<sup>-1</sup>'e kadar FT-NIR). Ayrıca, bir spektral çözünürlük seçmek, veri noktalarının sayısını artırabilir veya azaltabilir. PLSR, şekerleri, organik asitleri, TPC'yi ve toplam çözünür katıların ölçmek ve renk değerlerini tahmin etmek için güvenilir regresyon modelleri geliştirmek için kullanıldı. Büyük artıklara sahip numuneler, yapıya sahip numunelerin modele uymadığını gösterir ve numunenin veya değişkenin, aykırı değerler olarak kabul edilen (verilerde gösterilmemiştir) kalibrasyon modeli üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu gösteren yüksek kaldıraç.

### III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

#### A. Nar Ekşisi ve Nar Ekşisi Örneklerinin Karakterizasyonu

Nar ekşisinin (PS) sükröz içeriği 0,00 ile 38,34 g/100 g numune (%) arasında değişmektedir. Bununla birlikte, nar ekşisi sakaroz içeremez ve numunelerdeki anormal derecede yüksek sakaroz içeriği, nar ekşisinin sofruruları ile karıştırılabileceğini gösterir. 27 PS örneğinden dokuzu yüksek sükröz (>19) içeriyordu ve geri kalanı %0,5'in altındaydı. Aynı dokuz numunede düşük miktarda fruktoz (<%10) ve glikoz (<%5) vardı. PS ile nar sosu (PNS) karşılaştırıldığında, PS'de hem fruktoz hem de glikoz daha yüksekti. İlginç bir şekilde, aynı dokuz numune, sırasıyla >%5 ve >%2 içeren diğer 18 numuneye kıyasla daha düşük miktarda sitrik (<%4) ve malik asitlere (<%1) sahipti. [21] nar pekmezindeki sitrik asit konsantrasyonunun %8.81 kadar düşük olduğunu bildirmiştir. PS ve PNS benzer tartarik asit ve çözünür katı içeriği gösterdi. Şaşırtıcı olmayan bir şekilde, şüpheli örnekler, diğer 18 örnekle (>500 mg GAE/100 g) karşılaştırıldığında, 3,66 mg GAE/100 g kadar düşük miktarda toplam fenolik gösterdi. [22] nar pekmezinin toplam fenolik içeriğini 986 mg GAE/100 g kadar düşük olarak bildirmiştir ki bu bizim bulgularımıza çok benzer. PS ve PNS'nin renk değerleri farklılaşma sağlamadı.

#### B. Spektral Bilgi

PS, PNS ve karıştırılmış PS'nin karakteristik FT-MIR ve FT-NIR absorpsiyon spektrumları ve spesifik fonksiyonel gruplar için bunlara karşılık gelen bant ataması Şekil 1'de gösterilmektedir. FT-MIR için pik atamaları literatüre dayanmaktadır [16]. 3277 cm<sup>-1</sup>'deki geniş bant, suda gerilen O-H bağlarıyla ilgiliydi. Pik, karbonhidratlarda CH<sub>2</sub> grubunun C-H gerilmesiyle ilişkili 2930 ve 2884 cm<sup>-1</sup>'deki bantı içeriyordu. 1716 cm<sup>-1</sup> ve 1637 cm<sup>-1</sup>'deki absorbanslar, sırasıyla C-O gerilmesinin katkılarıyla sudaki karboksil grubu C=O ve O-H bağı ile ilişkilendirildi. 1406 cm<sup>-1</sup>'deki pik, organik asitlerin C-OH grubunun C-H bükülmesiyle ve 1340 cm<sup>-1</sup> O-H bükülmesiyle ilişkiliydi. 1146 cm<sup>-1</sup>'deki bant, C-O-C bağlantısının C-O gerilmesi ile ilişkilendirildi. 1028 ve 1015 cm<sup>-1</sup>'deki bantlar, C-OH grubunda C-O gerilmesi ve karbonhidratlarda C-C gerilmesi ile ilişkilendirildi. Son

olarak 922 cm<sup>-1</sup>, C-H esnemesi ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle, 1250 ila 900 cm<sup>-1</sup> civarındaki absorpsiyon bantları, karbonhidrat absorpsiyon bölgesine atanabilir.

FT-NIR absorpsiyon pik atamaları literatüre dayanmaktadır [23]. 6873 cm<sup>-1</sup> ve 5152 cm<sup>-1</sup> sudaki O-H esneme imasıyla ilişkiliydi ve 5605 cm<sup>-1</sup> karbonhidratlarda bulunan CH bağlarının ikinci ve ilk esneme imalarına karşılık geldi. 4773 cm<sup>-1</sup>'deki absorpsiyon zirvesi, şekerler nedeniyle O-H kombinasyonu ile ilişkilendirildi. 4276 cm<sup>-1</sup>'deki bant, şekerler nedeniyle C-H esneme ve C-H deformasyon kombinasyonu ile ilişkilendirildi ve 4392 cm<sup>-1</sup>, O-H esneme ve C-H esneme kombinasyonuna atandı.

### C. Örneklerinin SIMCA ve PLS-DA-FT-MIR Spektrumlarına Göre Sınıflandırılması

Kemometri ile birleştirilen FT-MIR spektrumları, otantik PS ve PNS kimyasal bileşiminde belirgin farklılıklar gösterdi. SIMCA ayrımı, PS ve PNS numuneleri için Şekil 2(A)'da gösterilmiştir. Numuneler, sıkı ve farklı kümeler oluşturdu; ancak, bazı PS örnekleri PNS örneklerinde kümelenmiştir. Bu numuneler tanımlandı ve yüksek sükröz konsantrasyonlarına sahip aynı dokuz numune ise numunelerle karşılaştırıldı. Tanımlamadan sonra, bu PS örneklerinin aynı dokuz örnek olduğu sonucuna varabiliriz. SIMCA sınıflandırmasından sorumlu spektral dalga sayıları ve ilişkili kimyasal fonksiyonel gruplar, bir ayırım vektörü grafiği kullanılarak tanımlandı. Sınıflandırmadan sorumlu spektral bölgeler ve ilişkili fonksiyonel gruplar Şekil 2B'de gösterilmiştir. SIMCA sınıflandırmasından sorumlu ana bantlar 1146, 1068, 1020 ve 966 cm<sup>-1</sup>'dir. Bantlar esas olarak C-OH grubundaki C-O gerilmesini ve karbonhidratlarda C-C gerilmesini içerir [16].

Bir SIMCA grafiğindeki kümeler arasındaki mesafe, sınıflar arası mesafe (ICD) ile temsil edilir. İki küme arasındaki mesafe ne kadar büyükse, numunelerin bileşimindeki fark o kadar önemlidir. [24]'e göre, kümeler arası uzaklık 3'ten fazla ise, örnekler iyi ayrılmıştır ve bu, örneklerin farklı olduğu sonucuna varılabilir. SIMCA ayrımcılığının ICD değeri 3.72'dir; bu nedenle, sınıflandırma göze çarpmaktadır. Ayrıca, şüpheli örnekleri dışladıktan sonra, SIMCA modeli %100 duyarlılık, özgüllük, doğruluk ve kesinlik ortaya koydu.

Vardin ve ark. (2008), FT-MIR spektroskopisi kullanarak nar suyu konsantrasyonunun (PJC) kimlik doğrulamasını inceledi. Yazarlar, FT-IR spektroskopisi ve kemometrinin, PJC'nin üzüm suyu konsantrasyonundan başarılı bir şekilde ayırt edilmesi nedeniyle nar suyu konsantrasyonunu doğrulamak için değerli sonuçlar sağladığını bildirdi. [16], FT-IR spektroskopisi ve HPLC teknikleri kullanarak ticari nar pekmezi şuruplarında dolandırıcılık tespitini inceledi. Otantik PS, otantik olmayan PS'den çok daha yüksek fenolik içeriğe sahip olduğundan, çalışmamızla uyumlu olarak nar pekmezinin doğrulanması için fenolik içeriğin temel bir kriter olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca FT-IR ve HPLC'nin nar pekmezinin orijinalliğini doğruladığı sonucuna vardılar. HPLC ile şeker analizi, orijinal olmayan PS numunelerinin taşıdığı gösteren sukroz içerdiğini doğruladığından, araştırmamız sonuçları da uyumludur.

İlk PC, değişkenliğin %93,8'ini açıklıyor. Toplam üç olmak üzere ikinci ve üçüncü PC'lerin eklenmesi, değişkenliğin %96,8'ini açıklayabilir, bu da modelin çok fazla PC ekleyerek aşırı donatılmadığını gösterir. SIMCA sınıflandırmasına benzer şekilde, numuneler, karıştırılmış PS'ler dahil olmak üzere farklı kümeler oluşturdu. PLS-DA sınıflandırmasından sorumlu spektral dalga sayıları ve ilişkili kimyasal fonksiyonel gruplar, bir regresyon vektör grafiği kullanılarak tanımlandı. Spektral bölgeler ve sınıflandırmadan sorumlu ilişkili fonksiyonel gruplar Şekil 2D'de gösterilmiştir. SIMCA ayırım vektörlerine çok benzer şekilde, karbonhidratlara ilişkin 1146, 1062 ve 978 cm<sup>-1</sup> dalga sayıları sınıflandırmadan sorumluydu.

Aykaç ve ark. (2023), PLS-DA algoritmalarını kullanarak nar suyunun kimlik doğrulamasını inceledi. Yazarlar, FT-IR spektroskopisinin nar suyu taşıdığı %97 doğru sınıflandırma ile tespit edebildiğini bildirmiştir. [17], meyve suyu konsantrasyonuyla üretilen geleneksel bir Türk yemeği olan pekmezin taşıdığı inceledi. PLS-DA ile birleştirilmiş FT-IR spektroskopisi, %100 duyarlılık ve özgüllük sağlayarak saf pekmez örneklerini başarılı bir şekilde ayırdı. Sonuçlarımız literatürle uyumluydu. PS kimlik doğrulaması için PLS-DA modelleri, SIMCA modelleriyle aynı, %100 hassasiyet, özgüllük, doğruluk ve kesinlik ortaya koydu.

Her iki algoritma da sınıflar arasında iyi kümeler sağlamıştır. FT-MIR spektral verilerinden elde edilen modellere benzer şekilde, karıştırılmış PS numuneleri, A-PS'deki sükröz konsantrasyonlarını açıklayan PNS kümelerine düştü. SIMCA'dan ayırma gücü ve PLS-DA'dan regresyon vektörü benzer bir model gösterdi. 4250 ile 4500 cm<sup>-1</sup> arasındaki bölge, şekerlere bağlı olarak C-H esnemesi, C-H deformasyon kombinasyonu, O-H esnemesi ve C-H esnemesi kombinasyonu ile ilişkilendirilebilir (Louw ve Theron 2010). Ayrıca PLS-DA modelinde 5000 ile 5160 cm<sup>-1</sup> arasındaki bölge de sınıflandırmadan sorumludur. Bu bantlar, sudaki O-H esneme tonuyla ilişkilendirilebilir. Hem SIMCA hem de PLS-DA modelleri, karıştırılmış örnekleri hariç tuttukten sonra %100 hassasiyet, özgüllük, doğruluk ve kesinlik ortaya koydu.

SIMCA modelleri açısından FT-NIR ve FT-MIR karşılaştırıldığında, sınıflar arası mesafe biraz daha yüksek olduğu için FT-MIR daha iyi sınıflandırma sağlamış; Sırasıyla 2.08 ve 3.72. Bu nedenle nar ekşisi doğrulaması açısından FT-MIR'in FT-NIR spektroskopisinden üstün olduğu söylenebilir. FT-MIR'in FT-NIR'den üstün olması ışık absorpsiyonundan kaynaklanıyor olabilir. FT-NIR'deki enerji FT-MIR'den çok daha yüksek olduğundan, organik bileşikler FT-MIR'de daha fazla ışık emer. Bu nedenle, FT-NIR spektrumlarında bantlar geniştir ve fonksiyonel grupların atanmasını zorlaştırır. Ayrıca FT-NIR'deki titreşim modları, FT-MIR'e kıyasla sınırlıdır, bu da bantların fonksiyonel gruplara atanmasını sınırlar. Yine de taşınabilir FT-NIR spektrometresi, nar ekşilerinin doğrulanmasında büyük bir potansiyel gösterdi.

Birleştirilmiş PS ve PNS numunelerinin (n=46) şekerleri (sükröz, fruktoz, glikoz), organik asitleri (sitrik, malik), toplam fenolik içeriği, çözünür katılar ve renk

değerleri, FT-MIR ve FT-NIR spektroskopisi birleştirilmiş kullanılarak tahmin edilmiştir. PLSR ile.

Nar ekşisindeki sükröz içeriğinin izlenmesi, ürün kimlik doğrulamasının sağlanması için esastır. Tablo 3, şekerleri, organik asitleri, toplam fenolik içeriği ve çözünür katıları tahmin etmek için FT-MIR ve FT-NIR spektrometreleri tarafından geliştirilen tahmin modellerinin performansını göstermektedir. Genel olarak, çok sayıda faktörün kullanılması, tahminlerin performansını artırır, ancak modelin aşırı takılması neden olabilecek gürültü veya bazı alakasız bileşenleri dahil etme şansı vardır. Öte yandan, gerekli sayıdan daha az gizli değişken veya faktör kullanılması, gerekenden daha az varyans dahil edilmesinden kaynaklanan modelin yetersiz kalmasına neden olabilir. Bu çalışmada, optimum gizli değişkenler üç ile altı arasındaydı. Oluşturulan tüm tahmin modelleri, yüksek korelasyon katsayısı ( $r_{val}$ ) ve düşük standart tahmin hatası (SEP) açısından olağanüstü performanslar gösterdi. PLSR modelleri, tüm parametreleri tahmin etmede güçlü bir korelasyon ( $r_{val}>0.93$ ) gösterdi. Sükröz, fruktoz ve glikoz için FT-MIR doğrulama modelleri için SEP değerleri sırasıyla %1,60, %2,00 ve %0,87 idi.

Sükröz tahmini için ana FT-MIR bölgesi 1650-1550 cm<sup>-1</sup> aralığındaydı; ayırt edici bantlar, suyun O-H bükülmesiyle ilişkili 1600 cm<sup>-1</sup> ve C-O gerilmesi ve halka titreşimiyle ilişkili 1150-970 cm<sup>-1</sup> civarında ortalanmıştı. şeker modları. FT-NIR verileri için regresyon grafiği, ana bantların sudaki şekerler ve O-H esneme tonu nedeniyle C-H esneme ve C-H deformasyon kombinasyonu ile ilişkili 4330, 4425 ve 5196 cm<sup>-1</sup> olduğunu gösterir.

#### IV. SONUÇLAR

Özet olarak, FT-MIR ve FT-NIR teknikleri, özgün kimyasal bileşimlerine dayalı olarak nar ekşilerinin parmak izini almış ve kimlik doğrulamalarına olanak sağlamıştır. Ayrıca, FT-MIR ve FT-NIR spektrometreleri, kemometrik yöntemler olan SIMCA ve PLS-DA ile birleştiğinde, nar ekşisinin kalite parametrelerinin non-invaziv, hızlı, hassas ve doğru bir şekilde belirlenmesini sağlamış ve sükröz ile potansiyel taşıması tespit etmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar, piyasada %100 nar ekşisi etiketiyle satılan nar ekşilerinin %33'ünün olağandışı şeker ve organik asit profilleri sergilediğini gösterdi. FT-MIR ve FT-NIR spektrometreleri bu taşıması edilmiş numuneleri belirledi. Ayrıca, PLSR ile birleştirilen FT-MIR ve FT-NIR, şekerler, organik asitler, toplam fenolik ve °Brix içeriği için mükemmel tahminler gösterdi. Bu nedenle, kemometrik yöntemlerle birleştirilmiş FT-MIR ve FT-NIR spektroskopisi, geleneksel yöntemlere bir alternatif olabilir ve meyve suyu/konsantresi endüstrisine ve devlet kurumlarına nar ekşisini doğrulamak için kolay, tahribatsız ve hızlı bir yöntem sağlayabilir.

#### KAYNAKLAR

- [1] H. Fahmy, N. Hegazi, S. El-Shamy, M.A. Farag, Pomegranate juice as a functional food: a comprehensive review of its polyphenols, therapeutic merits, and recent patents, *Food Funct.* 11 (2020) 5768–5781. <https://doi.org/10.1039/D0FO01251C>.
- [2] P. Melgarejo-Sánchez, D. Núñez-Gómez, J.J. Martínez-Nicolás, F. Hernández, P. Legua, P. Melgarejo, Pomegranate variety and pomegranate plant part, relevance from bioactive point of view: a review,

- Bioresour Bioprocess.* 8 (2021) 2. <https://doi.org/10.1186/s40643-020-00351-5>.
- [3] İ. Kahramanoglu, Trends in pomegranate sector: production, postharvest handling and marketing, *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences.* 3 (2019) 239–246.
- [4] S. Ge, L. Duo, J. Wang, GegenZhula, J. Yang, Z. Li, Y. Tu, A unique understanding of traditional medicine of pomegranate, *Punica granatum L. and its current research status*, *J Ethnopharmacol.* 271 (2021) 113877. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.113877>.
- [5] J.S. Jurenka, Therapeutic applications of pomegranate (*Punica granatum L.*): a review., *Altern Med Rev.* 13 (2008) 128–44.
- [6] S.S. DHUMAL, A. Karale, S.B. Jadhav, V.P. Kad, Recent Advances and the Developments in the Pomegranate Processing and Utilization: A Review, in: 2012.
- [7] Türk Standartlar Enstitüsü, Nar Ekşisi Tebliği (12720), Ankara, 2016.
- [8] [Y. Zhang, D. Krueger, R. Durst, R. Lee, D. Wang, N. Seeram, D. Heber, International Multidimensional Authenticity Specification (IMAS) Algorithm for Detection of Commercial Pomegranate Juice Adulteration, *J Agric Food Chem.* 57 (2009) 2550–2557. <https://doi.org/10.1021/jf803172e>.
- [9] R. Boggia, M.C. Casolino, V. Hysenaj, P. Oliveri, P. Zunin, A screening method based on UV–Visible spectroscopy and multivariate analysis to assess addition of filler juices and water to pomegranate juices, *Food Chem.* 140 (2013) 735–741. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.020>.
- [10] N.M. Hegazi, S. El-Shamy, H. Fahmy, M.A. Farag, Pomegranate juice as a super-food: A comprehensive review of its extraction, analysis, and quality assessment approaches, *Journal of Food Composition and Analysis.* 97 (2021) 103773. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103773>.
- [11] [A. Menevseoglu, Evaluation of Portable Vibrational Spectroscopy Sensors as a Tool to Detect Black Cumin Oil Adulteration, *Processes.* 10 (2022) 503. <https://doi.org/10.3390/pr10030503>.
- [12] S. Kamiloglu, Authenticity and traceability in beverages, *Food Chem.* 277 (2019) 12–24. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.091>.
- [13] A. MENEVSEOGLU, Non-destructive Detection of Sesame Oil Adulteration by Portable FT-NIR, FT-MIR, and Raman Spectrometers Combined with Chemometrics, *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry.* (2021) 775–786. <https://doi.org/10.18596/jotcsa.940424>.
- [14] E. Arendse, H. Nieuwoudt, L.S. Magwaza, J.F.I. Nturambirwe, O.A. Fawole, U.L. Opara, Recent Advancements on Vibrational Spectroscopic Techniques for the Detection of Authenticity and Adulteration in Horticultural Products with a Specific Focus on Oils, Juices and Powders, *Food Bioproc Tech.* 14 (2021) 1–22. <https://doi.org/10.1007/s11947-020-02505-x>.
- [15] H. Vardin, A. Tay, B. Ozen, L. Mauer, Authentication of pomegranate juice concentrate using FTIR spectroscopy and chemometrics, *Food Chem.* 108 (2008) 742–748. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.027>.
- [16] N. el Darra, H.N. Rajha, F. Saleh, R. Al-Oweini, R.G. Maroun, N. Louka, Food fraud detection in commercial pomegranate molasses syrups by UV–VIS spectroscopy, ATR-FTIR spectroscopy and HPLC methods, *Food Control.* 78 (2017) 132–137. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.02.043>.
- [17] N. Yaman, S. Durakli Velioglu, Use of Attenuated Total Reflectance—Fourier Transform Infrared (ATR-FTIR) Spectroscopy in Combination with Multivariate Methods for the Rapid Determination of the Adulteration of Grape, Carob and Mulberry Pekmez, *Foods.* 8 (2019) 231. <https://doi.org/10.3390/foods8070231>.
- [18] M. Sarıdaş, E. Ağçam, F. Akbaş, G. Keskinaslan, R. Kamar, B. Safkan, K. Paydas, Yield and taste related components variation in new superior bred strawberry genotypes and commercial cultivars during the



wide harvest season, *Genetika*. 54 (2022) 729–747.  
<https://doi.org/10.2298/GENSR2202729S>.

[19] M. Zor, M. Sengul, İ.A. Karakütük, A. Odunkıran, Changes caused by different cooking methods in some physicochemical properties, antioxidant activity, and mineral composition of various vegetables, *J Food Process Preserv.* 46 (2022). <https://doi.org/10.1111/jfpp.16960>.

[20] İ. Gülçin, M. Oktay, Ö.İ. Küfrevioğlu, A. Aslan, Determination of antioxidant activity of lichen *Cetraria islandica* (L) Ach, *J Ethnopharmacol.* 79 (2002) 325–329. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(01\)00396-8](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(01)00396-8).

[21] A. Hijazi, I. Pisano, P. Illek, J.J. Leahy, A Rapid HPLC Method for the Simultaneous Determination of Organic Acids and Furans: Food Applications, *Beverages*. 8 (2022) 6. <https://doi.org/10.3390/beverages8010006>.

[22] M. Bou Dargham, J. Matar Boumosleh, A. Farhat, S. Abdelkhalek, E. Bou-Maroun, L. el Hosry, Antioxidant and anti-diabetic activities in commercial and homemade pomegranate molasses in Lebanon, *Food Biosci.* 46 (2022) 101540. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101540>.

[23] E.D. Louw, K.I. Theron, Robust prediction models for quality parameters in Japanese plums (*Prunus salicina* L.) using NIR spectroscopy, *Postharvest Biol Technol.* 58 (2010) 176–184. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.07.001>.

[24] O.M. Kvalheim, T. v. Karstang, Chapter 7 SIMCA - Classification by Means of Disjoint Cross Validated Principal Components Models, in: 1992: pp. 209–248. [https://doi.org/10.1016/S0922-3487\(08\)70207-7](https://doi.org/10.1016/S0922-3487(08)70207-7).

[25] B. Aykac, C. Cavdaroglu, B. Ozen, Authentication of pomegranate juice in binary and ternary mixtures with spectroscopic methods, *Journal of Food Composition and Analysis*. 117 (2023) 105100. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.105100>.

# Sağlık Alanında Derin Öğrenme Algoritmaları ve Nesne Tespiti

## Deep Learning Algorithms and Object Detection in Healthcare

İ. ALOMAR<sup>1</sup>, M. GÜLEÇ<sup>2</sup> A. BENAYAD<sup>3</sup> ve B. SOUAB<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Suriye—Halep, Suriye, ibrahimbeetar3@gmail.com

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, melih.gulec14@gmail.com

<sup>3,4</sup>Algeria, Cezayir

**Özet** – Sağlık alanında çeşitli hastalıkların teşhisi için birden fazla görüntüleme yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar arasında MR, tomografi ve ortoröntgenogram gibi görüntüleme yöntemleri bulunmaktadır. Bu görüntü sonuçlarının; analiz edilmesi, analiz edilmesi sırasında geçen süreler ve doktorlar arasındaki görüş farklılıklarının bulunması nedeniyle süreç uzamaktadır. Bu gibi durumlarda derin öğrenme algoritmalarına başvurulmaktadır. Bu çalışmada literatürde sıklıkla kullanılan derin öğrenme ve nesne tespiti algoritmalarına yer verilmiştir. Bahsedilen algoritmalarla yapılan güncel çalışmaların aşamalarından ve doğruluk oranlarından bahsedilmiştir. Derin öğrenme ve nesne tespiti çalışmalarından elde edilen doğruluk oranlarının yüksek olması sebebiyle bu yöntemlerin sağlık alanında daha sık kullanılması beklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler** - Derin Öğrenme, Nesne Tespiti, Evrişimli Sinir Ağları, Yapay Sinir Ağları, Medikal Görüntü.

**Abstract** - Multiple imaging modalities are used in healthcare for various diagnoses. These include methods such as MRI, tomography and orthoroentgenogram. These image results; The process takes longer due to the analysis, the time spent during the analysis, and the differences in opinions between doctors. Deep learning of such developments is used. These changes include deep learning and object details, which are frequently used in the literature. Current events and accuracy rates made with the mentioned applications are mentioned. Due to the high accuracy rates obtained from deep learning and object replacement studies, it is possible for these methods to be used more frequently in healthcare services.

**Keywords** - Deep Learning, Object Detection, Convolutional Neural Networks, Artificial Neural Networks, Medical Imaging

### I. GİRİŞ

Teknolojinin hızla ilerlediği bu dönemde son yıllarda özellikle yapay zekanın etkileri fazlasıyla görülmektedir. Bu etkinin bir parçası olan sağlık alanı bu durumdan oldukça etkilenmiştir. Yapay zekanın alt başlıkları olarak yer alan derin öğrenme, makine öğrenmesi ve görüntü işleme gibi teknolojiler kullanılarak sağlık çalışanları, hızlı bir şekilde teşhis, tanı gibi durumları yerine getirebilmektedir [1].

Uzun yıllar boyunca sağlık alanında birçok tetkik ve

inceleme, alanında uzman hekim, hemşire ve yetkinliğe sahip sağlık çalışanları tarafından hastalara uygulanmaktadır. Uygulanan bu tetkik ve incelemeler hastaların sağlık problemlerini daha kesin sonuçlara kavuşturmak adına yapılmakta ve teşhisi ortaya çıkarmaktadır. Yapılacak olan bu teşhislerin doğruluğu, ilgili sağlık çalışanının birçok durumuna bağlıdır. Çalışanın yorgunluğu, stresi, bazı konulardaki bilgi yetersizliği teşhisin sonucunu etkilemektedir. İşte bu gibi durumlarda teknolojiden ve bu duruma en uygun hizmet edebilen yapay zeka ve alt dallarından faydalanılması kaçınılmazdır [2]. Bu konuda örneğin zatürre hastalığının teşhisinde [3], polip teşhisinde [4] ve dokularda ortaya çıkmış olan düzensizlikler [5] yakalanabilmektedir. Elde etmiş olduğu sonuçları da çok kısa bir sürede sunabilmektedir.

Yapay zekanın bir alt dalı olan derin öğrenme, son yıllarda oldukça popüler olan bir yöntemdir. Derin öğrenme, fazla katman ve gizli nöron sayılarına sahip olması nedeniyle daha hızlı öğrenme kabiliyetine sahiptir [6]. Görüntü işleme gibi konular da bu duruma dahil olduğu durumda tıp gibi birçok alana iyi yöndeki etkisi çok yüksektir.

Bu çalışmada sağlık alanında sıklıkla kullanılan derin öğrenme algoritmaları ve nesne tespiti üzerine araştırma yapılmıştır. Bu konuda derin öğrenme, derin öğrenmenin alt dalları, derin öğrenme ve nesne tespitini sağlayan algoritmalar ve bu algoritmaların kullanıldığı çalışmalara örnek verilmiştir.

### II. DERİN ÖĞRENME

Derin öğrenme, yapay zekanın diğer alt dallarından daha hızlı öğrenme kapasitesine sahiptir. Geleneksel sinir ağları çalışmasından farklı olarak gizli nöron ve katman kullanımını içermektedir. Bu şekilde gizli nöron içermeleri ve katman fazlalıklarının olması onların daha karmaşık ilişkileri öğrenmesini sağlamaktadır.

Derin öğrenme beraberinde birçok katmanı getirmektedir. Bu katmanlar birbirlerine ardışık biçimde bağlıdır. Bu sıralı katman, kendinden bir önceki katmandan elde edilen çıktı bilgisini alır ve kendi içerisinde onu girdi olarak kullanır [7].

Derin öğrenmede temel mantık özellik seviyelerinin ve temsillerinin öğrenimidir. Burada temsil, bir veri kümesi içerisindeki belirgin özelliklerle ilgili bilgileri içeren formdur.

Örneğin bu form, bir görüntü için pikseller veya başka bir nesne tespit çalışması üzerinde kullanılacak olan özel şekiller olabilmektedir [8].

Derin öğrenme çalışmasına basit bir örnek olarak görüntü tanıma örneği verilebilir. Bu çalışmada derin öğrenme, ilk katmanda kenarları algılar, ikinci katman da algılanan kenarları birleştirir ve formları tanıır, sonraki katmanlar da karmaşık özellikleri temsil eder. İşin en sonunda, son katman tam görüntüyü temsil eden bir çıktı üretir.

#### A. Konvolüsyonel Sinir Ağları – Evrimsel Sinir Ağları (KSA-ESA)

Konvolüsyonel sinir ağları diğer adıyla evrimsel sinir ağları, insani görme kabiliyeti üzerinden tasarlanmış bir mimaridir. KSA, çok katmanlı algılayıcıların (Multi Layer Perceptron) bir türüdür. Özellikle görsel veri analizi gibi alanlarda sıkça tercih edilmektedir. Bu tercihin sebebi bilinen çok katmanlı algılayıcılardan farklı olarak çok daha fazla katman içermeleri ve örnekleme katmanlarının bulunmasıdır. Görüntüler üzerinde çok daha başarılı özellikler çıkarılmasını sağlamaktadır [9].



Şekil 1: Konvolüsyonel Sinir Ağı Yapısı

KSA'nın temel çalışma yapısı şekil 1'deki gibidir. Elde edilen girdi, 4 adımdan geçmektedir. Bunlardan ilki konvolüsyon katmanı ve aktivasyon katmanı, bir sonraki havuzlama katmanı ve sonuncu katman olarak da tam bağlantı katmanını içermektedir.

##### 1) Konvolüsyon Katmanı

KSA'nın temelini oluşturan katmandır. Burada yapılan işlem görüntü üzerinde daha önceden belirlenmiş olan filtrenin gezdirilmesidir. Uygulanan filtre bir önceki katmandan elde edilen sonuçlara konvolüsyon uygular ve çıkış verisini oluşturur. Yapılan bu konvolüsyon sonucu ortaya özellik haritası çıkmaktadır. Bu özellik haritası, KSA'nın her bir aşamasında tekrar değişerek veri içerisindeki özelliklerin hangi bölgelerde anlam taşıdığını belirler [10]. Özetle bu katman, özellik çıkarma işlemini yerine getirir.

##### 2) Aktivasyon Katmanı

Bu katmandaki temel amaç bir önceki katman olan konvolüsyon katmanından elde edilmiş doğrusal yapının doğrusal olmayan bir yapı haline getirilmesidir. Burada yapılan bu işlem sayesinde sinir ağının, daha karmaşık özellikleri ve ilişkileri öğrenmesini sağlar. Bu katmanda birçok fonksiyon kullanılır. Bunlardan en popülerleri sırasıyla ReLU, sigmoid, tanh ve leaky ReLU gibi fonksiyonlardır. Bu fonksiyonların avantaj ve dezavantajları bulunur. Eldeki veri seti ve çalışma koşullarına göre seçim yapılmalıdır [10].

##### 3) Havuzlama Katmanı

Havuzlama Katmanı, aktivasyon katmanından farklı olarak özellik haritasından elde edilen parametre sayısını azaltmaktadır. Bu sayede öğrenimin daha hızlı bir şekilde gerçekleşmesine ve doğruluk oranının artmasına yardımcı olmaktadır [11, 12].

##### 4) Tam Bağlantılı Katman

Tam bağlantılı katman, KSA'nın son aşaması olarak kabul edilir. Önceki katmanların tümüyle bağlantılıdır. Bu katmanda önceki katmanlardan elde edilmiş tüm özellikler birleştirilir ve sınıflandırma için kullanılabilir. Burada "sönümlenme (dropout)" gibi işlemler kullanılır [13]. Bu işlem sayesinde ağı ezberlemesinin önüne geçilir ve sınıflandırma işleminin doğruluk oranı artırılır. Her ne kadar pozitif bir durum gibi görünse de tehlikeye sahiptir. Ağı öğrenme kapasitesini düşürebilmektedir. Eğitim sırasında sıkça tercih edilir.

#### B. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay Sinir Ağları, diğer yapay zeka prensiplerinde olduğu gibi insani kabiliyetleri taklit etme yeteneğine sahip olan bir öğrenme modelidir. Bu model, insan öğrenme sürecinin matematiksel olarak modellenmesi düşüncesi sonucunda ortaya çıkmıştır [14].

Tablo 1'de biyolojik sinir sistemi elemanlarının yapay sinir ağları üzerindeki karşılıkları gösterilmiştir.

Tablo 1: Yapay sinir ağları ve Biyolojik sinir sistemi elemanları

Yapay Sinir Ağları	Biyolojik Sinir Sistemi
Nöron	Girdi
Sinaps	Sinaptik Ağırlıklar
Aktivasyon fonksiyonu	Aksiyon potansiyeli
Giriş katmanı	Duyu reseptörleri
Çıkış katmanı	Effektörler (Kas vb.)

Yapay sinir ağları doğrusal olmama, paralel çalışma, hata toleransına ve esnekliğe sahip olma ve eksik verilerle çalışma gibi avantajlara sahip olduğundan özellikle tahmin, sınıflandırma, veri ilişkilendirme, yorumlama ve filtreleme işlemlerinde tercih edilmektedir [15].

Yapay sinir ağları birçok model içermektedir. Bunlar tek katmanlı algılayıcılar, çok katmanlı algılayıcılar, ileri beslemeli sinir ağları ve geri beslemeli sinir ağlarıdır.

##### 1) Tek Katmanlı Algılayıcılar

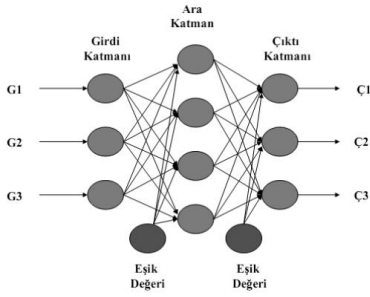
Tek katmanlı algılayıcılar en basit algılayıcılardır. Tek katmanlı modelde, elde edilen çıktı 1 veya -1 değerini barındırır. Sonuç da bu sebeple doğrusaldır. Basit bir sınıflandırma mekanizması vardır. Elde edilen sonuç 1 ise bir sınıfa, -1 ise diğer bir sınıfa yerleştirilmektedir. Aşağıda bu modele yer verilmiştir [14].



Şekil 2: Tek katmanlı algılayıcı modeli [16]

## 2) Çok Katmanlı Algılayıcılar

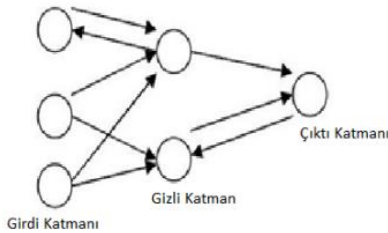
Tek katmanlı algılayıcılarda olduğu gibi doğrusal yapıya sahip değildir. İçerisinde aktivasyon fonksiyonu barındırdığından, öğrenimi doğrusallıktan uzaklaştırır.



Şekil 3: Çok katmanlı algılayıcı modeli [17]

## 3) İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

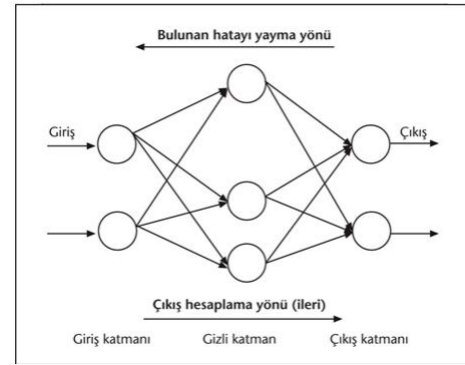
İleri beslemeli yapay sinir ağları veriyi bir yönde ileten, geri besleme yapısı içermeyen bir ağ modelidir. Veri, girişten çıkışa doğru ilerlemektedir. Genellikle gözetimli öğrenme çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır. Bu ağlar, genellikle bir veya iki adet gizli katman içermektedir. Çok katmanlı algılayıcılara göre farkı da buradadır. Daha az karmaşık öğrenme hiyerarşisi oluşturur.



Şekil 4: İleri beslemeli yapay sinir ağı yapısı [14]

## 4) Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

Geri beslemeli ağlar, ileri beslemeli ağlardan farklı olarak sadece ileri yönde bir çıktı iletimi yapmamaktadır. Akış, kendisinden önceki katmana veya o aşamadaki katmanda bulunan bir nöron yönünde olabilmektedir. Böyle bir çalışma yöntemine sahip olduğu için doğrusal olmayan bir yapıya sahiptir [14].



Şekil 5: Geri beslemeli yapay sinir ağı yapısı [18]

## III. DERİN ÖĞRENME İLE NESNE TESPİTİ

Görüntü işleme, mevcut görüntülerden anlamlı bilgiler elde etmek için kullanılan yöntemlerdir. Video görüntüleri üzerinden tespit ve analiz aşamasından sonra nesne veya anlamlı bilgi takibi yapmak oldukça zordur. Bu gibi durumlarda derin öğrenme yöntemlerine başvurulur. Nesne tespitini görüntüler üzerinde hızlı bir şekilde tespit eden ilk algoritma Viola Jones [19] olmuştur.

Derin öğrenme ile nesne tespiti yapılırken üç aşama gerçekleştirilir. Bu aşamalar;

- Ön işleme aşaması,
- Nesnenin tespiti,
- Nesnenin sınıflandırılmasıdır.

### A. Ön İşleme

Veri setlerinde bulunan verilerin işlenmeye hazır hale getirilmesi için yapılan ön işlemlerdir. Ön işlemede amaç, sistematik hataları düzeltmek ve sonraki analizler için veriyi hazırlamaktır. Dijital görüntülere geometrik, atmosferik vb. düzeltmelerin uygulanmasının yanı sıra bu düzeltmeler her durumda da uygulanmamaktadır. Bu hatalar sistematiktir ve veriler kullanıma sunulmadan önce kaldırılmalıdır [20].

### B. Nesne Tespiti

Video görüntülerine uygulanan nesne tespiti aşamaları iki tanedir. Birinci adım, nesnenin belirgin hale getirilmesidir. İkinci adım, nesnenin arka planından ayrılmasıdır. Nesne tespitinin temeli, görünüm ve şekle ait özelliklere dayanmaktadır. Nesne tespitinde amaç, nesnenin izlenmesi ve nesne için uygun bir algoritmanın seçilmesidir. Nesne tespitinden sonra yapılacak her aşamanın başarısı bu aşamaya bağlı olarak etkileneceğinden nesne tespiti oldukça önemlidir [20].

Nesne tespiti aşamasında kullanılan bazı metotlar;

- Bölge Tabanlı Evrimsel Sinir Ağları (Region-Based Convolutional Neural Networks - R-CNN),
- Yalnızca Bir Kez Bak ( You Only Look Once – YOLO)
- Maske Tabanlı Bölgesel Evrimsel Sinir Ağları (Mask R-CNN).

#### 1) Bölge Tabanlı Evrimsel Sinir Ağları (R-CNN)

Bölge Tabanlı Evrimsel Sinir Ağları (R-CNN), iki yaklaşımı birleştirerek bir nesne tespiti sunar. Birinci

yaklaşımındaki amaç nesneye ait bölgelerin önerilerini çıkartmak, ikinci yaklaşımdaki amaç ise bu bölge önerilerini konvolüsyonel bir sinir ağına uygulamaktır [21]. Çıkarılan bu bölge önerilerini sınıflandırmak için Destek Vektör Makineleri (DVM) kullanılmaktadır. [22]

### 2) Yalnızca Bir Kez Bak (YOLO)

Yalnızca Bir Kez Bak (YOLO), tek bir sinir ağı problemi için optimizasyonu uçtan uca gerçekleştirip doğrudan algılama sağlayan nesne tespiti metodudur [23]. YOLO, son zamanlarda popülerlik kazanan bir algoritmadır. Nesne tespiti için hız konusu oldukça önemlidir. YOLO' nun diğer algoritmalarından farkı, nesne tespitini gerçek zamanlı yapmasıdır [20].

### 3) Maske Tabanlı Bölgesel Evrişimsel Sinir Ağları

Bölgesel tabanlı nesne tespiti algoritmalarının en gelişmişisi Maske Tabanlı Bölgesel Evrişimli Sinir Ağları (Mask R-CNN)'dir. Bu algoritma görüntülerdeki nesnelere verimli bir şekilde algılar ve nesnelere bulunduğu tüm pikselleri belirler [24]. Ardından her bir piksel örneği için ise yüksek kalitede segmentasyon maskesi oluşturur [25].

### C. Nesne Sınıflandırma

Sınıflandırma işlemi, nesnelere özelliklerine göre gruplandırmak için kullanılan yöntemdir. Resmin kendine has özellikleri, sınıflandırma işlemleri için kullanılır [26]. Nesne sınıflandırmada genellikle doku, eğim, zaman, hareket ve renk öznitelikleri kullanılır. Nesne sınıflandırmak için renk özneliğinin kullanılması etkili bir yöntem olmasının yanı sıra ışık değişiminin hassaslık göstermesi hesaplama zamanını arttırır. Doku özneliği kullanılarak nesne tespiti yapmak ise hesaplama zamanı ve doğruluk oranı açısından oldukça yükseklik gösterir. Eğim ve hareket öznelikleri gürültüye karşı hassastır. Hareket öznelikleri ise hesaplama zamanı açısından yüksek bir maliyete sahiptir [20].

## IV. SAĞLIK ALANINDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Sağlık alanında derin öğrenmeyi kullanan birçok çalışma mevcuttur. Görüntüler üzerinde teşhislerin yapılmasına katkı sağladığı için sıklıkla tercih edilmektedir. Bu çalışmalara örnek olarak aşağıda bölgesel evrişimsel sinir ağlarıyla tümör tespiti, kemik kırıklarının yapay sinir ağlarıyla tespiti ve daha hızlı bölgesel evrişimsel sinir ağlarıyla organ tanıma çalışmalarında kullanılan yöntemler anlatılmış ve sonuçlarına yer verilmiştir.

### A. Bölgesel Evrişimsel Sinir Ağları Kullanılarak Tümör Tespiti

Çalışma, Arı ve Hanbay tarafından yapılmış bir çalışmadır. Bu çalışmada beyin tümörünün tespit edilmesi üzerine, derin öğrenme ve nesne tespitinden faydalanılarak bölgesel evrişimsel sinir ağları kullanılmıştır. Yapılan çalışmada ilk adımda veri setinin elde edilmesi üzerine çalışılmıştır. Veriler "Rembredant", "Harvard" ve "Benchmark" adı verilen veri setlerinden elde edilmiştir. Benchmark veri seti, Kansere Görüntüleme Arşivi'nde yer alan verilerdir. Rembredant veri seti ise NCI (National Cancer Institute) tarafından yayınlanan The Cancer Imageing Archive (TCIA) veri tabanına ait olan bir veri setidir. Üçüncü veri seti olan Harvard veri seti ise yine

arşivden elde edilmiş görüntülerdir. Rembredant veri setinde 125 görüntü, Benchmark veri setinde 170 ve Harvard veri setinde ise 65 adet hasta görüntüsü elde edilmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında, elde edilmiş bu görüntüler üzerinde ön işleme işlemleri yapılmıştır. Görüntüler MR görüntüsü olduğundan, bazı bölgelerin aydınlık, bazı bölgelerin karanlık olabilmesi veya tuz-biber gürültülerine sahip olması olasıdır. Bu durumda ön işleme yapılmıştır. Bunun için çalışmada histogram germe işlemi uygulanmıştır. Dördüncü aşamada görüntüler üzerinde nesne tespiti yapılacağından etiketleme işlemi yapılmıştır. Etiketleme işlemlerinin ardından da bölgesel evrişimsel sinir ağları sisteminin tasarımı yapılmıştır. Çalışma bu yönüyle birden fazla derin öğrenme modeli üzerinde çalıştırıldığı için diğer sonuçlarla karşılaştırılması ve en yüksek doğruluğa sahip olan tasarımın seçilmesini sağlamıştır. Çalışma sonucunda elde edilmiş Bölgesel Evrişimsel Sinir Ağları tasarımlarının başarı metrikleri aşağıdaki gibidir [11].

BESA	Doğruluk	Duyarlılık	Özgüllük	Yanlış Pozitif Oranı	Yanlış Negatif Oranı
BESA1	%97,80	%96,56	%95,66	0,04	0,03
BESA2	%98,92	%94,13	%97,24	0,02	0,05
BESA3	%97,27	%93,87	%96,11	0,03	0,07
BESA4	%99,10	%98,36	%99,82	0,01	0,01

Tablo 2: BESA algoritması, tümör tespiti doğruluk sonuçları

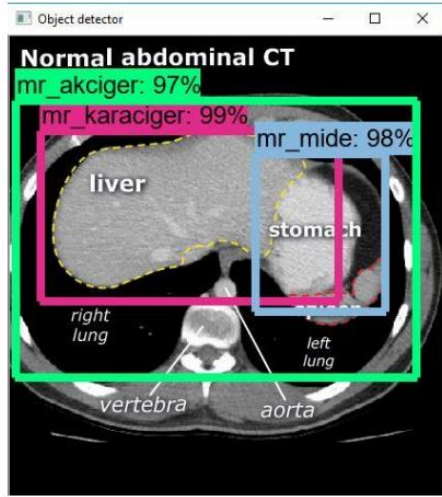
### B. Yapay Sinir Ağları ile Kırık Kemiklerin Tespiti

Bu çalışmada kırık vakalarında kırık kemiğin tespitinin hızlandırılması ve başarı oranının yükseltilmesi amaçlanmıştır. Bunun için x-ışını görüntüleri elde edilmiştir. Çalışma 2 parçaya bölünmüştür. Birinci aşaması görüntü işleme, ikinci aşaması ise yapay sinir ağları kullanarak modelin eğitilmesidir. Her görüntüde olduğu gibi çalışmada kullanılmış olan x-ışını görüntüleri de gürültü içermektedir. Bunun için çalışma sahibi, görüntüleri çeşitli aşamalardan geçirmiştir. İlk önce görüntülerde kırık tespitlerini kolaylaştırmak için bölütleme algoritmaları üzerinde başarımlar değerlendirilmiştir. Çalışmada "K-Ortalama", "Bulanık C-Ortalama" ve "Otsu" metotları kullanılmış ve hepsinin çıktıları değerlendirilmiş, aralarından en uygun olarak k-ortalama bölütleme algoritması seçilmiştir. Bölütleme aşamasından sonra yapay sinir ağları kullanarak eğitim ve test işlemleri gerçekleştirilmiştir. Toplamda 700 görüntü kullanılmıştır. 500 adet görüntü eğitim, 200 adet görüntü ise test için kullanılmıştır. Burada C# programlama dili kullanılarak bir arayüz tasarlanmış, görüntülerin çıktıları anlık olarak gösterilmiştir. Çalışma bu açıdan görselliğe sahiptir. Çalışmanın sonucunda başarı analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda ise %89 doğruluğa ulaşılmıştır [27].

### C. Daha Hızlı Bölgesel Evrişimsel Sinir Ağları (Faster R-CNN) ile Organ Tanıma

Bu çalışmada derin öğrenme yöntemi kullanılarak organ tanıma çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan veri seti, Sincan Nafiz Körez Devlet Hastanesinden alınmıştır. Çalışmada hem iki boyutlu hem de üç boyutlu görüntüler kullanılmıştır. Bunun için NVIDIA tarafından üretilmiş olan

CUDA teknolojileri kullanılmıştır. Görüntüler üzerinde organ tanıma işlemi yapılacağı için etiketlemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için çalışma kapsamında “LabelImg” adı verilen görüntü etiketleme aracı kullanılmıştır. 700 üzerinde etiketlenmiş görüntü bulunmaktadır. Bunların eğitim ve test aşamasında daha hızlı bölgesel evrişimsel sinir ağları kullanılmıştır. Eğitim aşamasında eldeki verinin %70’i eğitim, %30’u test işleminde kullanılmıştır. Çalışma aynı zamanda videolar üzerinde de gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda tüm organlar için ortalama olarak %87’lik başarı oranı sağlanmıştır. Örnek olarak elde edilen görüntü aşağıdaki gibidir [28].



Şekil 6: Organ Tanıma Sonucu [28]

## V. TARTIŞMA VE SONUÇ

Derin öğrenme, sağlık alanında medikal görüntülerin yorumlanmasında sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Derin öğrenme sağlamış olduğu; hastalıkların erken teşhisi, hastaların hızlı bir şekilde teşhisinin yapılması, hekimlerin teşhisi yaptığı sırada oluşan zaman kaybının azaltılması ve teşhis sırasında farklı görüşlerin de yer alması gibi faydalar sayesinde tercih edilmektedir.

Yapılan çalışmada literatürde sıklıkla kullanılan; derin öğrenme algoritmaları, nesne tespiti ve nesne tespitinde kullanılan derin öğrenme algoritmalarının sağlık alanındaki çalışmaları anlatılmıştır. Anlatılmış olan bu konulara örnek olarak da literatürde yer alan 3 çalışmaya örnek verilmiştir. Bunlardan ilki nesne tespitinde sıklıkla kullanılan bölgesel evrişimsel sinir ağlarının tümör tespitinde kullanılması araştırmasıdır. Çalışma sonucunda elde edilen başarı oranlarına göre kurgulanmış en iyi model %99,10 doğruluk oranıyla seçilmiştir. İkinci çalışmada ise yapay sinir ağları kullanarak kemik kırıklarının tespiti üzerinde yapılan çalışmaya örnek verilmiş, görüntülerin işlenmesinden çıktı alınmasına kadar geçen sürenin detayları verilmiştir. Bu çalışmada da %89 doğruluğa ulaşılmıştır. Üçüncü çalışmada ise daha hızlı bölgesel evrişimsel sinir ağlarıyla organ tanıma çalışması incelenmiş, ortalama %87’lik başarı elde edilmiştir.

Yapılan bu çalışmalarda her ne kadar geliştirme esnasında karşılaşılan model planlanması ve çeşitli etik problemler gibi

sorunlar olsa da sonuçlara bakıldığında oldukça yüksek doğruluk oranları elde edilmiştir. Bu nedenle gelecek zamanlarda da derin öğrenmenin sağlık alanında önemli bir yer edineceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Akahin, B., & Veranyurt, Ü. (2020). Sağlıkta Dijitalleşme Ve Yapay Zekâ. *SDÜ Sağlık Yönetimi Dergisi*, 2(2), 128-137.
- [2] Eker, A. G., & Duru, N. (2021). Medikal görüntü işlemede derin öğrenme uygulamaları. *Acta Infologica*, 5(2), 459-474.
- [3] TOĞAÇAR, M., ERGEN, B., & SERTKAYA, M. E. (2019). Zatürre Hastalığının Derin Öğrenme Modeli ile Tespiti. *Firat University Journal of Engineering Science*, 31(1).
- [4] Roth, H. R., Lu, L., Liu, J., Yao, J., Seff, A., Cherry, K., ... & Summers, R. M. (2015). Improving computer-aided detection using convolutional neural networks and random view aggregation. *IEEE transactions on medical imaging*, 35(5), 1170-1181.
- [5] Fakoor, R., Ladhak, F., Nazi, A., & Huber, M. (2013, June). Using deep learning to enhance cancer diagnosis and classification. *In Proceedings of the international conference on machine learning* (Vol. 28, pp. 3937-3949). New York, NY, USA: ACM.
- [6] Ravi, D., Wong, C., Deligianni, F., Berthelot, M., Andreu-Perez, J., Lo, B., & Yang, G. Z. (2016). Deep learning for health informatics. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 21(1), 4-21.
- [7] Deng, L., & Yu, D. (2014). Deep learning: methods and applications. *Foundations and trends® in signal processing*, 7(3-4), 197-387.
- [8] Şeker, A., Diri, B., & Balık, H. H. (2017). Derin öğrenme yöntemleri ve uygulamaları hakkında bir inceleme. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3), 47-64.
- [9] Alparslan, G., & DURSUN, M. (2023). Konvolüsyonel Sinir Ağları Tabanlı Türkçe Metin Sınıflandırma. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 16(1), 21-31.
- [10] İnik, Ö. & Ülker, E. (2017). Derin öğrenme ve görüntü analizinde kullanılan derin öğrenme modelleri. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6(3), 85-104.
- [11] Arı, B. (2017). Kayısı Yapraklarının Evrişimsel Sinir Ağları Kullanılarak Sınıflandırılması. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Teknolojileri Mühendisliği, Fırat Üniversitesi*.
- [12] Arı, A., & Hanbay, D. (2019). Tumor detection in MR images of regional convolutional neural networks. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34(3), 1395-1408.
- [13] BOZKURT, F., & YAĞANOĞLU, M. (2021). Derin evrişimli sinir ağları kullanarak akciğer X-Ray görüntülerinden COVID-19 tespiti. *Veri Bilimi*, 4(2), 1-8.
- [14] Öztürk, K., & Şahin, M. E. (2018). Yapay sinir ağları ve yapay zekâ'ya genel bir bakış. *Takvim-i Vekayi*, 6(2), 25-36.
- [15] Ağyar, Z. (2015). Yapay sinir ağlarının kullanım alanları ve bir uygulama. *Mühendis ve Makine*, 56(662), 22-23.
- [16] Öztemel, E. (2003). *Yapay Sinir Ağları*. İstanbul: Papatya, s.15-18.
- [17] Tekeli, K., & Aşlıyan, R. (2016). Çok Katmanlı Algılayıcı, K-NN ve C4.5 Metotlarıyla İstenmeyen E-postaların Tespiti. *Adnan Menderes Üniversitesi*.
- [18] Gönül, Y., Şahin, U. L. U., Bucak, A., & Bilir, A. (2015). Yapay sinir ağları ve klinik araştırmalarda kullanımı. *Genel Tıp Dergisi*, 25(3), 104-111.
- [19] Viola, P., & Jones, M. (2001, December). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. *In Proceedings of the 2001 IEEE computer society conference on computer vision and pattern recognition. CVPR 2001* (Vol. 1, pp. I-I). IEEE.
- [20] Tan, F. G., Yüksel, A. S., Aydemir, E., & Ersoy, M. (2021). Derin öğrenme teknikleri ile nesne tespiti ve takibi üzerine bir inceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25), 159-171.
- [21] Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., & Malik, J. (2015). Region-based convolutional networks for accurate object detection and segmentation. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 38(1), 142-158.
- [22] DAŞ, R., Polat, B., & Tuna, G. (2019). Derin öğrenme ile resim ve videolarda nesnelere tanınması ve takibi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31(2), 571-581.
- [23] Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You only look once: Unified, real-time object detection. *In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 779-788).

- [24] Ömeroğlu, A. N., Kumbasar, N., Oral, E. A., & Ozbek, I. Y. (2019, April). Mask R-CNN Algoritması ile Hangar Tespiti Hangar Detection with Mask R-CNN Algorithm. In *2019 27th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE.
- [25] He, K., Gkioxari, G., Dollár, P., & Girshick, R. (2017). Mask r-cnn. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* (pp. 2961-2969).
- [26] HANBAY, K., & ÜZEN, H. (2017). Nesne tespit ve takip metotları: Kapsamlı bir derleme. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 6(2), 40-49.
- [27] Ekşi, Z. (2012). *Yapay sinir ağları ile kemik kırıklarının görüntü işleme tabanlı tespiti* (Doctoral dissertation, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- [28] Dandil, E., & Gülteker, E. (2019). Daha Hızlı Bölgesel-Evrişimsel Sinir Ağları ile Biyomedikal Görüntüler Üzerinde Organ Tanıma. *2nd International Conference on Data Science and Applications (ICONDATA'19)*, 3-6 Ekim 2019, Balıkesir, Türkiye.

# Hava Savunma Sistemlerinde Kullanılan Radar Yapıları

## Radar Structures Used in Air Defense Systems

A. HUMEYDİ<sup>1</sup>, Ü. MEMOĞLU<sup>2</sup> Pr D. ACHELI<sup>3</sup> ve Dr. N.E. ARABİ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Suriye—Halep, Suriye, humeydi 6@ gmail.com

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, [uncn53@gmail.com](mailto:uncn53@gmail.com)

<sup>3</sup>Algeria, Cezayır

<sup>4</sup>Katar, n.arabi@esti-annaba.dz

**Özet** - Bu makalede günümüzde kullanılan hava savunma sistemleri radarlarının temel çalışma prensipleri işlenecektir. Radarlar erken ihbar ve kontrol sistemleri için önem arz ettiğinden gerek harp sanatı gerekse sivil hava yolları ve meteoroloji olmak üzere birçok alanda aktif kullanılmaktadır. Kullanım alanına göre farklı sinyal çeşitlerini işleyen radarlar keşfedilmiştir. Verim göz önüne alındığında darbeli radar sistemlerinin faz dizili yapılar ile kullanıldığında ön plana çıkmıştır.

**Anahtar kelimeler** – Hava savunma radarları, darbeli radar sistemleri faz dizili antenler, günümüz hava savunma konsepti, radar.

**Abstract** - In this article, the basic operating principles of air defense systems radars used today will be discussed. Since radars are important for early warning and control systems, they are actively used in many fields, including war art, civil airlines and meteorology. Radars that process different types of signals have been discovered depending on the area of use. Considering the efficiency, pulsed radar systems have come to the fore when used with phased array structures.

**Keywords** – Air defense radars, pulsed radar systems, phased array antennas, today's air defense concept, radar.

### I. GİRİŞ

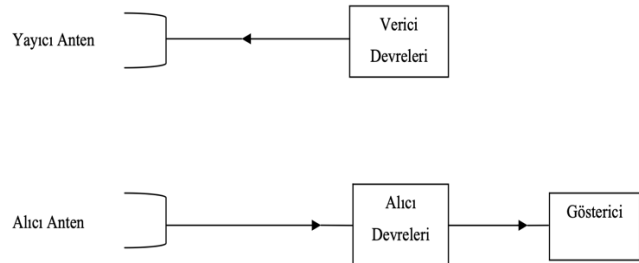
19. yüzyılda İngiltere’de magnetron icat edildikten sonra İkinci Dünya savaşında radarlar savaşın seyrini değiştirmiştir. Önceki dönemlerde savaş uçaklarının yerleri akustik yöntemlerle tespit edilmeye çalışılıyordu. Bu radarlarda güç yükseltici olarak vakum tüpleri kullanılmış devam eden süreçte magnetronları klystronlar izlemiştir.

1960’larda yarı iletken teknolojisindeki gelişmeler dizi anten elemanlarının arkasında katı hal güç yükselteçlerinin kullanılmasına (AESA radarlar) olanak tanımıştır. Yarı iletken teknolojisindeki inovasyonlar radarların sadece güç yükseltme işlevlerini etkilememiştir. Sayısal hüzme oluşturma, yüksek hızlı ve kapasiteli sayısal işlevler; daha yetenekli, daha bütüncül birimlere sahip radarların geliştirilmesine olanak sağlamıştır.[1] Radarların bu gelişim süreci göz önüne alındığında savunma sanayisinin ana unsuru olduğu görülmektedir. Günümüzde de birçok hava savunma sistemi erken ihbar, hedef takibi, füze yönlendirmesi gibi ihtiyaçları

için radar teknolojisini kullanmaktadır. Birçok uluslararası şirket gelişen teknoloji ile farklı tiplerde ve özelliklerde radarlar geliştirmiştir. Simetrik parabolik antenler, asimetrik parabolik antenler, peynir antenler dar demetli antenler, geniş açıklı antenler, faz dizili antenler, radar uyduları gibi antenler zaman içerisinde üretilmiştir. [20]

### II. RADAR SİSTEMLERİ

Radar kelimesi “radio detection and ranging” kelimelerinde türetilmiştir. Radar, hedef nesnelere bulmak, bu nesnelere hakkında hız, mesafe gibi farklı parametrelere ulaşmak için kullanılan bir mikrodalga sistemidir. [2]

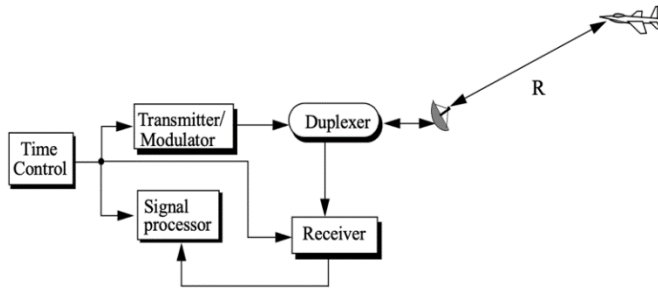


Şekil 1: Radar blok diyagramı [3]

Şekil 1’de gösterildiği gibi bir radarın temel yapısı; verici, alıcı, verici/alıcı antenler ve bir belirtici içerir. Verici tarafından elektro manyetik sinyal üretilir ve verici anten tarafından yayımlanır. İletilen işaretin bir bölümü yansıtıcı bir nesneye veya hedefe çarpar ve bütün yönlere dağılır. İşaretin bir bölümü hedeften radara doğru geri yansıtılır [3] Bu yansıyan işaret, eko olarak adlandırılır ve alıcı anteni tarafından yakalanır. Alınan eko işareti de-modüle edilerek istenilen sinyal formuna dönüştürülüp işlenir. Bu işareti, bir hedefin varlığını belirtmek üzere belirticiye gönderilir. Belirtici, aynı zamanda hedef mesafesini, yönünü ve hız gibi faktörleri belirtebilmektedir [4].



### III. DARBELİ RADAR SİSTEMLERİ



Şekil 2: Darbeli radar blok diyagramı[6]

Şekil 2, basitleştirilmiş darbeli radar blok diyagramını göstermektedir. Zaman Kontrol (Time Control) bloğu, sistem genelinde gerekli senkronizasyon zamanlama sinyallerini üretir. Modüle edilmiş bir sinyal, modülatör/verici (Transmitter/Modulator) bloğu tarafından üretilir ve antene gönderilir. Anteni gönderme ve alma modları arasında değiştirmek duplexer tarafından kontrol edilir. Duplexer, hem iletmek hem de almak için bir antenin kullanılmasına izin verir. İletim sırasında radar elektromanyetik enerjisini antene yönlendirir. Alternatif olarak, alımda, alınan radar yankılarını alıcıya yönlendirir. Alıcı, radar dönüşlerini yükseltir ve bunları sinyal işleme için hazırlar. Hedef bilgilerinin çıkarılması, sinyal işlemci bloğu tarafından gerçekleştirilir.

Hedefin menzili R, zaman gecikmesi  $\Delta t$  ölçülerek hesaplanır; radar ve hedef arasındaki iki yönlü yolu kat etmek için bir darbe gerekir. Elektromanyetik dalgalar ışık hızında yayıldığından,  $c=3 \times 10^8$  m/s kabul edilir ve

$$R = (c\Delta t)/2$$

olarak hesaplanır. Burada R metre cinsindedir ve  $\Delta t$  saniye cinsindedir.[6]

### IV. FAZ DİZİLİ ANTENLER

Faz dizili antenler yüksek anten kazancına ihtiyaç duyulan birçok alanda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bir faz dizili anten, çoğunlukla faz kaydırıcı, besleme girişi ve antenleri birbirinde bağımsız şekilde üretilip birleştirilmesiyle elde edilir. Bu parçaların bağımsız bir şekilde birleştirilmesi sistem boyutlarını arttırmaktan ziyade aynı zamanda parazit etkilerin, sinyaldeki kayıpların ve paketleme masraflarının da artmasına neden olur. Bu sorunların ortadan kaldırmak için, bu parçaların hepsinin aynı taban üzerinde, tek bir faz dizili anten geliştirmek üzere bir araya getirilmesi uygundur.[6]

Faz dizili sistemlerde ise birden fazla anten elemanı farklı fazlarda uyarılarak huzme üretir ve yönlendirilir[7]. Bu sistemlerde huzme yönlendirme elektronik olarak faz kaydırıcılar ile yapıldığı için huzme yönlendirme için gereken süre mikro saniye ( $\mu s$ ) mertebesinde. Faz dizili sistemler, iki veya daha fazla anten ve faz kaydırıcıdan meydana geldiği için pahalı ve karmaşık sistemlerdir [8].

Dizi antenlerin avantajları ve dezavantajlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

Avantajları:

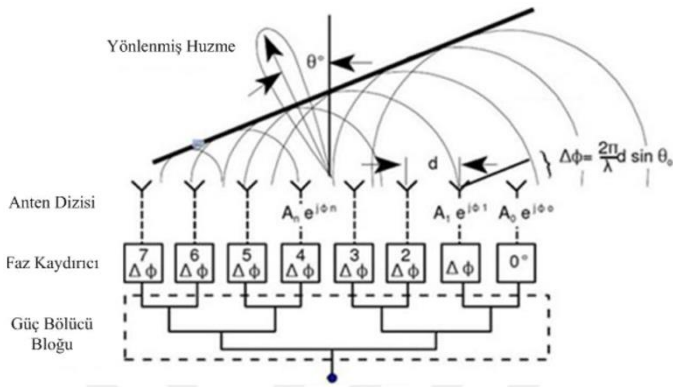
- Eş zamanlı kuvvetli topuz bastırma, daha yüksek anten kazancı ve düşük yan kulaklar,
- Demet eksenini çok hızlı yönlendirebilme ( $\mu s$  mertebesinde) ve bu şekilde bir başka hedefi takip edebilme imkânı,
- Aynı anda birçok demet üreterek daha operasyonel çalışma imkânı,
- Çizgi şeklinin çok hızlı oluşturulması ve defaten yenilenebilir olması,
- Rastgele denetim ve izleme,
- Hedefi aydınlatma sıklığını ayarlayabilme olanağı,
- Bir parçanın arıza yapması durumunda sistemin tamamen işlevini kaybetmemesi.

Dezavantajları:

- Yatayda ve düşeyde sınırlı tarama bölgesi ışına çizgilerinin frekansa olan bağımlılığı
- Demetlerin sapıtılması esnasında demetlerde meydana gelen şekil bozulması
- Karmaşık işlemci, dublexer ve faz kaydırıcı devrelerin kullanılması
- Yüksek maliyetler [9]

#### A. Faz Kaydırma

Fizikte gecikme, bir sinyalin bir elektrik devresindeki iki nokta arasında hareket etmesi veya bir dalganın uzaydaki iki nokta arasında hareket etmesi için gereken süre olarak tanımlanır. Doğa yasası nedeniyle, giriş ve çıkış bağlantı noktalarına sahip tüm ağlar, sinyaller içinden geçirildiğinde bazı gecikme özelliklerine neden olur. Bununla birlikte, bunlardan birkaçı, True-Time Delay (TTD) ağı olarak adlandırılan zaman kaydırma için yararlı gecikme performansına, önemli bir frekans bandı üzerinde sürekli gecikmeye sahiptir. İdeal faz değiştirici, frekanstan bağımsız olarak sabit bir faz performansına sahiptir; ancak ideal TTD ağı, frekansla doğru orantılı doğrusal bir faz tepkisine sahiptir. TTD ağıyla ilgili iki farklı gecikme tanımı vardır, bunlardan biri grup gecikmesi, diğeri faz gecikmesidir. Yaygın olarak zarf gecikmesi olarak bilinen grup gecikmesi, bir ağ üzerinden çeşitli sinüzoidal bileşenler içeren bir sinyalin genlik zarfının zaman gecikmesinin bir ölçüsüdür. Yararlı bir zaman bozulması ölçüsü olarak ifade edilebilir ve ağ aktarım fonksiyonunun faz tepkisinin frekansa göre ayırt edilmesiyle hesaplanabilir. Başka bir deyişle, grup gecikmesi, herhangi bir frekansta faz yanıtının eğiminin bir ölçüsüdür.[10]



Şekil 3: Faz dizili sistemlerde faz kaydırıcı kullanımı [9]

Faz kaydırıcılar, faz dizili antenlerin temel yapıtaşlarından biridir[11]. Uzayda açısal tarama yapabilmek için faz kaydırıcılar tarafından dizi elemanları arasında bir faz farkı oluşturulur. Dizi elemanları arasında oluşan faz farkı;

$$\Phi = 2\pi \left( \frac{d}{\lambda} \right) \sin \theta$$

ile hesaplanır. Burada,  $\lambda$  gelen sinyalin dalga boyudur.

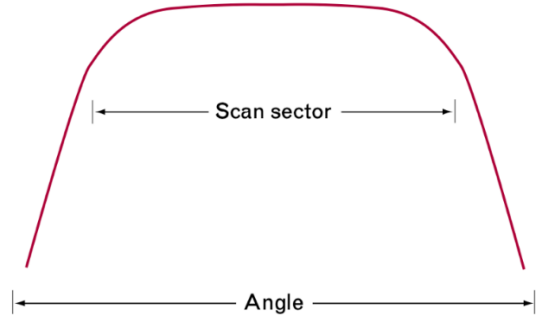
Anteni meydana getiren elemanların sayısı arttıkça dizinin yönlendiriciliği ve kazancı artar. Ancak kayıp olduğu ortamlarda kazanç belirli bir değerden sonra en optimal değere ulaşır ve değer arttığında kazanç azalmaya başlar.

Dizinin ışınma örüntüsü; dizinin geometrik yapısına, diziyi oluşturan elemanların birbiri arasındaki uzaklığa, dizi elemanlarının besleme genliğine ve fazlarına ayrıca tercih edilen anten dizi elemanlarına bağlıdır.

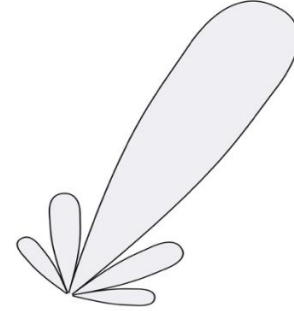
Faz kaymalı dizi antenlerin bütün elemanlarına tek tek uygun faz değerlerinde besleme gerilimi uygulandığında antenin uzayda mekanik olarak her hangi bir kısıtlamaya maruz kalmaksızın çok yüksek hızlarda tarama yapması sağlanır. Dizide mevcut olan bütün antenlerin özdeş, antenler arası uzaklığın eşit, dalga boyunun yarısı kadar ve her dizi elemanının besleme gerilimi değerinin aynı olduğunu düşünerek hesaplama yaparsak. Bu şartlar ışığında dizinin elemanlarının her birine aynı değerde bir faz kayması uygulandığında, ardışık antenler arasında göreceli faz farkının neredeyse sıfır olacağından dolayı antenin ana hüzmesi anten yüzeyine dik gelecektir. Antenler arasında göreceli bir faz farkı uygulandığı durumda ana hüzme antenin sıfır noktası ile bir açı yapar. [12]

Bir elektromanyetik alan herhangi bir anten yapısı için ışınıcı olarak kullanılabilir. Faz Dizi Antenlerin en önemli özelliklerinden biri; her ışınıcısının faz kayma değerinin ayarlanabilmesi ve sonuç olarak bunun ışınma demetinin ana yönünün değiştirilebilmesidir. Bir anten düzleminden hem yatay ve hem de düşey ışınma demeti elde edebilmek için çok miktarda ışınıcı kullanılır. Örneğin, AN/FPS-117 radar anteninde, alım işaretinin antenin anten çizgesine halâ benzer biçimde bağlı olduğu bu bireysel ışınıcılardan 1548 adet bulunmaktadır. Buna karşılık modern çok işlevli radar aygıtları alım yolunda anten çizgesinin sayısal biçimleme tekniğini

kullanılır.[13]



Şekil 4: Anten arama sektörü [15]



Şekil 5: Dizinin tüm faz kaydırıcıları uygun şekilde hizalandığında üretilen sinyal [15]

Tek bir anten elemanından ideal hale getirilmiş bir radyasyon modeli, sinyal gücü sektörün dışına düşerek tarama sektörünü kapsar. Şekil 4, sinyal gücünün sektörün dışında düştüğü tarama sektörünü kapsayan ideal bir element-radyasyon modelini göstermektedir. Dizinin tüm faz kaydırıcıları uygun şekilde hizalandığında, dizi, Şekil 5'te gösterildiği gibi, istenen işaret yönünde bir ana ışın üretir.

Dizinin tüm faz kaydırıcıları uygun şekilde hizalandığında, dizi istenen işaret yönünde bir uzun huzme üretir [16].

Pasif faz dizili radarlar, elektromanyetik ışınımın elektronik olarak farklı bir noktaya yönlendirilmesini tek bir verici yardımıyla gerçekleştirmesidir. Pasif faz dizili radarlar, düşük maliyetli ve düşük güç tüketimli yapıları sayesinde tercih sebebi olmaktadır.

Her bir anten elementi faz dışında aynı sinyali yaymaktadır. Faz değişimi, bu antenlere hareketsiz olduğu halde sinyalin yönlendirilmesi imkânı verir.

Aktif faz dizili radarlar, elektromanyetik ışınımın elektronik olarak farklı bir noktaya ayrı verici/alıcı üniteler yardımıyla gerçekleştirmesi ile sağlanır. Aktif faz dizili radarlarda, her bir eleman katı hal alıcı, verici modülüne bağlanır ve bu modüller bilgisayar tarafından kontrol edilir. [18]

## V. GÜNÜMÜZ HAVA SAVUNMA SİSTEMLERİ

Günümüzde hava savuma sanayi zaman içerisinde önemini arttırmasından dolayı birçok devlet tarafından çeşitli yatırımlar yapılan bir sektör haline gelmiştir. Uzun menzillerde kullanılabilir olması, insan faktörünü en aza indirme gibi birçok özelliğinden dolayı güncel harp doktrinlerinde önemli bir

çarpan olarak kaleme alınmaktadır.[17]

Birçok ülke kendi ihtiyacına göre farklı tip ve özelliklerde radarlar geliştirmiştir. Birçoğu temel olarak faz dizili antenler ile tasarlanmıştır. Faz dizili antenler kullanılarak tasarlanan başlıca antenler aşağıda belirtilmiştir;

- Kalkan Hava Savunma Radarı (Türkiye)
- Hisar (Türkiye)
- Siper (Türkiye)
- AN/TPS-70/75/78 (ABD)
- RRP-117 (ABD)
- LANZA LTR 25/LRR (İspanya-İngiltere)
- AR-320 (ABD)
- YLC-8B (ÇİN)
- AR-325/326/327/328 COMMANDER (ABD)
- 96L6E 'Cheese Board' (Rusya)
- 9S15M (Rusya)
- 80K6M (Rusya)
- JYL-1 (Çin)
- RAJENDRA (Hindistan)
- AN/TPQ-53 (ABD)
- SLC-2 (Çin)
- 92N6E (Rusya)
- 64N6E (Rusya)

Yukarıdaki sistemlerin ortak özelliği faz dizili anten yapısına sahip olup, faz kaydırıcı sistemler olmasıdır.



Şekil 6: AN/TPQ 53 radarı [19]

Şekil 6'da gözüktüğü gibi düz bir panel üzerine monte edilmiş faz kaydırıcı antenler görülmektedir.

## VI. SONUÇ

Darbeleri radar sistemleri, sürekli dalga radar sistemlerine göre daha kararlı çalışması, menzilin fazla olması ve basit yapıda olması gibi birçok avantajından dolayı tercih edilmektedir.

Menzilin arttığı durumlarda radar kesit alanının (RCS) küçüleceğinden, yeni tasarlanan hava araçlarında radar tarafından gönderilen sinyali absorbe eden boya ve dış gövde tasarımları ele alındığında yeni radar sistemlerinin daha güçlü hüzmeye gönderme ve daha sık aralıklarla yenileme ihtiyacı vardır. Ancak bu ihtiyaçları daha güçlü faz dizili antenler tasarlayıp onların faz kaymalarını optimum düzeyde kontrol ederek gidilebilir. Bu da gerilime daha dayanıklı klaystronlar geliştirerek aynı zamanda bu klaystronların hedeften yansıyıp gelen düşük güçteki sinyalleri algılayıp bir sonraki katmana

iletmesi gerekmektedir.

Sinyallerin işlenmesi de en az sinyalin alınması kadar önemli bir husustur. Hedef savaş uçağı, helikopter, füze veya yolcu uçağı olabilir. Bunun sınıflandırılması hava savunma sistemleri için hayati öneme sahiptir. Bir füzenin saniyede aldığı yol göz önüne bulundurulduğunda, hedef tespit edildikten sonra hava savunma sistemindeki operatörün saniyeler içinde uygun kararı vermesi gerekir. Bu konular ile değerlendirildiğinde sinyali alabilmek kadar yapay zekâ tabanlı sistemler kullanılarak sinyali işlemek de önem arz etmektedir.

## KAYNAKÇA

- [1] LinkedIn. "Hava ve Füze Savunma Sistemi Radarları". 02.06.2023. [https://www.linkedin.com/pulse/hava-ve-fuze-savunma-sistemi-radarlari-aselsan?trk=public\\_post-content\\_share-article](https://www.linkedin.com/pulse/hava-ve-fuze-savunma-sistemi-radarlari-aselsan?trk=public_post-content_share-article)
- [2] Avcı, E., Türkoğlu, İ., ve Poyraz, M. (2005): "Darbeli radar sistemlerinde geliştirilen periodogram çıkarımı akıllı hedef tanıma" *G.Ü.Fen Bilimleri Dergisi*, 18(2), 259-272, 2005.
- [3] Taha, A., *Uçaklardaki darbeleri doppler radarları için elektronik karşıtmanın algılama menziline etkisi*. Gazi Üniversitesi., Ankara, 2010.
- [4] Skolnik, M., I., Introduction to Radar Systems, *McGRAW-HILL Book Company, Inc.*, 1962.
- [5] Türkoğlu, İ., Avcı, E., ve Poraz, M., (2004): "Darbeli radar sistemlerinde bayes karar kuralı ile hedef sınıflama uygulaması" *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*, 2004.
- [6] Doppler İşaretleri ve Yapay Sinir Ağlarını Kullanarak Otomatik Hedef Mesafesi Tanıma", *DAUM*, 1, 80-87, Elazığ, 2002.
- [7] Topallı, K., Sağkol, H., Ünlü, M., Çivi, Ö. A., Demir, Ş., Koç, S., & Akın, T. (2002). RF MEMS Teknolojisi ile Faz Dizili Anten.
- [8] Balanis, C. A. (1997). Antenna Theory: Analysis and Design. *New York: Wiley*, 293- 294, 304-305
- [9] Koul, S. K., Bhat, B. (1991). Microwave and Millimeter Wave Phase Shifters. Boston, MA: *Artech House*, 40-51.
- [10] Kaya, G. (2012). Mikroşerit yansıtıcı dizi antenler.
- [11] Temir, K. (2013). *True-time delay structures for microwave beamforming networks in S-band phased arrays* (Master's thesis, Middle East Technical University).
- [12] Karaağaç, F., & Akçam, N. (2005). Faz Kaymalı Doğrusal Dizi Antenlerde Sıfır Noktalarının Kaydırılması Ve Örüntünün Şekillendirilmesi. *Y. Lisans Tezi, Gazi Ün. Fen Bil. Enst. Ankara*.
- [13] Radar Tutorial. "Radar Temelleri". 12.05.2023. "https://www.radartutorial.eu/06.antennas/Faz%20Dizi%20Antenler.tr.html"
- [14] J.L. Allen, D.M. Bernella, F. Betts, and L. Cartledge, "Phased Array Radar Studies, 1 July 1963 to 1 July 1964," *Technical Report 381, Lincoln Laboratory* (31 Mar. 1965), DTIC #AD- 629363.
- [15] Fenn, A. J., Temme, D. H., Delaney, W. P., & Courtney, W. E. (2000). The development of phased-array radar technology. *Lincoln laboratory journal*, 12(2), 321-340.
- [16] YELTİN, H. (2021). Türkiye ve S-400 Hava Savunma Sistemleri: Türkiye-ABD-Rusya İlişkilerindeki Yeri. *Anadolu Strateji Dergisi*, 3(1), 65-78.
- [17] Yıldız, E. M. *Aktif faz dizili radarlar için X bant Vivaldi anteni tasarımı ve üretimi* (Master's thesis, Bilişim Enstitüsü).
- [18] Галкин, Ф. Б., Мясников, С. А., Рукавишников, В. М., Синицын, Е. А., & Чернышков, А. П. Радиолокационная Система Посадки.
- [19] J.L. Allen, L. Cartledge, W.P. Delaney, and J. Dibartolo, "Phased Array Radar Studies, 1 July 1960 to 1 July 1961," *Technical Report 236, Lincoln Laboratory* (13 Nov. 1961), DTIC #AD-271724.

# Elektrikli/Hibrit Araçlarda Kullanılan Elektrik Motorları

## Electric Motors Used in Electric/Hybrid Vehicles

Ü. MEMOĞLU<sup>1</sup> ve H. TERZİOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, uncn53@gmail.com

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, hterzioglu@selcuk.edu.tr

**Özet** - Bu makalede günümüzde kullanılan elektrikli ve hibrit araçların motor teknolojileri incelenecektir. Tarihe baktığımızda tasarlanan ilk arabalar elektrikliydi ancak o dönemde yarı iletken teknolojinin sınırlı olması ve batarya teknolojinin yetersizliği nedeniyle menzil sorunu çözülemeyince firmalar, daha önceleri de olsa içten yanmalı motorlara yöneldiler. daha karmaşık bir yapı. Günümüzde fosil kaynakların doğaya verdiği zararın azalması, fosil yakıtların çıkarılma maliyetlerinin artması ve fosil kaynakların azalması gibi etkiler sonucunda şirketler daha çevreci ve yenilenebilir enerji kullanan elektrikli otomobillere yatırım yapmaya başlamıştır. Elektrikli araçlar, kullanım ihtiyaçlarına göre motor teknolojisini farklı şekillerde geliştirmiştir. Bu yazımızda motor tiplerinin avantaj ve dezavantajları ele alınarak firmaların hangi motor tiplerini tercih edeceği konusu ele alınacaktır.

**Anahtar kelimeler** – Elektrikli araçlar, Hibrit araçlar, elektrik motorları, ACIM, BLCD, DCM, PMSM, SRM, HEV.

**Abstract** - In this article, the engine technologies of electric and hybrid vehicles used today will be examined. When we look at history, the first cars designed were electric, but due to the limited semiconductor technology at that time and the inadequacy of battery technology, the range problem could not be solved, so companies turned to internal combustion engines, although they had a more complex structure. Nowadays, as a result of the effects such as reducing the damage caused by fossil resources to nature, increasing costs of extracting fossil fuels and decreasing fossil resources, companies have started to invest in electric cars that are more environmentally friendly and use renewable energy. Electric vehicles have developed engine technology in different ways according to their usage needs. In this article, the advantages and disadvantages of engine types will be discussed and the issue of which engine types companies prefer will be discussed.

**Keywords** – Electric vehicles, Hybrid vehicles, electric motors, ACIM, BLCD, DCM, PMSM, SRM, HEV.

### I. GİRİŞ

Dünyadaki mevcut petrol rezervlerinin ömrünün yaklaşık 50 yıl olduğu tahmin edilmektedir [1]. Petrol rezervlerinin gün geçtikçe azalması petrol fiyatlarında artış meydana getirmektedir. Artan petrol fiyatları, aşırı egzoz gazlarının salınımı ile çevre emisyon değerlerindeki yükseliş gibi nedenler elektrikli araçlara olan ilgiyi son yıllarda giderek arttırmaktadır. Bu nedenle araç üreticileri elektrikle çalışan birçok ticari aracı kullanıcıların beğenisine sunmuştur [2]. İlk elektrikli araçların elektrikli motorlarla çalıştırılabileceği

planlanmasına rağmen, sistem tamamen içten yanmalı motorlara evrilmiştir. Bunun başlıca nedenleri, yarı iletken teknolojinin gereksinimi karşılayabilecek düzeyde olmaması, düşük pil kapasitesi ve mevcut olmayan şarj istasyonlarıdır. Bunun yanı sıra, içten yanmalı motorların kullanılması, uzun vadede tüm canlılar ve dünyanın ekolojik dengesi bağlamında ciddi önlenemez soruna yol açmaya devam etmektedir [3].

Günümüzde enerji ve çevre kavramlarına bir çözüm getirmesi için, elektrikli araçlar oldukça ön plana çıkmaktadır. Elektrik motorlu çekiş sistemleri, geniş moment-hız özelliği, yüksek güç yoğunluğu ve yüksek enerji verimliliği sunmaktadır [4].

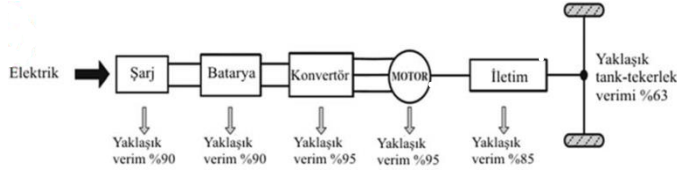
Elektrikli araçlar, ulaştırma sektöründen kaynaklanan karbon emisyonlarını önemli ölçüde azaltma imkânı sunuyor. Birçok ülke bu amaç doğrultusunda petrol yakıtlı araçların üretim ve satışını durdurmaya yönelik çalışmalar yaptığını belirtti. Aralık 2016'ya kadar pazarlama piyasası yönünden Norveç'in %29'u elektrikli araçlara sahipken, onu Hollanda (%6,4), İsveç (%3,4) ve Çin (%1,5) takip ediyor [4]. Elektrikli Araçların benimsenmesine odaklanan bir politikası olan Elektrikli Araçlar Girişimi (EVI) kampanyasını başlattı ve 2030 yılına kadar %30'luk elektrikli araç üretimi hedeflerini belirledi [5]. Almanya'da 2030 yılına kadar tüm yeni araçlar elektrikli olacağı; Fransa ve İngiltere'de ise; benzinli ve dizel otomobil satışı 2040 yılına kadar yasaklanacağı belirtilmiştir. Aynı zamanda dünyanın en büyük otomobil pazarı olan Çin, dizel/benzinli otomobillerin üretimini ve satışını 'yakın gelecekte' yasaklamayı planladığını açıklamaktadır. [5]

Tümü elektrikli araç ve hibrit elektrikli araçlarda kullanılan elektrik motorlarında aranan özellikler aşağıda listelenmiştir [6];

- Yüksek verim
- Yüksek anlık güç ve güç yoğunluğu,
- İlk kalkınma durumu ve tırmanışlarda düşük hızlarda yüksek moment,
- Normal seyirde yüksek hızlarda yüksek güç,
- Düşük; gürültü seviyesi, elektromanyetik parazitlenme, maliyet
- Geniş hız aralığında sabit güç ve sabit moment bölgelerinin var olması,
- Hızlı moment tepkisi,
- Geri kazanımlı frenlemelerde yüksek verim,
- Farklı ortamlarda çalışmalar için yüksek sağlamlık ve güvenilirlik [6].

Elektrikli araç teknolojileri temel anlamda 3 ana grupta toplanabilmektedir. Bunlar; EA (elektrikli araçlar), HEA (hibrit elektrikli araçlar) ve HHEA (harici olarak şarj edilebilir elektrikli araçlar) [7].

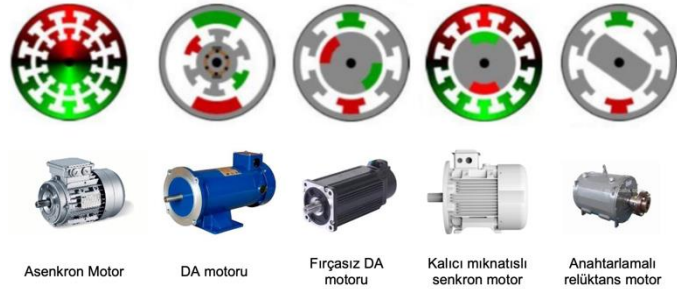
## II. ELEKTRİKLİ ARAÇLARDA KULLANILAN MOTOR TİPLERİ



Şekil 1: EA teknolojisi bağlantı yapısı [8]

Elektrikli araç teknolojisi, şase üzerinde bulunan bataryanın elektrik enerjisi depolama yeteneğinden yararlanarak, mevcut enerjinin kullanılabilmesi ile ifade edilebilmektedir. Aynı zamanda sistem içerisinde bulunan batarya yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanabilmektedir. Bunun yanı sıra sürüş esnasında enerji depolayıp elektrik motorunu sürdürebilir. Elektrikli araç teknolojisinin şematik ve teorik akış zinciri Şekil 1’de gösterilmiştir [8].

Elektrikli araçlarda ağırlıklı beş temel tip elektrik çekiş motoru kullanılmıştır. Bunlar, içyapıları Şekil 2’de belirtilen Fırçalı DC motorlar (DCM), Asenkron Motorlar (ACIM), Kalıcı Mıknatıslı Senkron Motorlar (PMSM), Fırçasız DC Motorlar (BLDC) ve Anahtarlamalı Relüktans Motorlar (SRM)’dır [9].



Şekil 2: Elektrikli otomobillerde kullanılan motorların içyapıları [9]

### 2.1. Asenkron Motorlar (ACIM)

Asenkron motorlar üretiminin kolay olması, ayrıntılı bakıma ihtiyaç duymaması ve aynı zamanda maliyetinin düşük olması gibi sebeplerden dolayı sanayi gibi birçok alanda ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Bununla beraber asenkron motorlar, elektrikli araç için yüksek kontrol kabiliyetine, kararlı ve karmaşık olmayan bir tasarıma sahip olduklarından elektrikli araçlarda sıklıkla tercih edilen motorlardır [10]. Amaç doğrultusuna uygun olarak tasarlanan bir asenkron motor, kalıcı mıknatıslı motorlardan daha dayanıklı ve güvenilirdir. Asenkron motorlar, kalıcı mıknatıslı motorlarla karşılaştırıldığında neredeyse kullanım süresi boyunca herhangi bir düşüş olmaksızın ideal performans gösterebilmektedirler. Fakat asenkron motorlarda güç yoğunluğunun mıknatıslı motorlara göre fazlasıyla az olması bu

motorların kullanımını önemli ölçüde sınırlamaktadır [11].



Şekil 3: Asenkron bir motora ait kesit görüntüsü [12]

Asenkron bir motora ait kesit görüntüsü Şekil 3’te gösterilmiştir. Görselde asenkron motor için stator iç ve dış çapları ile rotor çapı, hava aralığı mesafesi, rotor ve stator olukları ile şaft çapına ilişkin gösterimlere yer verilmektedir. Asenkron bir motor; makine, performans, stator ve rotor parametreleri ile tasarlanabilmektedir. Makine parametrelerini, kutup sayısı, sürtünme-rüzgar kayıpları ve kayıp faktörleri oluşturmaktadır. Performans parametreleri ise çıkış gücü, giriş gerilimi, çıkış devri ve uygulanan şebekenin frekansını belirlemektedir. Stator parametreleri statorun iç-dış çapları, motor uzunluğu ile oluk sayısı belirlemektedir. [12]

Asenkron motorlar, rotor için ihtiyaç olan gücü, elektromanyetik indüksiyon aracılığı ile transfer eden motor tipleridir. Karmaşık olmayan yapıya sahip olmaları, daha az bakım gerektirmeleri, sağlam ve az maliyete sahip olmasıyla ön plana çıkan elektrik motorlarıdır. Asenkron motorların dezavantajı ise, aktif hız kontrol sistemlerine entegrasyonunun zor olmasıdır [13].

### 2.2. Fırçalı DC motorlar (DCM)

DC Serisi motorun yüksek başlangıç tork kapasitesine sahip olması çekiş uygulaması için uygun bir seçenek haline getirmektedir. Bu motorun avantajları hız kontrolünü kolaylıkla yapabilmesi ve ani yük değişimlerine dayanıklı olmasından kaynaklanmaktadır [14].

DC motorları, basit yapıya sahip olmaları, hakimiyetinin kolay olması sebebiyle eski zamanlardan itibaren kullanılmaktadır. Özellikle asenkron motorların yaygınlaşmasından sonra, popülaritesini yitirmiştir. Buna rağmen düşük güç gereksinimi olan uygulamalarda, sıklıkla tercih edilmektedir [15]. DC motorun elektrikli araç uygulamalarında kullanımını kısıtlayan dezavantajı mevcuttur. Bu dezavantaj mekanik fırçaların aşınmaya ve yıpranmaya elverişli olmaları ve arıza oranlarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır [16].

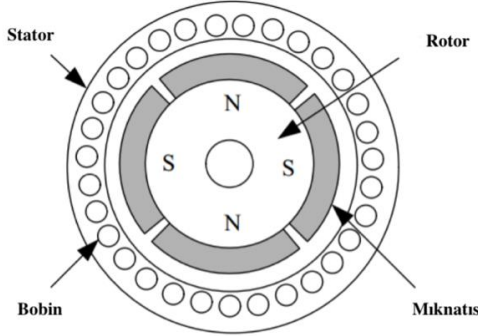
### 2.3. Fırçasız DC Motorlar (BLDC)

Fırçalı motorlardaki komütasyon işleminde yardımcı olan fırçalar zamanla aşınarak motorun bozulması, verim kaybı ve kıvılcım oluşturması gibi birtakım sorunlara neden olmaktadır. Fırçasız DC motorlarda komütasyon işlemi mekanik olarak gerçekleşmek yerine Hall sensörleri ve güç elektroniği tabanlı anahtarlama devreleri aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle fırçasız DC motorlara aynı zamanda elektronik komütasyonlu motor da denmektedir ve fırçalı motorlara iyi bir alternatif olarak görülmektedir [17].

Şekil 4’de Fırçasız DC motora ait kesit görüntüsü gösterilmiştir. Fırçasız doğru akım motorları genellikle geniş

magnetik kutuplardan oluşan yüzey mıknatısları barındıran ve konsantre stator sargıları olan makinelerdir. Motor tasarımı otomatik kontrollü inverter karakteristiğini karşılayabilmek için stator fazlarının sargı sıklığında olduğu gibi hava aralığındaki akım da yoğundur. Dalga formunun bir kare dalga sinyali şeklinde dağılımı üzerine kuruludur [18].

Fırçasız DC motorların verimliliğinin fırçalı DC motorlara göre daha iyi olduğundan çok daha yaygın olarak kullanılmaktadır [19].



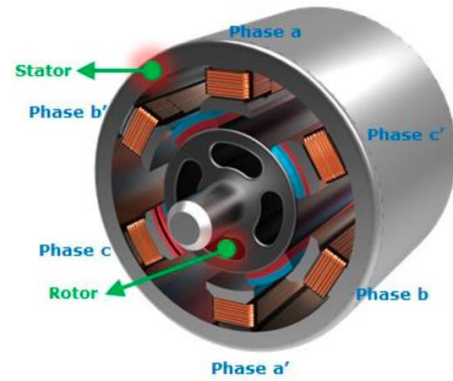
Şekil 4: Fırçasız DC motora ait kesit görüntüsü [19]

BLDC motorların diğerlerine göre daha güvenilir olmasının sebebi, mekanik bir komütatör yerine elektrikli bir komütatör bulunmasından kaynaklanmaktadır. İçerisinde bulunan Rotor mıknatısları, rotorun manyetik alanını oluşturarak daha yüksek verim sağlamaktadır. Mevcut çeşitli elektrik motoru seçenekleri arasında fırçasız DC (BLDC) motorların daha çok tercih edilmesinin sebebi olarak, titreşim miktarının azaltılmış olması, düşük gürültü, yüksek güvenilirlik ve akserelasyon gibi avantajlar sunmasından kaynaklanmaktadır [20].

#### 2.4. Kalıcı Mıknatıslı Senkron Motorlar (PMSM)

Kalıcı mıknatıslı DC motor, rotorun stator ile eş zamanlı hızda döndüğü senkron bir motordur. Rotorun geleneksel DC motordan farklı kılan rotorun alan sargısının yerini sabit mıknatısla değiştirmesidir. Kalıcı mıknatıslı senkron motor aynı zamanda PMSM olarak da isimlendirilmektedir.

Kalıcı mıknatıslı senkron motorlar, yüksek güç yoğunluğuna sahip olmalarının yanı sıra verimliliklerinin de yüksek olduğu elektrik motorlarıdır. Kalıcı mıknatıslı senkron motorların Neodyum-Demir-Bor gibi malzemeleri yapısında bulundurmasından dolayı yüksek güç yoğunluğuna sahiptir. Aynı zamanda yapısında bulunan bu malzemeler kalıcı mıknatıslar üzerinde yüksek geçirgenlik sağlanabilmektedir [21].



Şekil 5: Kalıcı Mıknatıslı Senkron Motor görüntüsü [22]

PMSM, fırçasız bir DC motor gibi, sabit mıknatıslı rotor ve alanındaki sargılar olan statorun meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra makinenin hava boşluğunda sinüzoidal bir akı yoğunluğu üretmek amacı ile yapılmış sargılara sahip stator yapısı, bir asenkron motorun statoruna benzerdir. Bu nedenlerden dolayı endüksiyon motoru ile fırçasız DC motor arasında hibrit (melez) yapıdadır.

Bir PM senkron motor, statoru bir asenkron motorunkine benzer olarak bir stator bulundurur ve rotor sabit manyetik alan oluşturan kalıcı mıknatıslar içermektedir. Sabit mıknatıslar herhangi bir harici elektrik devresi bulundurmadan kayıp olmaksızın bir uyarma sağlamaktadır. Asenkron motorlarda üç fazlı simetrik AC beslemeli dönen bir manyetik alan ürettiği birçok araştırma sonucunda belirtilmektedir. Stator sargılarının senkron AC akımı ile etkileşime giren rotorun manyetik alanı, rotoru dönmeye mecbur kılan moment ortaya çıkarmaktadır. Sabit bir ortalama moment üretebilmek için, rotor stator alanını takip etmeli ve aynı senkron hızda dönebilmelidir. Motor çalıştırıldığında, asenkron motorunkine benzer bir şekilde üç fazlı sargılar ya bir trapez akım formu (fırçasız DC) ya da sinüzoidal akım (senkron AC) ile beslenir. Mevcut olan bu akımlar, rotor ile aynı hızda veya senkron hızda dönen bir manyetik alan meydana çıkarmaktadır. Stator akımının frekansı ayarlanarak, rotorun hızı veya senkron hız buna göre ayarlanabilir.

#### PMSM Avantajları [22]:

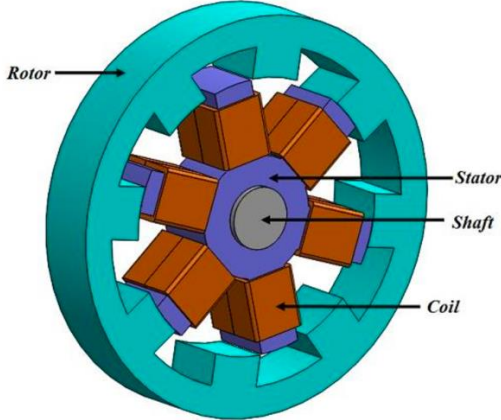
- AC Asenkron Motorlara (ACIM) kıyasla daha yüksek moment yoğunluğu, yani aynı güç için daha küçük hacim (çerçeve boyutu)
- Kalıcı mıknatıslarla PMSM sıfır hızda (ilk başta-dururken) moment üretebilir
- Kıvılcım yok → Patlayıcı ortamlarda daha güvenli
- Daha verimli ve yüksek hızlı performans
- Yüksek performans gerektiren servo uygulamaları için uygundur
- Encoder (Encoder-Konum kodlayıcı) ile veya konum kodlayıcı olmaksızın çalışır
- AC Asenkron Motordan daha kompakt, verimli ve daha hafif FOC kontrolü ile birleştiğinde optimum tork üretir
- Düşük akustik gürültü ve elektromanyetik girişim (EMI)
- Hızlı dinamik tepki (hem moment hem de hız)
- Akımsız Rotor uyarımı
- Rotorda iletken kaybı ve ısınma yok

#### PMSM Dezavantajları:

- Rotor pozisyonunun algılanması gerekli.
- Motorun çalışması için konum sensörü veya sensörsüz teknik gereklidir.
- Sensörsüz teknik kullanarak motoru çalıştırmak zor.
- Alan akısı kontrolünün esnekliği kaybı
- Daha yüksek maliyetler
- Daima yüksüz döndürme kayıpları var

#### 2.5. Anahtarlamalı Relüktans Motorlar (SRM)

Anahtarlamalı relüktans motorları, diğer elektrik makinalarına göre son derece karmaşık olmayan bir yapıya ve basit bir kurulumla sahip elektrik makinalarıdır. Anahtarlamalı relüktans motorlarının çift çıkırlıklı relüktans motorları olarak da adlandırılmasının sebebi hem statoru hem de rotoru çıkık kutuplu yapıya sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Bu motorlar yalnızca statorunda sargı bulduran ARM'lerin rotorlarında herhangi bir sargı ya da sürekli mıknatıs bulunmamaktadır. Rotor ve stator kutup sayıları çift sayıda olmak üzere sayıca birbirinden az, fazla ya da birbirine eşit olacak şekilde ilişkilendirilebilmektedir. Genellikle stator kutup sayısı rotor kutup sayısına kıyasla fazla miktardadır. Yüksek hız gereksinimi olan uygulamalarda çoğunlukla rotor kutup sayısı stator kutup sayısına göre az seçilirken, yüksek moment ihtiyacı olan uygulamalarda ise rotor kutup sayısı stator kutup sayısına fazlasıyla yakın seçilmektedir.



Şekil 6: Anahtarlamalı Relüktans Motor görüntüsü [23]

Anahtarlamalı relüktans motorları statoru ile rotoru arasındaki hava boşluğunda ortaya gelen relüktans değişimi çalışma prensibine dayanmaktadır. ARM'de stator ile rotor arasındaki hava boşluğunun relüktans değeri kutupların çıkıntılı olmasından ötürü sabit değildir, farklılaşabilmektedir. Rotor konumuna göre halkalanma akılarının izlediği yolun farklılaşması sonucunda manyetik devredeki relüktans değeri de değişmektedir. Bu motorlar adım motorların özel bir halidir. Üç fazlı olarak yapılarak, her fazda karşılıklı stator kutuplarına dolandırılmış, akıları birbirini destekleyecek yönde bağlanmış iki bobine sahiptir. Rotor kutuplarından biri stator kutuplarından bir tanesi ile tam olarak karşı karşıya bulunur. Rotor bu konumda bulunurken yüz yüze bulunduğu stator

sargılarından akım iletilmesi durumunda herhangi bir moment üretilmez. Stator sargılarından akım iletilirken rotor yüz yüze konumundan uzaklaştırılırsa, rotoru tekrar önceki konumuna geri getirmeye çalışacak bir moment üretimi başlatmaktadır [23].

Avantajları [24];

- Rotorunda sargı veya kalıcı mıknatıs barındırmaması üretimini fazlasıyla basitleştirir.
- Fazlar birbirinden bağımsız olmasından dolayı herhangi bir faz arıza ortaya çıkarsa bile motor çalışmaya devam eder.
- Rotoru sargısız ve fırçasız olduğu için yüksek hızda çalışabilir.
- Yüksek güç ve moment meydana getirilebilir.
- Yalnızca statorunda sargı olmasından dolayı soğutması zor olmamaktadır.
- Verimi fazlasıyla yüksektir.

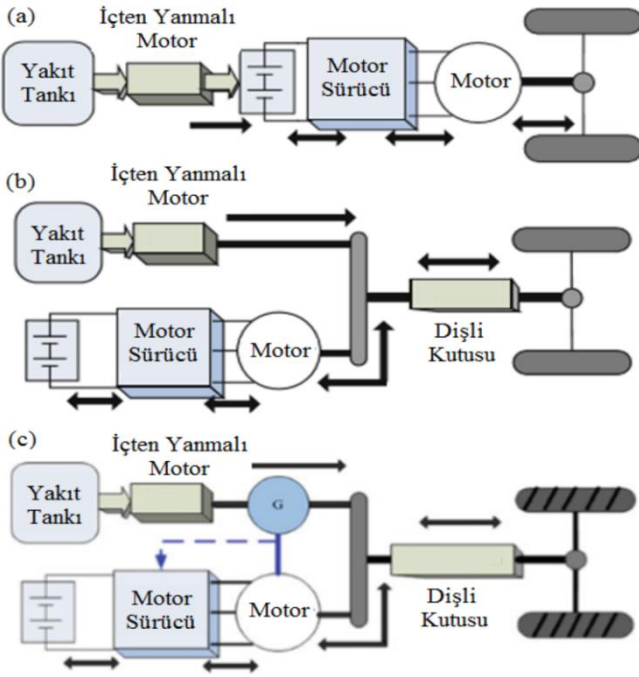
Dezavantajları;

- Hangi fazın ne zaman uyarılacağına belirlenebilmesi için, motor miline sensör bağlanması gerekir.
- Stator endüktansı büyüktür ve anahtarlama sırasında sargı endüktansının uç kısımlarında büyük gerilim oluşur.
- Bir fazdan diğerine geçerken gecikme meydana gelirse moment azalacağından yüksek gürültü çıkarır.

#### III. HİBRİT ARAÇLARDA KULLANILAN MOTORLAR

Hibrit elektrikli araç (HEV), enerji kaynaklarından, dönüştürücülerinden ya da depolarından en az birinden elektrik enerjisi aktarabildiği bir araçtır. HEV, çevre kirliliği sonucu ortaya çıkan sorunlara ve yaşadığımız dönemde tamamen elektrikli araçlarının sınırlı menzil kapasitesine yönelik bir seçenek sunmaktadır. HEV'ler, daha geniş menzil sağlamak aynı zamanda kirlilik sorununu en aza indirmek amacı ile bir elektrik motoru ve içten yanmalı motora (ICE) sahiptir. Hibrit araç tasarımı önemli ölçüde karmaşık bir yapıdır çünkü iki kaynaktan aktarılan gücün kontrollü bir şekilde karışması gerekmektedir. Bununla beraber bir termik motor ve bir elektrik makinesi için de destek ve kontrol sistemlerine gereksinim duyuluyor. Hibrit araçlar, tamamıyla elektrikli araçların menzil sınırlandırması ve altyapı problemlerini çözümlene dek pek çok kişi tarafından kısa vadeli bir çözüm olarak değerlendiriliyor [25].

Hibrit araçlar 3 tip çekiş sistemine sahiptir. Bunlar Seri-Hibrit araçlar, Paralel-Hibrit araçlar ve Paralel-Seri-Hibrit araçlardır. İfade edilen çekiş sistemlerinin şase yapısı Şekil 7'de gösterilmektedir [7].



Şekil 7: a) Seri-HEA b) Paralel-HEA c) Paralel-Seri-HEA şase yapıları [7]

### 3.1. Seri Hibrit Motorlu Araçlar (SHEV)

Seri hibrit elektrikli araçlar bütünüyle elektrikli araçlara fazlasıyla benzeyen yapıdaki hibrit elektrikli araçlardan biridir. Elektrikli araçlardan farklı olarak içten yanmalı motor ve bir jeneratör ile oluşturulan menzil artırıcı jeneratör düzeneğidir. Seri hibrit elektrikli araçların güç aktarma sistemi (powertrain) yapısı Şekil 7'de gösterilmektedir. Bu yapıda içten yanmalı motorun tekerlerle direkt olarak bir mekanik bağlantısı bulunmamaktadır. Üretilen mekanik enerji öncelikle elektrik enerjisine sonrasında ise tekrar mekanik enerjiye dönüştürülmektedir. Bu dönüşüm süreci kayıplara neden olsa da motor tork-hız eğrisinde amaçlanan kısımda çalıştırılabilir. Böylece İYM çalışırken en verimli anda çalışarak elektrik ortaya çıkarır. Batarya kapasitesi dolduğunda içten yanmalı motoru kapatılır ve elektrik motorunun enerjisi sadece bataryadan sağlanır. Eğer içten yanmalı motor yalnızca bir noktada verimli çalışmak amacı ile optimize edilirse bu konfigürasyon verim kayıplarına uğrasa bile kullanılabilir. Bunların yanı sıra geri kazanımlı frenleme yeteneği de daha verimli hale getirebilmektedir.

Seri hibrit elektrikli araçlar özellikle içten yanmalı motorun sürekli verimsiz çalışmak durumuyla karşılaştığında yoğun trafik (düşük hızlı seyir) araçları ve belirli bir rotayı izleyen araçlarda uygundur. Elektrik motoru araç performans kriterlerini sağlayacak şekilde boyutlandırıldığından yoğun trafikte nominal gücüne kıyasla fazlasıyla düşük güçlerde çalıştırılmak zorunda kalınabilir. Böyle bir durumda içten yanmalı motorlarda harmanlanan kısmi yüklenme durumu ortaya çıkar ve elektrik motoru tork-hız karakteristiğinde verimsiz noktalarında çalışmak mecburiyetinde kalabilir. Bu nedenle seri hibrit elektrikli araçların tahrik motorları tasarlanırken aracın çalışabileceği tork-hız noktalarında özel

iyileştirmelere gereksinim duyulmaktadır [26].

### 3.2. Paralel Hibrit Motorlu Araçlar (PHEV)

Paralel hibritler en düşük maliyete sahiptir. Aynı zamanda motorlar, bataryalar ve motorlar için sahip olunan üretim kapasitesini kullanma seçeneğini sunabilir. Fakat paralel hibrit bir aracın basit olmayan bir kontrol sistemine gereksinimi vardır [27]. PHEV araçlarda elektrik motoru ve içten yanmalı motor (İYM) bir debriyaj aracılığı ile diferansiyeli ikisi birlikte beslerler. Araç sahibinin isteğine göre yalnızca elektrik motoru, ihtiyacı gözlemlendiğinde sadece benzin ya da dizel motor tahrik edilip mekanik enerji aracı harekete geçirebilmektedir.

Şehir içi mesafelerde sık sık dur-kalk yapılan trafikte yalnızca elektrik motoru kullanılarak gürültü ve egzoz salınımını önleyebilir. Otopanlarda ve hız yapmaya uygun trafikte veya yokuş yukarı çıkarken veya ani hızlanma gerçekleşen durumlarda her iki motor araca birlikte güç aktarır. Böylelikle birbirini yedekleyen ve ortak çalışan iki güç kaynağı elde edilmiş olur [28].

### 3.3. Seri-Paralel Hibrit Motorlu Araçlar (SPHEV)

Seri ve Paralel Hibrit motorlu araçlar konfigürasyondaki hem seri hem de paralel hibrit elektrikli araçların imkanlarından yararlanabilmektedir. Dolayısıyla güç paylaşım algoritmasını işleten hibrit araç kontrol ünitesine esneklik kazandırılmaktadır. İçten yanmalı motor yüksek olmayan hızlarda ve daha yüksek hızlarda seri olarak çalıştırılırken verimli hız aralığında paralel olarak çalıştırılmaktadır. Böylelikle araç verimi olabildiğince yükseltmiş olur. Özellikle gezege dişliler ve elektromekanik debriyaj sistemleri ile birlikte özelleştirilen güç iletme sistemleri ve karma sistemlerde yalnızca paralel veya yalnızca seri çalışma gibi bir takım özellikler aktif olarak kullanılabilir [26].

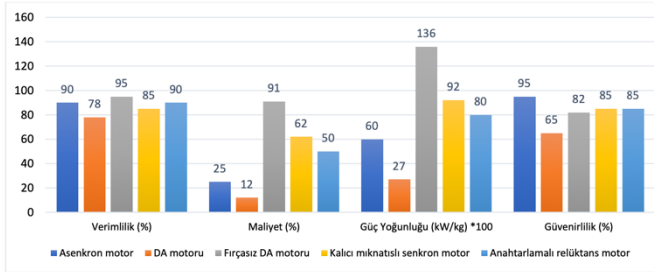
## IV. ELEKTRİK MOTORLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

Tablo 1: Bazı firmaların kullandığı elektrik motoru çeşitleri [29]

Araç Modeli	Araç Modeli	Motor Tipi	Güç (W)
NISSAN LEAF	2020	Kalıcı Miknatıslı Senkron Motor	110/147
JAGUAR I-PACE	2020	Kalıcı Miknatıslı Senkron Motor	298/400
TESLA MODEL S Performance SR	2020	Asenkron Motor	568/762
TESLA MODEL 3 RWD	2018	Asenkron Motor	204/274
PORSCHE Mission E (TAYCAN) 4S	2020	Asenkron Motor	320/429
CHEVROLET BOLT EV	2020	Fırçasız DA Motor	150/201
BMW i8	2018	Kalıcı Miknatıslı Senkron Motor	170/228
BMW i3	2019	Kalıcı Miknatıslı Senkron Motor	125/167
TOYOTA PRIUS	2020	Kalıcı Miknatıslı Senkron Motor	53/71
MERCEDES-BENZ GENERATION EQ	2019	Asenkron Motor	300/402
AUDI E-TRON 55 QUATRO	2019	Asenkron Motor	265/356
VOLVO XC40 RECHARGE P8	2021	Kalıcı Miknatıslı Senkron Motor	300/402
HOLDEN ECOMMODORE	2007	Anahtarlama Relüktans Motor	55/73.7
FIAT PANDA ELETTRA	-	DA motoru	-



Tablo 1 değerlendirildiğinde, kalıcı mıknatıslı senkron motorlar, elektrik(EV) ve elektrik-hibrit(HEV) araçlarda verimlilik, güç yoğunluğu ve güvenilirlik parametreleri dikkate alındığında %40 oranında tercih edilmektedir. Bunun sebebi, kalıcı mıknatıslı senkron motorların performans değerlerinin diğer motor tiplerine göre optimum düzeyde olmasıdır. Asenkron motorların tercih yüzdesi %33,3 olurken, DA motorlar % 11,1 oranla tercih edilmektedir. [29]



Şekil 8: Elektrikli araç motor tiplerinin karşılaştırılması [29]

Şekil 8 göz önüne alındığında Asenkron motorun; verimlilik, maliyet, güç yoğunluğu ve güvenilirlik parametreleri göz önüne alındığında en optimum değerde olduğu görülmektedir. DA motorlarının basit yapılarından dolayı düşük maliyete sahip olmasına karşın verimliliği, güvenilirliği ve güç yoğunluğu diğer tiplere göre düşüktür. Fırçasız DA motorunun ise yüksek verimlilik, yüksek güç yoğunluğu ve ortalama güvenilirliğine rağmen çok yüksek maliyette olduğu görülmektedir. Kalıcı mıknatıslı senkron motor ve anahtarlamalı relüktans motorun verimlilik ve güvenilirlik değerlerinin birbirine yakın olmasına karşın, Asenkron motorun anahtarlamalı relüktans motora göre maliyeti ile doğru orantılı olarak gücünün fazla olduğu çıkarılmaktadır.

## V. SONUÇ

Çevreye verilen zararın en az indirilmesi için yapılan çalışmalar EA'ların yaygınlaşmasını tetiklemektedir. Bunun için gerekli teknolojik gelişimin büyük bölümü tamamlanmasına rağmen henüz yeterince talep görmemektedir. Bunun sebebinin öncelikle yüksek maliyet ve yedek parça yetersizliği olduğu görülmektedir. EA talebindeki artışa bağlı olarak üretim miktarının artması sonucu maliyetlerin düşmesi ve yedek parça ulaşımının da artması muhtemeldir.

Elektrikli araçların menzil problemi, şarj sürelerinin artması, pil maliyetlerin pahalı olması gibi sebeplerden dolayı hibrit araçlar bazı kullanıcılar tarafında tercih edilmektedir. Yapılan araştırmalar sonucunda batarya teknolojisinin gelişmesi, şarj süresinin kısaltılması, şarj noktalarının yaygınlaşması ve parça maliyetleri düşerse hibrit araçlara talebin düşeceği sonucuna varıldığı gözlemlenmektedir.

Bu çalışmada elektrikli araçlarda ve elektrikli-hibrit araçlarda kullanılan motor tipleri incelenmiş olup avantaj ve dezavantajları anlatılmıştır. Firmalar kullanıcıların ihtiyaç ve taleplerine göre farklı araçlar geliştirmektedir. Bunun yanında kendi firma karakterlerini de ürettikleri arabalarla kullanıcılara

sunmaktadır. Yapılan araştırmaların sonuçları incelendiğinde maliyeti düşük tutup sadece kullanıcının mobilite ihtiyacını karşılamak isteyen firmaların çoğunlukla DA motorlarını tercih ettiği görülmektedir. Ancak birçok firmanın bakım maliyetleri, performans ve verimlilik gibi parametreleri göz önüne alındığında asenkron motor ve kalıcı mıknatıslı senkron motoru tercih ettiği tespit edilmiştir.

## KAYNAKÇA

- [1] Jannatkah, J., Najafi, B., & Ghaebi, H. (2020). Energy and exergy analysis of combined ORC-ERC system for biodiesel-fed diesel engine waste heat recovery. *Energy Conversion and Management*, 209, 112658.
- [2] Ulu, C., & Kömürçöz, G. Elektrikli Araç Uygulamaları için 75 kW Asenkron Motor Tasarımı Design of 75 kW Asynchronous Motor for Electric Vehicle Applications.
- [3] IEA < <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>>, erişim tarihi 23.12.2023.
- [4] Chen, L., Hopkinson, D., Wang, J., Cockburn, A., Sparkes, M., & O'Neill, W. (2015). Reduced dysprosium permanent magnets and their applications in electric vehicle traction motors. *IEEE Transactions on Magnetics*, 51(11), 1-4.
- [5] Vidyanandan, K. V. (2018). Overview of electric and hybrid vehicles. *Energy Scan*, 3, 7-14.
- [6] Husain, I. (2021). *Electric and hybrid vehicles: design fundamentals*. CRC press.
- [7] Shafiei, A., Carli, G., & Williamson, S. S. (2014). *Electric and plug-in hybrid electric vehicles. Power electronics for renewable energy systems, transportation and industrial applications*, 387-421.
- [8] Abu-Rub, H., Malinowski, M., & Al-Haddad, K. (2014). *Power electronics for renewable energy systems, transportation and industrial applications*. John Wiley & Sons.
- [9] TOREN, M., & MOLLAHASANOGU, H. (2022). Elektrikli ve Hibrit Araçlardaki Elektrik Motorlarının İçten Yanmalı Motorlarda Oluşan [CO]<sub>2</sub> Emisyonunda Meydana Getireceği Değişimin Tahmini ve Verimliliğe Etkisi: Türkiye Örnekleme. *El-Cezeri*, 9(3), 1082-1097.
- [10] Palacky, P., Brandstetter, P., Chlebis, P., Sladeczek, V., Simonik, P., & Slivka, D. (2014). Control algorithms of propulsion unit with induction motors for electric vehicle. *Advances in Electrical and Computer Engineering*, 14(2), 69-77.
- [11] Ehsani, M., Gao, Y., Longo, S., & Ebrahimi, K. (2018). *Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles*. CRC press.
- [12] Bodson M., Giri F., *Introduction to AC Motor Control, AC Electric Motors Control: Advanced Design Techniques and Applications*, Wiley, 2013.
- [13] Xue, X.D., Cheng, K.W.E., ve Cheung, N.C., "Selection of electric motor drives for electric vehicles", Sydney, Australasian Universities power engineering conference, 1-6, (2008).
- [14] Aktas, M., Awaili, K., Ehsani, M., ve Arisoy, A., "Direct torque control versus indirect fieldoriented control of induction motors for electric vehicle applications", *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 2020, 23(5): 1134-1143.
- [15] Tanç, G. (2014). *Elektrikli bisikletler için fırçasız doğru akım motoru tasarımı ve üretimi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü)*.
- [16] Byunghwan, K., Jeongho, L., Youngho, J., Byunghoo, K., Kinam, K., Yeonho, K., Youngju, P., "Development of 50kW traction induction motor for electric vehicle (EV)", *IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)*, 2012, sayfa 142-147.
- [17] Feipeng, X., Tiecai, L., & Pinghua, T. (2008, June). A low cost drive strategy for BLDC motor with low torque ripples. In *2008 3rd IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications* (pp. 2499-2502). IEEE.
- [18] Ooi, B. T., Brissoneau, P., & Brugel, L. (1981). Optimal winding design of a permanent magnet motor for self-controlled inverter operation. *Electric Machines and Electromechanics*, 6(5), 381-389.
- [19] Mujianto, A., & Nizam, M. (2014, November). Comparison of the slotless brushless DC motor (BLDC) and slotted BLDC using 2D modeling. In *2014 International Conference on Electrical Engineering and Computer Science (ICEECS)* (pp. 212-214). IEEE.
- [20] Boztas, G., Yildirim, M., & Aydogmus, O. (2018). Design and Analysis of Multi-Phase BLDC Motors for Electric Vehicles. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 8(2).

- [21] Emadi, A., Lee, Y. J., & Rajashekara, K. (2008). Power electronics and motor drives in electric, hybrid electric, and plug-in hybrid electric vehicles. *IEEE Transactions on industrial electronics*, 55(6), 2237-2245.
- [22] [https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/mustafa.aktas/137354/PMSM\\_2.pdf](https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/mustafa.aktas/137354/PMSM_2.pdf)
- [23] Vijayakumar, K., Karthikeyan, R., Paramasivam, S., Arumugam, R., & Srinivas, K. N. (2008). Switched reluctance motor modeling, design, simulation, and analysis: a comprehensive review. *IEEE Transactions on Magnetics*, 44(12), 4605-4617.
- [24] <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/mustafa.aktas/137354/Anahtarlamalı%20Relüktans%20Motor.pdf>
- [25] Denton, T. (2020). *Electric and hybrid vehicles*. Routledge.
- [26] Crowder, R. (2019). *Electric drives and electromechanical systems: applications and control*. Butterworth-Heinemann.
- [27] Emadi, A., Lee, Y. J., & Rajashekara, K. (2008). Power electronics and motor drives in electric, hybrid electric, and plug-in hybrid electric vehicles. *IEEE Transactions on industrial electronics*, 55(6), 2237-2245.
- [28] Denton, T. (2017). *Automobile electrical and electronic systems*. Routledge.
- [29] Bhatt, P., Mehar, H., ve Sahajwani, M., "Electrical motors for electric vehicle—a comparative study", India, *Proceedings of Recent Advances in Interdisciplinary Trends in Engineering & Applications (RAITEA)*, (2019).



# Kara ve Hava Aracı Kullanıcılarında Görülen Uyuklama Sorunu Ve Çözüm Önerilerinin İncelenmesi

## Examination Of Drowsiness Issue And Solution Proposals In Land And Air Vehicle Users

İ.H. ÇOBAN<sup>1</sup> ve F. A. KAZAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, ibrahimcoban3844@gmail.com

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya/ Türkiye, akazan@selcuk.edu.tr

**Özet** - Kara ve hava araçlarını kullanan bireylerde araç kullanımı sırasında uyuklama ya da uykuya dalma problemleri görülmektedir. Seyahat programların düzensiz ve özensiz yapılması, araçların boşa kalma sürelerini minimum indirmek için daha çok seferler koyulması, seyahat edilen yerdeki zaman dilimlerinin sıkça değişmesi tüm araç kullanıcılarının sosyal hayatının bozulmasının ötesinde ulaşım hizmetlerinin güvenliği ve verimliliğini de etkilemektedir. Bu çalışma, uyku kalitesini etkileyen temel faktörleri ve bu sorunları hafifletmek için potansiyel çözüm yollarını araştırmaktadır. Bu kapsamda kara ve hava aracı kullanıcılarının uyku kaynaklı sorunlarının önüne geçilmesine yönelik yapılmış akademik çalışmalar incelenmiştir.

**Anahtar Kelime** – Uyku, Hava, Kara, Taşımacılık.

**Abstract** - Individuals who use land and air vehicles experience drowsiness or problems falling asleep while driving. It is known that irregular and careless travel schedules, more trips to minimize the idle time of vehicles, and frequent changes in time zones at the destination affect the sleep patterns of all vehicle users. Beyond disrupting the social life of the vehicle user, this also affects the safety and efficiency of transportation services. This study explores the key factors affecting sleep quality and potential solutions to alleviate these problems. In this context, academic studies on preventing sleep-related problems in land and air vehicle users were examined.

**Keywords** – Sleep, Air, Land, Transportation.

### I. GİRİŞ

Kara ve hava araçlarını kullanan bireylerde araç kullanımı sırasında uyuklama ya da uykuya dalma problemleri görülmektedir. Seyahat programların düzensiz ve özensiz yapılması, araçların boşa kalma sürelerini minimum indirmek için firmalar tarafından daha sık seferler koyulması, seyahat edilen yerdeki zaman dilimlerinin sıkça değişmesi tüm araç kullanıcılarının uyku düzenini etkilediği bilinmektedir. Bu durum, hem hava hem de kara taşımacılığı sektöründeki profesyonellerin kişisel yaşamlarında hem de ilgili sektörde önemli bir konu haline gelmiştir.

Özellikle uykusuzken, aşırı sıcakta, aşırı yenilmiş bir

yemeğin ardından ya da güneşin doğuşu ve batışı sırasında yapılan bir sürüşte araç kullanıcısının uykusunun geldiği ve buna bağlı olarak göz kapaklarının kapanmaya başladığı, çoğu insanın hayatında en az bir kere başına geldiği için tartışılmaz bir gerçek haline gelmiştir. Aynı durum hava aracı kullanıcıları için de geçerlidir. Küçük eğitim uçağı kullanan bir pilotla yapılan söyleşide, tek başına yapılan 3-4 saatlik uçuşlarda kalkıştan belli bir süre sonra uyku halinin meydana gelmeye başladığı ve göz kapaklarının ağırlaşarak kapanma eğilime girdiği ifade edilmiştir.

Taşımacılık Dünya'nın her yerinde her zaman önemli bir sektör olmuştur. Her ne kadar gündelik yaşamımızı daha hızlı ve kolay hale getirirse de, ölümlü kazaların büyük bir çoğunluğu kara yolu taşımacılığında meydana gelmiştir. Türkiye'de yaşanan kazalara neden olan kusurların en başında % 86,8'lik oranla sürücü kusurları gelmektedir TÜİK [1]. 1990 ile 2012 yılları arasında Türkiye'de yaşanmış trafik kazalarının analizine yönelik olarak yapılmış çalışmadan [2] alınan veriler Tablo 1'de sunulmuştur. Tablo 1 incelendiğinde kazaların toplam taşıt sayısına oranının 1990 yılından 2012 yılına kadar tam 2,48 kat arttığı anlaşılabacaktır.

Tablo 1: Yıllara göre kaza, kaza/taşıt oranı, ölüm ve yaralanmalar [2].

Yıl	Toplam Taşıt	Nüfus (Bin)	Kaza sayısı	Kazanın toplam taşıt oranı (%0)	Toplam			
					Ölü		Yaralı	
					Sayı	Nüfus oranı (%0)	Sayı	Nüfus oranı (%0)
1990	3 750 678	56154	115 295	30,7	6 317	0,11	87 668	1,56
1991	4 101 975	57 272	142 145	34,7	6 231	0,11	90 520	1,58
1992	4 584 717	58 392	171 741	37,5	6 214	0,11	94 820	1,62
1993	5 250 622	59 513	208 823	39,8	6 457	0,11	104 330	1,75
1994	5 606 712	60 637	233 803	41,7	5 942	0,10	104 717	1,73
1995	5 922 859	61 763	279 663	47,2	6 004	0,10	114 319	1,85
1996	6 305 707	62 909	344 643	54,7	5 428	0,09	104 599	1,66
1997	6 863 462	64 064	387 533	56,5	5 125	0,08	106 246	1,66
1998	7 371 541	65 215	458 661	62,2	6 083	0,09	125 763	1,93
1999	7 758 511	66 350	465 915	60,1	5 713	0,09	125 158	1,89
2000	8 320 449	67 420	500 664	60,2	5 510	0,08	136 751	2,03
2001	8 521 956	68 365	442 960	52,0	4 386	0,06	116 203	1,70
2002	8 655 170	69 302	439 777	50,8	4 093	0,06	116 412	1,68
2003	8 903 843	70 231	455 637	51,2	3 946	0,06	118 214	1,68
2004	10 236 357	71 152	537 352	52,5	4 427	0,06	136 437	1,92
2005	11 145 826	72 065	620 789	55,7	4 505	0,06	154 086	2,14
2006	12 227 393	72 974	728 755	59,6	4 633	0,06	169 080	2,32
2007	13 022 945	70 586	825 561	63,4	5 007	0,07	189 057	2,68
2008	13 765 395	71 517	950 120	69,0	4 236	0,06	184 468	2,58
2009	14 316 700	72 561	1 053 346	74,0	4 324	0,06	201 380	2,78
2010	15 095 603	73 723	1 106 201	73,0	4 045	0,05	211 496	2,87
2011	16 089 528	74 724	1 228 928	76,4	3 835	0,05	238 074	3,19
2012	17 033 413	75 637	1 296 634	76,0	3 750	0,05	268 079	3,54

Kazalara neden olan sürücü hatalarının başında aşırı hız,

alkol kullanımı, uyku ve dalgınlık gibi sebepler yer almaktadır. Vücudun biyolojik olarak uykuya en yakın olduğu saat aralığının 22:00-06:00 olduğu bilinmektedir. Bu zaman diliminde uyku ve dalgınlık nedeniyle yaşanan trafik kazalarının sayısı diğer saat dilimlerine göre dört kat daha fazladır. Bu durumun önüne geçmek için kara yolu sürücülerine her iki saatte bir 15 dakika dinlenmeleri önerilmektedir [3, 4]. Ancak kara aracı kullanıcılarına yönelik yapılan bu önerinin hava aracı kullanıcısı tarafından yerine getirilmesi mümkün değildir. Bu durumda bu tür araçları kullanan kişilerde söz konusu durumların varlığını tespit edip onların gerekli şekilde ikaz edilmesini sağlayacak ve dolayısıyla istenmeyen vakaların yaşanmasını önleyecek sistemler önem kazanmaktadır.

Yapılan bu çalışmada kara ve hava aracı kullanıcılarında araç kullanımı sırasında yaşanan uyuklama problemlerinin nedenleri, araç kullanırken uyuklamaya neden olan faktörler, araç kullanımı sırasında uyku durumunun varlığının tespitine yönelik geliştirilmiş sistemlerin varlığı ve ne tür katkı sağladıkları incelenmiştir. İnceleme, kara aracı kullanıcılarına yönelik olanlar ve hava aracı kullanıcılarına yönelik olanlar olmak üzere iki ayrı başlık altında sunulmuştur.

## II. KARA ARACI KULLANICILARINA YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALAR

Uyku apne sendromu ve trafik kazaları ile ilgili olarak yapılan çalışmada [5], obstrüktif uyku apne sendromu (OUAS) hastalığına sahip kişilerin, bu hastalığa sahip olmayan kişilere göre trafik kaza yapma olasılığının 2-3 kat daha fazla olduğu ifade belirtilmiştir. Bu tespitin simulator çalışmaları sonucunda yapıldığı vurgulanmıştır. Bu hastalığı tespit etmek için kullanılan laboratuvar ile tedavide kullanılan nCPAP cihazların ülke genelinde yaygınlaştırılarak trafik kazalarının önlenebileceği ifade edilmiştir. Ayrıca hava ve kara araçları kullanıcılarının karşılaştığı uyku sorunlarını anlamak ve bu zorluklarla başa çıkmanın yollarını keşfetmek için bir perspektif de sunulmuştur.

Derin uyku halinde değilken basit horlayanların %23'ünün hayatlarında en az bir kez direksiyon başında uyudukları ve bu durumun % 4,5'lik bir kaza riski oluşturduğu Martikainen ve diğ. [6] tarafından yapılmış çalışmada ortaya koyulmuştur. Ayrıca horlayanların yardım arama konusunda pasif oldukları ve bu durumların kaza riskini ortadan kaldırmak için hekimler tarafından tedavi edilebilir olduğu da aynı çalışmada vurgulanmıştır.

Horne ve Reyner [7] tarafından yapılan çalışmada yorgunluğu etkileyen birçok parametre olduğu, bu parametrelerin toplumun yaşam biçimine, yaşa ve cinsiyete göre farklılıklar içerdikleri dile getirilmiştir. Yapılan çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'ndeki trafik kazalarının % 1-4'ü, Norveç'te % 4'ü, Avustralya'da % 6'sı, Birleşik Krallık'ta ise % 16'sının sürücülerin uykuya dalması veya aşırı uykulu olmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda kazaların uyku ile ilişkili olduğu ve büyük çoğunluğunun günün saatine bağlı olarak otoyol ve monoton yollarda gerçekleştiği saptanmıştır. Ancak kazaşarın önlenmesine yönelik herhangi bir fiziksel sistemi önerisinde bulunulmamıştır.

McCartt ve diğ. [8] tarafından New York'ta yapılan çalışmada sürücülerin yarısına yakının araç kullanırken hayatlarında en az bir kez direksiyon başında uyukladıkları

belirtilmiştir. Sürücü hatası kaynaklı kazaların % 82,5'inin uykulu araç kullanımından kaynaklandığı, kazaların %60'ının da 23:00-07:00 saatleri arasında meydana geldiği ifade edilmiştir. Aynı çalışmada yapılan çoklu regresyon analizi ile sürücülerin uykulu araç kullanımlarının arttığı, bunun nedenlerinin ise geceleri daha az uyuma ve düzensiz çalışma saatleri olduğu vurgulanmıştır.

Yorgunluk ve uykusuzluk tüm kara araçlarını kullanan kişiler için problemdir. Mitler ve diğ. [9] tarafından buna yönelik yapılan çalışmada 20 tır şoförü için 4 farklı iş rutini hazırlanmış, ardından yolculuk sırasında seri elektroensefalografi (EEG) kayıtları alınmıştır. Bu kayıtlar sonucunda 2 şoförde sürüş esnasında evre-1 uyku olarak adlandırılan hiç göz hareketinin olmaması tespit edilmiştir. Çalışma sırasında gecenin geç saatleri ve sabahın erken saatlerinde kaydedilen videolarda, sürücülerin % 56'sının en az 6 dakikalık uykulu yüz ifadesine rastlanmıştır. Araştırmanın sonucunda olması gerekenden daha az uyuyan tır şoförlerinin özellikle gecenin geç saatleri ve sabahın erken saatlerinde daha fazla uyuya kalma olasılığı olduğu vurgulanmıştır.

Ardıç [10] tarafından yapılan çalışmada kara yolu kazalarına bağlı ölümlerin tüm ölümlü kazaların hemen hemen % 50'sini oluşturduğu belirtilmiştir. Gündüz aşırı uyku eğilimi (hipersomnolans) ve uyku apnesi gibi benzer uyku hastalıklarına sahip olan kişilerde kazaların 2 ile 7 kat daha fazla görüldüğü ifade edilmiştir. Yapılan araştırma sonucunda sürücüler üzerinde uyku bozukluklarının tedavisinin mümkün olduğu, hekimlerin sürücülerini bu konuda bilinçlendirebileceği, OUAS hastalığı olan sürücülerin nCPAP tedavisi sayesinde ilgili uyku sorunundan kurtulabileceği vurgulanmıştır.

Cummings ve diğ. [11] tarafından 1109 adet sürücü üzerinde yapılan çalışmada, kaza yapan ve yapmayan sürücüler karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada son 48 saat içinde 100 milden fazla araç kullanmanın ve 9 saatten az uyumanın kaza riskini önemli ölçüde artıran faktörler olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, apnesiz basit horlamanın gündüz aşırı uykuluğu ve kaza riskinin artmasına neden olduğu öne sürülmüştür. Kaza riskini azaltmak için, uyku belirtisi hisseden sürücülerin araçlarını uygun yere park ederek ya da otoyol dinlenme duraklarını kullanarak dinlenmeleri gerektiği, yine bu süreçte kahve içerek ya da müzik dinleyerek uykularını dağıtmaları gerektiği önerilmiştir.

Yorgunluk ve uykusuzluğun yol açtığı trafik kazalarının önüne geçilmesini sağlamak amacıyla Acar Vural ve diğ. [12] tarafından yapılan görüntü işleme tabanlı sürücü yorgunluk tespit sisteminde, sürücünün uykulu anlarında alarm veren bir sistem tasarlanmıştır. Tasarlanan sistemde sürücünün yorgunluğunu tespit edebilmek için Percentage of Eye Closure (PERCLOS) metriği kullanılmıştır. Raspberry Pi 3 klanılarak tasarlanan sistem, sürücünün yorgunluk nedeniyle uyku eğilimini göstermesi durumunda sürücüyü sesli olarak uyarmakta ve kazanın önlenmesine katkı sağlamaktadır.

Tümen ve diğ. [13] tarafından sürücülerin sürüş ortamındaki uyku durumlarını tespit etmek için yapılan çalışmada derin öğrenme yöntemi kullanılmıştır. Sürücülerin gözlerinin kapalı olup olmadığını belirlemek için konvolüsyonel sinir ağı modeli önerilmiştir. Önerilen bu model kullanılarak önceden eğitilen veri seti ile gözlerini kapatan sürücülerin % 96,5'lik bir oranda

tespit edilebildiği vurgulanmıştır.

Trafik kazalarının sebep olduğu can kayıplarının en büyük sebeplerinden biri de direksiyon başında uyuklamadır. Bu durumun önüne geçmek için Çivik ve Yüzgeç [14] tarafından Nvidia Jetson geliştirici kiti kullanarak yüksek doğruluklu, gerçek zamanlı ve düşük maliyetli bir gömülü sistem tasarlanmıştır. Derin öğrenme tabanlı yöntemlerle sistem, sürücünün göz ve ağız bölgelerini kullanarak dört farklı durumu sınıflandırmış ve yorgunluk durumunu belirlemiştir. Önerilen bu sistemde yorgunluk durumunda sistem alarm vererek sürücüyü uyarmaktadır.

Sürücülerin araç kullanırken uyuklaması önlemeye yönelik olarak Duman ve diğ. [15] tarafından yapılan çalışmada, gerçek zamanlı olarak sürücünün göz durumunu inceleyip sürücü yorgunluğunu tespit eden bir algoritma önerilmiştir. Python programlama dilinde yazılmış algoritmada OpenCV kütüphanesi kullanılmış olup yüz ve gözler için Cascade sınıflandırıcısı kullanılmıştır. Bu metotlar tabanında geliştirilen sistemde sürücünün yorgunluğunun tespiti için gözlerin açık ve kapalı durumları ile ilgili veri seti hazırlanmıştır. Hazırlanan veri setinde PERCLOS metodu kullanılarak gözlerin açık-kapalı tespiti yapılmıştır. Gözlerin kapalı olduğu tespit edildiğinde sürücü sesli ikaz ile uyandırılmaya çalışılmıştır.

Taksi sürücülerini üzerinde Gülbay Eriş ve diğ. [16] tarafından yapılan bir çalışmada gündüz aşırı uyku hali ve bunun trafik kazaları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Yapılan çalışmada 118 profesyonel taksi sürücüsüne Epworth uyukluluk skalası (ESS) anketi uygulanmıştır. Sonuçta 58 sürücülerin % 49,2'sinde horlama, % 5,9'nuda OUAS'a ait kardinal semptomların varlığı, %23,7'sinde ESS  $\geq$  10 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca incelenen sürücülerin % 67,8'nin kaza yaptığı tespit edilmiştir. Yapılan incelemede kaza sayıları ile gündüz aşırı uyku hali, kardiyak problemler, tanıklı apne, ve OUAS gibi uyku problemleri arasındaki ilişkiler ortaya çıkartılmıştır. Ancak horlamanın kazalara olan herhangi bir etkisine rastlanmadığı, bu sonuçlarla birlikte gündüz aşırı uyku halinin yaygın olduğu ve kazalara sebep olabileceği ifade edilmiştir.

OUAS, sürüş simülatörü performansı ve trafik kazası riski arasındaki ilişki Turkington ve diğ. [17] tarafından yapılan çalışmada incelenmiştir. Çalışmada basit bir sürüş simülatöründen elde edilen verilerin, hastalara araç kullanma konusunda tavsiyelerde bulunmada faydalı olabileceği değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada OUAS ve horlamanın araştırılması amacıyla rutin uyku çalışmalarına 150 hasta dahil edilmiş ve incelenmiştir. Her hasta 20 dakikalık bir sürüş simülasyonu gerçekleştirmiş ve sürüş geçmişi ve deneyimlerine ilişkin bir anket doldurmuş olup hastaların simülatördeki performansıyla ilişkili faktörleri araştırmak için lojistik regresyon analizi kullanılmıştır.

Dikkat eksikliği ve otomobil kazaları üzerine Findley ve diğ. [18] tarafından bir simulator üzerinde yapılan çalışmada, uyku apnesi veya narkolepsisi tanılarına sahip olan hastaların dikkatli olmakta zorluk yaşadıkları belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmada, engeller bulunan monoton bir otobanı taklit eden 30 dakikalık sürüş sırasında OUAS bulunan hastaların normal bireylerden 3-4 kat daha fazla engele çarptığı belirlenmiştir. Simulator uygulamasında normal performans sergileyen 21 bireyin son 5 yıl içerisinde 1 kaza yaptığı ve bu kazanın da

sürücü hatası ile olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca, anormal performans sergileyen 25 kişinin son 5 yılda 5 kaza yaptıkları ve bu kazaların sebeplerinin sürücü kaynaklı olduğu tespit edilmiştir.

### III. HAVA ARACI KULLANICILARINA YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALAR

Ardıç [10] tarafından uyku hastalıkları ve trafik-iş kazaları üzerine yapılan çalışmada her ne kadar kara sürücülerini üzerinde durulsa da aslında sebepler incelendiğinde bunun hava da dahil olmak üzere tüm taşıt kullanıcılarının ortak problemi olduğu da vurgulanmıştır.

Uçuş operasyonlarında pilot yorgunluğu ve nörofizyolojik parametreler üzerine Caldwell [19] tarafından pilot ve yardımcı pilotlar üzerinde yapılan bir çalışmada, bu kişilerin yorgun olduklarını genel olarak raporlamadıkları ve yorgun olmalarına rağmen uçuş yaptıkları belirtilmiştir. Uzun mesafe ve gece operasyonlarının biyolojik etkisini belirlemek için mürettebatın elektroensefalografik aktivitesi ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarında yorgun olan pilotlarda ani tepkilerin azaldığı gözlemlenmiştir. Ani tepkilerin azalmasına sebep olan yorgunluğun nedenleri araştırıldığında uçuşların sık ve uzun süreli olmaları, sınırlı izin süreleri, idealden düşük uyku koşulları, dönüşümlü ve standart dışı çalışma vardiyaları ve jet lag gibi nedenlerle karşılaşıldığı vurgulanmıştır.

Yorgunluğu ve dikkat kaybını etkileyen faktörler üzerine Erdem ve diğ. [20] tarafından yapılan çalışmada kötü beslenmenin baş ağrısı, zayıf muhakeme, hafıza zayıflaması ve hatırlama güçlüğü gibi problemlere neden olduğu vurgulanmış olup bunların etkileri ele alınmıştır. Yapılan bu çalışmada yorgunluk üzerine çeşitli anketler de düzenlenmiştir. Bu anketler sonucunda, uçuş ekibinin büyük çoğunluğunun yorgunluktan kaynaklı kaza riskinin fazla olduğu hususunda hemfikir oldukları görülmüştür.

Sadeghniai-Haghighi ve Yazdi [21] tarafından uzun görev süreleri, günlük ritimlerin bozulması ve yorgunluğa bağlı uyku problemleri üzerine yapılan çalışmada özellikle sürücüler ve pilotlar üzerinde de durulmuştur. Kişilerde yorgunluk ve uyku durumlarının tespiti için bazı ölçüm yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerden ilki ESS olup kişinin genel olarak ne kadar uykulu olduğunu değerlendiren bir yöntemdir. Bu yöntem kişinin kendi kendini değerlendirmesi için sorular soran bir anket şeklindedir. Diğer bir metot ise Horne-Ostberg anketidir. Kişilerin uyumayı tercih ettikleri zamanlarla ilgili 19 soru içerir. Yapılan çalışmada yorgunluk riski yönetim sistemi ile çalışanların yorgunluklarını yönetmek için uyku bilgisine dayalı çalışmaları yapılmıştır. Yapılan anketlerde kısa mesafeli ticari pilotlarda yorgunluk ve daha da kötüleşme durumunun % 57 ile % 87 arasında değiştiği belirtilmiştir.

Hava kaza istatistikleri ve görev sonu değerlendirmeleri, askeri havacılıkta yorgunluğun öneminin arttığını göstermektedir. Çelikkol [22] tarafından yapılan çalışmada askeri havacılıkta yorgunluğun fizyolojik etkileri, uçuş emniyeti, nasıl ortaya çıktığı ve havacılık emniyeti yönetim sistemindeki önemi incelenmiştir. Öncelikle fizyolojik etkenler üzerinde durulan çalışmada, uykusuzluk, stres ve yoğun çalışma temposu incelenmiştir. Bir haftalık periyottaki uyku sürelerinin günlük performans üzerindeki etkilerinin grafik haline getirildiği bu çalışmada, günlük 9 saatlik düzenli uyku

durumunda performansın % 100 civarında seyrettiği görülmüştür. Uyku süresi 3 saat olduğunda ise performansın giderek azaldığı ve yedinci günün sonunda % 60'a düştüğü tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda havacılık emniyet yönetim sistemi içerisinde en zayıf halkanın insan olduğu ve dolayısıyla insan faktörünün fizyolojik ve diğer yorgunluk türlerinden arınması için mutlaka takip edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Şahinkaya [23] tarafından yapılan çalışmada bir havayolu şirketinden alınan gerçek veriler iki farklı metot ile ele alınıp yorgunluk parametreleri incelemiştir. İnceleme sonucunda pilot yorgunluğunun matematiksel modele dayandırılıp uçuşlara atama yapılma sırasında bu parametrenin göz önünde bulundurulmasını sağlayan bir tasarım ortaya koyulmuştur.

Havacılıkta özellikle yorgunluk ve dikkat kaybı fazlalığı felaketlere yol açabilir. Çünkü havada oluşabilecek bir dikkat kaybı veya uykunun yol açabileceği ani durumlarda karar verme yetisi oldukça düşecek ve sonucunda tahmin edilemeyecek kayıplar ve maddi bir yük oluşacaktır. Modern havacılıkta pilotların neredeyse dinlenecek vakitlerinin olmaması, Jet-Lag gibi durumlarla karşılaşmaları, belirsiz uzun görev saatleri, yetersiz uyku gibi durumlar havacılıkta istenmeyen durumlar olarak isimlendirilir. 1920'lerden buyana bahsi geçen durumlar ile ilgili bir takım çalışmalar yapılmış ancak tam olarak bir neticeye ulaşılamamıştır. Acar ve Çeken [24] tarafından havacılıkta iş yükü ve yorgunluk yönetimi üzerine yapılan çalışmada, pilotlarda yorgunluğu tetikleyen parametreler ve iş yükü yönetimi incelenmiştir. Bu çalışmada iş yükü mekanizmalarını kontrol edecek ve düzenlenmesini sağlayacak öneriler sunulmuş ve bu sayede kaza ve olası faciaların önüne geçilmesi hedeflenmiştir.

Pilot iş yükü ve yorgunluk üzerine Gartner ve Murphy [25] tarafından yapılan çalışmada havacılık yorgunluğu ve iş yükü fazlalığının kazaları tetiklediği, konsantrasyon, çalışma belleği, odaklanma ve uzun vadeli planlama gibi bilişsel mekanizmaların bozulmasına neden olduğu vurgulanmıştır.

Havacılık sektörü her ne kadar teknolojik anlamda günden güne ilerleme gösterse de insan faktörüne yoğun bir şekilde bağlıdır. Özellikle yoğun çalışma saatleri, çalışma saatlerinin uzaması ve her an değişen programa ayak uydurmak insan fizyolojisini etkilemektedir. Bu nedenle ekip kaynak yönetimi ve insan faktörleri kazaların yaşanmasında büyük önem arz etmektedir. Türkiye'de meydana gelen askeri uçak kazaları üzerine Işıldak ve diğ. [26] tarafından yapılan bir çalışmada, meydana gelen kazalar insan faktörü yönünden ele alınmıştır. Yapılan çalışmada uçak kazaları frekans dağılım analizine tabi tutulmuştur. Belirli parametreler altında çalışan frekans dağılım analizinde 1943-2021 yılları arasında meydana gelen kazaları ele alınmıştır. Araştırma sonucunda 1951, 1957, 1959, 2001 ve 2015 yıllarında kaza ve ölümlü kazaların fazla olduğu vurgulanmıştır.

#### IV. SONUÇ

Yapılan bu çalışmada kara ve hava aracı kullanıcılarında kazalara neden olan araç kullanımı sırasındaki uyuklama problemlerinin nedenleri, araç kullanırken uyuklamaya neden olan faktörler, araç kullanımı sırasında uyku durumunun varlığının tespitine yönelik geliştirilmiş sistemlerin varlığı ve kazaların önlenmesine ne tür katkı sağladıkları incelenmiştir. Yapılan incelemelerde genel itibari ile uyku, uyuklama,

dalgınlık gibi konuların ele alındığı, kara aracı kullanımı sırasında yaşanan uyku probleminin tespiti ve ilgili kişinin ikazına yönelik yapılmış çalışmaların mevcut olduğu görülmüştür. Ancak hava aracı kullanıcılarında yaşanacak benzer durumların tespitine yönelik böyle bir çalışmaya rastlanmamıştır. Dolayısıyla bu yönde yapılacak bir çalışma ile özellikle tek başına uçuş gerçekleştiren küçük eğitim uçağı pilotlarına büyük fayda sağlayacak bir çalışma gerçekleştirilebilir. Yapılacak çalışmada pilotun uyku halinin tespit edilmesi durumunda hem onu fiziksel olarak ikaz edecek hem de onun bu durumunu anlık olarak kayıt altına alıp yerdeki ilgili birime aktaracak bir sistemin tasarlanması daha yerinde olacaktır. Hatta o ana ilişkin görüntülerin yanında kokpitin belirli sürelerde yapılacak video kayıtlarının da benzer şekilde aktarılması, daha etkili bir sistemin tasarlanması sağlanacaktır.

#### KAYNAKLAR

- [1] TÜİK. "Karayolu Trafik Kaza İstatistikleri." <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Karayolu-Trafik-Kaza-İstatistikleri-2022-49513> (Erişim: 20 Kasım 2023).
- [2] İ. Sungur, R. Akdur, and B. Piyal, "Türkiye'deki trafik kazalarının analizi," *Ankara Medical Journal*, vol. 14, no. 3, pp. 114-124, 2014.
- [3] A. R. Sungur İ. , Piyal B., "Türkiye'deki Trafik Kazalarının Analizi " *Ankara Med*, pp. 114-124, 2014. [Online]. Available: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/19838>.
- [4] A. D. Ofset, "Ticari Araç Sürücüleri İçin Trafik Eğitimi. Sürücü ve Yaya Eğitimi Seminerleri Eğitici El Kitabı,," pp. 143-161, 2012. [Online]. Available: [https://docplayer.biz.tr/105714-Surucu-ve-yaya-egitimi-seminerleri-egitici-el-kitabi.html#google\\_vignette](https://docplayer.biz.tr/105714-Surucu-ve-yaya-egitimi-seminerleri-egitici-el-kitabi.html#google_vignette).
- [5] A. Ursavaş and E. Ercüment, "Uyku apne sendromu ve trafik kazaları," *Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, vol. 30, no. 1, pp. 37-41, 2004.
- [6] K. Martikainen, M. Partinen, H. Urponen, I. Vuori, P. Laippala, and J. Hasan, "Natural evolution of snoring: a 5-year follow-up study," *Acta neurologica scandinavica*, vol. 90, no. 6, pp. 437-442, 1994.
- [7] J. A. Horne and L. A. Reyner, "Sleep related vehicle accidents," *Bmj*, vol. 310, no. 6979, pp. 565-567, 1995.
- [8] A. T. McCartt, S. A. Ribner, A. I. Pack, and M. C. Hammer, "The scope and nature of the drowsy driving problem in New York State," *Accident Analysis & Prevention*, vol. 28, no. 4, pp. 511-517, 1996.
- [9] M. M. Mitler, J. C. Miller, J. J. Lipsitz, J. K. Walsh, and C. D. Wylie, "The sleep of long-haul truck drivers," *New England Journal of Medicine*, vol. 337, no. 11, pp. 755-762, 1997.
- [10] S. Ardic, "Uyku hastalıkları ve trafik-iş kazaları," *Toraks Dergisi*, vol. 2, no. 3, pp. 91-98, 2001.
- [11] P. Cummings, T. D. Koepsell, J. M. Moffat, and F. P. Rivara, "Drowsiness, counter-measures to drowsiness, and the risk of a motor vehicle crash," *Injury Prevention*, vol. 7, no. 3, pp. 194-199, 2001.
- [12] R. Acar Vural, M. Y. Sert, and B. Karaköse, "Gerçek Zamanlı Sürücü Yorgunluk Tespit Sistemi," *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, vol. 30, no. 3, pp. 249-259, 2018.
- [13] V. Tümen, Ö. Yıldırım, and B. Ergen, "Detection of driver drowsiness in driving environment using deep learning methods," in *2018 Electric Electronics, Computer Science, Biomedical Engineerings' Meeting (EBBT)*, 2018: IEEE, pp. 1-5.
- [14] E. Çivik and U. Yüzgeç, "Deep Learning Based Continuous Real-Time Driver Fatigue Detection for Embedded System," in *2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2020: IEEE, pp. 1-4.
- [15] M. Duman, E. Erdoğan, F. Cogen, and T. Ç. Yıldız, "Driver fatigue detection with image processing," in *2020 12th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)*, 2020: IEEE, pp. 246-250.
- [16] B. Gülbay Eriş, T. Acıcan, R. Doğan, A. Baççioğlu, E. Güllü, and G. Karadağ, "Taksi sürücülerinde gündüz aşırı uyku hali ile trafik kazaları arasındaki ilişki," *Turberküloz Toraks Derg*, vol. 51, no. 4, pp. 385-389, 2003.

- [17] P. Turkington, M. Sircar, V. Allgar, and M. Elliott, "Relationship between obstructive sleep apnoea, driving simulator performance, and risk of road traffic accidents," *Thorax*, vol. 56, no. 10, pp. 800-805, 2001.
- [18] L. Findley, M. Unverzagt, R. Guchu, M. Fabrizio, J. Buckner, and P. Suratt, "Vigilance and automobile accidents in patients with sleep apnea or narcolepsy," *Chest*, vol. 108, no. 3, pp. 619-624, 1995.
- [19] J. A. Caldwell, "Fatigue in aviation," *Travel medicine and infectious disease*, vol. 3, no. 2, pp. 85-96, 2005.
- [20] M. Erdem, M. Tüzemen, G. Yavuzkan, N. Köseoğlu, Y. Ayadı, and M. Taghizadehalvandi, "İnsan Mühendisliğinde Pilotaj Hataları Ve/Veya Uçak Tasarım Problemleri Açısından Bir İnceleme:(İnsan Hatalarının Önemi)," *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, vol. 3, no. 3, pp. 493-500, 2015.
- [21] K. Sadeghniaat-Haghighi and Z. Yazdi, "Fatigue management in the workplace," *Industrial psychiatry journal*, vol. 24, no. 1, p. 12, 2015.
- [22] M. Çelikkol, "Askeri Havacılık Olay ve Kazalarında İnsan Faktörünün Yorgunluk Yönüyle Değerlendirilmesi," *Hava Kuvvetleri Komutanlığı 2017 Havacılık Emniyeti Yönetim Sistemi (HEYS 2017) Sempozyumu*, p. 73, 2017.
- [23] B. Şahinkaya, "Aşırı Yorgunluk Risk Yönetiminin Havayolu Şirketlerinde Uygulamasının Değerlendirilmesi ve Ekip Atama Problemine Etkilerinin Modellenmesi," *Anadolu University (Türkiye)*, 2021.
- [24] A. B. Acar and S. Çeken, "Havacılıkta İş Yükü Ve Yorgunluk Yönetimi," in *Havacılık Psikolojisi: Kavramlar, Araştırmalar, Uygulamalar*, P. Ünsal and S. Çeken Eds., 2022.
- [25] W. B. Gartner and M. R. Murphy, "Pilot workload and fatigue: A critical survey of concepts and assessment techniques," 1976.
- [26] B. İşıldak, M. K. Keleş, and A. Özdağoğlu, "Türkiye'de Meydana Gelen Askeri Uçak Kazalarının İncelenmesi," *Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi*, vol. 2, no. 2, pp. 45-59, 2022.





# Bina Otomasyon Sistemi

## Building Automation System

M. AIROUCHE<sup>1</sup>, B. TAKIMCI ÇAKIR<sup>2</sup> ve A.C. AĞAÇAYAK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bishop's University, Canada

<sup>2</sup>Selcuk University, Konya/Turkey, [berrak92@gmail.com](mailto:berrak92@gmail.com)

<sup>3</sup>Konya Teknik Üniversitesi, Konya/Türkiye, [acagacayak@ktun.edu.tr](mailto:acagacayak@ktun.edu.tr)

**Özet** - Gelişen teknoloji ile birlikte binalarda sistemlerde kendini yenilemektedir. Bunların başında bina otomasyon sistemleri gelmektedir. Bina otomasyon sistemleri binanın konforu olsun güvenliği olsun oldukça önemlidir. Bina otomasyon sistemi akıllı binaların önemli bir parçasıdır. Bina otomasyon sistemi binanın kalitesini değiştirebilir. Akıllı binalardaki bina otomasyon sistemi insanlara uygun ve konforlu bir yaşam ortamı yaratmak için hazırlanmaktadır. İçeriğinde yangın sistemi, mekanik ve elektrik sistemlerini barındırmaktadır. Bu makalede akıllı bina kontrol sistemi araştırılmakta ve içeriği açıklamak için araştırmalar yapılmaktadır.

**Anahtar Kelime**- Kontrol, Otomasyon, Yazılım, Enerji Tasarrufu, Akıllı Binalar.

**Abstract** - With the advancements in technology, buildings are self-renewing their systems. At the forefront of these systems are building automation systems. Building automation systems are crucial for both the comfort and security of a building. The building automation system is an important component of smart buildings. It has the ability to transform the quality of a building. The building automation system in smart buildings is designed to create a suitable and comfortable living environment for people. It encompasses fire systems, as well as mechanical and electrical systems. This article explores the smart building control system and conducts research to explain its contents.

**Keywords** – Control, Automation, Software, Energy savings, Smart buildings

### I. GİRİŞ

Her dönemin yaşam koşullarına bağlı olarak; insanların gereksinimleri de farklılıklar gösterir. Önemle 19.yy'da "Endüstri Devrimi" ile oluşan teknolojik gelişmeler; makine gücünün kullanılmaya başlanmasını, yeni pazar ve iş kollarının yaratılmasını, yeni yaşam stillerinin oluşmasını beraberinde getirmiştir. [1] Bununla birlikte, bu süreç inşaat ve mimarlık alanında yeni mimari stillerin ve yeni malzemelerin doğuşuna sahne olmuştur. İşte bu noktada, gelişen teknoloji ve inşaat sektörü, tasarıma yardımcı iki önemli bileşen olarak rollerini üstlenmişlerdir. İlk sırada 20.yy'da "High-Tech" binalarla vücut bulan bu gelişmeler; getirdiği pek çok olumlu gelişmenin yanında; büyük enerji kayıplarına yol açmış; 1973-74 ve 1979 yıllarında enerji krizlerine ve önemli maliyet artışlarına neden olmuşlardır. Buna bağlı olarak, doğal enerji üreten kaynakların kullanımı

ilkesine dayanan "enerji korunumlu" binalar tasarlanmaya başlanmıştır. [1] Günümüz insanının iş yaşamına öncelik verdiği yoğun ve hareketli temposuna bağlı olarak, iş ve yaşam mekanlarında "hayatı kolaylaştırıcı" çözümler aranmaya başlanmıştır. Bu çözüm arayışı binalarda otomasyon sisteminde beraberinde getirmiştir.

İlk akıllı bina, 1981-1983 yılları arasında, Connecticut Hartford (Amerika) 'da, Technologies Corporation tarafından yapılan "City Place" dir. Sonrasında bu kavram tüm dünyada değişik periyotlarda yayılmaya başlamıştır. İngiltere ve Japonya'da 1980'lerde başlayan akıllı bina endüstrisi Çin'deki etkisini ancak 1990'larda gösterebilmiştir. Bununla birlikte bu kavram Avrupa'da, Amerika ve Japonya olduğu kadar gelişme gösterememiştir [2].

İnsanların değişen ihtiyaçlarına uyum sağlayabilen, bina kullanımında maximum elverişlilik sağlarken; minimum kullanım ve bakım masrafı yaratan bu binaların temel amacı; enerjinin minimum kullanımının yanında, sistem işletimi ve konforun optimum düzeyde sağlanmasıdır.

Gelişen teknoloji ile birlikte yeni yapılan binalarda otomasyon sisteminden beklentiler artmaktadır. [3] Bina otomasyon sistemi akıllı binaların vazgeçilmez bir parçası olmakla birlikte sistemin temelini oluşturur. Günümüzde kullanım alanlara oldukça fazladır.

Sistemin üç amacı vardır.

- Merkez denetim ve işletmeyi sağlamak,
- Enerji tasarrufunu sağlamak
- Güvenlik kontrolünü sağlamak

Bina otomasyon sistemi ile birçok nokta kontrol edilmektedir. Bunlar, klima sistemleri, yangın sistemleri, aydınlatma sistemleri, güvenlik sistemleri şeklinde sıralanabilir. Sistem kullanım kolaylığından dolayı insanlara büyük konfor sağlamaktadır. Bilgisayar başında sistem durdurulabilir, değerleri değiştirilebilir, yeniden başlatılabilir. Tüm bu sistemler, işletme kolaylığı, işletme güvenilirliği ve işletme ekonomisi sağlamak amacıyla bilgisayarlı bir denetim ve kontrol sistemi kurularak tek bir merkezden yönetilir. Aynı zamanda geçmişten geri bildirim raporu da alınabilir. Bu makalede bina otomasyon sistemleri incelenmektedir. Sistem üzerinde ortaya çıkan problemler üzerinde araştırmalar yapılmaktadır.

Bu makale, uluslararası, açık bina otomasyon standartları için tanımlanan Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemleri ve Teknik Bina Yönerimi fonksiyonlarıyla birlikte, bina otomasyon sisteminin akıllı binalarda uygulamalarından bahsedilmektedir.

## II. BİNA OTOMASYON SİSTEMİ ÇALIŞMA PRENSİBİ

Bina Otomasyonu ve Kontrol Sistemleri ve Teknik Bina Yönetimi, ısıtma, havalandırma, soğutma, sıcak su ve aydınlatma gibi etkin kontrol işlevleri sağlayarak enerji verimliliğini artırır. Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemleri içinde entegre edilmiş enerji verimliliğini artıran gelişmiş kontrol, bir binanın gerçek kullanımı ve gerçek kullanıcı ihtiyaçları hakkındaki bilgilere dayalı olarak yapılandırılabilir, böylece gereksiz enerji tüketimi ve ek CO2 emisyonları önlenmiş olur. Bu tür sistemlerin tasarım süreci, farklı işlevler gerçekleştiren binaların teknik sistemlerindeki artan karmaşıklık ve uyumsuzluk nedeniyle otomatik kontrol olmadan zordur. Çünkü sistem tasarımcısı, bina tasarım sürecinde sistemler hakkında genel bilgiye sahip olarak ortaya çıkan problemleri de göz önünde tutarak farklı teknik çözümlerle sistemin kontrolünü sağlayabilir.

Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemi ve Teknik Bina Yönetimi'nin binalardaki enerji performansı ve enerji tüketimi üzerindeki etkisini tahmin etmek için standartlar ve yöntemler oluşturmak amacıyla Avrupa Standardı EN 15232, 2007 yılında tanıtılmıştır. Bu standart, dört farklı Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemi verimlilik sınıfını tanıtır: Sınıf A: Yüksek enerji performanslı Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemi ve Teknik Bina Yönetimi sistemleri, Sınıf B: Gelişmiş Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemi ve Teknik Bina Yönetim sistemleri, Sınıf C: Standart Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemi, Sınıf D: Enerji verimli olmayan Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemi.

EN 15232'den en önemli noktalardan biri, Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemi ve Teknik Bina Yönetimi'nin sistemlerini belirten bir yönerge'dir. Bu bilinçle, Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemi ve Teknik Bina Yönetimi, istenen enerji verimliliğine ulaşmak için binalar önemli bileşenlerdir ve bina planlama ve tasarım sürecinde dikkate alınmalıdır. Bu süreç, aktif enerji yönetimini düzenlemeyi ve binalardaki enerji tüketimini azaltmayı hedefleyen bir enerji yönetimi düzenlemesini organize etmeyi amaçlar. Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemi'nin mühendisliği, kontrol ve izleme sisteminin proje planlamasından devreye alınmasına kadar olan süreci kapsar.

Sistemin çalışma prensibi bilgisayar ile saha elemanlarının bilgi alışverişinde bulunması esasına dayanır. Binanın çeşitli yerlerine dağıtılmış tesisat ve sistemlere yerleştirilen duyar elemanlar (hissedici), vana ve damper motorları, aç/kapa kontrol cihazları gibi saha elemanlarından ve elektrik motor kontrol panolarından alınan dijital ve analog bilgiler mikroişlemciler tarafından değerlendirilir. Yazılımın öngördüğü şekilde değerlendirilen bu bilgiler damper, vana motoru gibi saha elemanlarının kontrolü ve pompa, fan gibi cihazların kumanda edilmesini sağlar. [4]

Binada kontrol altına alınmak istenilen yerlere pano içerisinemikroişlemciler yerleştirilir Görsel 1 de görüldüğü gibi, sahadan gelen ve sahaya gönderilen her türlü bilgi ve kontrol sinyali merkezi bilgisayara iletilir. Binadaki durum merkezi bilgisayar tarafından değerlendirilir, sonuçları anında ekran ve aracılığı ile kullanıcıya iletilir.



Görsel 1: Pano İçerisi Mikroişlemciler

Bina otomasyonu ile işletmeci personel tüm binayı bir merkezden kapsamlı bir şekilde kontrol eder. Tüm alarm ve arıza durumları merkezde görüntülenir. Bu görüntülemeler aynı zamanda kayda geçer. Görsel 2 de görüldüğü gibi Konya Gıda Tarım Üniversitesi'nin bina otomasyon sisteminin ara yüzü görünmektedir. Bu görselde kontrol edilen noktalar belirtilmiştir. Bilgisayar ortamından bu görselde yer alan kontrol noktaları açılabilir, kapatılabilir, ısı dereceleri değiştirilebilir, arıza bilgisi alınabilir. Hafta sonu okulda eğitim olmasından kaynaklı sistem Pazartesi, Salı, Çarşamba, Perşembe ve Cuma olarak da çalıştırılabilir. Görsel 2 deki sistem tasarımı Bacnet üzerinden yapılmıştır.



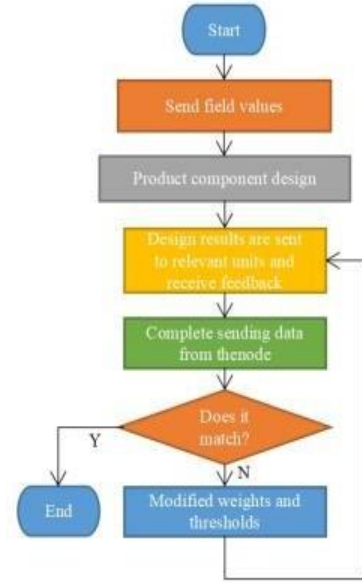
Görsel 2: Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi Bina Otomasyon Sistem Arayüzü

BACnet sağlayıcısı BACnet formatında bilgi sağlayabilen bir sistem veya cihaz olarak tanımlanabilir.

### III. . BİNA OTOMASYON SİSTEMİNİN TASARIMI VE PLANLANMASI

Proje planlaması ve bina tasarımı, hem yeni hem de yenilenen binaların geliştirilmesinde çok önemli süreçlerdir. Binalarda tanımlanan akıllılık teknolojinin devingen yapısına bağlı olarak giderek artan bir yapıdadır. Buna bağlı olarak, ilk akıllı binalar ile günümüzdeki uygulamalar karşılaştırıldığında söz konusu akıllılığın derecelerinin birbirinden farklı olduğu gözlenir. [5] Akıllılık derecesinin artışı, yapının konumuna, fonksiyonuna ve kullanıcılarına bağlı taleplerin artmasına bağlı olarak; bulunan çözümlerin bina alt sistemleri yolu ile yapıya adaptasyonu şeklinde gerçekleşmektedir. Bu süreçlerde mühendislik çalışmalarının amacı, kullanıcıları için konfor ve güvenlik sağlayan optimize edilmiş bir altyapı geliştirmektir. Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemi ve Teknik Bina Yönetimi, binaların altyapısının etkili kontrolü ve izlenmesi için kullanılabilir ve enerji verimliliğini artırmaya yardımcı olabilir. Örneğin klima santrallerinin çalıştırılıp durdurulmasında optimum start-stop prensibi uygulanarak enerji en verimli şekilde kullanılması sağlanmaktadır. Yine klima santrallerinin çalıştırılmasında kullanılacak zaman tabloları ile tatil diğer özel günler için tanımlanacak çalışma modlarıyla enerji tasarrufu sağlanabilir. [4]

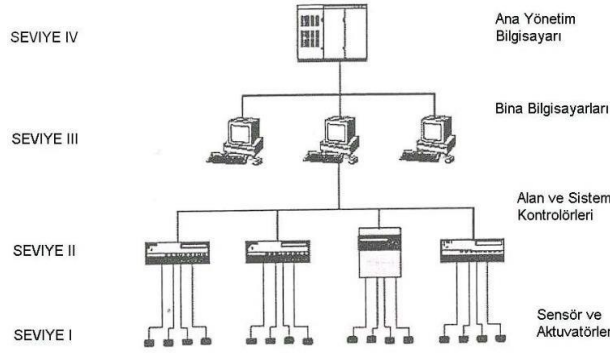
Bina otomasyon sistemi aşağıdaki Görsel 3 ile anlatılmaktadır. Bunların başında otomasyon sisteminin otomatik izleme işlevi gelmektedir. Aydınlatma sistemi çalıştığında enerji tüketimi aktif hale gelir böylelikle dengeli bir tüketim için aydınlatma sisteminin çalışması kontrol edilmelidir.



Görsel 3: Bina Otomasyon Sistemi Şeması

Bu klasik yaklaşımda, kullanıcının gereksinimleri toplandıktan sonra Fonksiyonel-Utilite Programı'na (FUP) dayanarak bir planlama aşaması başlar. Bu aşamanın farklı evrelerinde birçok farklı planlayıcı ve çalışma grubu yer alır. Her ne kadar kendi alanları ve disiplinleri için projeler ve planlar oluşturmak için Bilgisayar Destekli Mühendislik sistemlerini kullansalar da, mühendislik verilerinin elektronik olarak değişimi ve bu gruplar arasındaki işbirliği genellikle minimum düzeydedir. Genellikle, farklı mühendislik aşamaları arasındaki veri alışverişi, düşük düzeyde elektronik alışveriş (örneğin elektronik tablolar veya elektronik belgelerle) temel alınır. Bu planlama ve tasarım sürecinin sonunda, her bir bireysel planlayıcının ve çalışma grubunun gereksinimlerini karşılaması gereken Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemi önerilir. Ek olarak, bu şekilde önerilen Bina Otomasyon ve Kontrol Sistemi'nin kendileri tarafından önerilen bina altyapısının alt sistemlerini bir araya getirmesi gerekmektedir. Bununla birlikte, bu projeler birbirleriyle işbirliği ve uyumluluğu dikkate alınmaz.

Bina Otomasyon Sistemi aşağıdaki Görsel 4'te belirtilmiş seviyelerden oluşmaktadır.



Görsel 4: Bina Otomasyon Sistemi Seviyeleri

**Seviye I:** Bu en düşük seviyede algılayıcı, motorlu vanalar (2yollu ve 3 yollu) vardır. Sadece bir üst seviyeye bilgi alışverişi vardır. Sinyaller örneksel veya sayısal elektrik sinyaliolarak iletilir.

**Seviye II:** Alan ve sistem olarak iki çeşittir. Denetleyiciler arasında etkileşim gerekebilir. Denetleyiciler arasında uygulamaya ya da üreticinin önerisine göre, sıra düzen olabilir. Bazı denetleyiciler özellikle HVAC ve diğer merkezi ısıtma tesislerinde diğerlerini kontrol edebilir. Bu durumlarda birindendiğeri bilgi aktarılabilir. Denetleyiciler yukarı, aşağı, ya da bu seviyede çapraz olarak haberleşebilir. Ölçülen bilgi seviye 1 den gelir. Üst seviyelerden gelen bilgiler iletilmek üzere yine bu seviyeden geçer. [6]

**Seviye III:** Bu seviyede ana bilgisayar bulunur. Denetleyiciler karar alındığında bu seviyeye bilgi yollar. Denetleyicilerde sistem bilgisi buradan sağlanır. Zaman eş zamanlaması veya iç sıcaklık bilgisi buna örnek olabilir. Otomasyon ve enerji yönetim programlarında bu seviyede çalışır. (Örneğin akşam çalışan hava temizleme programı da bu seviyede çalışır).

**Seviye IV:** Sistemin en üst katmanıdır. İsteğe bağlıdır, kontrol edilecek yerlere göre yatırım maliyetlidir. Sistemde birden fazla ana bilgisayar bulunmaz, tek bilgisayar olur.

#### IV. BİNA OTOMASYON SİSTEMİ FAYDALARI

- Bina Otomasyon Sistemin de bütün çalışma periyodları sırasında olabilecek her türlü bilgi sistem aracılığı ile izlenebilecektir.

A) Çalışıyor / Çalışmıyor bilgisi (Vantilatör, aspiratör, pompa, soğutma grubu, kazan, hidrofor, su depoları seviye bilgisi vb),

B) Vana ve damper motorlarının açıklık-kapalılık durumları,

C) Arıza yada alarm durumları (Vantilatör, aspiratör, pompa, soğutma grubu, kazan, hidrofor, su depoları seviye

bilgisi vb).

Bu bilgiler isteğe bağlı olarak ekrandan okunabilecek ve bilgisayarın hafızasında da depolanacaktır. Geçmiş zamanlarda oluşan alarm ve sistem bilgileri de bilgisayarda depolanacak ve istendiğinde bu bilgiler ekranda izlenebilecek ve raporları alınacaktır. Saha elemanları ekranda renkli olarak izlenecek ve sahada oluşan alarmlar ekranda bir uyarı olarak operatöre görüntülü olarak iletilecektir.

- Enerji Tasarrufu; Bina Otomasyon Sisteminin sağladığı faydaların en başında geleni enerji tasarrufudur. Binalarda işletme maliyetinde oldukça yüksek kalemi oluşturan yakıt ve elektrik enerjisi, bu sistem sayesinde sadece ihtiyaç ölçüsünde kullanılmaktadır. Binanın yapısına göre sistem kendini 1,5 ya da 3 yılda amorti etmektedir.
- Sistem kapsamında zaman programı vardır. Belirli bir programa göre (günlük, haftalık, tatil) çalışabilir. Sistem gerektiği zaman çalışıp duracağı için enerji tüketimi azalacaktır.
- Sistemlerin tek bir merkezden kontrolü kolaylığı sağlanarak, hatalar minimuma indirilecektir.
- Cihazların açılıp veya kapanması ile ilgili personelden kaynaklanan hatalar minimuma indirilecektir.
- Cihazların açılıp veya kapanması ile ilgili kontrolü yapan personel sayısı azalacaktır.
- Cihazların çalışma saatleri belirlenerek, periyodik bakım programları hazırlanabilecektir. Periyodik bakımlarının yapılması ile (yağlama, temizleme, filtredeğiştirilmesi gibi) ekipmanların ve sistemin verimi ve ömrü artacaktır. Böylelikle periyodik bakım işlemi için gerekli personel sayısında azalacaktır.
- Sistemden gelen arıza bilgisi ile hatalar en kısa zamanda tespit edilerek ortadan kaldırılması sistemin uzun süreli kullanılabilirliği (ömrünü) artıracaktır. Arızalardan anında haberdar olunup diğer cihazlara sıçramaması da sağlanabilecektir.
- Yedekli çalışan cihazların (pompa vs.) çalışma sürelerine bakılarak çalışma periyodları değiştirilecektir. Böylelikle bir pompanın diğerinden daha çok çalışma gibi durumu ortadan kalkmış olacaktır. Bu durum ortadan kalkarak cihazların verimsiz çalışması ortadan kalkacaktır.

- Sistemde fazla sayıda bulunan klima santralleri veya fan coiller ısıtma ve soğutma değerleri bilgisayar başından sürekli gözlemlendiği için istenilen yeni set değerler hızlıca verilebilecektir.
- Hırsızlık, soygun gibi durumların önlenmesinde, bina otomasyon sistemine bağlanmış darbe algılayıcı detektörler, zor kullanılan kısımlarda, özellikle zemin katlara ait camlı kısımlarda etkili olmaktadır. [7]
- Elektriğin kesilip geri gelmesi durumunda, sistemin devreye tekrar alınması sırasında çektikleri yüksek akım nedeniyle, enerji sisteminin aşırı yüklenmemesi için sistemdeki büyük güçteki cihazların hepsi birden çalıştırılmadan sıralı olarak devreye alınabilecektir. [4]
- Elektrik kesilmesi durumunda sistemde hafıza kaybı olmamakta, bilgisayarlar kapsamlı depolama süreleri ile bütün sistem bilgilerini hafızalarında tutmaktadır.

Sıralanan tüm bu faydaların genelde ortak yönü, işletimde kolaylık ve giderleri minimumda tutabilmektedir. Tüm bunlara ilaveten sistem, kendi bünyelerinde tasarrufa yönelik olarak geliştirilmiş paket enerji yönetim programlarına da sahiptir. İşte bu programların da devreye alınması ile sistemin verimi maksimuma çıkarılarak çok daha büyük tasarruf imkanları sağlanmaktadır.[8]

## V. SONUÇ

Sonuç olarak, bu makale kapsamında bina otomasyon sistemi irdelenmiş, sistemlerin kullanımı ile sağlanan kolaylıklar vurgulanmıştır.

Sistem kontrol ünitesi tarafından denetlenerek süreç esnasında ortaya çıkabilecek aksaklıklar kullanıcıya iletilmektedir. Sistem ve üniteler PC den eşzamanlı olarak izlenmekte gerektiği zaman istenen üniteye müdahale sağlanabilmektedir. Böylece ortam ısısı sabit tutulurken hem de ünitelerin gerekmediği zaman çalışmaları önlenerek enerji tasarrufu yapılmaktadır.

Bu uygulamada kullanılan kontrolörün benzeri ürünler, Honeywell, Siemens, Schneider, Möller, Johnson Controls, Daikin vs. gibi firmalar tarafından gün geçtikçe daha yetenekli bir hale dönüştürülmektedir.

Belirtilen sistemler günümüzde büyük ve ticari binalarda kullanılmaktan çıkmış olup, oteller, üniversiteler, villalar, müstakil yerleşimler için bile rahat, ekonomik ve güvenli bir çözüm olarak uygulamada karşımıza çıkmaktadır.

Üretim ve yazılımda günümüzde gelinen nokta ve üniteler tarafından kullanıcıya sağlanan kullanım kolaylığı, böyle sistemlerin gelecekteki yapılara damgası vuracağını müjdeler niteliktedir.

Ülkemizde böyle yeni sistemlerin daha çok yer alması, sistemlerin tasarımlarının göz kararı veya deneme yanılma yolu

ile değil, akıl, bilgi ve teknik ile yapılması en büyük dileğimizdir.

## KAYNAKLAR

- [1] H. Şahin, Ö. Şahin, "Akıllı Ev Ve Ev Otomasyon Sistemlerinin Güvenlik Ve Koruma Amaçlı Olarak Kullanılması" İzmir 2016.
- [2] Çetin,K. and Şahin, Ö., "Voice Integrated Home Automation and Security System through Telephone Line", 5th International Conference on Electrical and Electronics Eng.(ELECO 2007), 5-9 Aralık 2007, Bursa, s.364-367.
- [3] J. Grela, A. Ozadowicz "Building Automation Planning and Design Tool Implementing EN 15 232 BACS Efficiency Classes" Poland 2016 IEEE
- [4] L. Çimen "Bina Otomasyon Sistemleri"
- [5] H.M. Günaydin, S. Zağpus "Türkiye'de Bina Otomasyon Sistemlerinin Mimarlar Tarafından Algılanması, Akıllı Bina Tasarım Süreci Ve Kalitesi" Vi. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Ve Sergisi
- [6] M. M. Genli, "Bina Otomasyon Sistemleri" Yüksek Lisans Tezi, İstanbul 2005
- [7] S. Aytıs, "Çağdaş Binalarda Güvenlik-Kontrol Sistemleri Ve Otomasyon" Tasarım Kuram Dergisi, Mayıs 1999
- [8] A. Mete "Bina Otomasyon Sistemlerinde Entegrasyon ve BACnet" TMD Üyesi



# Simulation and Advanced Control of a Wind Energy System Chain: A Survey

A.H. ZEBBOUDJ<sup>1\*</sup>, H. AKROUM<sup>1</sup>, M.Z. DOGHMANE<sup>1,2</sup>, K. MADJID<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire d'Automatique Appliquée (LAA), Département d'automatisation et Electrification des Procédés, Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie (FHC), Université M'hamed Bougara-Boumerdes, 35000 Boumerdes, Algeria, a.zebboudj, akroum, mkidouche@univ-boumerdes.dz

<sup>2</sup> DOE, Exploration Division, SONATRACH, Hassi Messaoud, Algeria, MohamedZinelabidine.Doghmane@Sonatrach.dz

**Özet** - PMSG'nin kullanılabilirliği değişken hızda çalışmaya izin vermesidir, bu rüzgardan maksimum gücü elde etmek ve böylece makinenin verimliliğini artırmak için gereklidir. Bir rüzgar hızına karşılık gelen belirli bir dönme hızında çalışmak için, makine bu çalışmaya izin veren bir direnç torku uygulamalıdır. Güç, hız ve torkun çarpımı olduğundan, optimum hızda çalışmak için takip edilmesi gereken bir güç frekansına sahip olmak yeterlidir. Bu nedenle, bu makalede PMSG'nin vektörel bir kontrolü gerçekleştirilmiştir; ikincisi bu araştırma çalışmasının devamında ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Burada ilk olarak bir PI tarafından yapılan geleneksel düzenlemenin rüzgar zincirinin optimizasyonu ve ayarlanması üzerindeki etkisi sunulmuş ve ardından bulanık mantık, kayan mod ve RST kontrolüne dayalı optimizasyon ve ayarlama algoritmalarının tasarım araştırmasına geçilmiştir. Ayrıca, sürekli ve geçici çalışma modları sırasında zincirin dinamik davranışının her türü için farklı test senaryoları gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** - Rüzgar Türbini; PMSG; Regülasyon; Bulanık mantık; Kayar Mod Kontrol; MPPT.

**Abstract** - The usefulness of the PMSG is to allow variable speed operation, this is necessary to extract the maximum power from the wind and thus increase the efficiency of the machine. To operate at a given rotational speed corresponding to a wind speed, the machine must impose a resistive torque allowing this operation. Since power is the product of speed and torque, it is enough to have a power frequency that must be followed to operate at optimal speed. Thus, a vectorial control of the PMSG has been carried out in this paper; the latter has been detailed in the continuation of this research work. Wherein, the impact of conventional regulation by a PI on the optimization and adjustment of the wind chain was first presented, and then we moved on to a design survey of optimization and adjustment algorithms based on fuzzy logic, the sliding mode, and the RST control. Moreover, different test scenarios have been conducted for each type of the dynamic behavior of the chain during the permanent and transient operating modes.

**Keywords** - Wind Turbine; PMSG; Regulation; Fuzzy logic; Sliding Mode Control; MPPT.

## I. INTRODUCTION

Given that the demand for energy has increased considerably in recent years and faced with the more or less long-term depletion of fossil fuels, especially after the oil crisis of 1973, various energy production solutions have been considered, some industrial countries have turned to nuclear energy, others have pursued the policy of renewable energies

with the adaptation of wind turbines [1]. Knowing that the deposits of energy resources, which are based mainly on fossils, can only be exploited for a few decades, which will pose a huge problem in the future. On the other hand, radioactive waste from nuclear power plants poses a real pollution problem. In this title and in the economic framework and to meet the growing needs of civilization, the wind power sector represents an enormous advantage in producing electricity and protecting the environment. In addition to high-power wind generation, more and more small-scale systems are being developed on isolated sites. Wind energy is the cleanest and least expensive energy in the modern world, which explains the strong enthusiasm for this technology, but it cannot itself define an energy policy.

The aero-generator is based on the principle of windmills. The wind turns the blades, which are themselves coupled to a rotor and a generator [2]. When the wind is strong enough (15 km/h minimum), the blades turn and drive the generator, which produces electricity. Among the techniques used in the conversion of mechanical energy into electrical energy, the synchronous generator with permanent magnets PMSG, which is characterized by a large number of poles, has enormous advantages, its use in the wind power conversion chain makes the system variable wind speed more attractive [1, 3]. This type of machine makes it possible to extract a maximum of energy by reducing the mechanical constraints by eliminating the speed multiplier, which improves the reliability of the system and the reduction of maintenance costs, which is why the PMSG took the place of the double-fed asynchronous machine which requires a mechanical multiplier. In order for the wind turbine to provide clean electrical energy ready to be injected into a network [4], whether infinite or isolated, it will be necessary to apply commands to the two static PWM (pulse width modulation) converters (PWM rectifier on the machine side and PWM inverter on the network side) [5]. The first converter is to control the rotation speed of the generator and ensure the optimization of the active power to obtain a power coefficient, which reaches the Betz limit [6]. The second converter is to control the DC bus voltage at the output of the rectifier and also the control of the powers in the network to eliminate reactive power as much as possible and improve the quality of the produced energy [7].

These commands allow the protection of the generator and also the load supplied by the network from which the wind energy



produced is injected. Finally, to obtain more satisfactory results, we will apply advanced controls starting with the adaptive fuzzy control then the control by sliding mode and finally the application of an RST regulator [8, 9].

## II. CONVENTIONAL CONTROL OF THE TURBINE AND PMSG

The goal of the MPPT method is to extract a maximum of power taking into account the variation of the wind speed. Fig .1 shows that at each wind speed, there is a point where the turbine rotation speed is optimal, which corresponds to the maximum extracted power [10]. The reference turbine speed (optimum rotational speed) is calculated using the optimum speed ratio, which in turn corresponds to the maximum value of the power coefficient [1]. The wind speeds for which these results were made are (7.5m/s, 9m/s, 10m/s, 11m/s, 11.5m/s) [4]. To control the speed of the optimal reference the expressed speed was used. This reference is obtained using the MPPT (Maximum Power Point Tracking) technique. The pitch angle of the blades in this study is zero ( $\beta=0$ ). As such:

$$\Omega_{ref} = (\lambda_{opt}.v)/R_t$$

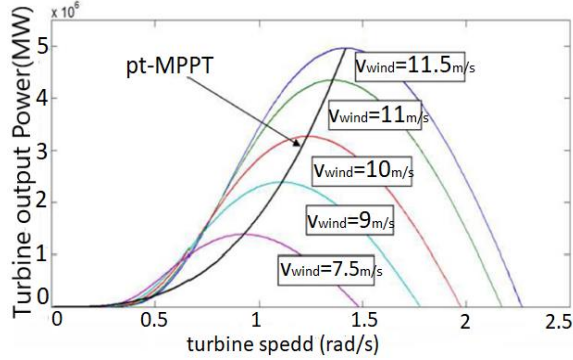


Figure 1: The maximum power depending on the wind speed

### A. Synthesis of PI Regulator

Initially, a control based on PI regulators is carried out. The latter is simple and quick to implement and provides the advantage of having acceptable performance. For the system to be optimized, the exact values of the parameters of the PI regulators must be calculated [11]. We use the pole placement method. The control diagram given in Fig.2 illustrates the operation of the PI speed regulator, such that the input of the regulator is the difference between the reference speed of the turbine and the measured speed, and the output gives the torque electromagnetic reference [12].

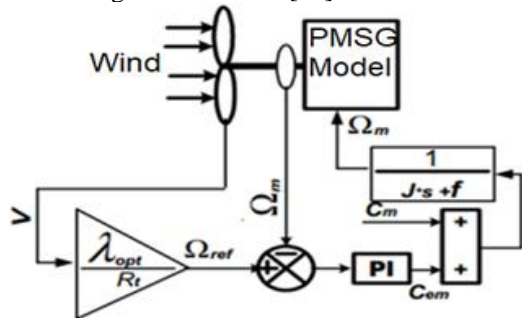


Figure 2: Speed control strategy

First, we will calculate the parameters of the PI using the pole placement method. Since the studied system is linear, we can write the block representing the speed control loop. The closed-loop transfer function is written by:

$$TF = (s.k_p/J + k_i/J) / (s^2 + ((f_v + k_p)/J)s + k_i/J) \quad (1)$$

### B. Active And Reactive Power Control on the PMSG Side

We know that the image of the active power is represented by the current  $I_q$  and the image of the reactive power is represented by the current  $I_d$ , therefore the regulation of the currents allows us indirectly to regulate the active and reactive powers. Vector control with decoupling of current regulation by compensation makes it possible to decouple the  $I_d$  and  $I_q$  currents, which allows us to regulate the two currents separately.

$$\begin{cases} V_d = R_s.i_d + \frac{d\Phi_{sd}}{dt} - \omega_r.\Phi_{sq} \\ V_q = R_s.i_q + \frac{d\Phi_{sq}}{dt} + \omega_r.\Phi_{sd} \end{cases} \quad (2)$$

The decoupling terms are:  $\{e_q = \omega_r.\Phi_q \text{ And } \{e_d = \omega_r.\Phi_d$ . Knowing that  $e_q$  is the e.m.f in sleeve on axis q and  $e_d$  is the e.m.f in sleeve on axis d. Thus, the machine can be presented by the following transfer function:

$$G_{machine}(s) = 1/R_s + s.L_s = (1/R_s).(1/(1 + \tau_e.s)) \quad (3)$$

With  $\tau_e = L_s/R_s$  is the electrical time constant. The input of the regulator is taken as being the difference between the reference current  $I_{dref}$  and the value of the measured current  $I_d$ . The following block diagram shows the procedure of the control law. In order to obtain a unity power factor (the reactive power  $Q=0$ ) the reference direct current is set to zero ( $i_{dref}=0$ )

The closed-loop transfer function is given by:

$$FTBF = (s.k_{pd} + k_{id}) / (s^2.L_s + (R_s + k_{pd})s + k_{id}) \quad (4)$$

The choice of a proper pulsation and a damping factor makes it possible to calculate the coefficients of the PI regulator.

$$\begin{cases} k_{pd} = 2.\xi.\omega_n.L_s - R_s \\ k_{id} = L_s.\omega_n^2 \end{cases} \quad (5)$$

Similarly, with regard to the regulation of the current  $I_q$ , the input of the regulator is the difference between the reference quadratic current  $I_{qref}$  and the measured quadratic current  $I_q$ , the following block diagram shows the regulation loop of the currents  $I_q$  (therefore the regulation active power P).

The reference quadrature current  $i_{qref}$  is calculated as follows

$$P_{mec} = C_{em}.\Omega = C_{em}.\frac{\omega_r}{p},$$

$$C_{em\_ref} = p.( \Phi_{sd}.i_{qref} - \Phi_{sq}.i_{dref} ) \quad (6)$$

Since  $I_{dref}=0$  to eliminate the reactive power, we will then have:

$$i_{qref} = C_{em\_ref} / (p.\Phi_{sq}), \quad \{ \Phi_{sq} = L_q.i_q, \Phi_{sd} = L_d.i_d + \Phi_f$$

Since the regulation loop of the quadratic current  $I_q$  is the same as that of the direct current  $i_d$  (with the exception of the reference) we deduce that they have the same parameters as the previous PI regulator [11], we therefore have PI parameters by pole placement method as follow:

$$\begin{cases} k_{pq} = 2 \cdot \xi \cdot \omega_n \cdot L_s - R_s \\ k_{iq} = L_s \cdot \omega_n^2 \end{cases}$$

C. Simulation Results

We consider a permanent magnet synchronous generator (PMSG) with the following characteristic nominal voltage of 400 V and frequency of 50 Hz

$$L_{sd} = L_{sq} = 8.5 \cdot 10^{-3} (H), p = 4, R_s = 2.875 (\Omega), J = 0.0008 (Kg \cdot m^2), f_v = 0.001$$

The turbine characteristics:

$R_t = 3(m), G = 1, r_o = 1.22 (kg / m^3), \beta = 0$  [6]. A variable wind speed ( $v$ ) is imposed to follow a well-defined function [4]. Fig.3, 4, and 5 show the speed of variation of the wind during a period of 20(s), where this speed varies between a maximum value estimated at 13.5 (m/s) and a minimum value estimated at 7(m/s) [1].

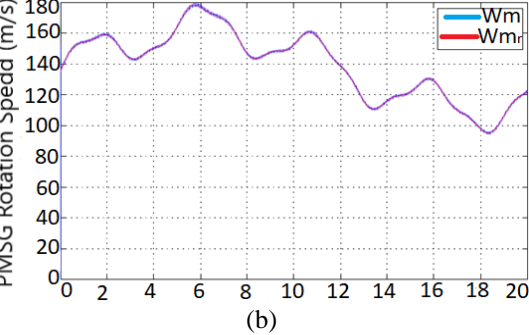
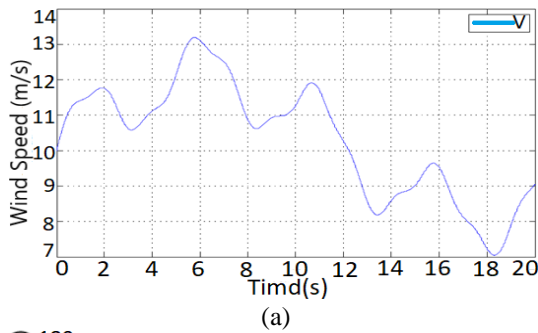


Figure 3: a) Wind Profile, b) Rotation Speed of the PMSG

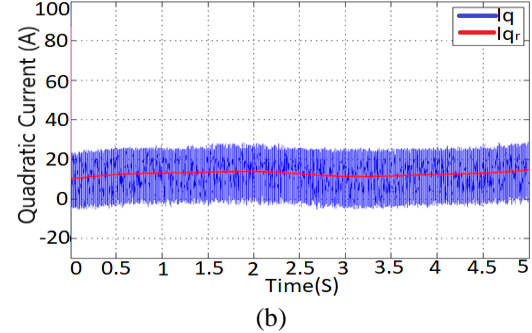
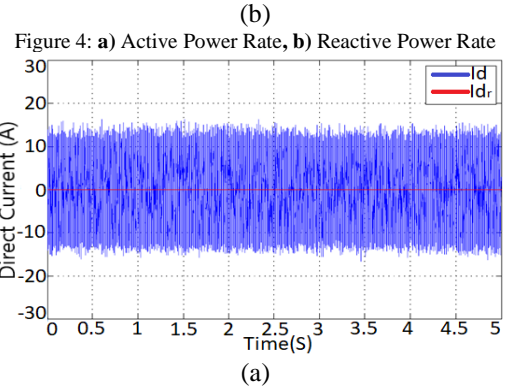
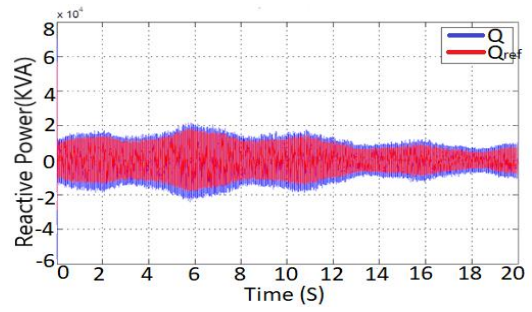
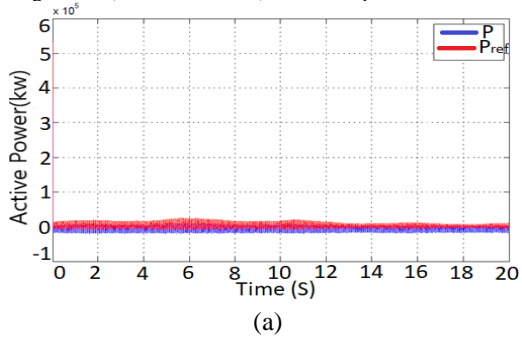


Figure 5: a) Current  $I_d$  rate, b)  $I_q$  Current Rate

III. APPLICATION OF FUZZY CONTROL ON THE WIND CHAIN

A. Fuzzy MPPT

In this study, we will present how to build a fuzzy regulator, and its application to the speed adjustment of the PMSG, we will replace the previous classic speed regulators with fuzzy regulators. The number of variant combinations is infinite [15]. One of the constraints is the limitation of the computation time while preserving the properties of the fuzzy regulator [8]. The majority of developed controllers use the simple scheme proposed by Mamdani, as shown in Figure 6.

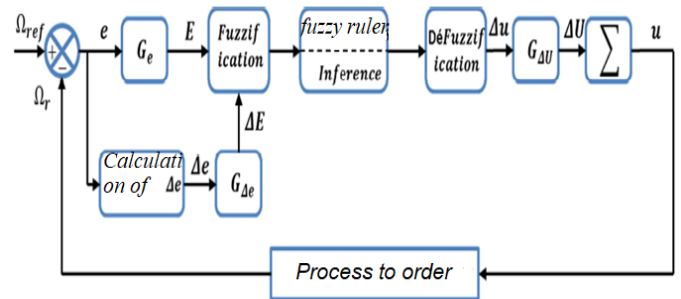


Figure 6: Block Diagram of Fuzzy Speed Controller

The two inputs of the fuzzy controller are the speed error and

its variation. The error ( $e$ ) of the speed is given by the relation:  $e = \Delta\Omega = \Omega_{ref} - \Omega_r$ . The change in velocity error ( $\Delta e$ ) is given by:  $\Delta e = e(t + \Delta t) - e(t) = e(K + 1) - e(k)$

The output of the regulator corresponds to the variation of the command or the electromagnetic torque noted  $\Delta u$

The three quantities are normalized as follows:

$$E = G_e \cdot e, \Delta E = G_{\Delta e} \cdot \Delta e, \Delta U = G_{\Delta u} \cdot \Delta u$$

Where  $G_e$ ,  $G_{\Delta e}$ ,  $G_{\Delta u}$  are normalization gains, these gains allow the determination of the static and dynamic performances of the control law.

### B. Fuzzification

This step deals with the transformation of the numeric values at the inputs into fuzzy values or linguistic variables. The input variables which are the speed error and its variation are subjected to a fuzzification operation and consequently converted to fuzzy sets [8]. The normalized discourse universe of each variable of the controller (the error, its variation and the variation of the command) is subdivided into five fuzzy sets.

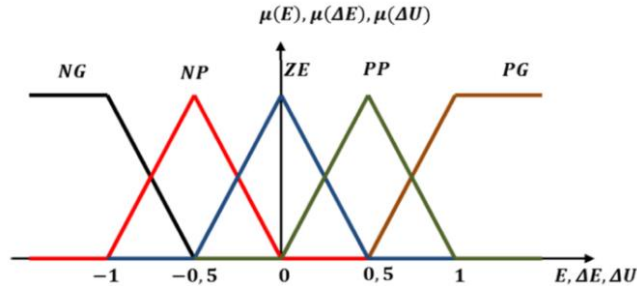


Figure 7: Membership Function of the Different Variables of the Fuzzy Controller

### C. PMSG Speed Adjustment by Fuzzy Controller

The fuzzy control is similar to the classic control (based on a classic PI) except that we will replace the classic controller with a fuzzy controller in order to improve the results.

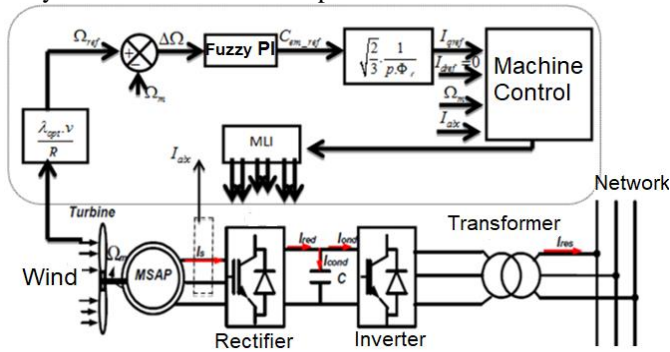


Figure 8: Global structure of a fuzzy setting of the speed of a PMSG ensuring the MPPT of the wind system

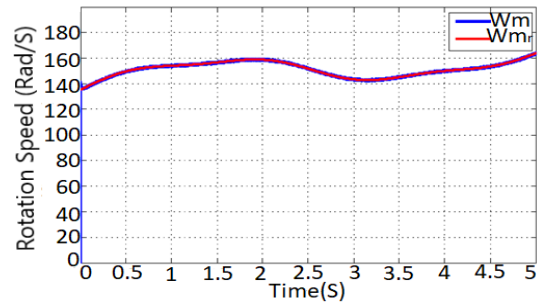
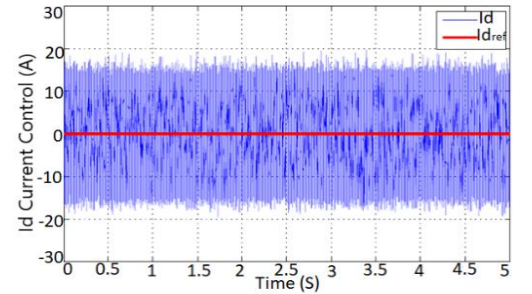
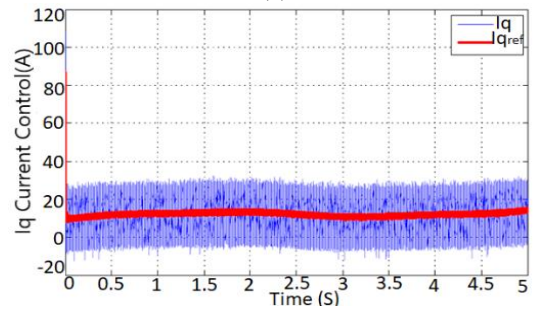


Figure 9: PMSG Rotation Speed Control



(a)



(b)

Figure 10 a) Id control, b) Iq control

The simulation results are satisfactory and better than those found by a classical PI.

### IV. SLIDING MODE CONTROL OF THE PMSG

The sliding mode control SMC is a type of robust command. It is a question of formulating a positive scalar function, to determine the attractiveness condition [16], consider the following Lyapunov function:

$$V(x) = \frac{1}{2} S^2(x) \text{ and } \dot{V}(x) = \frac{\partial V(x)}{\partial S(x)} \cdot \frac{dS(x)}{dt} = S(x) \cdot \dot{S}(x) < 0 \quad (7)$$

Choice of the sliding surface

For  $r=1$  we have  $\Rightarrow S(x) = e(x)$

For  $r=2$  we have  $\Rightarrow S(x) = \dot{e}(x) + \lambda e(x)$  (8)

For  $r=3$  we have  $\Rightarrow S(x) = \ddot{e}(x) + 2\lambda \dot{e}(x) + \lambda^2 e(x)$

We have  $U = U_{eq} + U_{glis}$ .  $U_{eq}$ : an equivalent part that serves to converge the state variables towards their desired behavior [17].  $U_{glis}$ : a sliding part that serves to converge the state variables towards the sliding surface [18]. Where  $U_{eq}$  is deduced from the relation  $\dot{S}(x) = 0$  [19]. The general state equation representing the model is given by [20]:

$$\begin{bmatrix} \frac{dI_d}{dt} \\ \frac{dI_q}{dt} \\ \frac{d\Omega}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{R_s}{L_d} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{R_s}{L_q} & \frac{\Phi_f}{p.L_q} \\ 0 & -\frac{3}{2} \cdot \frac{p.\Phi_f}{J} & -\frac{f_v}{p.J} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_d \\ I_q \\ \Omega \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L_d} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{L_q} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{J} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} u_d \\ u_q \\ C_m \end{bmatrix} \quad (9)$$

Where:

$$A_c = A - BK = \begin{bmatrix} -\frac{R_s + K_{11}}{L_d} & -\frac{K_{21}}{L_d} & -\frac{K_{31}}{L_d} \\ -\frac{K_{12}}{L_q} & -\frac{K_{22} + R_s}{L_q} & -\frac{K_{32} + \frac{\Phi_f}{p}}{L_q} \\ -\frac{K_{13}}{J} & -\frac{\frac{3}{2} \cdot p.\Phi_f + K_{23}}{J} & -\frac{\frac{f_v}{p} + K_{33}}{J} \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$K = \begin{bmatrix} 8L_d - R_s & L_d & -L_d \\ 0 & 8L_q - R_s & 0 \\ 0 & 0 & 3J - \frac{f_v}{p} \end{bmatrix}$$

For the slippery part, let F be the matrix of slip surface coefficients which represent the distance of the state variables from the surface [10]. We have  $A_c^t.F=0$  and  $k_{glis} = -(F^t.B)^{-1} .We$  then conclude for Ud  $F=[1 \ 0 \ 0]^T$ ,  $k_{glis} = -L_d$ . The sliding mode surface  $S_1 = 1.(I_{dref} - I_d)$ . The control law is then as follows:

$$U_1 = -(8L_d - R_s).(I_{dref} - I_d) - L_d I_q + L_d \Omega - L_d .sign(I_{dref} - I_d) \quad (11)$$

We conclude for Uq  $F=[0 \ 1 \ 0]^T$ ,  $k_{glis} = -1/L_q$ , The sliding mode surface  $S_2 = 1.(I_{qref} - I_q)$  [16]. The control law is the as follow:

$$U_2 = -L_d .I_d - 8(L_q - R_s).(I_{qref} - I_q) + L_d \Omega - (1/L_q) .sign(1.(I_{qref} - I_q)) \quad (12)$$

For Cm we conclude  $F=[0 \ 0 \ 1]^T$ ,  $k_{glis} = -1/J$ , The sliding mode surface  $S_3 = 1.(C_{ref} - \Omega)$ . The control law is as follow:

$$U_3 = -J.I_d - (J - (3/2) \cdot p.\Phi_f)I_q - (3J - f_v/J).(C_{ref} - \Omega) - (1/J) .sign(C_{ref} - \Omega) \quad (13)$$

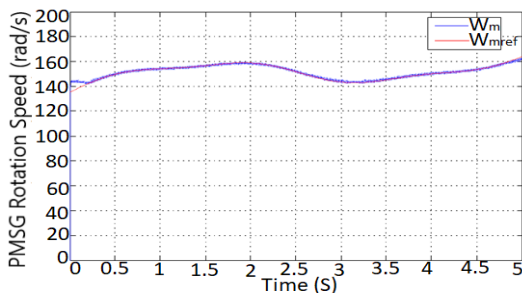
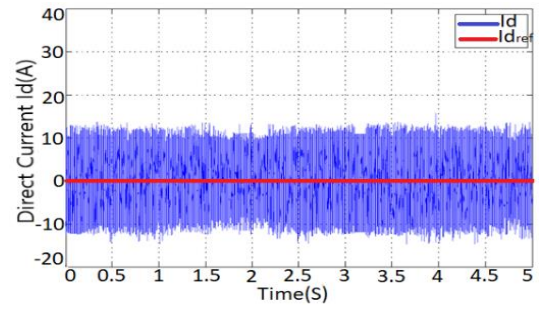
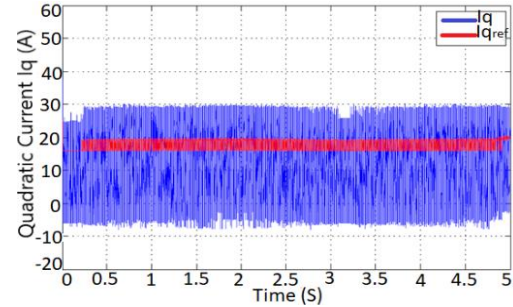


Figure 11: PMSG Rotation Speed Controlled by SMC



(a)



(b)

Figure 12 a) Id controlled by SMC, b) Iq controlled by SMC

## V. CONCLUSION

We have optimized and controlled the wind power conversion chain using a classic regulator and advanced regulators, namely fuzzy logic, sliding mode, and RST control. The results we have obtained confirm that the use of these advanced controls makes it possible to reduce the response time of the control system and to reduce the fluctuations of the transient state. On one hand, it allows the improvement of the optimization by extracting the maximum of the power produced. On the other hand, the various speeds present undulations, which are due to the chattering phenomenon of the static converters, therefore, to remedy this problem, use is made of multicellular converters.

## REFERENCES

- [1]. H. Abouri, F. E. Guezar and H. Bouzahir, "Advanced Control Strategies for Wind Energy Systems," 2020 International Conference on Electrical and Information Technologies (ICEIT), 2020, pp. 1-6, doi: [10.1109/ICEIT48248.2020.9113193](https://doi.org/10.1109/ICEIT48248.2020.9113193)
- [2]. J.S. Lather, S.S Dhillon, S.Marwaha, Modern Control Aspects In Doubly Fed Induction Generator Based Power Systems: A Review, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering Vol. 2, Issue 6, June 2013.
- [3]. A. I. Bratcu, I. Munteanu and E. Ceanga, "Optimal control of wind energy conversion systems: From energy optimization to multi-purpose criteria - A short survey," 2008 16th Mediterranean Conference on Control and Automation, 2008, pp. 759-766, doi: [10.1109/MED.2008.4602183](https://doi.org/10.1109/MED.2008.4602183)
- [4]. Nejra Beganovic, Dirk Söffker, Structural health management utilization for lifetime prognosis and advanced control strategy deployment of wind turbines: An overview and outlook concerning actual methods, tools, and obtained results, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 64, 2016, Pages 68-83, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.083>

- [5]. N. Harrabi, M. Souissi, A. Aitouche and M. Chaabane, "Control of a DC-AC inverter in a wind energy generation system using T-S fuzzy modeling," 2016 3rd Conference on Control and Fault-Tolerant Systems (SysTol), 2016, pp. 660-665, doi: [10.1109/SYSTOL.2016.7739824](https://doi.org/10.1109/SYSTOL.2016.7739824)
- [6]. J.S. Lather, S.S Dhillon, S.Marwaha, Modern Control Aspects In Doubly Fed Induction Generator Based Power Systems: A Review, International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering Vol. 2, Issue 6, June 2013.
- [7]. Mehmood, Saqib, Amin Qureshi, and Anders S. Kristensen. 2020. "Risk Mitigation of Poor Power Quality Issues of Standalone Wind Turbines: An Efficacy Study of Synchronous Reference Frame (SRF) Control" *Energies* 13, no. 17: 4485. <https://doi.org/10.3390/en13174485>
- [8]. Doghmane, M.Z., Bacetti, A., Kidouche, M. (2021). Stick-Slip Vibrations Control Strategy Design for Smart Rotary Drilling Systems. In: Hatti, M. (eds) Artificial Intelligence and Renewables Towards an Energy Transition. ICAIRES 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 174. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-63846-7\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-63846-7_20)
- [9]. J. M. Guerrero, M. Chandorkar, T. Lee and P. C. Loh, "Advanced Control Architectures for Intelligent Microgrids—Part I: Decentralized and Hierarchical Control," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 60, no. 4, pp. 1254-1262, April 2013, doi: [10.1109/TIE.2012.2194969](https://doi.org/10.1109/TIE.2012.2194969)
- [10]. Doghmane, M.Z., Kidouche, M., Eladj, S., Belahcene, B. (2021). Design of Optimal Decentralized Controller Using Overlapping Decomposition for Smart Building System. In: Hatti, M. (eds) Artificial Intelligence and Renewables Towards an Energy Transition. ICAIRES 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 174. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-63846-7\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-63846-7_16)
- [11]. Mendil, C., Kidouche, M., Doghmane, M.Z. (2021). A Study of the Parametric Variations Influences on Stick-Slip Vibrations in Smart Rotary Drilling Systems. In: Hatti, M. (eds) Artificial Intelligence and Renewables Towards an Energy Transition. ICAIRES 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 174. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-63846-7\\_67](https://doi.org/10.1007/978-3-030-63846-7_67)
- [12]. R. Riane, M. Kidouche, R. Illoul & M. Z. Doghmane (2020) Unknown Resistive Torque Estimation of a Rotary Drilling System Based on Kalman Filter, IETE Journal of Research, DOI: [10.1080/03772063.2020.1724834](https://doi.org/10.1080/03772063.2020.1724834)
- [13]. Doghmane, M.Z., Bacetti, A., Kidouche, M. (2021). Stick-Slip Vibrations Control Strategy Design for Smart Rotary Drilling Systems. In: Hatti, M. (eds) Artificial Intelligence and Renewables Towards an Energy Transition. ICAIRES 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 174. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-63846-7\\_20](https://doi.org/10.1007/978-3-030-63846-7_20)
- [14]. Ghaffarzadeh, Hooman, Advanced Control Strategies for Renewable Energy Systems, 13856301. 2019. ProQuest Dissertations Publishing, Washington State University.
- [15]. M. Z. Doghmane, M. Kidouche & A. Ahriche (2021) Decentralized Overlapping Control Design with Application to Rotary Drilling System, IETE Journal of Research, DOI: [10.1080/03772063.2021.1886602](https://doi.org/10.1080/03772063.2021.1886602)
- [16]. C. Mendil, M. Kidouche & M. Z. Doghmane (2021) Hybrid Backstepping Sliding Mode Controller for Stick-slip Vibrations Mitigation in Rotary Drilling Systems, IETE Journal of Research, DOI: [10.1080/03772063.2021.1919217](https://doi.org/10.1080/03772063.2021.1919217)
- [17]. Doghmane, M.Z., Kidouche, M. (2021). Optimal Decentralized State Control of Multi-machine Power System Based on Loop Multi-overlapping Decomposition Strategy. In: Bououden, S., Chadli, M., Ziani, S., Zelinka, I. (eds) Proceedings of the 4th International Conference on Electrical Engineering and Control Applications. ICEECA 2019. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 682. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-6403-1\\_15](https://doi.org/10.1007/978-981-15-6403-1_15)
- [18]. C. Mendil, M. Kidouche, M. Z. Doghmane, Hybrid sliding PID controller for torsional vibrations mitigation in rotary drilling systems, Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science, Vol. 22, No. 1, April 2021, pp. 146~158, DOI: [10.11591/ijeecs.v22.i1.pp146-158](https://doi.org/10.11591/ijeecs.v22.i1.pp146-158)
- [19]. Mendil, C., Kidouche, M., Doghmane, M.Z. (2021). Modeling of Hydrocarbons Rotary Drilling Systems Under Torsional Vibrations: A Survey. In: Hatti, M. (eds) Artificial Intelligence and Renewables Towards an Energy Transition. ICAIRES 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 174. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-63846-7\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-030-63846-7_24)
- [20]. S Dickler, T Kallen, J Zierath, and D Abel, Rapid control prototyping of model predictive wind turbine control toward field testing, 2020 Journal of Physics: Conference Series, Volume 1618, Control and Monitoring. 1618 022068,

# Derin Öğrenme Yöntemleri ile Biyometrik Tanımlama Sistemlerinin Kullanımı

## Use of Biometric Identification Systems with Deep Learning Methods

R.C. AMMAR<sup>1</sup>, A.B. UÇMAK<sup>2</sup>, A. ELNEBHEN<sup>3</sup>, T. HATİP<sup>4</sup> ve Y. DJEHICHE<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Paris Saclay University, France

<sup>2</sup>Selcuk University, Konya/Turkey, [098261001002@lisansustu.selcuk.edu.tr](mailto:098261001002@lisansustu.selcuk.edu.tr)

<sup>3</sup>Selcuk University, Konya/Turkey, [apo613632@gmail.com](mailto:apo613632@gmail.com)

<sup>4,5</sup>Selcuk University, Konya/Turkey, [hatiptesnim@gmail.com](mailto:hatiptesnim@gmail.com)

**Özet** - Güvenlik gereksinimlerinden meydana gelen artış, tanıma ve doğrulama sistemlerine başvurulmasını arttırmıştır. Kimlik doğrulamasının günlük hayatın her alanında karşımıza çıkması ile kullanılan yöntemlerin çeşitliliği arttırmıştır. Bu ihtiyacın giderilmesi hususunda en çok karşımıza çıkan yöntemler biyometrik tanımlama sistemleridir. Benzersiz özelliklerin işlenmesi yoluyla çalışan bu sistemlerde performansın artırılması için çeşitli metotlar kullanılmıştır. Geleneksel metotlarla karşılaştırma yapmaktan ziyade derin öğrenme metotlarının biyometrik tanımlama sistemleri üzerindeki etkinliği karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada en çok tercih edilen biyometrik tanımlama sistemleri yöntemlerinden, parmak izi tanıma, iris tanıma ve yüz tanımda derin öğrenme metotlarının kullanılması anlatılmıştır. Çalışma Literatür çalışması şeklinde yapılmıştır. Çalışmada, belirtilen tanımlama sistemleri için kullanılan derin öğrenme yöntemlerinden girdi olarak görüntülerden faydalanan, görüntü özelliklerini algılama, tanımlama ve işleme gibi özellikleri olan Convolutional Neural Network-CNN 'nin çoğunlukla tercih edildiği görülmüştür. Daha hassas veri işlenmesi gerektiği durumlarda U-Net ve Kapsül Ağ Mimarisi 'ne de başvurulduğu görülmüştü.

**Anahtar Kelime-** Derin öğrenme, biyometrik tanımlama, CNN

**Abstract** -The increase in security requirements has increased the use of recognition and verification systems. As identity verification appears in every aspect of daily life, the variety of methods used has increased. The most common methods to meet this need are biometric identification systems. Various methods have been used to increase the performance of these systems, which work by processing unique features. Rather than making a comparison with traditional methods, the effectiveness of deep learning methods on biometric identification systems emerges. In this study, the use of deep learning methods in fingerprint recognition, iris recognition and face recognition, which are the most preferred biometric identification systems methods, is explained. The study was conducted as a literature study. In the study, it was seen that Convolutional Neural Network-CNN, which uses images as input from the deep learning methods used for the specified identification systems and has features such as detecting, defining and processing image features, is mostly preferred. It was seen that U-Net and Capsule Network Architecture were also used when more sensitive data processing was required.

**Keywords-** Lesson learning, biometric identification, CNN

### I. GİRİŞ

Günümüzde güvenilir yöntemlerle kimlik kontrolü yapmak önem kazanmaktadır. Her alanda karşımıza çıkan kimlik denetimlerinin ve izinlerinin güvenli bir şekilde yapılması, çeşitli yöntemler geliştirilmesi ihtiyacını doğurmuştur. Günlük yaşamın artan hızına paralel olarak kimlik doğrulama sistemlerinin de hızlanması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Kişilerin tanımlanması temel gereklilik halini almıştır. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda biyometrik tanımlama sistemleri öne çıkmaktadır. Şifreler, kartlar gibi kolay unutulabilen ya da yetkisiz kişilerce elde edilebilen klasik yöntemlerin aksine biyometrik sistemler, kişilere özgü benzersiz parmak izi, yüz, iris, retina, el geometrisi, ses gibi fiziksel ve davranışsal özellikleri kullanır [1]. Bu özelliklerin ortaya çıkarılması, kullanılması ve işlenmesi konusunda çok başarılı performanslar ortaya koyması nedeniyle derin öğrenme yöntemlerinin kullanılması tercih edilmektedir [2].

### II. DERİN ÖĞRENME

Yapay sinir ağları, insan beyninin çalışma sistemlerinden esinlenerek oluşturulmuş bir yaklaşımdır [3].

Derin öğrenme, yapay sinir ağlarını kullanarak, verileri belirli özelliklere göre inceleyip analiz eden, elde ettiği sonuçlara göre karar veren makine öğrenmesi alt dalıdır [4]. Bir makine öğrenme algoritmasının tahmininde yanılması durumunda gerekli düzeltme ve ayarlamaların yapılması gerekir. Fakat derin öğrenme yöntemlerinde, varsayımın doğruluğuna veya yanlışlığına algoritma karar verir, gerekli verileri kullanarak ayarlamaları yapar [5]. Bununla beraber yapay sinir ağlarını kullanarak, çok boyutlu veriler üzerinde çalışabilir. Derin öğrenme yöntemlerinin çok boyutlu veriler üzerinde çalışması, görüntünün tespit edilmesi, algılanması ve tanımlanması gibi görüntü işleme alanında başarılı çalışmalar yapılmasına olanak sağlamıştır [6].

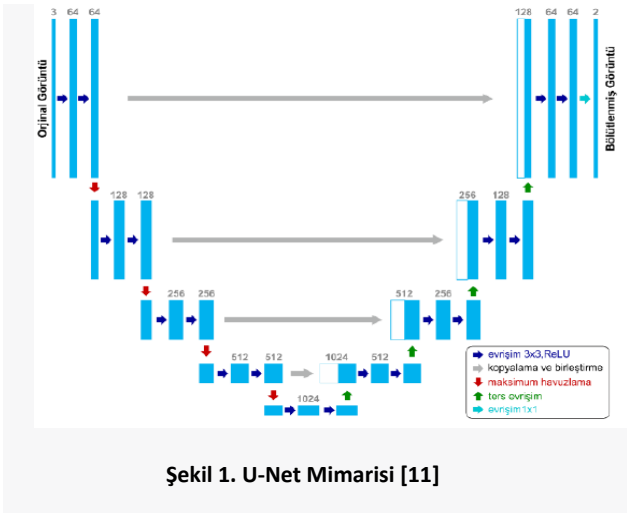
Derin öğrenme; performans üzerindeki etkisi, veri bilimindeki ve sayısındaki gelişmeler, işlemci ve grafik işlemci teknolojilerindeki ilerlemeler, karar verici bir kullanıcıya ihtiyaç duymaması gibi nedenlerle birçok çalışmada tercih edilmektedir [7].

### III. BİYOMETRİK TANIMLAMA SİSTEMLERİ

#### A. Parmak İzi Tanıma

Biyometrik tanımlamada sıklıkla kullanılan yöntemdir. Her insana özgü olması ve yaşam boyunca değişmemesi nedenleriyle yüzyıllar boyunca tercih edilen sistemdir [1]. Parmak izi tanıma sisteminin amacı, daha doğru ve daha hızlı algılamaya sağlamaktır [8]. Kimlik doğrulama ve tanımlama amacıyla kullanılan parmak izi tanımlama sistemi diğer biyometrik sistemlerden daha yaygın ve ucuz olmasına rağmen, işleme karmaşıklığının fazla olması gibi dezavantajları da vardır [9]. Parmak izi bilgilerini kullanarak özellik çıkarma ve eşleştirme gerçekleştirmek için genellikle çok büyük boyutlu parmak izi veri tabanı ile çok sayıda karşılaştırma işlemi gerektirir [8]. Parmak izi tanımlaması, dokunulan nesne üzerinde oluşan parmak izi şeklinin karşılaştırılması ile yapılır. Parmak izi tanıma sistemi beş ana basamaktan oluşur: görüntü elde etme, ön işleme, özellik çıkarma, parmak izi eşleştirme ve sınıflandırma. Tüm bu basamakların gerçekleştirilmesi ve dijital istemlere uyarlanması için derin öğrenme yöntemleri kullanılmıştır [10].

Parmak izi tanımlama ve sınıflandırmada kullanılan derin öğrenme metodlarından biri U-Net (U-shaped encoder-decoder network architecture – U şeklindeki kodlayıcı-kod çözücü ağ mimarisidir) [10]. U-Net, görüntü işlemede görsellerdeki detayları daha iyi tespit etmek amacıyla ile görüntüyü kendi içinde parçalara ayıran bir derin öğrenme metodudur. Bu metotta Şekil 1. De görüldüğü gibi kodlayıcı ve kod çözümler bulunur ayrıca şekli U harfine benzer [11]. U-Net mimarisini ile kodlama aşamasında daha az uzamsal veri ile kod çözme aşamasında daha çok çıktı elde edilir [10].



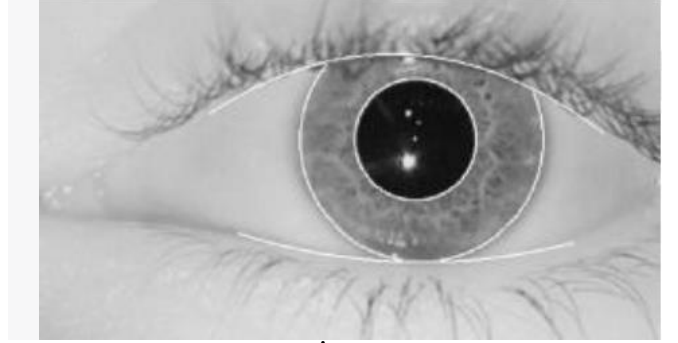
Şekil 1. U-Net Mimarisi [11]

Parmak izi tanımlamada ve sınıflamada, bu işin temeli olarak da kabul edilen bir diğer derin öğrenme metodu, evrişimli sinir ağı (CNN-ESA)'dır [7]. Bu yöntemde, 2 boyutlu veriler kullanılarak, en az seviyede ön işleme ihtiyacı duyulacak şekilde görüntü analizi sağlanır [5]. Çok katmanlı olan CNN özellikle görüntü işleme işlemleri için kullanılmaktadır. Parmak izi görüntüsünün

tüm özelliklerini ortaya koyacak şekilde filtreleme yapar ve istenilen özellikleri belirginleştirecek şekilde filtreleme yaparak özellikle sınıflandırma işlemlerinde başarılı sonuçlar ortaya koyar [3].

#### B. İris Tanıma

Biyometrik tanımlama sistemleri içerisinde tercih edilen güvenilir yöntemlerden birisi iris tanımadır [12]. İris, gözün renkli bölümündeki benzersiz şekilleri ölçer. İris tanımda, veri olarak irisin fotoğrafının yüksek çözünürlüklü siyah/beyaz fotoğrafı kullanılır [1]. Görüntü kalitesinin düşüklüğü bu sistemlerin performansı üzerinde olumsuz etki eder. Gözlük ya da kontakt lens kullanımı etkinliği üzerinde etki etmez [13]. Biyometrik tanımlamada iris verisinin kullanılmasının tercih edilmesindeki en önemli nedenler; her insana ait benzersiz veri olması, kalıtsal etkilerden en az derecede etkilenmesi, kalıtsal hastalıkların et etmemesi, soy, eşey gibi etkenlerden etkilenmemesi, kişiler ölünceye dek değişmemesidir [1]. İris tanıma daha çok kimlik doğrulama için kullanılmaktadır.



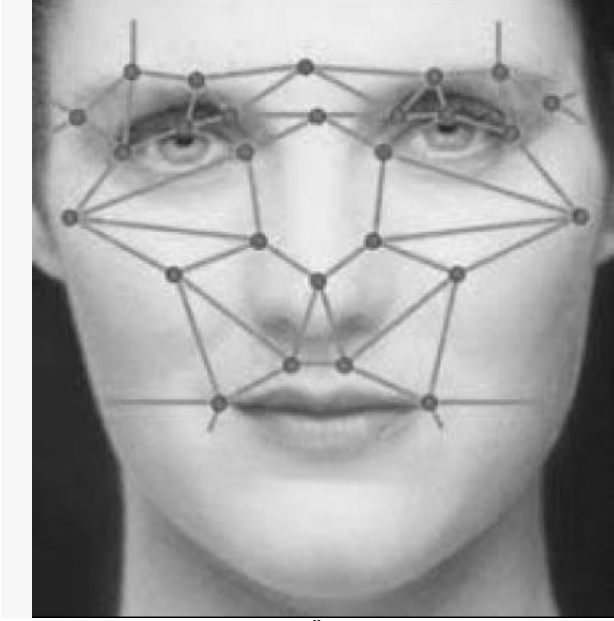
Şekil 2. İris Yapısı [14]

İris tanımda geleneksel metodların kullanılması daha basit ve hızlı olmasına rağmen karmaşık durumlarda müdahale gerektirir ve önceden elde edilmiş alan bilgisine ihtiyaç duyulur. Derin öğrenme yöntemleri ise özellikleri ayar gerektirmeden otomatik öğrenerek görüntü segmentasyonunu arttırmıştır. Evrişimli sinir ağları (Convolutional neural network-CNN) sıklıkla kullanılan derin öğrenme yöntemidir [12]. CNN, görüntülerin sınıflandırılması, algılanması gibi görme öğrenmelerinin performansında artış sağlamıştır [15]. CNN sınırlı giriş verisi ile kapsamlı çıkış verileri üretir. İris üzerinde yapılan çalışmalarda, irisin doku özellikleri ve karmaşıklığı nedeniyle hassas durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu hassasiyetin kimlik doğrulama üzerindeki etkisini kırmak için CNN kullanılması tercih edilmektedir [12].

CNN'lerde kullanılan sınırlı çalışma verisi aşırı uyumdan etkilenebilmektedir. Burada kullanılan veri çoğaltma yaklaşımı sınırlı örneklem sorununu çözemez. Bu sorun hassas bilgilerin kaybı ile parazitlere karşı hassas hale getirir. Bütün bunlar göz önüne alınarak CNN'ler ile birlikte, iris tanıma sistemlerinde kapsül ağlar da kullanılmaktadır. Bu yapı görüntünün bütün alanları üzerinde bütün geometrik şekiller arasında ilişkileri toplar ve depolar. Böylelikle CNN'lere göre daha az veri ile daha fazla ve hassas eğitilebilir veri oluşturur [15].

### C. Yüz Tanıma

Yüz tanıma, kimlik doğrulama yöntemlerindedir. Yüzün görüntüsü üzerindeki özelliklerin çıkarılması her bir özellik için kıyaslama yapılması şeklinde çalışır. Burun, göz çukuru, elmacık kemiklerinin yapısı, çene uzunluğu gibi parametreler kullanılır [14]. Yüz tanımlaması yüzün elde edilen bütün görüntüsü ile yapılabileceği gibi yüzün bazı özelliklerinin karşılaştırılması ile de yapılır. Yüzün zaman içerisinde değişiklik gösterebilecek özellikleri (saçın rengi veya şekli gibi) dikkate alınmaz [1].



Şekil 3. Yüzün Bazı Özelliklerinin Tespiti [1]

Yüz tanıma işlemlerinde, geleneksel yöntemlerin özellikleri tek boyutlu ele alması ve verilerin değişebilir özellikte olmasından kaynaklanan sorunları ve ışık, mimik, poz verme gibi etkilerden kaynaklanan aksaklıklar nedeniyle evrişimli sinir ağlarına (Convolutional neural network-CNN) sıklıkla başvurulur. CNN 'nin tercih nedenlerinden en önemlisi bu ağların görüntü özelliklerinin çıkarılması ve karşılaştırılması için çok katmanlı işlemler kullanmasıdır [16]. Evrişimli bir katmanın amacı girdi verilerinden özellikleri çıkarmaktır. Her bir katman elde edilen sonuçlarda bir veri kümesi oluşturur ve diğer katmana aktarır. Böylelikle yüz tanımda karşılaşılabilecek sorunlar her bir katmanda filtrelenerek giderilir [17].

### IV. SONUÇ

Bu çalışmada derin öğrenme yöntemleri ile biyometrik tanımlama sistemlerinde kullanımı üzerine bir

inceleme yapılmıştır. Yapılan literatür taramasından elde edilen sonuçlara göre parmak izi, iris ve yüz tanıma metodlarında ilk olarak Convolutional Neural Network-CNN yönteminin tercih edildiği görülmüştür. CNN yönteminin diğer makine öğrenmesi ve metodlarına göre veriyi işlerken karşılaşılan sorunlarda müdahale edecek bir kullanıcıya ihtiyaç duymaması, işlemleri otomatik öğrenmeler şeklinde yapması ve çoklu katman yapısı kullanması nedeniyle hassasiyetin artması ve daha az girdi verisiyle daha çok sonuç elde edilmesi olduğu görülmüştür.

### KAYNAKLAR

- [1] MANAV, C., *Görüntü İşleme Yardımı İle Kimlik Tespiti*, in *Fen Bilimleri Enstitüsü*. 2010, Gazi Üniversitesi
- [2] KORICHI, M., A. KORICHI, and M. KHERALLAH, *An Effective Personal Identification System Using Hand Dorsal Modality and Deep Learning Approach*, in *International Arab Conference on Information Technology (ACIT)*. 2022.
- [3] DOĞAN, F. and İ. TÜRKÖĞLU, *Derin Öğrenme Modelleri ve Uygulama Alanlarına İlişkin Bir Derleme*. DÜMF Mühendislik Dergisi, 2019. **10**(2): p. 409-445.
- [4] ŞAHİN, R.R., M. NAMDAR, and A. BAŞGÜMÜŞ, *Deep Learning Based Masked Face Detection(Derin Öğrenme Temelli Maskeli Yüz Tanıma)*, in *Ahi Evran 2nd International Conference on Scientific Research*. 2022.
- [5] AALAMI, N., *Derin Öğrenme Yöntemlerini Kullanarak Görüntülerin Analizi*. ESTUDAM Bilişim Dergisi, 2020. **1**(1): p. 17-20.
- [6] AKTAŞ, A., *Derin Öğrenme Yöntemleri İle Görüntü İşleme Uygulamaları*, in *Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı*. 2020, Marmara Üniversitesi.
- [7] İNİK, Ö. and E. ÜLKER, *Derin Öğrenme ve Görüntü Analizinde Kullanılan Derin Öğrenme Modelleri*. Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (GBAD), 2017. **6**(3): p. 85-104.
- [8] Rim, B., J. Kim, and M. Hong, *Fingerprint classification using deep learning approach*. Multimedia Tools and Applications, 2021. **80**(28-29): p. 35809-35825.
- [9] Saeed, F., M. Hussain, and H.A. Aboalsamh, *Automatic Fingerprint Classification Using Deep Learning Technology (DeepFKTNet)*. Mathematics, 2022. **10**(8).
- [10] Pan, M.S., et al., *Optimization fingerprint reconstruction using deep learning algorithm*. 2022 17th International Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology Conference (Impact), 2022.
- [11] TOPTAŞ, M. and D. HANBAY, *Mikroskopik Kan Hücre Görüntülerinin Güncel Derin Öğrenme Mimarileri ile Bölütlemesi*. Mühendislik Bilimleri ve Araştırmalar Dergisi, 2023. **5**(1): p. 135-141.
- [12] SARDAR, M., S. BANERJEE, and S. MITRA, *Iris Segmentation Using Interactive Deep Learning*. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 2020. **8**: p. 219322 - 219330.
- [13] AL-ZANGANAWI, A., *Human Biometrics Detection And Recognition System Using Svm And Genetic Algorithm Iris As An Example*, in *Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği*. 2021, Altınbaş Üniversitesi.
- [14] İNEL ÖZKİPER, Z., *Biyometrik Kimlik Tanımlama Sistem Tasarımı* in *Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Bilgisayar Mühendisliği Programı*. 2019, Haliç Üniversitesi.
- [15] ZHAO, T., et al., *A Deep Learning Iris Recognition Method Based on Capsule Network Architecture*. 2019.
- [16] WANG, M. and W. DENG, *Deep Face Recognition: A Survey*. Neurocomputing, 2021: p. 215-244.
- [17] GUO, G. and N. ZHANG, *A Survey On Deep Learning Based Face Recognition* Computer Vision and Image Understanding, 2019. **189**.





# Yüksek Gerilim Elektrik Hatlarından Kaynaklı Elektromanyetik Alanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

## The Effects of Electromagnetic Fields from High Voltage Power Lines on Human Health

B. SOYLU<sup>1</sup> ve H. H. ÇEVİK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ), Konya/Türkiye, bilal.soylu@teias.gov.tr

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya/ Türkiye, hasanhcevik@selcuk.edu.tr

**Abstract** - During the generation, transmission and consumption of electrical energy, electromagnetic fields (EMF) occur that can affect human health. Epidemiological and experimental studies are carried out to determine the health problems caused by exposure in people exposed to these electromagnetic fields originating from high voltage power lines. In this article, studies examining the effects of EMF originating from high voltage power lines on human health were investigated. In studies investigating various health problems thought to be caused by EMF, definite judgments could not be reached, and it was stated that it is important for scientific and public health to continue research on this subject.

**Keywords** – EMF, Electromagnetic Field, High Voltage Power Line, Exposure, Human Health

**Özet**- Elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve tüketimi sırasında insan sağlığını etkileyebilecek elektromanyetik alanlar(EMA) oluşmaktadır. Yüksek gerilim elektrik hatlarından kaynaklı bu elektromanyetik alanlara maruz kalan insanlardaki maruziyet kaynaklı sağlık problemlerini belirlemek için epidemiyolojik ve deneysel çalışmalar yapılmaktadır. Bu makalede yüksek gerilim elektrik hatlarından kaynaklı EMA'nın insan sağlığı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar araştırılmıştır. EMA'nın sebep olduğu düşünülen çeşitli sağlık sorunlarının araştırıldığı çalışmalarda kesin yargılara varılamamış olup bununla ilgili daha çok araştırma ve çalışmanın yapılmasının bilimsel ve insan sağlığı açısından önemli olduğu belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** – EMA, Elektromanyetik Alan. Yüksek Gerilim Elektrik Hattı, Maruziyet, İnsan Sağlığı

### I. GİRİŞ

Günümüzde elektrik enerjisi, modern toplumların vazgeçilmez bir ihtiyacı haline gelmiştir. Elektrik enerjisi üretimi, iletimi ve dağıtımı için yüksek gerilim elektrik hatları geniş bir yaygınlığa sahiptir. Ancak, yüksek gerilim hatlarından kaynaklanan elektromanyetik alanların insan sağlığı üzerindeki etkileri, uzun süredir tartışma konusu olmuştur.

Elektromanyetik alanlar, elektriksel yüklerin hareketi sonucunda oluşan, elektrik ve manyetik bileşenleri olan dalgadır. Elektrik hatlarından geçen yüksek akım, elektromanyetik alanların kaynağıdır. Elektrik akımı, hatlarda

taşıyan elektronların hareketinden kaynaklanır ve bu akım, elektrik hatlarından geçtiği sürece elektromanyetik alanların oluşmasına neden olur[1].

Bu makalenin amacı, yüksek gerilim elektrik hatlarının insan sağlığı üzerindeki etkilerini incelemektir. İnsanlar günlük yaşamlarında bu alanlara maruz kaldığı için elektromanyetik alanların insan sağlığına etkileri hakkında daha fazla bilgi edinmek önemlidir. Elektromanyetik alanların biyolojik etkileri, elektrik hatlarından kaynaklanan elektrik ve manyetik alanların etkileşimiyle ilişkilendirilir. Bu etkiler arasında kanser, elektromanyetik hassasiyet, kısırlık, uyku bozuklukları ve diğer sağlık sorunları bulunabilir.

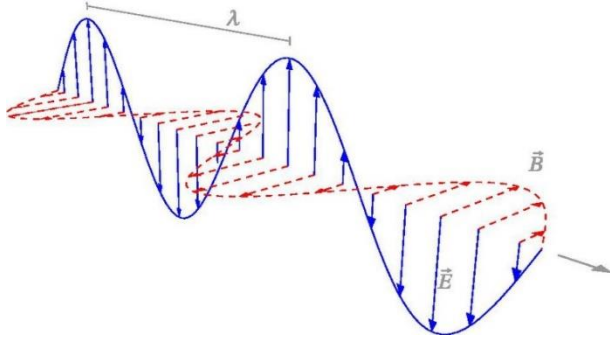
Bu makalede, elektromanyetik alanla ilgili temel bilgiler, yüksek gerilim elektrik hatları ile ilgili temel bilgiler, elektromanyetik alanın birimleri ve limit değerleri, insanların elektromanyetik alana maruz kalma yolları gibi temel bilgiler sunulacak ve elektromanyetik alanların insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkileri ele alınacaktır. Ayrıca, elektromanyetik alanla ilgili ulusal ve uluslararası standartlar ve yönergeler incelenecek, araştırmalar ve çalışmalar değerlendirilecektir.

### II. ELEKTROMANYETİK ALANLA İLGİLİ TEMEL BİLGİLER

Elektromanyetik alan, elektrik yükleri ve akımları tarafından oluşturulan ve elektromanyetik kuvvetlerin etkileşimine neden olan bir fiziksel alan türüdür. Elektromanyetik alan, elektrik alan ve manyetik alandan oluşur. Elektrik alan, bir elektrik yükü etrafında bulunan bir alandır ve elektrik yüklerinin diğer yükler üzerindeki etkileşimini tanımlar. Bir yük, elektrik alanının varlığı nedeniyle kuvvetler hisseder ve bu kuvvetler yükler arasında itme veya çekme kuvvetleri olarak ortaya çıkar. Manyetik alan ise manyetik materyallerin etrafında bulunan bir alandır ve manyetik yüklerin etkileşimini tanımlar. Manyetik alan, manyetik yükler üzerinde kuvvetler oluşturur ve manyetik alanın yönü manyetik alan çizgileriyle temsil edilir. Elektrik akımları, manyetik alanları üretir ve bu manyetik alanlar, başka akımlar veya manyetik materyaller üzerinde etkileşimlere neden olur.

Elektrik akımı taşıyan her cihaz gibi, elektrik hatları da elektromanyetik alanlar (EMA'lar) olarak adlandırılan elektrik ve manyetik alanlar üretir. Elektrik alanları metre başına

kilovolt (kV/m) ve manyetik alanlar mikrottesla ( $\mu\text{T}$ ) cinsinden ölçülür[2].



Şekil 1: Elektromanyetik Dalga

Elektromanyetik alanın temel denklemleri, James Clerk Maxwell tarafından formüle edilmiştir ve Maxwell denklemleri olarak bilinir. Bu denklemler, elektromanyetik alanın davranışını açıklar ve elektromanyetik dalgaların yayılmasına izin verir. Maxwell denklemleri, elektrik ve manyetik alanlar arasındaki etkileşimi, elektromanyetik dalgaların hızını ve elektromanyetik radyasyonun diğer özelliklerini açıklar[3].

Elektrik alan ve manyetik alanın davranışlarını Maxwell denklemleri tanımlar. Bu denklemler dört maddeden oluşur ve her biri ayrı ifadeyi tanımlar. Bu eşitsizlikler;

- Elektrik yüklerin nasıl elektrik alan ürettiğini,
- Manyetik yükün olmadığını,
- Akım ve değişen elektrik alanların nasıl manyetik alan ürettiğini,
- Değişen manyetik alanların nasıl elektrik alanları ürettiğini matematiksel olarak ifade eder. Maxwell denklemleri vektörel olarak aşağıdaki gibi yazılabilir[3]:

$$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho, \quad (2.1)$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0, \quad (2.2)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (2.3)$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} - \mathbf{M}, \quad (2.4)$$

Denklemlerdeki ifadelerden,  $\mathbf{D}$  elektrik akı yoğunluğunu,  $\mathbf{B}$  manyetik akı yoğunluğunu,  $\mathbf{H}$  manyetik alanı,  $\mathbf{E}$  elektrik alanı,  $\mathbf{J}$  elektrik akım yoğunluğunu,  $\rho$  elektrik yük yoğunluğunu,  $\mathbf{M}$  manyetik akım yoğunluğunu tanımlar. Bu tanımlardan  $\mathbf{J}$ ,  $\rho$  ve  $\mathbf{M}$  EMA'nın kaynaklarıdır.  $\mathbf{M}$  matematiksel kolaylık olması bakımından tanımlanmış hayali bir kaynaktır. Manyetik akımın gerçek kaynağı, aslında elektrik akım döngüsüdür. Manyetik alanı oluşturacak manyetik yük yoktur. Elektrik akımı ise yüklerin hareket etmesiyle oluşmaktadır; bu da elektromanyetik alanın nihai kaynağının elektrik yük yoğunluğu ve bunun zamanla evrimi olduğunu gösterir[3].

Elektromanyetik alanın uygulamaları oldukça geniş bir alana yayılır. Elektrik, elektronik, iletişim, radyo ve televizyon teknolojileri, tıbbi görüntüleme (MR), radar, mikrodalga fırınlar ve optik gibi birçok alanda elektromanyetik prensiplerden yararlanılır.

Elektromanyetik alan(EMA) konusunda her ülke ulusal ve

uluslararası standartlara göre kendi limit değerlerini belirlemiştir. Bununla birlikte Avrupa Birliği'ne üye ülkeler ve ABD dahil olmak üzere birçok ülkede ortak kabul gören sınır değerler bulunmaktadır. Bu sınır değerler Dünya Sağlık Örgütü (WHO-World Health Organization) tarafından da tanınan ve uluslararası bir komisyon olan İyonize Olmayan Radyasyondan Koruma Komisyonu (ICNIRP-International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) tarafından günde 24 saat maruz kalındığı kabulüyle belirlenmiştir[4]. Ayrıca Tablo 1'de bazı uluslararası kuruluşların da elektromanyetik alan maruziyeti için farklı limit değerler belirlediği görülmektedir.

Tablo 1: Uluslararası kuruluşlar EMA maruziyet limitleri[5]

Kuruluş	Maruz Kalanlar	EMA (kV/m)
IRPA (Uluslararası Radyasyondan Korunma Derneği)	Çalışanlar	25
	Halk	5
CENELEC (Avrupa Elektroteknik Standardizasyon Komitesi)	Çalışanlar	30
	Halk	12
NRPB (Ulusal Radyolojik Korunma Kurulu-İngiltere)	Çalışanlar	21
	Halk	21
BFE (Hassas Mekanik ve Elektrik Mühendisliği Ticaret Birliği)	Çalışanlar	66,7
	Halk	13,3
ACGIH (Amerikan Ulusal Endüstriyel Hijyen Uzmanları Konferansı-ABD)	Çalışanlar	25
	Halk	-
ICNIRP (İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu)	Çalışanlar	25
	Halk	5

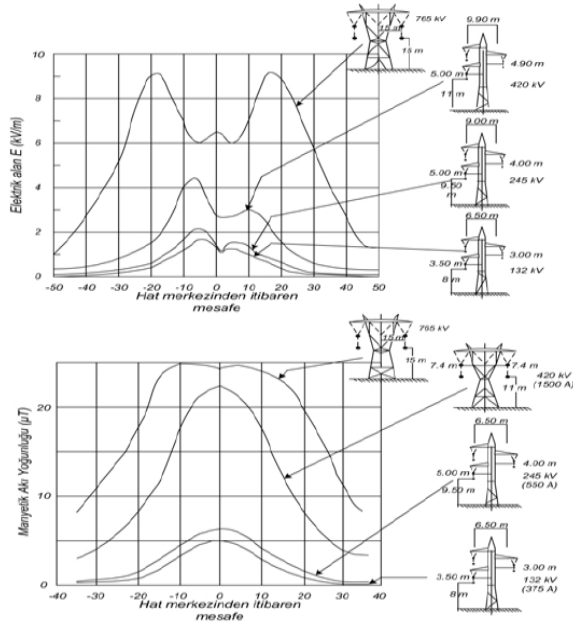
### III. YÜKSEK GERİLİM ELEKTRİK HATLARI VE ELEKTROMANYETİK ALANLARI

Yüksek gerilim elektrik hatları, elektrik enerjisini uzak mesafelere taşımak için kullanılan büyük çaplı iletim hatlarıdır. Elektrik enerjisinin uzak mesafelere aktarılmasının en ekonomik ve verimli yolu yüksek gerilimle sağlanır. Yüksek gerilim elektrik hatları; yüksek gerilim direkleri, izolatörler, iletkenler ve bazı hırdavat malzemelerinden oluşur.

Elektromanyetik alanlar, frekans aralığına göre çok düşük frekans (VLF) ve aşırı düşük frekans (ELF) olarak ayrılır. Genel olarak, elektromanyetik spektrumun ELF bölgesi 3 ila 3000 Hz arasındaki frekanslar olarak tanımlanır. Bu alanlar yüksek gerilim elektrik hatları, elektrikli cihazlar vb. tarafından üretilir [6, 7].

EMA'lerin bölgesel dağılımını haritalandırmak amacıyla dünya çapında yüksek gerilim elektrik hatları çevresinde birçok ölçüm gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalara göre, 380/400 kV ileten taşıyan büyük bir elektrik direği, doğrudan direğin altında yaklaşık 10-20 T'lik bir manyetik alan ve yaklaşık 3-5 kV/m'lik bir elektrik alanı üretir. Bu değerlerin hattın

yanlarından uzaklaştıkça (ters kare yasası) düştüğü Şekil 2’de çeşitli yüksek gerilim elektrik hattı örneklerinde yapılan ölçümlerde gözükmektedir [8].



Şekil 2: Çeşitli Yüksek Gerilim Elektrik Hattı Kaynaklı Elektrik ve Manyetik Alanlar [9]

#### IV. YÜKSEK GERİLİMİ ELEKTRİK HATLARI KAYNAKLI ELEKTROMANYETİK ALANLARIN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Elektrik ve manyetik alanlar, gelişen ve enerji ihtiyacı sürekli artan dünyamızın vazgeçilmez bir parçası olan elektrik hatları ve diğer elektriksel cihazlar tarafından yayılan alanlardır.

Günümüzde yüksek gerilim elektrik hatları, elektrik enerjisinin iletimi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu hatların oluşturduğu elektromanyetik alanlarının olası etkilerinin araştırıldığı çok sayıda makale yer almaktadır[10].

Düşük frekanslı elektromanyetik alanların etkileri, bu alanların yüksek frekanstaki etkilerinden farklıdır çünkü düşük frekansta akım ve voltaj yüksektir, bu da canlı organizmaların bu tür alanlara kolayca ve korumasız maruz kaldığı bir durumdur[6, 11]. Yani , araştırmacılar son zamanlarda manyetik alanlara, özellikle 50-60 Hz frekanslarındaki ELF dalgalarına dikkat çekmişlerdir[6]. Son yıllarda, farklı frekanslara ve yüksek şiddetlere sahip elektromanyetik alanlar, çevrede önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir. Tanımlanamayan hastalıkların ortaya çıkması, kan bileşimindeki değişiklikler, sinir sistemleri üzerindeki etkileri, genetik değişiklikler ve hücrelerin kanserli büyümesi gibi hastalıkların ortaya çıkması korkusu ve insanların endişesi nedeniyle bu konuda dünyadaki bilim merkezlerinin ve araştırmacıların motivasyonu artmıştır[6].

1970'lerin sonlarından önce, Elektromanyetik Alanın(EMA) zararlı olduğundan veya önemli biyolojik etkileri olduğundan şüphelenilmiyordu. 1979 yılına kadar Wertheimer ve Leeper tarafından elektrik hattı konfigürasyonları ve çocukluk çağı kanseri üzerine yapılan bir vaka kontrol çalışması da bu konuya olan ilgiyi uyandırmadı[12]. Çalışma, kanserli çocukların,

kontrol grubundaki çocuklara göre, yüksek gerilim elektrik hatlarına yakın evlerde yaşama olasılığının daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. O zamandan bu yana, başka çalışmalar da bazı çocukluk çağı kanserleri riskinin artması ile elektrik hatlarının yakınında ikamet etme arasında ilişki olduğunu göstermiştir[13-16].

Draper ve arkadaşları 1962-1995 yılları arasında İngilterede ve Gallerde doğan 0-14 yaş aralığında 9700’ü lösemili olmak üzere 29081 kanserli çocuk üzerinde yaptıkları vaka-kontrol çalışması, yüksek gerilim elektrik hatlarının yakınında doğan çocukların lösemi olması arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya çıkarmıştır[17].

Seomun ve arkadaşları, 30 araştırmanın ve çocukluk çağı lösemisi olan 36.000’den fazla çocuğun meta-analizinde, EMA’ye maruz kalma ile çocukluk çağı lösemisi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlemlendiğini belirledi. Ayrıca, EMA’ya maruz kalmanın çocukluk çağı lösemisine maruz kalma olasılığını da artırdığı görülmüştür[18].

Moslemi ve arkadaşları 2021 yılında İranda bir petrokimya tesisinin 230kV’luk yüksek gerilim güç santralinde çalışan sağlıklı erkeklerin yer aldığı 50’şer kişilik kontrol ve vaka grubunda çalışma yapmışlardır. Vaka grubu, kronik olarak (en az üç yıl üst üste) ve çalışma günlerinde (dinlenme saatleri hariç) elektromanyetik alanlara maruz kalan işçilerden oluşmaktadır. Kontrol grubu ise çalışma alanlarında elektromanyetik alana maruz kalmayan ya da 0,5mT’den daha az elektromanyetik alana maruz kalan idari çalışanlardan oluşmaktadır. Kontrol ve vaka grubunun 2018’den 2020’ye kadar olan periyodik sağlık muayenelerindeki kan tahlilleri incelenmiş ve vücut kitle indeksi (BMI), kan parametreleri ve karaciğer enzimleri(kırmızı kan hücreleri (RBC), beyaz kan hücreleri (WBC), hemoglobin (Hgb), hematokrit (HCT), ortalama korpüsküler hacim (MCV), ortalama korpüsküler hemoglobin (MCH), ortalama korpüsküler hemoglobin konsantrasyonu (MCHC) dahil , trombositler (PLT), Serum Glutamat Piruvat Transaminaz (SGPT), Serum Glutamik Oksaloasetik Transaminaz (SGOT)’ndeki değişim analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, EMA maruziyetinin demografik, hematolojik ve karaciğer faktörleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı, EMA maruziyeti ile ilgili araştırmaların çoğunda olduğu gibi bu çalışmada da hematolojik ve karaciğer faktörlerinin normal aralıkta olduğu ve bu nedenle, muhtemelen EMA’ya maruz kalmanın klinik olarak önemli bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır[6].

Wertheimer ve Leeper, yaptıkları çalışmada evlerinin yakınında yüksek gerilim elektrik hattı olan kadınlarda meme kanserinde bir artış saptadılar ve bu oran menopoz öncesi dönemdeki kadınlarda menopoz sonrası kadınlara göre daha fazla olduğunu tespit ettiler[19, 20].

Feychting ve arkadaşlarının yüksek gerilim elektrik hatlarının yakınında yaşayan İsveçli yetişkinlerle ilgili yaptıkları çalışmada yüksek gerilim elektrik hatlarından kaynaklı elektromanyetik alanın yetişkinlerdeki meme kanseri üzerinde anlamlı bir etkisinin olup olmadığı belirleyememiştir[21].

Esmailzadeh ve arkadaşları tarafından yapılan bir vaka

kontrol çalışmasında, açıklanamayan kısırlık veya davranışsal ve çevresel faktörler tanısı doğrulanmış 462 kadın Şubat 2014 ile Aralık 2016 tarihleri arasında değerlendirilmiştir. Kontrol grubu, 2014-2016 yılları arasında bir doğum kayıt defterinde kayıtlı numaralardan rastgele arama kullanılarak seçilen ve kısırlık öyküsü olmayan 471 kişiden oluşmuştur. Yüksek gerilim elektrik hatlarının(240-400kV) vaka ve kontrol grubunun ikametgahlarına olan en yakın doğrusal mesafesi, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Google Earth kullanılarak ölçülmüştür. Sonuç olarak yüksek gerilim elektrik hatlarına 500 metre mesafede yaşayanların, hatlardan 1000 metreden daha uzakta yaşayanlara kıyasla dört kat daha fazla kısırlık riski taşıdığı bulunmuştur[22].

Gebelikte EMA'ya maruz kalma ile doğumsal anomali ve hastalıklar arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmalar çelişkili mesajlar vermektedir[4]. Blaasaas ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada Norveç'te yüksek gerilim elektrik hatları kaynaklı EMA'nın doğumsal anomalilere olan etkisi araştırılmıştır. Hamilelik sürelerinin en az yarısını 0,1µT altında ve üstünde EMA'ya maruz kalarak geçiren gebeler arasında artan doğumsal anomali açısından ilişki bulunmamıştır[23].

Elektromanyetik alanın sağlık etkileri açısından sinir sistemi hastalıkları ve beyin fonksiyonları üzerinde de önemle durulmaktadır. Verkasalo ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada yüksek gerilim elektrik hatlarına 500 metreden daha uzak yaşayanlara göre 100 metreden daha yakın yaşamının ciddi depresyon riskini 4,7 kat, 50 metreden yakın yaşamının ise 9,42 kat artırdığını saptamışlardır[24, 25].

Yamazaki ve arkadaşları Japonya'da 25-53 yaş aralığındaki 223 kadın üzerinde yaptıkları çalışmada ruh sağlığı durumunun kişilerin ikamet ettikleri yer ile en yakın yüksek gerilim elektrik hattı arasındaki mesafe ile anlamlı bir ilişkisinin olmadığı yüksek gerilim ile depresyonun başlangıcı arasındaki ilişkiyi açıklığa kavuşturmak için daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu ve bulguyu doğrulamak için büyük örneklem büyüklüğüne sahip ve metaanaliz kullanan daha fazla nüfus temelli çalışmaya ihtiyaç olduğu belirtilmiştir[26].

Van Wijngaarden ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada intihar ile mesleki artmış EMA maruziyeti arasındaki ilişki anlamlı ve özellikle elektrikçiler ile yüksek gerilim elektrik hattı çalışanları ve 50 yaşından genç erkeklerde riskin daha fazla olduğu bildirilmiştir[27].

Huang ve arkadaşlarının Çinde yakınında yüksek gerilim elektrik hattı bulunan ve bulunmayan iki okulda okuyan 9-13 yaş aralığındaki 437 çocuk üzerinde yaptıkları çalışmada "Yüksek Gerilim Elektrik Hatlarından Kaynaklanan Elektromanyetik Alanlara Maruz Kalma ile Çocuklarda Nörodavranışsal İşlevler Arasındaki İlişki" saptanmaya çalışılmış ve çocuklar üzerinde anketler ve bilgisayarlı nörodavranışsal testler yapılmıştır. Testler sonucunda EMA'ya maruz kalma ile nörodavranışsal "görsel kalıcılık" ve "hedef takip" testlerindeki düşük performans arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmüş ve yüksek gerilim elektrik hatlarından kaynaklanan EMA'ya uzun süreli düşük düzeyde maruz kalmanın çocuklarda nörodavranışsal işlev üzerinde olumsuz bir etkisi olabileceği ortaya konulmuştur. Ancak yapılan dört testten ikisinin anlamlı çıkması ve nispeten küçük örneklemden

dolayı sonuçların genelleştirilmesinde ihtiyatlı olunmasını tavsiye etmişlerdir[28].

Elektromanyetik alana maruziyet, bireyler arasında farklı tepkilere sebep olabilir. Kimi insanlar, elektromanyetik alandan etkilenerek işlerini bırakmak ve yaşamlarını değiştirmek zorunda kalabilir. Bu durumda, elektromanyetik hassasiyet (aşırı duyarlılık) adı verilen durum ortaya çıkar, ancak bu bir hastalık değildir. Elektromanyetik aşırı duyarlılık, belirli semptomlarla karakterizedir ve genellikle dermatolojik (kızarıklık, karıncalanma, yanma hissi), nöroastenik ve vejetatif (yorgunluk, bitkinlik, konsantrasyon güçlüğü, baş dönmesi, bulantı, çarpıntı ve sindirim sorunları) belirtiler şeklinde ortaya çıkar[4]. Schreier ve arkadaşlarının İsviçre'de yaptıkları çalışmada elektromanyetik hassasiyet sıklığının %5 olduğu ve en sık görülen yakınmaların uyku bozukluğu ve baş ağrısı olduğunu, maruziyetin en çok yüksek gerilim elektrik hatları ve cep telefonlarından kaynaklandığını belirtilmiştir[29].

Levallois ve arkadaşlarının 1998'de Kanadada yaptıkları çalışmada yüksek gerilim elektrik hatlarından kaynaklı elektromanyetik alanın melatonin hormonu üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Elektromanyetik alan maruziyeti sonucunda oluşan ya da oluştuğu düşünülen sağlık sorunlarının altında yatan mekanizmanın EMA maruziyeti sonucu melatonin salgısındaki değişimden kaynaklanıp kaynaklanmadığı araştırılmış ve yüksek gerilim elektrik hatlarından kaynaklı elektromanyetik alanın melatonin hormonu üzerinde belirgin bir etkisi olduğu saptanamamıştır[30].

## V. SONUÇ

Bu makalede yüksek gerilim elektrik hatları ve elektromanyetik alanların temel bilgileri, birimleri, maruziyet sınır değerleri ve yüksek gerilim elektrik hatlarından kaynaklanan EMA'nın insan sağlığı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Yüksek gerilim elektrik hatlarından kaynaklanan EMA'nın sağlık etkilerini değerlendiren çalışmaların eksiklikleri ve sınırlı sayıda olmaları, kesin bir değerlendirme yapmayı mümkün kılmamıştır. EMA'nın biyolojik etki mekanizmalarının tam olarak anlaşılabilmesi ve maruziyetin sağlık etkilerinin değerlendirildiği çalışmaların odaklandığı bazı hastalıklara yönelik kanıtların çelişkili olması, daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Yüksek gerilim elektrik hatlarından kaynaklanan EMA'nın özellikle çocukluk çağı lösemileri gibi bazı hastalıklarla ilişkisi incelenen araştırmalarda açıkça ortaya konmuş olsa da diğer hastalıklar için çelişkili ve zayıf kanıtların bulunmasına rağmen, EMA'ların sağlık etkisi olmadığını söylemek bilimsel yaklaşıma uygun olmayacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Lee, J.M., *Electrical and Biological Effects of Transmission Lines: A Review*. 1989, Office of Scientific and Technical Information (OSTI).
- [2] Fernie, K.J. and S.J. Reynolds, *The Effects of Electromagnetic Fields From Power Lines on Avian Reproductive Biology and Physiology: A Review*. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, 2005. 8(2): p. 127-140.

- [3] Pozar, D.M., *1.2 Maxwell's Equations*, in *Microwave engineering 4th edition*. 2012, John Wiley & Sons: USA.
- [4] Alpaslan Türkkan and K. Pala, *Çok Düşük Frekanslı Elektromanyetik Radyasyon Ve Sağlık Etkileri*. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 2009. **14-2**: p. 11-22.
- [5] Oltean, M.N., et al. *Electromagnetic field measurement on high voltage overhead lines*. IEEE.
- [6] Moslemi, S., et al., *Measuring and assessing the effects of extremely low-frequency electromagnetic fields (ELF-EMF) on blood parameters and liver enzymes of personnel working in high voltage power stations in a petrochemical industry*. Heliyon, 2023. **9**(4): p. e15414.
- [7] Qin, J., S. Celestin, and V.P. Pasko, *Low frequency electromagnetic radiation from sprite streamers*. Geophysical Research Letters, 2012. **39**(22).
- [8] Gajšek, P., et al., *Review of Studies Concerning Electromagnetic Field (EMF) Exposure Assessment in Europe: Low Frequency Fields (50 Hz–100 kHz)*. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2016. **13**(9): p. 875.
- [9] Pamuk, N., *Enerji İletim Hatlarının Meydana Getirdiği Elektromanyetik Alanların Yapay Sinir Ağları ile Tahmini*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2011. **15-3**( 2011): p. 211-217.
- [10] Radwan, R.M., et al., *Electric field mitigation under extra high voltage power lines*. IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, 2013. **20**(1): p. 54-62.
- [11] Saliev, T., et al., *Biological effects of non-ionizing electromagnetic fields: Two sides of a coin*. Prog Biophys Mol Biol, 2019. **141**: p. 25-36.
- [12] Wertheimer, N. and E. Leeper, *Electrical wiring configurations and childhood cancer*. Am J Epidemiol, 1979. **109**(3): p. 273-84.
- [13] London, S.J., et al., *Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia*. Am J Epidemiol, 1991. **134**(9): p. 923-37.
- [14] Tomenius, L., *50-Hz electromagnetic environment and the incidence of childhood tumors in Stockholm County*. Bioelectromagnetics, 1986. **7**(2): p. 191-207.
- [15] Feychting, M. and A. Ahlbom, *Magnetic fields and cancer in children residing near Swedish high-voltage power lines*. Am J Epidemiol, 1993. **138**(7): p. 467-81.
- [16] Savitz, D.A., et al., *Case-control study of childhood cancer and exposure to 60-Hz magnetic fields*. Am J Epidemiol, 1988. **128**(1): p. 21-38.
- [17] Draper, G., et al., *Childhood cancer in relation to distance from high voltage power lines in England and Wales: a case-control study*. BMJ, 2005. **330**(7503): p. 1290.
- [18] Seomun, G., J. Lee, and J. Park, *Exposure to extremely low-frequency magnetic fields and childhood cancer: A systematic review and meta-analysis*. PLoS One, 2021. **16**(5): p. e0251628.
- [19] Wertheimer, N. and E. Leeper, *Adult cancer related to electrical wires near the home*. Int J Epidemiol, 1982. **11**(4): p. 345-55.
- [20] Caplan, L.S., et al., *Breast cancer and electromagnetic fields—a review*. Annals of Epidemiology, 2000. **10**(1): p. 31-44.
- [21] Feychting, M., et al., *Magnetic Fields and Breast Cancer in Swedish Adults Residing near High-Voltage Power Lines*. Epidemiology, 1998. **9**(4): p. 392-397.
- [22] Esmailzadeh, S., et al., *Exposure to Electromagnetic Fields of High Voltage Overhead Power Lines and Female Infertility*. Int J Occup Environ Med, 2019. **10**(1): p. 11-16.
- [23] Blaasaas, K.G., T. Tynes, and R.T. Lie, *Risk of selected birth defects by maternal residence close to power lines during pregnancy*. Occup Environ Med, 2004. **61**(2): p. 174-6.
- [24] Verkasalo, P.K., et al., *Magnetic fields of transmission lines and depression*. Am J Epidemiol, 1997. **146**(12): p. 1037-45.
- [25] Akça, B. and Ö. Coşkun, *Bir Elektrik Dağıtım Firması Çalışanlarına Elektromanyetik Alanların Olası Biyolojik Etkileri*. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 2016. **4**(3): p. 203.
- [26] Yamazaki, S., et al., *Association between high voltage overhead transmission lines and mental health: A cross-sectional study*. Bioelectromagnetics, 2006. **27**(6): p. 473-478.
- [27] Van Wijngaarden, E., *Exposure to electromagnetic fields and suicide among electric utility workers: a nested case-control study*. Western Journal of Medicine, 2000. **173**(2): p. 94-100.
- [28] Huang, J., et al., *Association between exposure to electromagnetic fields from high voltage transmission lines and neurobehavioral function in children*. PLoS One, 2013. **8**(7): p. e67284.
- [29] Schreier, N., A. Huss, and M. Rössli, *The prevalence of symptoms attributed to electromagnetic field exposure: a cross-sectional representative survey in Switzerland*. Sozial- und Präventivmedizin SPM, 2006. **51**(4): p. 202-209.
- [30] Levallois, P., et al., *Effects of electric and magnetic fields from high-power lines on female urinary excretion of 6-sulfatoxymelatonin*. American journal of epidemiology, 2001. **154**(7): p. 601-609.



# Hub Motor Sürücü Devreleri Ve Çalışma Prensipleri

## Hub Motor Driver Circuits and Operating Principles

Dr. S. HOUCHI<sup>1</sup>, B. DUMAN<sup>2</sup>, U. YOUNAS<sup>3</sup> ve M. ELYASINO<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of applied biochemistry. Department of biochemistry University of Ferhat Abbas Setif-1 Algeria, Cezayi

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye,

<sup>3</sup>Pakistan

<sup>4</sup>Suriye, merveelyasino2003@gmail.com

**Özet** - Hub motor tasarlanmıştır. Motor tasarlanmaya başlamadan önce, belirli temel motor hesaplamaları yapıldı ve bulunan değerlerin teorik olduğunu göz önünde bulundurularak bağıl hata yüzdesi %8-10 arasında kabul edilmiş olarak analiz ve çizimlerde dikkate alındı. Hesaplanmış değerler üzerinden Ansys Electronics programında elektromanyetik analizleri ve sonlu elemanlar analizleri yapılmış, Ansys Workbench programından gerekli mekanik analizler yapılarak motorun çalışma durumundaki elektriksel ve mekanik performans etkileri gözlemlenmiştir. Bulunan eksiklikler ve hatalar optimize edilerek motor iyileştirilmiştir. Yapılan adımlar ve tasarımdaki ayrıntılar ise ilgili başlık altında anlatılmıştır. Yerli ve milli tasarım olarak ekonomik, teknolojik ve akademik olarak Türkiye başta olmak üzere dünyada mühendislik alanında geniş katkı ve etki gücüne sahip bir çalışma olduğu düşünülmektedir. Çalışma daha fazla güncellemeye açık bir yapıdadır. Tasarlanmış motor yerli bir ar-ge çalışması kapsamındadır ve üretim aşamasındadır. İlerleyen süreçte prototip motorun optimize edilerek seri üretimine geçilmesi ve etki alanının zenginleşmesi planlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler** – Hub Motor, Tasarım, Analiz, Ansys Electronics

**Abstract**- Hub engine is designed. Before the engine started to be designed, certain basic engine calculations were made and considering that the values found were theoretical, the relative error percentage was accepted as 8-10% and was taken into account in the analysis and drawings. Electromagnetic analyzes and finite element analyzes were carried out in the Ansys Electronics program based on the calculated values, and the electrical and mechanical performance effects of the engine in the operating state were observed by performing the necessary mechanical analyzes in the Ansys Workbench program. The engine has been improved by optimizing the deficiencies and errors found. The steps taken and the details of the design are explained under the relevant heading. As a local and national design, it is thought to be a study that has a wide contribution and impact in the field of engineering in the world, especially in Turkey, economically, technologically and academically. The study is open to further updates. The designed engine is within the scope of a domestic R&D study and is in the production phase. In the future, it is planned to optimize the prototype engine and start mass production and enrich its impact area.

**Keywords** – Hub Engine, Design, Analysis, Ansys Electronics

### 1. Giriş

Kaygan ve ayrık hub motoru, yalnızca e-bisikletler için

değil, scooterlar, güneş enerjisi arabaları ve diğer birçok hafif elektrikli araç için standart sürüş yöntemi olarak sürekli olarak ortaya çıkıyor. Hub motoru dönüşümüyle, motoru ve şanzımanı desteklemek için harici montaj braketlerine ve tahrik zincirlerine gerek yoktur. Bunun yerine tüm bunlar, diğer herhangi bir tekerlek gibi bisikletinize takılan tekerleğin içinde bulunur. Hub motorlarının iki temel kategorisi vardır: doğrudan tahrikli ve dişli. Doğrudan tahrik göbeği motoru, işler olabildiğince basittir. Bir elektrik motoru aldığınızı, ancak aksı tuttuğunuzu ve motor gövdesinin dönmesine izin verdiğinizi hayal edin. Şimdi bu dönen motor gövdesine bir bisiklet jantı bağlayın ve işte orada, tekerleğin kendisinden başka hareketli parça yok.



Şekil 1. Hub Motor Rotoru





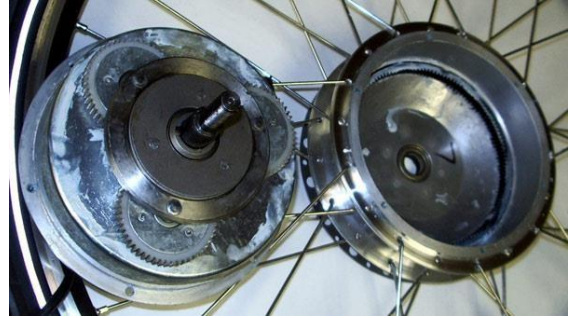
Şekil 2. Hub Motor Statoru

Tipik olarak bunlar, göbeğin iç yüzeyinde bir dizi sabit mıknatıs bulunan radyal akılı fırçasız DC (BLDC) makinelerdir. Stator sargıları dingile bağlanmıştır ve bu sargılardan alternatif akımlar geçirilerek göbeğin dönmesi sağlanır. Bir DC hub motorunda, mıknatıslar aksüzerindedir ve sargılar aslında göbeğin içinde dönmektedir. Bir karbon fırça, bir komütatör plakası aracılığıyla elektriği dönen sargılara iletir. Doğrudan tahrik düzeninin bir dezavantajı, güç çıkışlarına göre genellikle büyük ve ağır olmalarıdır. Bunun nedeni ise tekerlek hızının oldukça düşük, 200 rpm civarında olmasıdır. Bir elektrik makinesinden elde edilebilen güç yoğunluğu, mıknatıslar ve sargı arasındaki hız ile doğru orantılıdır, dolayısıyla yeterli güç ve tork çıkışı elde etmek için motorun büyük olması gerekir. Dişli bir şanzımda motor genellikle 3000 rpm'nin üzerinde döner ve bu nedenle çok daha küçük bir motor aynı gücü sağlayabilir. Mıknatıslar ve sargılar arasındaki bağıl hızı artırmanın bir yolu, daha büyük çaplı bir motora geçmektir. Bu evrimi, yarıçapı Crystalyte'tan yaklaşık %50 daha büyük olan ancak oldukça hafif ve dar olan BionX hub ile görebilirsiniz. Bununla birlikte, ağırlığı düşük tutarken motorun çapını çok büyük yapmanın mekanik komplikasyonları vardır, bu nedenle pratik bir değiş tokuş yapılmalıdır. Tüm doğrudan tahrik göbekli motorlarda ortak olan, her zaman mekanik olarak devreye girmeleridir. Bu hem iyi bir şey hem de kötü bir şey. İyi çünkü rejeneratif frenlemeyi mümkün kılıyor. Tüm doğrudan tahrik göbekli motorlar, donatılın ya da donatılmasın regen yapacak şekilde yapılabilir. Hem BionX hem de TidalForce, çeşitli frenleme enerjisinin aküde depolanmasına izin veren gelişmiş denetleyicilere sahipken, Crystalyte, Golden Island ve Wilderness Energy gibi Çin kitlerinin çoğunun bunu yapmak için 3. taraf denetleyicilere ihtiyacı var. Her zaman devrede olmak kötüdür çünkü bu, motoru kullanmadığınızda bile motorun yuvarlanma direncini her zaman aştığımız anlamına gelir. Motorun simetrisine ve kalitesine bağlı olarak, bu ek sürükleme torku algılanamazdan her zaman bir düzlükle sürüyormuşsunuz hissine kadar değişebilir.

### 1. Dişli Hub Motorlar

Tahmin edebileceğiniz gibi, dişli göbekli bir motor, hızlı ve verimli bir motorun yüksek hızını tekerleğin düşük hızına düşürmek için içinde dişliye sahiptir. Dışarıdan bakıldığında, dişlihub motorunun yarıçapı genellikle daha küçüktür, ancak

doğrudan tahrik göbeğinden daha geniştir. İçeride, çeşitli farklı biçimler alabilirler, ancak çoğu zaman rotora bağlı bir planet dişlisetinin merkezini tahrik eden bir öncü motora sahiptirler.



Şekil 3. Dişli Hub Motor

Dişli hazne konsepti, bir şanzıman sürücüsünün ağırlık avantajlarını alır ve onu basit görünümlü ve kurulumu kolay hazne motoruna paketler. Bunlar tipik olarak eşdeğer güçlü bir doğrudan tahrikli makineden yaklaşık %50 daha hafiftir ve genellikle üstün tork çıkışlarına sahiptirler. Örneğin Alman yapımı Heinzmann, tipik doğrudan tahrikli makinelerde yaklaşık 35Nm'ye kıyasla 80 Newton-metreye (N-m) kadar tork üretebilir. Ayrıca Sanyo, eZee, Ethinkar ve diğer birkaç Tayvanlı şirket tarafından üretilen dişli göbekli motorlar da vardır. Piyasadaki dişli hazneli motorların hemen hemen hepsinin içinde bir kasnak bulunur. Bu, motoru kullanmadığınızda tekerleği döndürmek için çok az yuvarlanma sürtünmesi olduğu anlamına gelir, ancak rejeneratif frenleme olasılığını ortadan kaldırır. Dişli göbeklerin bu avantajları, dezavantajlarına karşı tartılmalıdır. Dişli göbekler genellikle daha pahalıdır, aşınmaya yatkın birçok hareketli parçadır ve işitilebilir bir ses çıkarırlar. Birden fazla hıza sahip dişli göbekli motorlara sahip olmak mümkün olsa da, bildiğim kadarıyla şu anda piyasada bulunan her sistem hala tek hızlı. E-bisikletlerin birden fazla iletim oranına sahip olması gerektiğini hararetle tartışan bazı insanlar var, böylece aynı 500 watt motor sizi hem 15 derecelik bir tepeye yavaşça çıkarabilir hem de her zaman en yüksek verimlilik bölgesinde çalışırken sizi düzlükte sürükleyebilir. Ancak pazar herhangi bir gösterge ise, çok hızlı sürücülerin artan maliyetleri ve karmaşıklıkları, avantajlarından daha ağır basar.

### 2. Teknik Bilgilendirme

Elektrikli bisikletler için hub motorları, neredeyse evrensel olarak fırçalanmış veya fırçasız kalıcı mıknatıslı makinelerdir. Sabit mıknatıslı motorlar, tüm yaygın motor türleri arasında en yüksek güç yoğunluğuna sahiptir ve aynı zamanda anlaşılması en kolay motorlardır. Hem fırçalı hem de fırçasız motorlar aynı performans özelliklerine sahiptir, bu nedenle aşağıdaki tartışma her iki tip için de aynı şekilde geçerlidir. Bir düşünce deneyi olarak, şaftı kilitli tutarken bir DC motoru bir güç kaynağına bağladığımızı hayal edin. Beslemeden gelen akımı artırdıkça, motor milindeki tork da artacaktır. İlişki doğrusaldır, akımın iki katı torkun ikikatını verir. Şimdi, kaynağı kesin ve bunun yerine motor uçlarına bir voltmetre bağlayın. Motor dururken sıfır volt göreceksiniz. Ancak mili döndürmeye başlayın ve milin dönme hızıyla

doğruorantılı bir voltaj okuyacaksınız. Bu, ters emf voltajı olarak adlandırılır ve aynı zamanda basit bir ilişki  $V = k2RPM$  ile ifade edilir. K1 ve K2 için ifadeleri temel fizikten türetirseniz, bunların her ikisinin de mıknatıslar ve bobinler arasındaki aynı akı etkileşimlerinden kaynaklandığı için birbirleriyle doğrudan ilişkili oldukları bulunur. Dönme hızı ile RPM olarak verilir, o zaman

$$K1 = K2 * 2\pi/60.$$

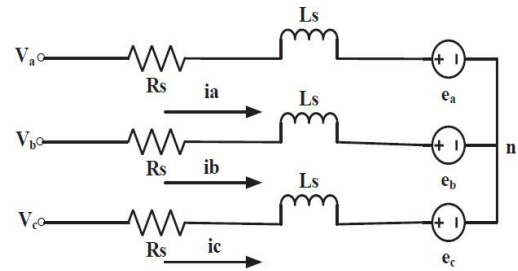
Tork-akım ilişkisinin nasıl olduğunu biliyorsanız, o zaman voltaj-hız ilişkisini de bilirsiniz ve bunun tersi de geçerlidir. Şimdi motorun bir voltaj kaynağına bağlı olduğunu ancak milin serbestçe dönmesine izin verildiğini varsayalım. Başlangıçta, Ohm Yasası tarafından verildiği gibi motordan akan büyük bir akım olacaktır.  $I = V/R$  burada R, Ohm cinsinden sargı direncidir. Bu, milin hızlanmasına neden olan buna karşılık gelen büyük bir tork ( $T=K1*I$ ) üretir. Şaft daha hızlı döndükçe, ters emf voltajı artar. Bu, sargılardaki akımı azaltır çünkü akımı itmek için daha az kullanılabilir voltaj vardır, yani  $I = V - \text{emf} / R$ . Motor mili, ters emf voltajı besleme voltajına neredeyse eşit olana kadar hızlanmaya devam eder. Bu noktada akım, motor üzerindeki sürtünme kuvvetlerinin üstesinden gelen bir tork üretmeye yetecek kadar sifıra yakın bir seviyeye düşürülmüştür.

Bu iki uç nokta arasındaki tork-hız ilişkisi,  $w = V/k - R*T/k2$  denkleminle verilen basit bir düz çizgidir. Bu 1. dereceden motor modelini karakterize etmek için gereken yalnızca iki parametre olduğuna dikkat edin, 1) motor sabiti K ve 2) sargı direnci R. Belirli bir K için, direnç R ne kadar küçükse, hız o kadar az düşer motor yüklendiğinde ve dolayısıyla makine daha güçlü olduğunda. Motor sabiti K, hem motorun belirli bir hızda dönmesi için ne kadar voltajın gerekli olduğunu hem de belirli bir akım için ne kadar tork üreteceğini belirler. Aynı motoru alıp iki kat daha fazla bakır sarımı ile sararsanız, o zaman k iki katına çıkar, böylece motor aynı hıza ulaşmak için iki kat voltaj gerektirir, ancak çıkış için akımın yalnızca 1/2'sine ihtiyaç duyar. özel tork. Belirli bir tork ve hız için güç girişinin ( $V*I$ ) her iki durumda da aynı olduğuna dikkat edin. Bakırda kaybedilen güç de aynıdır, çünkü sarım sayısının iki katı, tel alanının yarısındaki uzunluğun iki katı, yani direncin 4 katı anlamına gelir. Güç kaybı  $I^2R$  olarak gider, bu nedenle akımı yarıya indirmek, R'deki 4 kat artışla tam olarak iptal edilir. Buradaki önemli nokta, motorun farklı bir K değeri için yeniden kablolanmasının, motorların temel performansını hiçbir şekilde değiştirmedir. aynı miktarda bakır kullanılır. Sabit mıknatıslı bir motoru karakterize etmek için önemli olan üçüncü bir özellik, mili basitçe döndürmek için gereken torktur. Buna genellikle vuru veya sürüklenme torku denir ve hem rotor ve mıknatıslar üzerindeki demir kutuplar arasındaki güçlü kuvvetlerden hem de hareketli manyetik alanın neden olduğu indüklenmiş girdap akımlarından kaynaklanır. Doğrudan tahrik göbekli motorlarda, bu tork oldukça önemlidir, 0,3 ila 1 N-m arasındadır ve motor hızıyla birlikte artar. Uygun mühendislik ve sıkı üretim toleransları bu torku azaltabilir, ancak demir kutuplu sabit mıknatıslı motorlarda her zaman diğer makine türlerinden çok daha yüksektir. Bir PM motorun verilen güç miktarı, akü voltajının akımla çarpımına eşittir. Mekanik güce dönüştürülen miktar, akımın ters emf voltajına eşittir. Elektrik enerjisinden mekanik enerjiye dönüştürme verimliliği, bu nedenle, basit bir şekilde, ters emf voltajının uygulanan voltaja oranıdır.

Motor yüksüzken, ters emf voltajının akü voltajına oldukça yakın olduğu bir noktaya kadar döner ve bu nedenle dönüşüm verimliliği neredeyse %100'dür. Ancak, üretilen mekanik enerjinin tamamı bu dahili vuru kayıplarının üstesinden gelmek için kullanılır ve mil üzerinde faydalı tork olarak hiçbir güç mevcut değildir. Çıkış gücü perspektifinden giriş gücüne verimlilik %0'dır. Motor daha sonra yüklendiğinde, hız düşer ve böylece elektro-mekanik dönüşüm verimliliği düşer, ancak üretilen torkun önemli bir yüzdesi artık çıkış milinde mevcuttur, dolayısıyla genel motor verimliliği artar. Motoru daha fazla yükleyin ve ardından vuru torkundan kaynaklanan kayıplar, bakırdaki  $I^2R$  kayıplarına göre önemsiz hale gelir verimlilik tekrar düşmeye başlar. Aynı K ve R değerlerine ancak farklı vuru torklarına sahip iki motor alırsanız, daha düşük vuru torkuna sahip olan motor daha yüksek verim gösterecektir. Ancak bu verimlilik zirvesi yalnızca grafiğin düşük güç ucundadır, ağır yükler altında iki grafik birleşir. Saygın bir güç yoğunluğu için, bir PM motoru tipik olarak yüksüz hızın yaklaşık %80'inde çalıştırılmalıdır, bu da kabaca %80 verimliliğe karşılık gelir. Motorundüşük güçlerde %95 verimliliğe sahip olup olmadığı, gerçek bir yolculukta çekeceği enerji miktarı açısından oldukça önemlidir [1].

### 3. Modelleme ve Simülasyon

Fırçasız DC motor elektronik olarak değiştirilmiş bir makinedir. Trapezoidal ters emk üretir ve iki stator sargısı, motorun statoruna gömülü hall sensörlerinin konumuna göre her durumda uyarılır. Sensörler, rotor mıknatısının konumunu algılayacaktır. Rotor kutupları hall sensörlerinin yanından geçtiğinde, yüksek veya düşük sinyaller üretecektir. Motorun eşdeğer devre modeli Şekil 4'te Hall sensörlerinin kombinasyonuna bağlı olarak kesin komütasyon sırası elde edilir. Her hall sensör dizisinde, her durumda iki anahtarın açılacağı iki stator sargısının enerjilenmesi olacaktır [2].



Şekil 4. BLDC motorun eşdeğer devre şeması

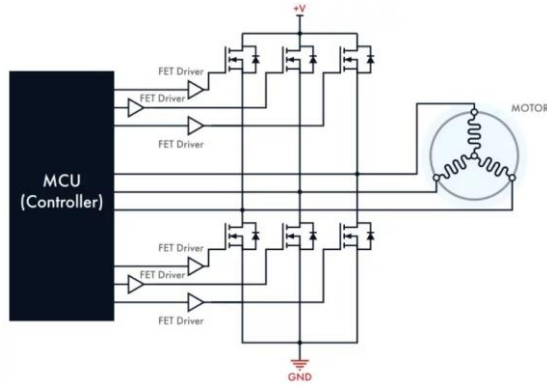
$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} R_s & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 \\ 0 & 0 & R_s \end{pmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} L_s & 0 & 0 \\ 0 & L_s & 0 \\ 0 & 0 & L_s \end{pmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \\ e_c \end{bmatrix}$$

$$L_s = L_{ss} + L_m$$

### Motor Sürücüleri ve Çalışma Prensipleri

Tipik bir fırçasız motor denetleyicisi yarım köprü veya yarım H köprü devresine sahiptir. Bir H köprüsünden farklı olarak, bu devre konfigürasyonunda yalnızca iki anahtar bulunur - bir yüksek taraf ve bir alçak taraf transistörü. Çoğu fırçasız motor, iki veya üç fazlı güç sistemleri kullanır. Dolayısıyla, bir fırçasız motor kontrolörü devre şemasında bu, her biri bir çift anahtarı çeken iki veya üç yarım köprü (faz

sayısına bağlı olarak) gibi görünecektir. Devre tasarımının temel ilkelerini görmek için Hall etkisi sensörlerine sahip 3 fazlı fırçasız bir DC motor kontrol cihazına daha yakından bakalım.

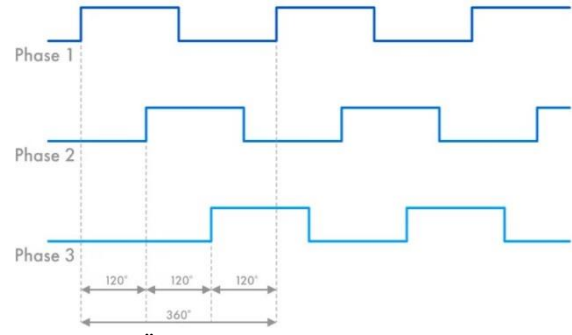


Şekil 5. Hall etkisi sensörlü üç fazlı fırçasız bir DC motor kontrolörü

Stator, birbirine 120° açıyla yerleştirilmiş üç fazlı sargılara sahiptir. Her sargı, statora uygulanan gerilim ve akımın bir vektör temsiline sahiptir. BLDC motor kontrolörü Hall sensörleri, rotorun konumunu tanımlar. Sensör verilerini aldıktan sonra, güç MOSFET'leri akımı değiştirerek sağ sargıya enjekte eder. Yüksek güçlü fırçasız bir DC motor kontrol cihazında, IGBT'ler ve GaN anahtarları MOSFET'lerin yerini alabilir. Entegre veya ayrı kapı sürücüleri, transistörleri kontrol edebilir. Fırçasız bir motor denetleyici şemasının sürücüleri, anahtarlar ve bir mikro denetleyici (MCU) arasında aracı görevi görür. Üç fazlı BLDC motor kontrol devresi, tam bir anahtarlama çevrimini tamamlamak için gerekli altı adımı içerir (yani, statorun üç sargısına da enerji vermek). Yüksek taraf ve alçak taraf transistörlerini açıp kapatarak, akım stator sargılarından sırayla akar.

Bir BLDC motor kontrolörü tasarlarken, trapezoidal ve sinüzoidal komütasyon da dahil olmak üzere akım anahtarlama yöntemleri farklı yaklaşımları düşünebilirsiniz. Bu yöntemlerin adları, sinyal dalga biçimleriyle ilgilidir. Trapez komütasyon ile üç sargıdan ikisi aynı anda enerjili kalabilir. Sinüzoidal kontrol yönteminde, faz kayması sinüs yasasına uygundur. Fazlar arasında daha yumuşak akım geçişi sağlar. Trapez komütasyon daha basittir, ancak motorun düşük hızlarda titreşmesine neden olabilir. Sinüzoidal akım dalga formlarının uygulanması, motorunuzun kusursuz çalışmasını sağlayabilir. Ancak, bu tür komütasyon yüksek hızlarda zorlayıcı hale gelir.

Tipik olarak, bir sinüzoidal fırçasız motor kontrol devresi darbe genişlik modülasyonu (PWM) kullanır. Rotor sargılarına enjekte edilen akımın düzenlenmesine yardımcı olur ve komütasyon sürecini daha sorunsuz ve verimli bir şekilde yürütür. Bu, özellikle çıkış sinyali hakkında geri bildirim alan ve görev döngüsünü değiştirerek giriş gücünü ayarlayan kapalı çevrim kontrolörler için geçerlidir. Görev döngüsü, geçerli darbe ile mevcut sinyalin tam döngüsü arasındaki yüzdendir. Bir BLDC motor hızı kontrolörü, sinüzoidal sinyaller oluşturmak için PWM görev döngülerini değiştirir.



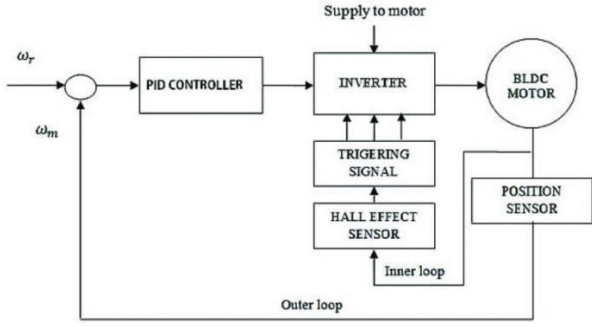
Şekil 6. Üç fazlı darbe genişliği modülasyonu

PWM anahtarlama frekansı, çeşitli uygulamalar için farklı olabilir. Güç kaybını önlemek için yeterince yüksek olmasına rağmen. Statorun fiziksel sınırlamaları maksimum frekans seviyesini belirler. Bununla birlikte, kontrol ünitesinin kendisinin özellikleri de vardır. Stator, PWM frekansını artırmanıza izin verse bile DC fırçasız motor kontrol cihazınızın sınırlı yetenekleri nedeniyle bunu yapamayacaksınız.

Bir seçenek olarak, bir BLDC motorunun çalışmasını kontrol etmek için histerezis kullanabilirsiniz. Bu yöntem sinüzoidal komütasyonla da ilgilidir. Motora verilen akımın üst ve alt sınırlarını belirlemenizi sağlar. Akım üst veya alt aralığına ulaşmaz, transistör anahtarları sırasıyla kapanır veya açılır ve sinüs yasasını kullanarak ortalama akımı değiştirir. Bir BLDC motor kontrolörü yarım köprüsünü entegre devre (IC) veya ayrı bileşenler olarak uygulayabilirsiniz. Bu, bir BLDC motor kontrol cihazını nasıl tasarlayacağınızı anlamaya başladığınızda karşılaşılabileceğiniz en yaygın ikilemlerden biridir.

Bileşenlerin karta ayrı ayrı monte edilmesi ve lehimlenmesi gerektiğinden, ayrı bir devre daha az güvenilir olabilir. Fırçasız bir DC motor kontrol IC'si daha küçük bir boyuta, düşük üretim maliyetlerine sahiptir ve tasarım sürecini basitleştirir. Bununla birlikte, entegre devrelerin güç sınırlamaları vardır. Bunun da ötesinde, bir bileşenin arızalanması, yalnızca bu bileşenin değil, tüm BLDC motor kontrolörü IC'nin değiştirilmesine yol açacaktır [3].

Şekil 7'de, fırçasız doğru akım motorunun kontrol hızını temsil eden başka bir blok diyagramı görülmektedir. Elektromotor kuvvetleri iç döngüyü ayarlarken, dış döngü bir invertör veya sürücü kapısı devresi için sinyaller üretir. PID kontrol cihazının hızını kontrol etmek için DC bara çıkış barası değiştirilmiştir. Bu nedenle, motorun hızını ve mekanik yük kapasitesini belirleyen sistemi kontrol etmek için DC güce ihtiyaç vardır. Sistem ayrıca, PID sisteminin mikro programını depolamak için bir elektronik kontrolör gerektirir. Örnek voltaj, akım, hız vb. gibi verileri toplamak için farklı sensör türleri birbirine bağlanır [4].



Şekil 7. Fırçasız DC motor hız kontrolünün alternatif bir blok diyagramı.

[5]

## KAYNAKLAR

- [1] Ebikes, "Hub Motors", erişim: 9 Şubat 2008, <http://www.ebikes.ca/hubmotors.shtml>
- [2] Vishnu S., Yashwant, K., 2020, Brushless DC Hub Motor Drive Control for Electric Vehicle Applications, First International Conference on Power, Control and Computing Technologies (ICPC2T), p. 448-449.
- [3] Integra Sources, BLDC Motor Controller Design Principles, erişim: 25 Şubat 2021, <https://www.integrasources.com/blog/bldc-motor-controller-design-principles>
- [4] Mahmud, Md, Md Rafiqul Islam, Md, Motakabber, S.M.A., Dara Abdus Satter, Md., Khan,E.A. ; Ahasan Habib, A.K.M., 2022, Control Speed of BLDC Motor using PID, IEEE 18thInternational Colloquium on Signal Processing & Applications (CSPA), p. 1-5.



# Web Tabanlı Sağlık İzleme Platformu Tasarımı

## Design of Web-Based Health Monitoring Platform

R. STEİF<sup>1</sup>, E. SARI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Suriye—Halep, Suriye, razansteifschool@gmail.com

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, 203312058@ogr.selcuk.edu.tr

**Özet -** Bu makale, sağlığın izlenmesini ve bilgi erişimini kolaylaştırmak için tasarlanmış web tabanlı bir platformu tanıtmaktadır. Tasarlayacağım bu platform, kullanıcılara kişisel sağlık verilerini girme ve bu verilere dayanarak sağlık durumları hakkında anlamlı bilgiler edinme olanağı sunuyor. Kullanıcılar kan değerlerini sisteme girdikten sonra, kişiselleştirilmiş raporlar aracılığıyla ve kullanıcının isteği doğrultusunda hastalıklar hakkında bilgi alabilecekler.

**Anahtar kelimeler –** Web tabanlı sağlık, kan değerleri, sağlık takibi

**Abstract -** This article introduces a web-based platform designed to facilitate health monitoring and information retrieval. This platform that I will design offers users the opportunity to enter their personal health data and obtain meaningful information about their health status based on this data. After users enter their blood values into the system, they will be able to obtain information about diseases through customized reports and at the user's request.

**Keywords –** Web-based health, blood values, health monitoring

### GİRİŞ

Günümüzde, bireyler kendi sağlıklarını yönetme konusunda daha istekli ve bilinçli hale gelmektedir. Bu bilinç ve istek sağlık teknolojisinin gelişimine paralel bir şekilde artarak kişisel sağlık izleme alanında önemli değişimlere yol açmaktadır. Bu bağlamda, web tabanlı sağlık izleme platformları, bireylere sağlık bilgilerini takip etme konusunda güçlü araçlar sunmaktadır.

Bu makalede, tasarlanan web tabanlı sağlık izleme platformunun temel özellikleri ve sağlık bilgi yönetimi üzerindeki etkileri ele alınacaktır. Platform, kullanıcılara kan değerlerini girme imkanı sunmakta ve bu verilere dayanarak kişisel sağlık durumları hakkında anlamlı analitik sonuçlar üretmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı, bireylerin sağlık bilinçlenmesini artırmak ve kişisel sağlık yönetimini güçlendirmektir. Sağlık izleme teknolojilerinin ilerlemesi, bireylerin sağlık verilerini takip etmelerini ve sağlıkları üzerinde daha etkin bir rol oynamalarını sağlamaktadır.

Sağlık izleme ve değerlendirme alanında önemli bir yer edinen tam kan sayımı, bireylerin genel sağlık durumunu anlamak ve hastalıkları erken teşhis etmek için yaygın olarak kullanılan bir laboratuvar testidir. Bu web tabanlı platform da tam kan sayımını baz alınarak yapılmış bir tasarımıdır.

### HEMOGRAM

Hemogram, kan hücrelerinin nitelik ve niceliklerinin

incelendiği tam kan sayımıdır. Hemogram testi biyokimyasal bir tetkiktir ve yaygın kullanılır. Kan içeriğinde pek çok farklı hücreler vardır. Hemogram bu hücrelerin değerlerinin ideal bir seviyede olup olmadığını incelemeye yarar. Stabil değerlerinden sapma göstermiş parametreler, bir hastalığa işaret ediyor olabilir. Bu durumda doktor istemine göre ek tetkiklerle kesin bir sonuca varılır.

### HEMOGRAM NEYİ İNCELER

Hemogram ya da diğer ismiyle tam kan sayımı kanda bulunan kırmızı kan hücreleri ve beyaz kan hücrelerini, hemoglobin ve trombositleri inceler.

Kırmızı kan hücreleri yani alyuvarlar hemogramda eritrosit olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu hücreler, dokulara oksijen taşımakla görevlidir. Aynı zamanda karbondioksit ve oksijen alışverişinden sorumludur. Eritrositlerde görülen rahatsızlıklar; anemiler, hemoglobinopatiler gibi hastalıklara yönlendirir.

Beyaz kan hücreleri yani akyuvarlar kan değerlendirme parametrelerinde lökositler olarak adlandırılır.

Beyaz kan hücreleri vücut savunma mekanizmasıdır. Vücudu hastalıklara, mikroplara karşı korur. Bağışıklık sisteminin temelini oluştururlar. Lökositlerde ortaya çıkan rahatsızlıklar; Lösemiler, nötrofeniler, miyelodisplastik sendrom, miyeloproliferatif hastalıklar, lenfoma ve lenfoproliferatif hastalıklara işaret eder.

Trombositler, kan değerlendirmelerinde platelet olarak geçer. Pıhtılaşmadan sorumlu olan trombositler, herhangi bir kanama durumunda pıhtı oluşumunu sağlayarak aşırı kanamayı önler. Trombositlerde ortaya çıkan hastalıklar; hemofililer, von Willebrand hastalığı, tromboz, trombositopeni ve trombositozdur.

### HEMOGRAM PARAMETRELERİ

Hemogram parametrelerinde kan hücreleri farklı alt parametreleri de içerir.

Kırmızı kan hücresi sayısı RBC olarak karşımıza çıkar. Kırmızı kan hücreleri indeksleri MCV, RDW, MCH, MCHC' dir.

Lökositler WBC olarak değerlendirilir. Nötrofiller, bazofiller, eozinofiller, monositler, lenfositler olarak alt parametreleri vardır.

Trombositler PLT olarak karşımıza çıkar.

Bunlara ek olarak hemoglobin (Hb) ve hematokrit (HCT) değerleri de incelenir.

**RBC**

Eritrosit sayısını gösterir. Laboratuvarların çalışma prensiplerine göre değerler değişiklik gösterse de ortalama olarak sağlıklı kadınlarda 3,8-5,4 milyon değerinde, sağlıklı erkeklerde 4.4-5,4 milyon mL'dir. Çocuklarda normal değer 4.0-5,5 milyon mL'dir. Lösemi, kanser, kansızlık, tiroid bozuklukları, hamilelik gibi durumlarda RBC değeri düşer.

Sigara, alkol ve uyarıcı madde kullanımında, kalp hastalıklarında, polisitemia vera gibi hastalıklarda RBC yüksek değerdedir. (Resim 1)

**RBC miktarı artığında veya azaldığında;**

Kırmızı kan hücresi düşüklüğünde demir eksikliği, anemi (kansızlık), kan kaybı, folik asit yetmezliği ve B12 eksikliği gibi problemler mevcut olabilir.

Yüksek rakımlı yerlerde yaşayan kişilerde, böbrek, KOAH veya mesleki akciğer hastalığı olanlarda

	MCV(fL)	MCH(pg)	MCHC(g/dl)
Tanım	Bir eritrositin ortalama hacmini gösterir	Eritrositlerin içerdiği ortalama eritrosit hemoglobin miktarını gösterir	Hemoglobinin ortalama eritrosite bölünür.
Formül	$MCV (fL) = \frac{Hct(\%) \times 10}{KK(milyon/\mu L)}$	$MCH(pg) = \frac{Hb(g/dl) \times 10}{KK(milyon/\mu L)}$	$MCHC (g/dl) = \frac{Hb(g/dl) \times 10}{Hct(\%)}$
Patolojik değerler	Düşük MCV: Mikrositik eritrosit Yüksek MCV: Makrositik eritrosit	Düşük MCH: Hipokromik eritrosit	Düşük MCH: Hipokromik eritrosit Yüksek MCH: Hiperkromik eritrosit
Hastalıklar	Mikrositik: Demir eksikliği anemisi ve Talasemi, Makrositik: B12 ve folat eksikliği	Hipokromi: Demir eksikliği anemisi ve Talasemi	Hipokromi: Demir eksikliği anemisi Hiperkromi: Hiperkromik eritrosit

Resim 1: Tam kan çıktılarında yer alan eritrosit indeksleri ve tanısal değerleri

**RDW**

Eritrositlerin hacmini ve ne kadar değişiklik gösterdiğini ifade eder. Yetişkin kadınlarda 12,0-16,0, yetişkin erkeklerde 11,8- 14,5 arası sağlıklı değer olarak kabul edilir. Normal değerler laboratuvara göre değişiklik gösterebilir, cinsiyet ve yaş ile de değişiklikler gösterir ancak raporlarda detaylıca gösterilmektedir. B12 eksikliği, anemiler, demir eksikliği, folat eksikliği gibi nedenlerle RDW değeri yükselir. Eklemlerde iltihaplanma, kronikleşmiş kansızlık, demir emiliminin azlığı, aşırı kan kaybı gibi durumlarda ise RDW değeri düşük görülür. (Resim 1)

**MCH**

MCH, bir tane alyuvarda bulunan hemoglobinin ortalama değeridir. Sağlıklı bir bireyde MCH değeri, 25,0- 35,0 pg aralığındadır. Normal değerler laboratuvara göre değişiklik gösterebilir, cinsiyet ve yaş ile de değişiklikler gösterir ancak

kırmızı kan hücresinin sayısı yükselebilir.

Eritrositoz yani polisitemi durumunda da kırmızı kan hücre sayısı artar. Bu durum kanın yoğunlaşması, akışkanlığın azalması anlamına gelir ve birçok hastalıktan kaynaklanabilir.

**MCV**

Ortalama eritrosit hacmi olarak ifade edilir. Sağlıklı bir insanda referans aralığı 80-100 fl'dir. Normal değerler laboratuvara göre değişiklik gösterebilir, cinsiyet ve yaş ile de değişiklikler gösterir ancak raporlarda detaylıca gösterilmektedir. Kan kaybı, talasemi, bakır eksikliği, B6 vitamin eksikliği, radyoterapi görme gibi durumlarda MCV değeri düşer. Folik asit eksikliğinde, hipotiroidi, karaciğer yetmezliği gibi durumlarda MCV yüksek değerde çıkar. (Resim1)

raporlarda detaylıca gösterilmektedir. Düşük olması durumunda demir eksikliği, kronik hastalıklar, anemiler, kurşun zehirlenmesi gibi durumlar ortaya çıkar. Yüksekliğinde ise B12 eksikliği, folik asit eksikliği olduğu düşünülür. (Resim1)

**MCHC**

Ortalama korpüsküler hemoglobin konsantrasyonudur. Normal bir yetişkin bireydeki değeri, 31-38 g/dL'dir. Normal değerler laboratuvara göre değişiklik gösterebilir, cinsiyet ve yaş ile de değişiklikler gösterir ancak bu değer aralıkları raporlarda detaylıca gösterilmektedir. Yetersiz beslenme, anemiler, çölyak, hemoliz, crohn, uzun menstrüal siklus gibi sebeplerle MCHC değeri düşer. MCHC değeri yükseldiğinde ise otoimmün hemolitik anemi, ileri seviye yanıklar, karaciğer hastalığı gibi durumlar meydana gelmiştir. (Resim 1)

## WBC

Akyuvar hücre sayısını ifade eder. Sağlıklı bireylerde aldığı değer 4000-10000 arasındadır. Normal değerler laboratuvara göre değişkenlik gösterebilir, cinsiyet ve yaş ile de değişkenlikler gösterir ancak bu değer aralıkları raporlarda detaylıca gösterilmektedir. Yüksek bir değer çıktığında enfeksiyonlu hastalıklar ve iltihap oluşumu, alerjik hastalıklar, romatoid artrit, kortizol kullanımı, kemik iliği hastalıkları ve tümörler akla gelir. Düşük değer ise radyoterapi, kemik iliği hastalıkları, yetersiz beslenme, vitamin eksikliği olduğunu gösterir. Nötrofil yüzdesi, Bazofil yüzdesi, monosit yüzdesi, Eozinofil yüzdesi, lenfosit yüzdesi WBC ile birlikte değerlendirilir.

## MPV

Bir trombositin ortalama büyüklüğünü ifade eder. Sağlıklı bir insanda 8,0-11.0 fl arasında değer alır. Normal değerler laboratuvara göre değişkenlik gösterebilir, cinsiyet ve yaş ile de değişkenlikler gösterir ancak bu değer aralıkları raporlarda detaylıca gösterilmektedir. Şeker hastalığı, kan zehirlenmesi, kan kanseri, kalp hastalığı, diyabet, D vitamini eksikliğinde MPV değeri yükselir. Kemoterapi ilaçları, virüsler, ilaçlar, kanser gibi nedenlerden dolayı MPV değeri düşer.

## PCT

Prokalsitonin, kalsitonin hormonunun ölçüsüdür. Hemogram testinde PCT değeri de görünür. Ciddi bakteriyel enfeksiyonlarda PCT değeri hızla yükselir. Ancak düşüklüğü için böyle bir şey söz konusu değildir.

## LYM

Lenfositin tüm beyaz kan hücrelere olan oranını ifade eder. Kızamık, suçiçeği gibi virüs kaynaklı hastalıklarda, kan kanseri, kronik hastalıklar, inflamatuvar bağırsak hastalıklarında LYM değeri yükselir. Düşüklüğünde ise çölyak, kalıtsal hastalıklar, kortizol kullanımı, enfeksiyon hastalıkları söz konusudur.

## MON

Monositin tüm beyaz kan hücrelerine olan oranı ifade eder. Yüksekliği vücutta enfeksiyon, iltihap ve kanser gibi rahatsızlıklara işaret eder. Düşüklüğü ise kemik iliği hastalıklarını akla getirir.

## EOS

Eozinofilin tüm beyaz kan hücrelerine olan oranını ifade eder. Düşük olması durumu endişelendirmez. Ancak yüksekliğinde alerjik hastalıklar, zehirlenme, paraziter hastalıklar, ilaç kullanımı, ülseratif kolit, gastritler, ilaç kullanımı gibi durumlara işaret eder.

## BAS

Bazofilin tüm beyaz kan hücrelerine olan oranını ifade eder. Vücutta bir iltihap olduğunda bazofil değeri yükselir. Ciddi alerjik reaksiyonlarda bazofil değeri düşer.

## PLT

Trombositlerin sayısını ifade eder. Sağlıklı bir insanda aldığı

değer 150000-400000 arasındadır. Normal değerler laboratuvara göre değişkenlik gösterebilir, cinsiyet ve yaş ile de değişkenlikler gösterir ancak bu değer aralıkları raporlarda detaylıca gösterilmektedir. Hemolitik anemi, alerjik hastalıklar, kanser türleri ve tedavilerinde PLT değeri yüksek çıkar. PLT düşüklüğü trombositopeni olarak adlandırılır. Aşırı kansızlık, B12 eksikliği, siroz, lösemi, vitamin eksikliği durumunda PLT düşük çıkar.

Kanda trombosit sayısının düşüklüğüne trombositopeni denir. Trombositopeni; kemik iliğinde yeterince platelet üretilmemesinden, otoimmün hastalıklardan veya virüslerden kaynaklanabilir. Trombosit sayısı 50.000'in altına düştüğünde hayatı tehlike gelişebilir.

Kanda trombosit sayısının 500.000'den yüksek olması durumuna trombositoz denir. Trombositoz; demir eksikliğinden, ameliyat ile dalağın alınmış olmasından, iltihaplı hastalıklardan veya kullanılan ilaçlara karşı tepkisel bir durumdan kaynaklanabilir.

Trombosit değişiklik olmaması ancak fonksiyonlarında bozulma olması durumuna trombastenidenir. Burunda veya sindirim sisteminin parçası olan organlarda normalden uzun süren kanamalar olabilir.

## HB

Hemoglobin, dokulara oksijen taşır. Kanda stabil değeri 100 ml kanda 12-16 gram'dır. Normal değerler laboratuvara göre değişkenlik gösterebilir, cinsiyet ve yaş ile de değişkenlikler gösterir ancak bu değer aralıkları raporlarda detaylıca gösterilmektedir. Erkeklerde ve kadınlarda 1 desilitre içinde bulunma miktarı farklıdır. Akciğer hastalıkları, ateş, aşırı kusma, yükseklerde yaşama, dehidrasyon gibi durumlarda hemoglobin yükselir. Siroz, Hodgkin lenfoma, kronik böbrek hastalıkları, hipotiroidi, hemoliz, talasemi, kan damar iltihabı gibi durumlarda hemoglobin düşer.

Hemoglobin miktarının arttığı ve azaldığı durumlar eritrosit sayısının arttığı ve azaldığı durumlarla paraleldir.

## HCT

Hematokrit, kırmızı kan hücrelerinin toplam kan hacmine oranını ifade eder. Normal değeri, %35-45 arasındadır. Dalak büyümesi, kan kanseri, böbrek hastalıkları, gebelik, folik asit, B6, B12 vitamin eksikliklerinde hematokrit değeri düşer. Kalp damar hastalıklarında, vücut susuz kaldığında, kortizol kullanımında HCT değeri yükselir.

Aşağıda HCT değerinin yüksek veya düşük olduğu durumunda oluşabilecek bazı hastalıklar verilmiştir. (Tablo 1)

Tablo 1

Yüksek olduğu durumlar	Düşük olduğu durumlar
Dehidrasyon	Anemi
Polisitemia Vera	Hemoliz
Konjenital kalp yetmezliği	Lösemi
Hemokonsantrasyon (Dengue)	Malnutrisyon
Kor pulmonale	Aplastik Anemi
Kanda düşük oksijen	

## Dehidrasyon



Klinik uygulamada dehidrasyon, fizyolojik bir tanının aksine, vücudun yerine koyabileceğinden daha yüksek bir oranda tuzlu veya tuzsuz vücut suyu kaybı anlamına gelir. Su kaybı dehidrasyonu (sodyum veya glukoz artışına bağlı hiperosmolar) ve tuz ve su kaybı dehidrasyonu (hiponatremi) olmak üzere 2 tür dehidrasyon vardır. Teşhis hastanın değerlendirilmesini, laboratuvar testlerini, klinik değerlendirmeyi ve hastanın geçmişi hakkında bilgi sahibi olmayı gerektirir.

#### **Polisitemia Vera (PV)**

Polisitemia vera (PV), kronik miyeloproliferatif hastalıklardan biri olup miyeloid hücrelerin klonal çoğalması ile karakterizedir. Hastaların çoğunda Janus ilişkili tirozin kinaz-2 (JAK2) geninde somatik bir mutasyon eşlik etmektedir. PV olgusu eritrosit kitlesinde veya hemoglobin/hematokrit düzeyinde artış varlığında şüphelenilir. Başağrısı, baş dönmesi, kırmızı siyanoz, kaşıntı, tromboz, gastrointestinal kanama ile başvurulabilir. Bazen arteriel ve venöz tromboz hastalığın ilk bulgusu olabilir ve en önemli komplikasyondur. Kanama da sık görülen komplikasyondur. Total eritrosit hacminde artış ve serum eritropoetin düzeyinin düşük olması tanı için gerekli olup, tabloya lökositoz ve trombositoz eşlik edebilir.

#### **Konjenital Kalp Yetmezliği (KKY)**

Konjenital kalp yetmezliği (KKY), kalbin dokuların metabolik gereksinimlerini karşılayacak miktarda kanı periferik pompalayamaması sonucu oluşan sistemik ve pulmoner konjesyon ile karakterize klinik bir durumdur.

#### **Kor Pulmonale**

Kor Pulmonale, akciğer yapı ve/veya fonksiyonunu etkileyen hastalıklara bağlı gelişen pulmoner arteriyel hipertansiyona yanıt olarak meydana gelen sağ ventrikül genişlemesi (hipertrofi ve/veya dilatasyon) ve sağ ventrikül yetmezliğidir. En sık nedeni kronik obstrüktif akciğer hastalığıdır. Pulmoner hipertansiyon kor pulmonalenin en önemli komponentidir. Spesifik olmayan bulgu ve belirtiler kor pulmonalenin klinik tanısını zorlaştırmaktadır. Tedavi hedefi oksijenasyonu ve sağ ventrikül kontraktilesini arttırmak, pulmoner vasküler rezistans ve vasokonstriksiyonu azaltmaktır.

#### **Anemi**

Anemi, hemoglobin (Hb) veya hematokrit (HCT) veya eritrosit sayısında azalmadır. Altta yatan bir durumun göstergesidir ve makrositik, mikrositik veya normositik olarak alt gruplara ayrılabilir. Anemili hastalar tipik olarak yuşukluk, halsizlik ve yorgunluk gibi belirsiz semptomlarla başvururlar. Şiddetli anemi senkop, nefes darlığı ve egzersiz toleransında azalma ile kendini gösterebilir. Bu aktivite aneminin değerlendirilmesi ve tedavisinin ana hatlarını çizmekte ve bu durumdaki hastaların yönetiminde meslekler arası ekibin rolünü açıklamaktadır

#### **Hemoliz**

Hemoliz, eritrositlerin yıkım hızının artmasıyla ilişkili bulguların varlığını ifade eden bir terimdir. Normalde eritrositlerin yaşam süresi 120 gündür. Bu süre eritrositlerin parçalanmasına neden olan faktörlerin varlığında 15-20 güne kadar indiği halde, kemik iliği çalışma kapasitesini 6-8 kat arttırarak anemi gelişmeden durumu kompanse edebilir (kompanse hemoliz). Eğer kemik iliği artmış eritropoietik

aktiviteyle çalıştığı halde eritrosit yaşam süresi daha da kısalsa anemi ortaya çıkacaktır (hemolitik anemi).

#### **Lösemi**

Lösemi, kan kanseri ya da ilik kanseri olarak bilinen bir hastalıktır. Blast adı verilen olgunlaşmamış ilik hücrelerin çoğalarak normal ilik hücrelerinin yerini alması ile meydana gelen bir hastalıktır. Bir başka deyişle kemik iliğinde kan yapımından sorumlu hücrelerin kanserleşmesidir. Kanserleşen ilik hücreleri sağlıklı kan üretmedikleri gibi, iliği istila etmek suretiyle sağlıklı kan üretebilecek hücrelere de yer bırakmazlar. Hastalardaki klinik bulgular da sağlıklı kan hücrelerinin azalmasına bağlı olarak gelişir. Örneğin; kan pıhtılaşmasında rol oynayan trombositlerin (plateletler) azalmasına bağlı kanamalar, vücudumuzun savunma sisteminde rol oynayan lökositlerin azalmasına bağlı olarak ateş, kolay ve sık enfeksiyon gelişimi olur. Kırmızı kan hücrelerinin azalmasına bağlı olarak da anemi ve anemiye bağlı bulgular yani, halsizlik, çabuk yorulma, çarpıntı, nefes darlığı gibi bulgular gelişir. Ancak lösemi hastalarında bu bulguların hepsi olabileceği gibi sinsi bir şekilde gelişip bulgu da vermeden karşımıza çıkabilmektedir.

#### **Malnütrisyon**

Malnütrisyon kelime anlamı olarak bozuk beslenme anlamına gelmektedir. Her ne kadar malnütrisyon tanımı aşırı yeme ve yetersiz beslenme durumlarının kapsasa da, günümüzde malnütrisyon ve yetersiz beslenme kavramları genellikle birbirleri yerine kullanılmaktadır. Malnütrisyon; besin alımı yetersizliği sebebiyle oluşan yetersiz beslenme, aşırı beslenme, spesifik besin ögesi eksiklikleri ve orantısız besin ögesi alımı nedeniyle dengesizlikten oluşan bir bütün olarak tanımlanmıştır.

#### **Aplastik Anemi**

Aplastik anemi çevre kanında pansitopeni, kemik iliğinde hematopoetik hücrelerin azalmasıyla karakterize olan ve nadir görülen bir hastalıktır. Hematopoezin azalması CD34+ hücrelerin (kök hücre ve şartlanmış progenitör hücrelerin) radyasyon, benzen, ilaçlar, virüsler gibi bazı etkenlere maruz kalması sonucu sekonder olarak gelişebilir veya vakaların çoğunda suçlanacak etyolojik bir neden gösterilemez, bunlar idiopatik aplastik anemi grubunu oluşturur. Aplastik anemide kemik iliğinde hematopoetik dokunun yerini yağ dokusu almıştır ve ilik üniform olarak aplaziktir.

#### **HEMOGRAM ANALİZİ**

Bir tam kan sayımı raporu genellikle yaklaşık 20 parametreyi içerir. Bir sağlıklı yetişkinin normal kan değerleri, genellikle referans aralıklarında belirtilir. Bunlar genellikle laboratuvar tarafından belirlenen standartlardır ve cinsiyet, yaş ve diğer faktörlere bağlı olarak değişebilir. Tabiki sonuçların yorumlanması için sadece referans değerlerine bakmak her zaman yeterli olmayabilir. Sonuçlar, kişinin genel sağlık durumu, tıbbi geçmişi, semptomları ve başka test sonuçlarıyla birlikte değerlendirilmelidir. Aşağıdaki tabloda parametrelerin referans değerleri verilmiştir. (Tablo 2)

Tablo 2: Sağlıklı bir insanın Hemogram sonucu parametrelerin referans değerleri

Parametre	Birim	Referans değer
Lökosit (WBC)	$\times 10^9/L$	4.5-11
Eritrosit (RBC)	$\times 10^{12}/L$	4.3-5.7
Trombosit (PLT)	$\times 10^9/L$	150-400
Hemoglobin (HB)	g/dL	13.2-17.3
Hemotokrit	%	39-49
Ortalama Eritrosit hacmi (MCV)	fL	80-99
Ortalama Eritrosit Hemoglobini(MCH)	pg/cell	27-34
Ortalama Eritrosit Hemoglobin Kons. (MCHC)	g/dL	32-37
Eritrosit Dağılım Genişliği (RDW)	%	11.5-14.5
Nötrofil %	%	40-70
Lenfosit %	%	20-45
Monosit %	%	3-9
Eozinofil %	%	0-6
Bazofil %	%	0-1
LUC %	%	0-4
Nötrofil Sayısı	$\times 10^9/L$	1.8-7.7
Lenfosit Sayısı	$\times 10^9/L$	1.5-4
Monosit Sayısı	$\times 10^9/L$	0.2-0.95
Eozinofil Sayısı	$\times 10^9/L$	0-0.7
Bazofil Sayısı	$\times 10^9/L$	0-0.15
LUC Sayısı	$\times 10^9/L$	0-0.4
Ortalama Trombosit Hacmi (MPV)	fL	6.5-10.5

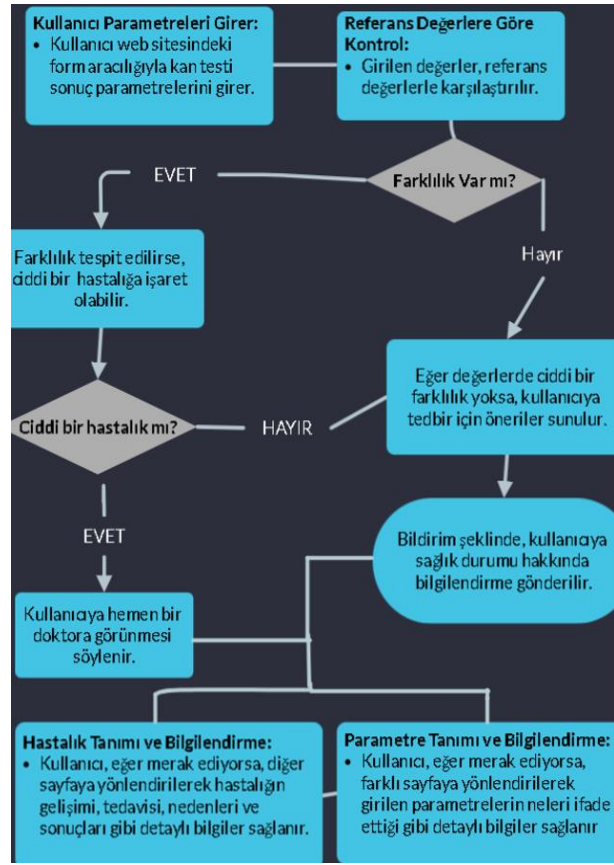
## WEB TABANLI PLATFORM İŞLEYİŞİ

Web sitesi, Next.js kullanılarak geliştirileceği için kullanıcılar hızlı ve etkileşimli bir deneyim yaşayacak, aynı zamanda mobil uyumluluk ve performans avantajlarından da faydalanacaklardır. Bu sayede, sağlık bilincini artırmak ve kullanıcılara kişisel sağlık yönetiminde yardımcı olmak amacıyla tasarlanan bu web sitesi, modern web teknolojileri kullanarak önemli bir rol oynayacaktır.

Bu web uygulaması, sağlık takibi ve erken teşhis konularında bilincin artırılmasına katkıda bulunacak ve kullanıcıların sağlıklarını daha etkin bir şekilde yönetmelerine yardımcı olacaktır. Ayrıca, ciddi bir hastalık riski tespit edildiğinde, kullanıcıya hemen bir doktora görünme tavsiyesi verilerek acil durumlarda hızlı müdahale imkanı sunulacaktır.

Kullanıcıların girdikleri parametreler, referans değerlerle karşılaştırılarak herhangi bir sapma veya anormallik tespit edildiğinde, kullanıcılara hemen bilgilendirme yapılacak ve gerekli önlemleri almaları için yönlendirmelerde bulunulacaktır.

Resim 2'de tasarlanan web sitesinin işleyiş diyagramı verilmiştir. ()



Resim 2: Web Site işleyiş diyagramı

## Parametre Girişi

Kullanıcılar genellikle rutin sağlık kontrolü veya spesifik sağlık sorunları nedeniyle bir sağlık hizmeti sunan kurumdan kan testi yaptırır. Bu test sonucunda elde ettikleri tam kan sayımı gibi parametreleri, web sitesindeki form aracılığıyla gireceklerdir. Form, genellikle kullanıcıya adı, soyadı, yaş gibi temel bilgilerin yanı sıra kan değerlerini içeren özel alanları doldurma olanağı tanıyacaktır.

Bu aşama, kullanıcıların kendi sağlık bilgilerini sisteme entegre etmelerini sağlayarak, web sitesinin kişiselleştirilmiş bir deneyim sunmasına olanak tanır. Kullanıcıların bu bilgileri güvenli bir şekilde girmeleri ve ardından sistemin bu verileri analiz ederek değerlendirmesi, sağlık durumlarını takip etmeleri ve potansiyel problemleri önceden tespit etmeleri açısından önemlidir.

## Referans Değerlerine Göre Kontrol

Kullanıcının girdiği kan testi sonuçları, sağlık standartlarına uygunluğunu değerlendirmek üzere referans değerlerle karşılaştırılır. Önceki bölümlerde de belirttiği gibi, bu referans değerler genellikle uluslararası sağlık kuruluşları veya yerel sağlık otoriteleri tarafından sağlanan standartlara dayanmaktadır.

Kullanıcının girdiği kan testi sonuçları, belirlenen referans aralıklarına göre incelenir. Bu değerlerin normal aralıklarda olup olmadığı değerlendirilir ve bu değerlendirme, kullanıcının sağlık durumu hakkında ilk bir gözlemi sağlar.

### Değerlerde Farklılık ve Hastalık Bildirimi

Kullanıcının sağlık durumuna dair potansiyel risklere karşı bilgilendirme ve rehberlik sağlamaktadır. Bu aşamada kullanıcının aldığı bildirim, sonuçların referans değerlerden sapması durumunda gerçekleşir.

Eğer değerlerde bir sapma veya farklılık tespit edilirse, kullanıcıya hemen bir bildirim gönderilir. Bu bildirim, kullanıcının dikkatini çekmek ve sağlık durumunu daha detaylı bir şekilde incelemesi için bir uyarı niteliğindedir. Eğer bu farklılık ciddi bir hastalığa işaret ediyorsa, kullanıcıya derhal bir sağlık profesyoneli ile iletişim kurması gerektiği belirtilir. Bu noktada, web sitesi kullanıcıya, sağlık kuruluşlarına başvurması ve bir uzman görüşü alması konusunda açık ve net talimatlar sunar.

Eğer tespit edilen farklılık çok ciddi bir hastalığa işaret etmiyorsa, kullanıcıya tedbir için öneriler sunulur. Bu öneriler, genellikle yaşam tarzı değişiklikleri, diyet düzenlemeleri veya belirli testlere yeniden tabi tutulma gibi basit önlemleri içerebilir. Bu aşamada, web sitesi kullanıcıya, sağlık durumunu kontrol altına almak ve daha iyi bir sağlık yönetimi için adımlar atmalarına yardımcı olacak pratik öneriler sunar.

### Derinlemesine Bilgi ve Keşif

Son aşama, kullanıcıyı daha fazla bilgiye yönlendirme ve isteğine bağlı olarak derinlemesine bilgi sağlama aşamasıdır.

Eğer kullanıcı, tespit edilen durum veya hastalık hakkında daha fazla bilgi edinmek isterse, web sitesi kullanıcıyı başka bir sayfaya yönlendirir. Bu sayfada, hastalığın gelişimi, tedavisi, nedenleri ve sonuçları gibi kapsamlı bilgiler sunulur.

Bu aşamada, web sitesi kullanıcıya girilen parametrelerin açıklamalarını sağlama seçeneği sunar. Kullanıcının sağlık durumuyla ilgili girilen parametrelerin ne anlama geldiğini, bu değerlerin nasıl ölçüldüğünü ve hangi faktörlere bağlı olarak değişebileceğini anlaması önemlidir. Bu açıklamalar, kullanıcının kendi sağlık verilerini daha iyi yorumlamasına yardımcı olabilir.

Kullanıcıya sunulan bu bilgi, genellikle bilimsel kaynaklardan elde edilmiş, güvenilir ve güncel bilgiler içerir. Hastalığın gelişimi, tedavisi, nedenleri ve sonuçları hakkında detaylı açıklamalar, kullanıcının sağlık durumuyla ilgili bilinçli kararlar almasına yardımcı olabilir.

### KAYNAKLAR

- [1] Bain B j: Performing a blood count. In Bain BJ: Blood Cells, A practical Guide, Blackwell Publishing, 2006
- [2] Miers MK, Exton MG, Daniele C: Cell-Counting and Coagulation Instrumentation. In Bernadette F R (ed): Diagnostic Hematology, Philadelphia WB Saunders, 1995:599-631.
- [3] Perkins S L; Principle of Hematologic examination. In Wintrobe's Clinical Hematology, 10th edition.
- [4] Zandecki M, Genevieve F, Gerard J, Godon A : Spurious counts and spurious results on haematology analysers: a review. Part I: platelets, Int. Jnl. Lab. Hem. 2007, 29, 4–20
- [5] Zandecki M, Genevieve F, Gerard J, Godon A : Spurious counts and spurious results on haematology analysers: a review. Part II: white blood cells, red blood cells, haemoglobin, red cell indices and reticulocytes. Int. Jnl. Lab. Hem. 2007, 29, 21–41
- [6] Kottke-Marchant K, Davis B H : Laboratory Hematology Practice, Wiley-Blackwell, 2012.

- [7] Aykut Köroğlu. Otomatik kan sayım ilkeleri ve sonuçların yorumlanması. Hematoloji birinci basamak kursu eğitim kitabı, ed: Yücel Tangün, Türk Hematoloji Derneği, İzmir, 2000; 11-22 2.
- [8] Daniel H. Ryan. Automated analysis of blood cells. Hematology, Basic principles and practice, third edition, ed; Ronald Hoffman ve ark., Philadelphia, 2000: 2469-2481
- [9] Celkan, Tülin Tiraje. "Hemogram bize neler söyler?." *Türk Pediatri Arşivi* 55.2 (2020).
- [10] Young, Neal S. "Aplastic anemia." *New England Journal of Medicine* 379.17 (2018): 1643-1656
- [11] Bolaman, Zahit. "Polisitemia vera." *Ulusal İç Hastalıkları Kongresi* (2001): 26-30.
- [12] Semizel, Evren, Özlem Mehtap BOSTAN, and Ç. İ. L. Ergün. "Konjestif kalp yetmezliği." *Güncel Pediatri* 4.1 (2006): 140-145.
- [13] BALBAY, Ege GÜLEÇ, and Gülşah AKTÜRE. "Kor Pulmonale." *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 1.2 (2014): 30-33.
- [14] Konshin, Kirill. *Next.js Quick Start Guide: Server-side rendering done right*. Packt Publishing Ltd, 2018.
- [15] Young, Neal S. "Aplastic anemia." *New England Journal of Medicine* 379.17 (2018): 1643-1656.
- [16] ATICI, Elif. "Tıp tarihinde kanser ve lösemi." *Türk onkoloji dergisi* 22.4 (2007): 197-204.
- [17] Garrett, Renee, et al. "A literature review: website design and user engagement." *Online journal of communication and media technologies* 6.3 (2016):
- [18] Karahan İ., Çifci A. Malnütrisyonun tanımı ve hastaların yönetimi. *J Med Palliat Care / JOMPAC / Jompac*. 2020; 1(1): 5-9.
- [19] Konshin, Kirill. *Next.js Quick Start Guide: Server-side rendering done right*. Packt Publishing Ltd, 2018.
- [20] <https://invitro.com.tr/hemogram-tam-kan-sayimi-sonuclarinin-anlami/>
- [21] <https://www.tamamlayicisaglik.com/blog/saglik/tam-kan-sayimi-ve-kisaltmalarin-anlamlari/>

# Tarımsal Desteklerin Üzüm Üretimi Üzerine Olan Etkisi

## Effect of Agricultural Supports on Grape Production

F. HATİB<sup>1</sup>, F. N. YILMAZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Lazkiye, Suriye, Farahhatib7@gmail.com

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye,

**Özet** - Bağcılık Ülkemiz 'de eskiden beri uğraşılan bir tarım sektörüdür. Tarımsal destekleme politikaları bir ülkenin tarımsal üretimini sürdürülebilmesi için vazgeçilmez destek politikalarıdır ve ülkeden ülkeye değişmektedir. Tarımsal destekleri dört başlık altında toplamak mümkündür; pazar fiyat desteği (taban ve tavan fiyat uygulanması, fiyatlara müdahale ve fiyat dışı müdahale), doğrudan gelir desteği (prim ödemeleri, kredi ve girdi kolaylığı), dolaylı gelir desteği (vergi indirimi, sermaye bağışları, kredi desteği; gübre, ilaç, tohum, taşıma, enerji vb.) ve diğer destekler. Devlet hem tüketiciyi hem de üreticiyi korumak adına tarımsal desteklemeler yapmaktadır. Bazı tarımsal desteklemeler gelişmekte olan ve gelişmiş olan ülkelerde farklı sonuçlara yol açabilir. Bununla birlikte çoğu ülkede tarımsal desteklemeler hem tarım hem de sanayide iyileşmeye yönelik olumlu etkiler göstermiştir. Bölgedeki soğuk hava deposu olanaklarını artırmak ve üretici birliklerini teşvik etmek yaş üzüm üretimini olumlu yönde etkileyecek tavsiyeler arasındadır. Tarımsal desteklemelerinin Bağcılık alanına etkisini araştıran çalışmalar yapılması yapılan araştırmalar neticesinde çok önemli ve uygun görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler** - Bağcılık, Tarımsal destekler, Regresyon analizi.

**Abstract** - Viticulture is an agricultural that has been dealing with for a long time in our country. Agricultural support policies are indispensable support policies for a country's agricultural production and they vary from country to country. It is possible to collect agricultural supports under four subtitles; market price support (implementation of floor and ceiling prices, price intervention and non-price intervention), direct income support (premium payments, credit and input facility), indirect income support (tax reduction, capital donations, credit support; fertilizer, pesticide, seed, transport, energy, etc.) and other supports. The state provides agricultural supports in order to protect both the consumer and the producer. Some agricultural supports may lead to different results in developing and developed countries. However, in most countries, agricultural support has shown positive effects for improvement in both agriculture and industry. Increasing the cold storage facilities in the region and encouraging producer associations are among the recommendations that will positively affect the production of fresh grapes. Studies investigating the effect of agricultural supports on the field of viticulture were found to be very important and appropriate as a result of the researches.

**Keywords** - Agricultural supports, Viticulture, Regression analysis,....

### 1. GİRİŞ

#### 1.1 Dünya ve Türkiye'deki Tarımsal Destekleme Politikaları

Tarımsal destekleme politikaları bir ülke ekonomisi ve tarım sektörünün kendi sorunlarını çözmeye yönelik olduğu için tarımsal destekleme politikaları ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Tarımsal destekleme politikalarının amaçları şu şekilde sıralanabilir; tarımla uğraşanların gelir düzeyini iyileştirmek, yaşam standartlarının yeterli kılmak, üretim ve verimin iyileştirilmesini sağlamak, güvenli gıdanın sağlanması, yeteri kadar ürünün uygun fiyata alınabilmesi, doğal kaynakların dengeli bir şekilde kullanılması şeklinde sıralanabilir. Devlet tüketiciyi korumak için tarım dışı mal ve hizmetlerin fiyatların yükselmesini engelleyici politikalar izler ve aynı zamanda da tüketiciyi korumak için tarımsal ürün fiyatlarının genel düzeyini yükseltici politikalar izlemektedir. 15 yıllık bir veri üzerinde tarımsal pazar ve girdi desteğinin tarımsal gelir üzerindeki etkisini farklı ülkeleri ele alarak çalışmışlardır ve bu çalışmanın sonuçlarına göre Pazar ve girdi desteği tarımsal gelirler üzerinde gelişmiş ülkeler için pozitif etki gösterirken gelişmekte olan ülkelere negatif bir etkili oluşturmuştur (Aktaş ve ark., 2015).

Genel anlamda birçok ülkede tarımsal politika düzenlemeleri fiyatların istikrarlı tutulması ile toplumda kabul görmüş bir gelir seviyesinin belirlenmesi ile sabit kılınmıştır. Tarımda uygulanan destekleme politikaları çoğu zaman fiyatların önceden belirlenmesi şeklinde uygulanmıştır, fakat bu uygulama tarımsal gelirdeki düşüşü engellemeye yetmemektedir. Böylelikle çok öncelerde ülkeler genelde tarım ürünleri fiyatlarına direk olarak müdahale etmişlerse de bu durum son yıllarda fiyat destekleri yerine telafi edici ödemeler adı altında kademeli bir biçimde doğrudan destekler olacak şekilde düzenlenmiştir (Kıymaz, 2008).

Ülkemiz 'de uygulanan doğrudan gelir desteği arazi büyüklüğü esas alınarak uygulandığı için şu sonuçları doğurmuştur; kırsal kesimde yoksulluğu artırdı, kentlere göçü hızlandırdı, kırmızı et satışı fiyatlarında artışa sebep oldu ve tüm bunların neticesinde dış ticaret açığının artmasına neden olmuştur (Kandemir, 2011).

Tokat'ın bazı köyleri üzerinde bir çalışma yürütülmüş ve DGD 'nin üretim üzerinde değişiklikleri incelemişlerdir. Araştırma verilerine göre DGD uygulamasının üreticiler üzerine girdi desteklemeleri yerine ikame edildiğini göstermiştir (Menek ve Kızılaslan 2008).

1990-2012 yılları arasında 23 yıllık verileri kullanarak Türkiye de tarım ekonomisi sektörünü değerlendirmek için regresyon analizi yapmışlardır ve tarımsal desteklerin tarımdaki büyümeyi olumlu fakat tarımdaki istihdamı olumsuz etkilediği sonuçlarına ulaşmışlardır (Terin ve ark., 2013).

Ülkemiz’de mısır ve pamuk da çalışılmış farklı bir uygulamada ise içsel olarak adlandırılan gübreleme, yakıt ve toprak testi destekleri ve dışsal olarak adlandırılan doğrudan mısır desteği sağlanmış. Çalışma sonucunda içsel olan desteklerin dışsal olan desteklere oranla daha çok etki gösterdiği kanıtlanmıştır (Demirdöğen, 2016).

Çin’de yapılan bir çalışmada tarımdaki politikalar ve bunların çiftçiler üzerindeki etkileri çalışılmıştır ve sonuçlara göre tarımsal destekler hem tarımsal gelişme hem de sanayileşme üzerinde pozitif bir etki oluşturmuştur (Gu, 2014a). Yine aynı araştırmacı tarafından Çin’de yapılan farklı bir çalışmada tarımsal desteklemeler ve üreticilerin gelir destekleri incelenmiştir. Tarımsal desteklerin üreticilerin gelirlerini artırmış ve tarımdaki üretim dalgalanmalarını ise azalttığı kanıtına ulaşılmıştır (Gu, 2014b).

İçsel ve dışsal devlet desteklemeleri ve teknik destekler üretici gelirlerine ve üretime önemli oranda katkıda bulunmuştur. Çok fazla beklentinin olmasının yanı sıra çiftçi işgücü ve kaynaklarına büyük oranda katkıda bulunulmuştur. Finansal desteklemeler (kredi veya nakit vb.) yüksek oranda artmıştır. Bu yardımlar yapılmış birçok çalışmalar tarafından üretimi artırdığını göstermektedir (Lencucha, 2020).

Çin’de yaptıkları çalışmalarında devletin tarımsal ekonomisi Çin hükümeti tarafından yapılan tarımsal yardımlar ile göreceli olarak devam ettiğini belirtmişlerdir. Fakat, Çin’in tarımsal ekonomisi kısaca uzun dönemli desteklemeler ile kısa zamanda gelişen ürünleri devam ettirme eğiliminde olmuştur. Araştırmacıların tarımsal üretimin geliştirilmesi için politika tavsiyelerine göre mevcut olan politikayı devam ettirmeleri ve orman, tarım ve hayvansal destekleri genişletmeleri gerekmektedir (Guo, 2021).

Türkiye’de 1980-2000 yılları arası devlet tarım sektörüne uyguladığı politikaları değiştirmiştir ve öncelerde uygulanan fiyata dayalı olan desteklemeler WTO (Dünya Ticaret Örgütü), IMF (Uluslararası Para Fonu) ve WB (Dünya Bankası)’nin politika değişikliği nedeni ile farklılaşmıştır (Doğruel ve ark., 2003).

Ziraat ve Tarım doğal koşullara bağlı ve risk taşıdığı için dezavantajlı bir ekonomik faaliyet alanıdır ve kesinlikle devlet tarafından teşvik edilmesi gerekmektedir. 2000’li yıllardan itibaren Ülkemiz ’de tarımsal destekleme politikalarında ana değişiklikler doğrudan gelir desteği (DGD) ile olmuştur. Nitekim 2002 yılında tüm tarımsal desteklerin içerisinde DGD %78 seviyelerine ulaşmıştır ve 2008 yılında sonlandırılan bu uygulama %34 de kadar gerilemiştir (Tan ve ark., 2015). 2001 yılından itibaren ise DGD kaldırılıp yerine gübre, mazot, fındık, çay alan bazlı ve sertifikalı fidan ve tohum destekleme politikalarına ağırlık verilmiştir (Kalkınma Bakanlığı, 2014).

Bütün bunlar göz önüne alındığında tarımsal destekleri dört başlık altında toplamak mümkündür; pazar fiyat desteği (taban ve tavan fiyat uygulanması, fiyatlara müdahale ve fiyat dışı müdahale), doğrudan gelir desteği (prim ödemeleri, kredi ve girdi kolaylığı), dolaylı gelir desteği (vergi indirimi,

sermaye bağışları, kredi desteği; gübre, ilaç, tohum, taşıma, enerji vb) ve diğer destekler (Boz, 2003; Çakmak ve ark., 1999). Pazar fiyat desteği politikalarında gelişmekte olan ülkelerde bazı olumsuzluklara rastlamak mümkündür, örneğin; destekleme alımı fiyatları genelde hemen hasat sonrasında ilan edildiği için çiftçiye üretim alanı tercihi için yol göstermemiştir ve bu ilk olarak üretim-pazarlama dengesizliği sorunlarını ortaya çıkarmış ve ikinci olarak ise bazı ürünlerde stokçuluk problemleri ortaya çıkmıştır (Sayın, 2003; Akdaş ve ark., 2015).

## 1.2 Dünya ve Türkiye Bağcılığı

Asma kültürü yapılan en eski bitki türlerinden biridir. Dünyanın 34<sup>o</sup> kuzey ve 49<sup>o</sup> güney enlemleri arasında yapılabilmekte olan bağcılık faaliyetleri ile üretilen üzüm yaş ve kuru olarak hem iç hem dış pazara sunulabilmektedir. FAO verilerine göre dünyada 2021 yılında yaklaşık 84 milyon ton üzüm üretimi (FAO, 2023); Türkiye’de ise 2022 yılı verilerine göre 2 milyon ton yaş ve 1.6 ton kuru üzüm üretimi gerçekleşmiştir (TÜİK, 2023). Üretilen yaş üzümlerden çoğunlukla sofralık olarak tüketilmenin yanı sıra, şarap, üzüm suyu, sirke ve pekmez olarak da değer görmektedir. Bunların yanı sıra üzümünden üretilmiş olan pestil, burma ve muska gibi birçok yöresel ürünler bulunmaktadır. Salamura yapıldıktan sonra kullanılan asma yaprakları ile de enfes lezzette dolmalar sarılabilmektedir (Cangi, 2011).

Tarımsal üretim içerisinde her zaman yer alan ve topluma ekonomik anlamda katkı sağlayan asma bitkisi yaklaşık 7500 yıl önce Anadolu da kültüre alındığı bilinmektedir. Üzüm yaş ve kuru olarak tüketilmekle birlikte aynı zamanda üzüm şirasından şarap, pekmez, sucuk, sirke, köfter, sirke gibi insan beslenmesinde önemli ürünler elde edilebilmektedir (Ergenoğlu ve Tangolar, 2000). Türkiye’de üzümünden pekmez, sucuk ve köfter (%40), çekirdeksiz kuru üzüm (%17,5), çekirdekli kuru üzüm (%15), sofralık (%25) ve şaraplık (%2,5) elde edilmektedir (Çelik ve ark., 1998).

Türkiye dünyada 5. sırada yaş üzüm ve 1. sırada kuru üzüm üretici ülkesi olmakla birlikte, ülkemiz 3,9 bin hektar üretim alandan toplamda 3.6 milyon ton üretim gerçekleştirmektedir (TÜİK, FAO, 2023). Bu ürünlere üzüm suyu, salamura yaprak, sirke, pekmez, pestil, vb. yöresel ürünler ve bunların yanı sıra üzüm yetiştiriciliğinde kullanılan bağ direği, tel, ilaç, gübre vb. bağlı sektörlerle istihdam sağlayan araç gereçler üzüm yetiştiriciliğinden sağlanan ekonomik değeri oldukça artırmaktadır. Ülkemizin sahip olduğu ekoloji, asma çeşitliliği ve yüksek bağcılık kültürü avantajlarının yanı sıra ülkemizin bu avantajlarını ne kadar ekonomik değere dönüştürülebildiği üzerinde araştırılmalı gereken bir konudur (Kiracı, 2017).

Tarımsal desteklerin tarımsal üretimi üzerine çalışan araştırmacılar genel olarak tek yıllık bitkiler üzerinde çalışılmıştır (Akiyama ve Thrivei, 1987; Thrivei, 1992;) fakat az da olsa çok yıllık olarak yetiştirilen bitkiler üzerinde de çalışmalar mevcuttur (Ebi ve Ape, 2014; Kidane, 1999; Kumar ve Sharma, 2006; Mathiou ve ark., 2014). Nitekim bazı araştırmacılar çok yıllık bitkilerin arz duyarlılığı için dikkat edilmesi gereken unsurları belirlerken arz duyarlılığının tek yıllık ve çok yıllık bitkilerde aynı düzeyde olduğunun altını çizmiştir (Kidane, 1999). Üzüm üretimi ve alanı bakımından dünyada önemli bir yeri olan ülkemizin rekabet gücünün saptanması ve artırılması gerekmektedir.

Bunun da gerçekleşebilmesi için şüphe yok ki bu yolda izlenecek politikaların doğru olarak belirlenmesi gerekir. Sonuç olarak hem üreticiler hem de politikacılar açısından önemli olan arz duyarlılığı çalışmalarına önem verilmesi gerekmektedir (Atış ve ark., 2016). Farklı piyasa, destekleme ve pazarlama uygulamalarına karşı organik ve konvansiyonel kuru üzüm üretimi üzerine Manisa ili örnek alınarak çalışılmış ve organik tarımsal desteklemenin organik kuru üzümde olan arzı %3,2 oranında yükselttiği sonucuna ulaşılmıştır (Atış ve ark., 2016).

Türkiye’de tarımsal desteleme politikalarının bağıcılık açısından mercek altına aldığımızda öncelik olarak Cumhuriyet döneminde başladığını görmekteyiz. Bu dönemde bağıcılık ile ilgili atılan en önemli adım 14.07.1970 tarihinde yürürlüğe koyulan 1311 Sayılı “Türkiye Bağıcılığının Modernleştirilmesi ve Bağıcılığımızın Kalkındırılması” adlı kanun olduğu görülmektedir. Bu kanun ile 1980’li yılların ortalarına kadar kurulan bağlar Ziraat Bankası’nın %5 faizli kredileri ile desteklenmiştir (Çelik ve ark., 2005).

Tarım politikalarındaki değişiklikler ve Bağıcılığı Çanakkale ilini örnek alarak incelenen bir çalışmada, Çanakkale ili hem şaraplık bağ alanları hem de şaraplık üzüm çeşitleri bakımından Ülkemizde en önemli illerden biri olmasına rağmen yanlış yapılan tarım ve özelleştirme politikalarına bağlı olarak bağ alanlarının olumsuz bir şekilde etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada yaş üzüm üretiminin Çanakkale iline avantaj sağlayacağı düşünülmektedir ayrıca bölgede soğuk hava depolarının var olmasına yönelik politikalar geliştirilmeli ve üretici birliklerini aktif hale getirilmesi öneriler olarak bahsedilmiştir (Aktaş, 2007).

Bağıcılık konusunda uygulanan bir diğer destekleme politikası ise sertifikalı asma fidanı üretimidir. Bu uygulama 1990 yılında uygulanmaya başlanmış ve 1994’te son bulan bu uygulama ile 10 dekarın üzerinde olan bağların sertifikalı fidan kullanmak şartıyla modern bağların tesis edilmesi sağlanmıştır. Yine aynı çalışmada özel sektör fidancılığının geliştirilmesi amacıyla 1992 yılında asma fidanı üretimine prim uygulaması başlatıldığından ve örnek bağ tesis kurulumu için “Sosyal Yardımlaşma ve Dayanışma Teşvik Fonu” ile İl Özel İdaresi bütçesinden destekler sağlandığından söz edilmektedir. 16 Mayıs 2006 tarihinden bu yana uygulanmaya başlayan başka bir güncel politika ise Sertifikalı Tohumluk ve Fidan Kullanımı tesislerine verilen desteklerdir. Bu bağlamda 2006 yılında bağ dekar başına 200 YTL verilmektedir (Aktaş, 2007).

Tarımsal destekleme uygulamalarının tarımsal üretime etkisi, hayvansal üretim (Yılmaz ve Yaşar, 2020; Yüksel ve Şahinler., 2020; Kabir ve Talukder., 1999) ve soya, pamuk, buğday, dane, mısır, ayçiçeği, çeltik gibi çoğunlukla bitkisel üretim üzerinde çalışma konusu olmuştur (Özüdoğru ve ark., 2015; Özüdoğru ve Miran, 2015; Yavuz ve ark., 2016; Semerci ve ark., 2012; Kalabak ve Arslan, 2021; Hosseingholizadeh ve ark., 2014, Kadakoğlu ve Yılmaz, 2022). Fakat tarımsal desteklerin üzüm ve üzüm ürünleri üzerine etkisinin çalışıldığı literatürde çok kısıtlı çalışmalar bulunmaktadır (Atış ve ark., 2016; Aktaş ve ark., 2007) Bu nedenle tarımsal desteklerin üzüm üretimi üzerine yapılacak olan çalışmalara ağırlık verilmesi gerekmektedir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Tarımsal desteklerin üretici eline geçen üzüm fiyatının ithalat fiyatlarının asma ekim alanıyla arasındaki ilişkiyi belirlemek için çoklu regresyon analizi yapılacaktır ve ekonometrik bir model oluşturulacaktır. Modelin tahmini için kullanılan değişkenlere ait veriler 2004-2022 yıllarını kapsamaktadır.

## 3. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 3.1 Dünya’daki ilk 9 Ülke 2021 Yılı Verilerine Göre Asma Ekim Alanı ve Üretimi

Tablo 1. Dünya’daki Asma Ekim Alanı ve Üretimine ait ilk 9 Ülke (2021 Yılı)

	Ekim alanı(ha)	Üretim(ton)
Çin	582728	11269900
İtalya	702670	8149400
İspanya	929390	6086920
ABD	365840	5488470
Fransa	757830	5073580
Türkiye	390221	3670000
Hindistan	155000	3358000
Şili	201895	2581108.26
Arjantin	211099	2241419.72

Kaynak (FAO, 2023).

FAO’dan ulaşılan son yıl olarak 2021 Asma ekim alanı ve üretimi ilk 9 ülke tablo 1 de özetlenmiştir. Tablo kısaca özetlenecek olunursa, Çin en yüksek üretime sahip olan ülke olmasına karşın 4. sırada yer almıştır. Arjantin ise üretim alanı bakımından Şili’den sonra 7. sırada gelmesinin yanında üretim bakımından sonuncu sırada yer almaktadır. Ülkemiz ise üretim bakımından 6. ve üretim alanı olarak da 5. sırada bulunmaktadır (Tablo 1).

### 3.2 Ülkemiz ’deki 2004-2022 Yılları Arası Asma Ekim Alanı ve Üretimi

Tablo 2. 2004-2022 Yılları Arasında Türkiye’de Asma Ekim Alanı ve Üretimi (TÜİK, 2023)

	Üretim (Ton)				
	Alan	Production (Tonnes)			
	(Dekar)				
Yıl	Alan	Toplam	Sofralık	Kurutmalık	Şaraplık
Year	(Decare)	Total	For table	Raisins	For wine use
2004	5 200 000	3 500 000	1 900 000	1 230 000	370 000
2005	5 160 000	3 850 000	2 000 000	1 400 000	450 000
2006	5 138 351	4 000 063	2 060 167	1 495 697	444 199
2007	4 846 097	3 612 781	1 912 539	1 217 950	482 292
2008	4 827 887	3 918 442	1 970 686	1 477 471	470 285
2009	4 790 239	4 264 720	2 256 845	1 531 987	475 888
2010	4 777 856	4 255 000	2 249 530	1 543 962	461 508

2011	4 725 454	4 296 351	2 268 967	1 562 064	465 320
2012	4 622 959	4 234 305	2 219 813	1 613 833	400 659
2013	4 687 922	4 011 409	2 132 602	1 423 578	455 229
2014	4 670 929	4 175 356	2 166 749	1 563 480	445 127
2015	4 619 557	3 650 000	1 891 910	1 334 563	423 527
2016	4 352 269	4 000 000	1 990 604	1 536 862	472 534
2017	4 169 068	4 200 000	2 109 000	1 603 000	488 000
2018	4 170 410	3 933 000	1 945 262	1 524 091	463 647
2019	4 054 387	4 100 000	2 050 000	1 599 000	451 000
2020	4 009 979	4 208 908	2 218 056	1 534 499	456 353
2021	3 902 211	3 670 000	1 856 929	1 430 160	382 911
2022	3 845 365	4 165 000	2 099 859	1 681 808	383 333

Türkiye bağ alanları 2004 yılında 5,2 milyon hektar iken, 2022 yılında 3.8 milyon hektara kadar düşmüştür. Bu yıllar arasında üzüm üretimine baktığımızda ise ekim alanlarındaki düşüşe rağmen üretimde kararlılık görülmektedir. 2022 yılında üretim alanı 3.8 milyon hektara kadar düşmesine rağmen üretim 4.1 milyon ton a kadar yükselmiştir. Bunun yanında sofralık üzüm üretimi ne baktığımızda; 2004 yılında 1,9 milyon ton olan sofralık üzüm üretimi 2022 yılında 2 milyon tona kadar yükselmiştir. Aynı şekilde 2004 yılında 1.2 milyon ton olan kurutulmalık üzüm üretimi 2022 yılında 1.6 milyon tona ulaşmıştır. Son olarak 370 bin ton olan şaraplık üzüm üretimi ise 383 bin tona ulaşarak sofralık ve kurutulmalık üretime göre çok daha az yükseliş eğilimine sahip olmuştur.

#### 4. SONUÇ

Literatür araştırmalarımız sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Tarımsal destekleme politikaları bir ülke ekonomisi ve tarım sektörünün kendi sorunlarını çözmeye yönelik olduğu için tarımsal destekleme politikaları ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Tarımsal destekleme politikalarının amaçları şu şekilde sıralanabilir; tarımla uğraşanların gelir düzeyini iyileştirmek, yaşam standartlarının yeterli kılmak, üretim ve verimin iyileştirilmesini sağlamak, güvenli gıdanın sağlanması, yeteri kadar ürünün uygun fiyata alınabilmesi, doğal kaynakların dengeli bir şekilde kullanılması şeklinde sıralanabilir. Devlet tüketiciyi korumak için tarım dışı mal ve hizmetlerin fiyatların yükselmesini engelleyici politikalar izler ve aynı zamanda da tüketiciyi korumak için tarımsal ürün fiyatlarının genel düzeyini yükseltici politikalar izlemektedir. Pazar ve girdi desteği tarımsal gelirler üzerinde gelişmiş ülkeler için olumlu etki gösterirken gelişmekte olan ülkelerde olumsuz etki göstermektedir. Ayrıca, pazar fiyat desteği politikalarında bazı gelişmekte olan ülkelerde stokçuluk problemleri gibi bazı olumsuzluklara rastlanmıştır. Ülkemiz 'de uygulanan doğrudan gelir desteği arazi büyüklüğü esas alınarak uygulandığı için şu sonuçları doğurmuştur; kırsal kesimde yoksulluğu artırdı, kentlere göçü hızlandırdı, kırmızı et satışı fiyatlarında artışa sebep oldu ve tüm bunların neticesinde dış ticaret açığının artmasına neden olmuştur. Tarımsal destekler hem tarımsal gelişime hem de sanayileşme üzerinde pozitif bir etki göstermiştir. Tarımsal desteklerin üreticilerin gelirlerini artırmış ve tarımdaki üretim dalgalanmalarını ise azaltmıştır. Bazı çalışmaların tavsiyeleri üzerine ise yaş üzüm üretimini artırmak için bölgedeki soğuk hava depoları teşvik edilmeli ve üretici örgütleri etkin hale

getirilmelidir. Bütün bu sonuçlar neticesinde, tarımsal desteklemelerin bağcılık tarım alanı üzerine olan etkisi hem dünya hem de Türkiye literatüründe rastlanmamış ve çalışılması elzem görülmüştür. Yöntem kısmında açıklanan regresyon analizi neticesinde Yüksek Lisans tezi yapılması uygun görülmüştür.

#### REFERANSLAR

- Aktaş, Erkan, Metin Altıok, and Mehmet Songur. "Farklı ülkelerdeki tarımsal destekleme politikalarının tarımsal üretim üzerine etkisinin karşılaştırmalı analizi." *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 15.4 (2015): 55-74.
- Aktaş, E., & Tan, S. (2007). Tarım politikasındaki değişiklikler ve bağcılık: Çanakkale ili örneği. 2. *Troas Bölgesi Değerleri Sempozyumu. Çanakkale*, 199-211.
- Akiyama, T., Thirivei, P.K., 1987. Vintage production approach to perennial crop supply: An application to tea in major producing countries. *Journal of Econometrics*, 36 (1): 133-161.
- Atış, Ela, Bülent Miran, Zerrin K. Bektaş, Z. K. ve Murat Cankurt (2016), "Farklı Pazarlama ve Tarım Politikası Seçeneklerinin Konvansiyonel ve Organik Kuru Üzüm Arzı Üzerine Etkileri", *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31: 345-352.
- Boz, İ. (2003). Avrupa Birliği Ortak Tarım Politikası. Kar, M., ve H. Arıkan (Ed.), *Avrupa Birliği Ortak Politikalar ve Türkiye içinde* (s. 217-260). İstanbul: Beta Yayınları.
- Cangi, R., Adınır, M., Yağcı, Topçu N., Sucu, S., Salamuralık Yaprak Üretilen Bağlarda Farklı Üretim Modellerinin Ekonomik Analizi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* Cilt: 1, Sayı: 2, Sayfa: 77-84, 2011
- Çakmak, E. H., Kasnaoğlu, H. ve Akder, H. (1999). Tarım Politikalarında Yeni Denge Arayışları ve Türkiye, TÜSİAD, Yayın No: TÜSİAD-T/99-12/275, İstanbul.
- Çelik, H., Çelik, S., Kunter, B.M., Söylemezoğlu, G., Boz, Y., Özer, C., Atak, A., 2005. Bağcılıkta Gelişme ve Üretim Hedefleri. *VI. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi*, 3-7 Ocak, Ankara.
- Demirdöğen, A., Olhan, E., & Chavas, J. P. (2016). Food vs. fiber: An analysis of agricultural support policy in Turkey. *Food policy*, 61, 1-8.
- Doğruel, F., Doğruel, A. S. ve Yeldan, E. (2003). Mac-roeconomics of Turkey's Agricultural Reforms: An Intertemporal Computable General Equilibrium Analysis, *Journal of Policy Modeling*, Vol. 25, pp. 617-637.
- Ebi, B.O., Ape, A.S., 2014. Supply response of selected agricultural export commodities in Nigeria. *Journal of Economics and Sustainable Development*, 5(5): 47-57.
- Ergenoğlu F., Tangolar S., 2000. Bağcılık İçin Pratik Bilgiler. TÜBİTAK, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu. TARP, *Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları*. Adana.
- FAO, <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi; 05.05.2023)
- Gu, Zheng (2014b), "Agricultural Support Policy and Farmers' Income in China", *Asian Agricultural Research*, 6(10): 22-25.
- Gu, Zheng (2014a), "Evolution of Post-war Agricultural Support Policies in China's Taiwan", *Asian Agricultural Research*, 6(11): 58-61.
- Guo, X., Lung, P., Sui, J., Zhang, R., & Wang, C. (2021). Agricultural support policies and china's cyclical evolutionary path of agricultural economic growth. *Sustainability*, 13(11), 6134.
- Hosseingholizadeh, N., Haghigat, J., & Mohammadrezaei, R. (2014). Examining subsidy policies on maize production in Iran (panel data approach). *International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD)*, 4(1047-2016-85537), 171-182.
- Kabir, M. H., & Talukder, R. K. (1999). Economics of small scale dairy farming in Bangladesh under the Government support Programme. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 12(3), 429-434.
- Kadakoğlu, B., & Yılmaz, H. (2022). Türkiye'de Uygulanan Tarımsal Destekleme Politikalarının Ayçiçeği Üretimine Etkisinin Analizi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 28(1), 89-98.
- Kalabak, A. Y., & Aslan, R. (2021). Bazı Alan Bazlı Tarımsal Desteklerin Buğday Üretimi Üzerindeki Etkisi: Balıkesir Örneği (2009-2015). *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 39(1), 85-102.
- Kalkınma Bakanlığı (2014), TCKB Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018) Tarımsal Yapıda Etkinlik ve Gıda Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu, <http://www.kalkinma.gov.tr/>

- [22] Kıymaz, T. (2008). Dünya Tarım Piyasalarında Serbest- leşmenin Türk Tarımına Fiyat ve Gelir Yönünden Yansıması. DPT Yayınları, Yayın No: 2754, Erişim: <http://ekutup.dpt.gov.tr/tarim/kiymaz/politika.pdf>, erişim Tarihi: 13.05.2013.
- [23] Kidane, A., 1999. Real Exchange Rate Price And Agricultural Supply in Ethiopia: The Case of Perennial Crops, AERC Research Paper 99, *African Economic Research Consortium*, Nairobi. ISBN 9966-944-16-8.
- [24] Kiracı, M. A., & Şenol, M. A. (2017). Türkiye bağıcılığında ekonomik durum analizi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6, 122-131.
- [25] Kumar, R., Sharma, A., 2006. *Perennial Crop Supply Response Functions: The Case of Indian Rubber, Tea and Coffee*. Indian Journal of Agricultural Economics, 61(4): 630-646.
- [26] Lencucha, R., Pal, N. E., Appau, A., Thow, A. M., & Drope, J. (2020). Government policy and agricultural production: a scoping review to inform research and policy on healthy agricultural commodities. *Globalization and health*, 16, 1-15.
- [27] Mathiou, P., Rozakis, S., Pudelko, R., Faber, A., Petsakos, A., 2014. Utility maximising supply response: the case of perennial biomass plantations in Poland. AUA Working Paper Series No. 2014-3, May 2014.
- [28] Menek, Mehmet ve Halil Kızılaslan (2008), “Doğrudan Gelir Desteğinin Üreticiler Üzerine Etkisi (Tokat İli Merkez İlçe Örneği)”, *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1): 53-62.
- [29] Özudoğru, T., & Miran, B. (2015). Türkiye’de farklı destekleme politikalarının pamuk arzı üzerine etkileri. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 1(2), 9-19.
- [30] Özudoğru, T., Miran, B., Top, B. T., & Uçum, İ. (2015). Pamuk, ayçiçeği, soya üretiminde fark ödemesi desteklerinin etkisi. *GTHB Tepge Yayın*, (262).
- [31] Sayın, C. (2003). *Türkiye’de Tarımsal Destekleme Politikaları*, TOBB Yayını, Ankara.
- [32] Semerci, A., Yalçın, K., Şahin, İ., & Çıtak, N. (2012). Türkiye’de yağlı tohumlar üretiminde uygulanan destekleme politikalarının ayçiçeği ekim alanları ve üretici refahı üzerine etkisi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 26(2), 55-62.
- [33] Tan, Sibel, Şermin Atak, Ümran Şengül ve Sabri S. Tan (2015), “The Evaluation of the Changes in the Agricultural Sector with Common Economic Indicators in Turkey during the Last Decade”, *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 6(2): 588-595.
- [34] Terin, Mustafa, Adem Aksoy ve İrfan Okan Güler (2013), “Tarımsal Büyümeye Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma”, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(3): 41-50.
- [35] Thrivei, P.K., 1992. A case study of cocoa replanting and new planting in Bahia, Brazil 1965-1985. *Journal of Development Economics*, 39: 279-299.
- [36] TÜİK, 2023. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>(Erişim tarihi; 05.05.2023).
- [37] Yavuz, G. G., Miran, B., Güre, B. B., Yüksel, N. Y., & Demir, A. (2016). Buğday, Dane Mısır ve Çeltik Üretiminde Fark Ödemesi Desteklerinin Etkisi.
- [38] Yılmaz, E., & Yasar, E. (2020). Türkiye’de Hayvancılık Desteklerinin Yurt İci Kırmızı Et Fiyatlarına Etkisi. *İsletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 8(2), 81-94.
- [39] Yüksel, A., & Şahinler, N. (2020). Avrupa Birliği Uyum Süreci Kapsamında Türkiye’de Hayvancılık Faaliyetleri ve Hayvancılıkla İlgili Politikaların Değerlendirilmesi. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(1), 11-27.





# Güneş Panellerinde Kullanılan Malzemeler Materials Used in Solar Panels

A.S. ALRASHID<sup>1</sup>, H. TURGUT<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Irak—Basra, Irak, ahmedalrashid20033@gmail.com

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye,

**Özet** - Günümüzde nüfus artışıyla beraber kullanılan enerji de artmaktadır. Yenilenemeyen enerji türlerinin de tükenmekte olması yenilenebilir enerji kaynaklarına eğilimi de beraberinde getirmiştir. Gücünü tamamen doğadan alan bu enerji kaynakları çevreye duyarlı, oldukça temiz ve düşük maliyetli kaynaklardır. Ülkemizde de son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarında bir artış görülmektedir. Özellikle başlıca ısı ve ışık kaynağımız olan güneşin enerjisi hem ısıtma hem de elektrik üretim konusunda günden güne anlam kazanmaktadır. Güneş enerjisinin çevre dostu ve temiz olmasının yanı sıra yatırım maliyetini çok kısa sürede karşılaması yatırımcıyı bu yönde bir yatırım yapmaya yöneltmiştir. Ülkemizde olduğu gibi dünyanın birçok yerinde de güneş enerjisi en verimli enerji kaynaklarından biri olarak kabul edilir. Bununla birlikte, bu tür enerjinin büyük ölçekli kullanımı, kabul edilebilir kurulum ve işletme maliyetleri ile depolanması için etkili teknoloji geliştirilebilirse mümkündür. Güneş panellerinin kullanımının artması, fotovoltaik teknolojisinde de gelişmeler meydana getirmiştir. Kurulum maliyeti yüksek olan bu sistemlerin istenilen güce daha verimli ulaşması amaçlanmaktadır. Fotovoltaik sistemin verimliliği güneş ışınım şiddeti, sıcaklık ve güneş ışınlarının geliş açısı gibi birçok parametreye bağlıdır. Bu çalışmada fotovoltaik panellerde kullanılan çeşitli malzemeler araştırılmıştır.

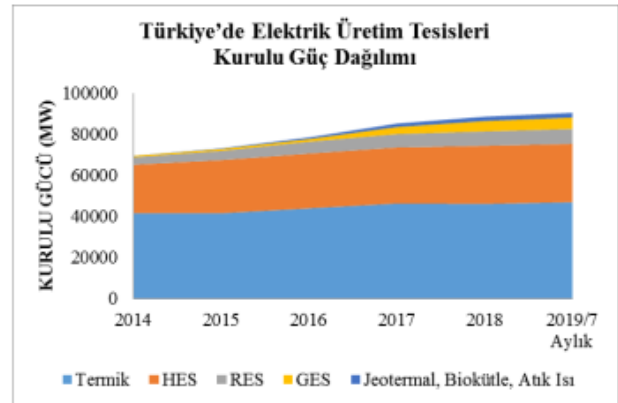
**Anahtar Kelimeler** - Güneş panelleri, Fotovoltaik sistemler, Faz değiştiren madde, Verimlilik.

**Abstract** - In today's world, energy use is increasing along with population growth. The depletion of non-renewable energy sources has also led to a trend towards renewable energy sources. These energy sources, which take their power entirely from nature, are environmentally friendly, quite clean, and low-cost sources. In our country, too, there has been an increase in renewable energy sources in recent years. Especially the energy of the sun, which is our main heat and light source, is gaining importance day by day in terms of both heating and electricity production. In addition to being environmentally friendly and clean, the fact that the investment cost of solar energy is recovered in a very short time has led investors to invest in this direction. Like in our country, solar energy is considered one of the most efficient energy sources in many parts of the world. However, large-scale use of this type of energy is possible if effective technology can be developed for its storage with acceptable installation and operating costs. The increase in the use of solar panels has also led to developments in photovoltaic technology. It is aimed for these systems, which have high installation costs, to reach the desired power more efficiently. The efficiency of a photovoltaic system depends on many parameters, such as the intensity of solar radiation, temperature, and the angle of incidence of sunlight. In this study, various materials used in photovoltaic panels were investigated.

**Key Words** - Solar panels, Photovoltaic systems, Phase-change materials, Efficiency

## 1.Giriş

Dünyada fosil yakıtlar enerji kaynağı olarak önemini halen korumaktadır. Dünyada nüfus artışına bağlı olarak enerji taleplerinde artış yaşanmakta, dolayısıyla fosil yakıt kullanımı giderek artmaktadır. Günümüzde dünyada toplam enerji üretiminin %87'lik payını fosil yakıtlar, %6'sını yenilenebilir kaynaklar, %7'sini ise nükleer enerji kaynakları karşılamaktadır. Dünya elektrik enerjisi üretiminin yaklaşık %64,5'ini fosil kaynaklar (%38,7 kömür, %18,3 doğal gaz, %7,5 petrol) gerçekleştirmektedir [1, 2]. Fosil yakıtlar, çevreci olmayan enerji kaynaklarıdır. Fosil yakıt kullanımı çevreye zararlı atık salınımı yapmakta ve bu nedenle çevre sorunları oluşturmaktadır. Fosil yakıtların ekosisteme verdiği zararlar ciddi tehlike arz edecek seviyelere ulaşmıştır. Artan zararlı atık miktarı iklim değişikliği ile ilişkili doğal afetlerin artmasına sebep olmaktadır[3]. Bu yüzden ülkeler, enerji tüketim planlarını yapmak ve küresel ısınmayı durdurmak için sürdürülebilir ve yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla yönelmelidir.



Şekil 1. Türkiye'deki elektrik üretim tesisleri toplam kurulu güç dağılımı[EİGM, 2019][4]

Türkiye elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak için hidroelektrik, termik, rüzgâr, jeotermal, biokütle ve güneş santrallerini kullanmaktadır. Son yıllarda, ülkemizde alternatif enerji kaynaklarının enerji üretimindeki payı artmaya başlamıştır. Bu çalışmalara bağlı olarak son beş yılda güneş, rüzgâr ve jeotermal enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin, toplam üretilen elektrik enerjisine oranında artış görülmüştür (Şekil 1). Yavaş yavaş ülkemizde de önemli bir yere sahip olmaya başlayan güneş enerjisi ciddi yatırımlar gerektirmeden kullanılabilen çok önemli bir enerji kaynağıdır. Bununla birlikte istenilen her yere güneş paneli sistemi kurmak enerji verimliliği açısından mümkün değildir.

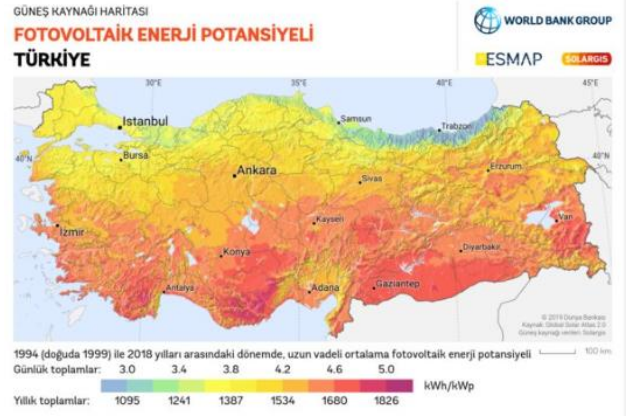
Enerji verimliliğini artırmak için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır.

### 1.1 Enerji Kaynakları

Enerjinin herhangi bir değişim ya da dönüşüme uğramamış şekline birincil (primer) enerji denilmektedir. Birincil enerji kaynakları kömür, doğal gaz, petrol, nükleer, hidrolik, biyokütle, dalga-gelgit, güneş ve rüzgârdır. Birincil enerjinin dönüştürülmesi sonucu elde edilen enerjiye ise ikincil (sekonder) enerji denir. Elektrik, benzin, mazot, motorin, kok kömürü, ikincil kömür, petrokok, hava gazı ve sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) bu tip enerji kaynaklarıdır[5, 6]. Günümüzde nüfusun da artmasıyla birlikte elektrik enerjisine ihtiyaç artmaktadır. Enerji kaynakları bu enerjiyi etmek için kullanılan araçlardır. Enerji kaynakları da kendi içerisinde yenilenebilir ve yenilenemez olarak sınıflandırılır. Yenilenebilir enerji kaynakları rüzgâr, termik, jeotermal ve güneş enerjisi olarak sayılabilir. Bu enerji kaynakları çevre dostu ve doğaya atık bırakmayan enerji kaynaklarıdır. 2022 yılında elektrik üretimimizin, %34,6'sı kömürden, %22,2'si doğal gazdan, %20,6'sı hidrolik enerjiden, %10,8'i rüzgardan, %4,7'si güneşten, %3,3'ü jeotermal enerjiden ve %3,7'si diğer kaynaklardan elde edilmiştir[7].

#### 1.1.1 Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, yeryüzü ve atmosferde yer alan fiziksel ve biyolojik olayları etkileştiren temel bir enerji kaynağıdır. Güneş, enerjisini tüm yönlerde homojen bir şekilde ışıma yolu ile yayar [8, 9]. Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) açığa çıkan ışıma enerjisidir. Güneş, yaklaşık  $3,9 \times 10^{26}$  W güç yayan, temiz ve tükenmez bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Güneşten yayılan bu enerjinin çok az bir miktarı Dünyaya ulaşmaktadır. Atmosferin dış yüzeyindeki her metrekareye ortalama 1.367 W güç düşmektedir. Atmosfere gelen bu ışımanın genellikle X ışınlarından ve ultraviyole ışıklardan oluşan bir kısmını emerken bir kısmını ise yansıtılmaktadır. Ülkeler fosil kaynakların çevreye verdiği zararlardan kaçınmak ve enerji maliyetlerini düşürmek adına yenilenebilir enerjiye geçme çalışmalarını hızlandırmıştır. Güneş enerjisinden elektrik üretimi için birden fazla metot olmasına rağmen genel olarak güneşten gelen ışığın doğrudan elektriğe çevrildiği fotovoltaik sistemler kullanılmaktadır. Güneş enerjisinden yararlanma konusundaki çalışmalar özellikle 1970'lerden sonra hız kazanmış, güneş enerjisi sistemleri teknolojik olarak ilerleme ve maliyet bakımından azalma göstermiş, çevresel olarak temiz bir enerji kaynağı olarak kendini kabul ettirmiştir. Özellikle temiz bir enerji kaynağı olması ve kurulumdan sonra düşük maliyetle çalışması güneş enerjisinin önemini arttırmaktadır.[7] Şekil 2 deki harita incelendiğinde ülkemizdeki güneş enerji üretim potansiyelinin oldukça fazla olduğu görülmektedir.



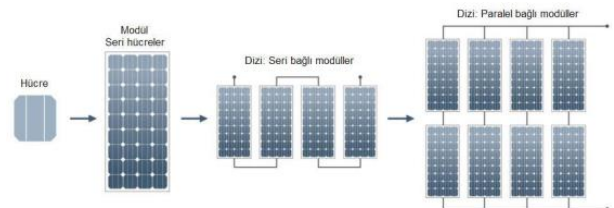
Şekil 2. Türkiye Işıma Haritası [10]

#### 1.1.2 Fotovoltaik (FV) Sistemler

Fotovoltaik (FV) sistemlerle güneş enerjisi, enerji tüketimini azaltmak için her yerde bulunma, bolluk ve sürdürülebilirlik özelliklerinden dolayı ilgi çekmektedir[11]. Güneş enerjisinin kullanımı temel olarak fotovoltaik ve termal olmak üzere iki şekilde olmaktadır. Bununla birlikte, güneş enerjisi kesintili ve kararsız olduğundan, tek başına FV sistemlerinin kullanılması sürdürülebilirlik açısından zordur. Ayrıca, FV sistemlerine sahip sistemin, güç dengesi[12] ve voltaj kararlılığı[13] açısından şebeke üzerinde olumsuz etkiler oluşturur. Elektrik şebekesiyle bu üretilen enerjinin paylaşılması ve oradan tekrar alınması gerekir. Sistemler ve şebeke arasındaki etkileşimler yenilenebilir üretim ve enerji talebi arasındaki fark tarafından belirlenir. Etkileşimleri stabil hale getirmek ve sistemin kendi kendine yeterliliğini artırmak için, enerji depolama sistemleri genellikle güç arzı ve talebini dengelemek için gereklidir [14]. Yani, bir FV sistemine sahip sistemlerin enerji performansı esas olarak enerji talebi, yenilenebilir üretim ve enerji depolama sistemlerinden etkilenir.

Fotovoltaik sistemler, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren bir teknolojidir. Fotovoltaik sistemler, güneş ışığından gelen fotonları kullanarak, fotovoltaik hücrelerde elektrik akımı üretirler. Bu hücreler genellikle silikon tabanlı yarıiletken malzemelerden yapılırlar.

FV sistemler, çeşitli boyutlarda ve kapasitelerde olabilir (Şekil 3). Küçük ölçekli fotovoltaik sistemler, tek bir fotovoltaik panelden oluşabilir ve evlerde veya küçük işletmelerde elektrik üretimi için kullanılabilir. Büyük ölçekli fotovoltaik sistemler ise genellikle güneş enerjisi santralleri olarak adlandırılır ve mega watt veya giga watt düzeyinde elektrik üretmek için kullanılırlar.



Şekil 3. Hücre Modül İlişkisi [15, 16]

FV sistemler, temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Güneş ışığından üretilen elektrik enerjisi, çevre dostu bir şekilde elde edilir ve karbondioksit emisyonu oluşturmaz. Bu

nedenle fotovoltaik sistemler, fosil yakıtlara dayalı enerji üretimine kıyasla çevresel etkileri azaltır ve sürdürülebilir bir enerji geleceği için önemli bir rol oynar.

FV sistemler, genellikle güneş panelleri, invertörler, aküler (bazı durumlarda) ve elektrik bağlantılarından oluşur. Güneş panelleri, güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik hücreleri içerir. İntertörler, panellerden gelen doğru akımı (DC) evlerde kullanılan alternatif akıma (AC) dönüştürür. Aküler ise enerji depolamak için kullanılabilir ve güneş ışığı mevcut olmadığında veya enerji talebi pik yaptığında kullanılabilir.

FV sistemler, enerji maliyetlerini azaltabilir ve enerji bağımsızlığı sağlayabilir. Ayrıca, uzak bölgelerde elektrik erişimi olmayan yerlere elektrik sağlamak için kullanılabilir. Gelişen teknoloji ve düşen maliyetlerle birlikte, fotovoltaik sistemler giderek daha yaygın hale gelmektedir.

### 1.1.3 Faz Değiştiren Madde (FDM)

FV modüllerin yüksek sıcaklıklarda çalıştırılması verim ve ömür konusunu olumsuz etkilemektedir. Modül sıcaklığının önüne geçilebilmesi için pasif veya aktif soğutma yöntemleri kullanılmaktadır. Pasif soğutma, doğal olarak sistemde hava sirkülasyonu ile yapılmaktadır. Aktif soğutma, suyla veya havayla yapılabilmektedir. FV modüllerin sıcaklık kontrolünde FDM kullanmak birçok araştırmacı tarafından denenmeye başlanmıştır.[17-19]

Faz değiştiren madde hal değişimleri sırasında ısıyı kullanarak enerjiyi depo etme özelliğine sahip olan maddedir[20]. Bir diğer deyişle ise malzemenin faz değişikliği yaptığı sırada ısıyı emdiği veya serbest bıraktığı süreçtir. Yüksek enerji depolayabilmesi, faz değişimi esnasında çok küçük sıcaklık farklılığı olması ve son olarak küçük hacim ve ağırlıkta bulunabilmesi kullanımda büyük avantaj sağlar.[15]

Güneş panellerinin verimliliği güneş radyasyonunun yoğunluğu, kullanılan yarı iletkenin malzeme kalitesi ve hücrenin çalışma sıcaklığı olarak üçe ayrılır. Güneş radyasyonunun değerleri kontrol edilemeyen bir niceliktir. Bu nedenle yapılan araştırmalar düşük çalışma sıcaklıklarını korumaya olanak sağlayan malzemeler üzerine odaklanmıştır. FV paneller için, yüksek çalışma sıcaklıkları, endüstri standardı STC (Standart Test Koşulları) tarafından 25°C olarak tanımlanmıştır.[21] Nominal hücre çalışma sıcaklığı üzerinde her bir derece başına dönüşüm oranında yaklaşık %0,5'lik bir düşüş olur. Yazın, panelin sıcaklığı tipik olarak 40 ila 70°C arasında değişir ve bu da dönüşüm oranında %7,5 ile %22,5'lik bir düşüşe neden olur. Aynı şekilde, güneş enerjisi panellerinin verimliliği, çalışma sıcaklıkları ortam sıcaklığının üzerinde olduğunda radyasyon kayıpları nedeniyle azalır.

Çalışma sıcaklığını düşürmek için, doğal veya zorlamalı iletim sayesinde panelin arkasındaki serbest soğutma iyileştirilebilir veya panelin tasarımını değiştirerek fazla ısıyı emmeye çalışılabilir. İkinci çözüm, güneş panellerinin arkasına yerleştirilmiş FDM'lerin kullanımı ile ilgilidir. FDM'ler, sıcaklıklarına bağlı olarak ters faz geçişine uğrayan malzemelerdir. İşlem sırasında ısıyı emer veya reddederler. Güneş panellerinin FDM mimarileri tarafından pasif olarak soğutulmasıyla ilgili birkaç çalışma ayrılmıştır. Araştırmayı yönlendiren hipotez basittir: panellerin sıcaklığı yükseldiğinde, FDM tamamen eriyene kadar fazla ısının

emilmesi gerekir. Panelin sıcaklığı düştüğünde ise FDM'nin katılaşması, güneş enerjisi panellerindeki işletim sıvısı için ek ısı sağlamalı, binaya ısı sağlamalı veya bir yalıtım malzemesi görevi görmelidir. FDM çözümünün, havalandırma için alanın sınırlı olduğu çatı veya cepheye entegre paneller için çok faydalı bir çalışma olması bekleniyor.

Faz değiştiren malzemeler (FDM'ler), katı ve sıvı haller arasında bir faz geçişine maruz kalabilen ve bu süreçte büyük miktarlarda termal enerjiyi depolayıp serbest bırakabilen maddelerdir. Bu malzemeler, katı ve sıvı fazlar arasındaki geçiş sırasında emilen veya salınan ısı olan gizli füzyon ısısından yararlanmak için tasarlanmıştır.

FDM'ler, özellikle enerji depolama ve yönetimi alanında olmak üzere çeşitli uygulamalarda onları faydalı kılan benzersiz termal özelliklere sahiptir. Bir FDM ısıtıldığında, termal enerjiyi emer ve katı halden sıvı hale geçerek enerjiyi gizli ısı olarak depolar. Bunun aksine, FDM soğutulduğunda katılaşır ve depolanan ısıyı serbest bırakır. Bu ısıyı depolama ve salma yeteneği, FDM'lerin sıcaklıkları düzenlemesine, enerji tüketimini azaltmasına ve çeşitli uygulamalarda termal konforun artmasına imkân sağlar.

Her biri kendi özelliklerine ve uygulamalarına sahip farklı FDM türleri mevcuttur. Bazı yaygın örnekler şunları içerir:

1. Parafin bazlı FDM'ler: Petrolden veya doğal kaynaklardan elde edilen parafin mumu popüler bir FDM'dir. Yüksek bir gizli ısı kapasitesine sahiptir ve genellikle bina yalıtımında, tekstillerde ve sıcaklık kontrollü paketlemede kullanılır.
2. Tuz hidratları: Bu FDM'ler, su molekülleri ile birleştirilmiş tuzlardan oluşur. Yüksek termal depolama kapasitesine sahiptirler ve yaygın olarak güneş enerjisi termal enerji depolama sistemlerinde ve iklimlendirmede kullanılırlar. Isı depolamak için kullanılabilen FDM türlerine örnek maddeler ve özellikleri (Tablo 1)'de verilmiştir.

Tablo 1 FDM Türleri ve Özellikleri [4]

FDM	Moleküler Formül	Erime Noktası (°C)	Erime Isısı (kJ/kg)
Kalsiyum Klorür Hekzahidrat	CaCl <sub>2</sub> *6H <sub>2</sub> O	29,7	171
Oktadekan	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> CH <sub>3</sub>	24,4	244
Trimetilolitan Tetrahidrat	C <sub>3</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub> 4H <sub>2</sub> O	29,8	185
Parafin	MERWAX B4-F	44-46	155
Tuz Hidratı	CaCl <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O	30	171

3. Metalik alaşımlar: İndiyum, galyum ve antimon bazlı olanlar gibi bazı metal alaşımları faz değiştirme davranışı sergiler. Bu alaşımlar, ısı emiciler ve termal arayüz malzemeleri dahil olmak üzere elektroniklerin termal yönetiminde uygulamalara sahiptir.
4. Organik bileşikler: Yağ asitleri ve esterler gibi çeşitli organik bileşikler FDM olarak kullanılabilir. Tekstil, otomotiv soğutma sistemleri ve elektronik soğutmada uygulama buluyorlar.

Bir FDM'nin seçimi, istenen çalışma sıcaklığı aralığı, termal iletkenlik ve termal döngü dayanıklılığı gibi

uygulamanın özel gereksinimlerine bağlıdır. FDM'ler, enerji verimliliği, termal yönetim ve sürdürülebilir teknolojilerde önemli avantajlar sunarak onları çok çeşitli endüstrilerde değerli kılar.

FDM'ler organik ve inorganik olarak ikiye ayrılırlar (Şekil 4). Organik FDM sınıfında Parafinler ve yağ asitleri yer alırken, inorganik FDM sınıfında tuz ve kalarit hidratları yer almaktadır. Organik FDM'lerin kararlı olmaları, korozif özellik göstermemeleri, düşük buhar basıncına sahip olmaları ve aşırı soğuma göstermemeleri gibi özellikleri avantajlarındandır. Isı iletkenliğinin düşük olması, yanıcı olmaları ve çalışma şartlarında faz değişimi esnasında büyük hacim değişimi göstermeleri ise dezavantajlarındandır. İnorganik FDM'lerin termal iletkenliklerinin iyi olması, ergime ısısının yüksekliği, yanıcı olmaması ve ucuz olmaları avantajlı yönleridir; aşırı soğuma göstermesi, korozif olmaları, düşük faz dönüşüm sayısı ise dezavantajlı yönleridir. FDM'ler sistemde ısı enerjisi gereksinimi bulunmadığı durumlarda ısı depolama işlemi gerçekleştirirken, ısı ihtiyacı oluştuğunda sisteme ısı verebilmektedir. FDM'ler kapsülenererek kullanılması halinde, kullanıldığı sisteme avantajlar sağlamaktadır. FDM'ler kapsülenerirken sistemin yapısına bağlı olarak makro, mikro veya nano kapsülleme yöntemlerinden biri kullanılabilir. FDM'ler ısı depolamak ve ısı aktarmak amacıyla kapsülenererek kullanılması halinde, maddelerin çevrim sayısı artmaktadır [22].



Şekil 4. Faz Değiştiren materyallerin sınıflandırılması [22, 23]

FDM ile ısı aktarımı etkin olarak yapılabilmesi için FDM türüne göre uygun kapsülleme uygulamaları bulunmaktadır [24]. FDM'lerin kapsüllemesi için nano, mikro ve makro kapsülleme yöntemleri kullanılabilir [25]. Isı depolama uygulamaları ile istenilen zamanda depolanan ısı enerjisi çekilerek kullanılabilir. Termal enerji depolama sistemlerinin amacı, enerjinin kullanılmayan kısmının veya ihtiyaç fazlasının depolanmasını ve ihtiyaç duyulduğunda bu enerjinin kullanılmasını sağlamaktır. Böylelikle birincil kaynaklardan enerji tüketimi azaltılması mümkündür. Ayrıca ısı kontrolünün sağlanmasıyla depolanan enerji sayesinde, anlık değişimlerin yaşanması engellenebilmektedir.

#### 1.1.4 Faz Değiştiren Maddelerin Kullanım Alanları

Geçmişten bugüne yapılan çalışmalar termal enerji depolamada kullanılmak üzere yeni maddelerin araştırılmasına ve geliştirilmesine yönelik çeşitli atılımlar bulunduğunu göstermektedir. Faz değiştiren maddeler kullanılarak yapılacak olan uygulamaya yönelik çalışmalarda

malzemelerin kullanım alanlarının genişletilmesi için yürütülen çalışmalar mevcuttur [15]. Aşağıda Faz değiştiren maddelerin ana kullanım alanları belirtilmiştir.

- Isıtma
- Soğutma
- Tıbbi uygulamalar
- Binalarda pasif ısı depolama
- Sıcaklığın sabit tutulması gereken ortamlar
- Termal güneş enerjisinin depolanması
- Elektrikli aletlerin termal korunması
- Uzay mekiği termal uygulamaları [26]

#### 2.1.5 Fotovoltaik Sistemin Enerji Dengesi

Termodinamiğin birinci yasası enerji korunumu kanunudur. Bu yasada “Kapalı bir sistemde, sisteme giren toplam enerji ile sistemden çıkan toplam enerjinin farkı bir hal değişimi sırasındaki toplam enerjideki net değişime eşittir” diye ifade edilmektedir. Enerji korunarak bir formdan başka bir forma dönüşmekte toplam enerji miktarı değişmemektedir. Bu nedenle bir sistemde enerji dengesi aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir.

$$\Delta E_{\text{sistem}} = E_{\text{giren}} - E_{\text{çıkan}} \quad (1)$$

Denklemden ifade edilen sistem içinde meydana gelecek değişiklik, sisteme giren enerjiden, sistemden çıkan enerjinin çıkarılmasıyla hesaplanabilmektedir. Fotovoltaik sistemde enerji dengesi FV sisteminin elektrik üretimi ve FV sisteminin ısı kayıplarının toplamından oluşmaktadır.

$$E_{n_{pv}} = E_{n_{pv,e}} + E_{n_{pv,ısı}} \quad (2)$$

Sistemin açık devre voltajı ve kısa devre akımı bilinmesi halinde sistemin üreteceği elektrik enerjisi hesaplanabilmektedir.

$$E_{n_{pv,e}} = V_{oc} I_{sc} \quad (3)$$

Sistemde meydana gelen ısı kayıpları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$E_{n_{pv,ısı}} = h_{ca} A_c (T_c - T_a) \quad (4)$$

Denklemden verilen ( $h_{ca}$ ) taşınım ve ışınım nedeniyle oluşan ısı kaybını ( $W/m^2K$ ) ve ( $T_c$ ) hücre sıcaklığını ( $K$ ) ifade etmektedir. FV hücrede meydana gelen ısı kaybı rüzgâr hızına, modül yüzey malzemesine, nem oranına bağlı değişmektedir. Denklem 2’de verilen eşitlik FV sisteminin toplam enerji dengesini ifade edecek şekilde aşağıdaki şekilde tekrar yazılabilmektedir

$$E_{n_{pv}} = V_{oc} I_{sc} + h_{ca} A_c (T_c - T_a) \quad (5)$$

FV sisteminin enerji verimliliği sistemden çıkan enerjinin, yüzeye ulaşan güneş enerjisine oranı olarak tanımlanabilmektedir. FV sistemlerde modül sıcaklığı değişimi hücre verimini etkilemektedir.

$$\eta_h = \eta_{stk} [1 - \beta (T_h - 25)] \quad (6)$$

Eşitlikte yer alan ( $\eta_h$ ) hücre verimini, ( $\eta_{stk}$ ) test koşullarındaki verimi, ( $T_h$ ) hücre sıcaklığını, ( $\beta$ ) hücre sıcaklık katsayısıdır. FV modüllerin saatlik enerji üretim miktarı güneş ışınımına bağlı olarak değişmekle birlikte, modül verimi, sistem verimi ve diğer verim parametrelerine bağlı olarak değişmektedir

## 2.Sonuç

Yapılan bu çalışmada güneş panellerinin verimini etkileyen parametrelerden biri olan malzemenin etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmada güneş panellerinde FV modülleri ve FDM uygulanmıştır. Güneş panellerinin yüzeyinde yapılan uygulamaların panelin çalışma verimliliğini nasıl değiştirdiği, akım, gerilim ve güç çıkışını nasıl etkilediği incelenmiştir.

Son yıllarda FV maliyetlerinin azalması nedeniyle, FV sistemi tarafından sağlanan enerji geleneksel sistemler ile rekabetçi hale gelmeye başlamıştır [27]. FV sistemlerin verimliliğinde artış yenilenebilir enerji kaynağı kullanan FV'leri geleneksel enerji sistemiyle daha rekabetçi hale getirmektedir. Modüllerin çalışma sıcaklığını düşürmek, verimliliğini önemli ölçüde arttırmaktadır. Bu durum araştırmacıları FV sisteminin soğutulmasını için motive etmektedir [28].

Modül sıcaklığını düşürmek için pasif veya aktif soğutma uygulamaları araştırılmaya devam edilmektedir. Araştırılan yöntemlerin ekonomik olması, malzemelerinin kolay temin edilebilir olması, sistem için hafif olması, çevre dostu olması ve sisteme uygulanması halinde uzun süre kullanılabilir olması beklenmektedir. Bu kapsamda yapılan araştırmaların genel özelliği, verim artışı olmasına rağmen sahada uygulanabilir durumda olmamasıdır. Bu nedenle yapılan çalışmalara ek olarak uygulanan tüm yöntemler için optimizasyon çalışması yapılarak sağlanan yararlı etkinin sahaya yansıtılması için uygulanabilirlik artırılmalı ve maliyet düşürülmelidir. Modül sıcaklık aralığının test koşullarına yakın tutulması için, faz değişim sıcaklığı test koşullarına yakın olan maddeler tercih edilmelidir. Ayrıca ısı tutma kapasitesi ve ısıl iletkenliği yüksek, çevreci, ucuz ve kolay bulunabilir maddeler kullanılmalıdır. Bu durumlara göre değerlendirildiğinde, FV'lerde ısı kontrolü için kullanılacak maddelerin sayıları azalmaktadır [29].

## REFERANSLAR

- [1] Bayraç, H.N., *Küresel Enerji Politikaları Ve Türkiye: Petrol Ve Doğal Gaz Kaynakları Açısından Bir Karşılaştırma*. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2010. **10**(1): p. 115-142.
- [2] Rühl, C., *Bp statistical review of world energy, june 2008*. London: BP, 2008.
- [3] SEMPOZYUMU, D.B.V.M., *Resource Use of Our Planet, Welfare and Turkey Yerküremiz Kaynaklarının Kullanımı, Refah ve Türkiye*. Resource, 2019. **2**(4).
- [4] KAYABAŞI, R. and K. Metin, *Fotovoltaik modüllerde faz değiştiren madde kullanımı ve verimlerine etkisi*. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 2020. **8**(2): p. 262-278.
- [5] Erdem, K. and K. Kadir, *Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu*. Mühendis ve Makina, 2015. **56**(668): p. 36-47.
- [6] Erdem, K. and M.C. Şenel, *Dünyada ve Türkiye'de enerji durumu-genel değerlendirme*. Mühendis ve Makina, 2013: p. 32-44.
- [7] Enerjisi, E. and T. Enerji, *Tabii Kaynaklar Bakanlığı resmi internet Sitesi*.
- [8] KILIÇ, F.Ç., *Güneş enerjisi, Türkiye'deki son durumu ve üretim teknolojileri*. Mühendis ve Makina, 2015. **56**(671): p. 28-40.
- [9] Komitesi, D.E.K.T.M., *Dünya'da ve Türkiye'de Güneş Enerjisi*, ISBN: 978-605-89548-2-3. DEKTMK YAYIN, 2009(0011).
- [10] Data, S.İ., <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/turkey>.
- [11] Kuik, O., F. Branger, and P. Quirion, *Competitive advantage in the renewable energy industry: Evidence from a gravity model*. Renewable energy, 2019. **131**: p. 472-481.
- [12] Roos, A. and T.F. Bolkesjö, *Value of demand flexibility on spot and reserve electricity markets in future power system with increased shares of variable renewable energy*. Energy, 2018. **144**: p. 207-217.
- [13] Baetens, R., et al., *Assessing electrical bottlenecks at feeder level for residential net zero-energy buildings by integrated system simulation*. Applied Energy, 2012. **96**: p. 74-83.
- [14] Sharma, V., M.H. Haque, and S.M. Aziz, *Energy cost minimization for net zero energy homes through optimal sizing of battery storage system*. Renewable Energy, 2019. **141**: p. 278-286.
- [15] Şen, İ.E., *Fotovoltaik panellerde faz değiştiren madde kullanımının verim üzerine etkisinin deneysel olarak araştırılması*. 2019, Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [16] Anonim, <http://vtog.jewellinks.fr/typical-solar-panel-wiring-diagram.html>.
- [17] Brinkworth, B. and M. Sandberg, *Design procedure for cooling ducts to minimise efficiency loss due to temperature rise in PV arrays*. Solar energy, 2006. **80**(1): p. 89-103.
- [18] Sahay, A., et al., *A review of solar photovoltaic panel cooling systems with special reference to Ground coupled central panel cooling system (GC-CPCS)*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015. **42**: p. 306-312.
- [19] Nižetić, S., et al., *Water spray cooling technique applied on a photovoltaic panel: The performance response*. Energy conversion and management, 2016. **108**: p. 287-296.
- [20] Nomura, T., et al., *Microencapsulated phase change materials with high heat capacity and high cyclic durability for high-temperature thermal energy storage and transportation*. Applied Energy, 2017. **188**: p. 9-18.
- [21] Emery, K., et al. *Temperature dependence of photovoltaic cells, modules and systems*. in *Conference Record of the Twenty Fifth IEEE Photovoltaic Specialists Conference-1996*. 1996. IEEE.
- [22] KAYABAŞI, R. and K. Metin, *Fotovoltaik Modüllerin Atık Isılarından Termoelektrik Jeneratör İle Elektrik Üretimi*. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2019(16): p. 310-324.
- [23] Kyllili, A. and P.A. Fokaidis, *Life cycle assessment (LCA) of phase change materials (PCMs) for building applications: a review*. Journal of building engineering, 2016. **6**: p. 133-143.
- [24] Zhao, C.-Y. and G.H. Zhang, *Review on microencapsulated phase change materials (MEPCMs): fabrication, characterization and applications*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011. **15**(8): p. 3813-3832.
- [25] Su, W., J. Darkwa, and G. Kokogiannakis, *Review of solid-liquid phase change materials and their encapsulation technologies*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015. **48**: p. 373-391.
- [26] Zalba, B., et al., *Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications*. Applied thermal engineering, 2003. **23**(3): p. 251-283.
- [27] Muneer, T., M. Asif, and J. Kubie, *Generation and transmission prospects for solar electricity: UK and global markets*. Energy conversion and management, 2003. **44**(1): p. 35-52.
- [28] Nada, S., D. El-Nagar, and H. Hussein, *Improving the thermal regulation and efficiency enhancement of PCM-Integrated PV modules using nano particles*. Energy conversion and management, 2018. **166**: p. 735-743.
- [29] KAYABAŞI, R., *Fotovoltaik modüllerde yüzey sıcaklığının modül verimliliğine etkisi*. Artıbilim: Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2021. **4**(1): p. 1-13.



# Derin Öğrenme Yöntemleri Kullanılarak Mamografi Görüntüleri İle Meme Kanseri Teşhisi Breast Cancer Diagnosis With Mammography Images Using Deep Learning Methods

H. H. YETKİNER<sup>1</sup>, M. COŞAN<sup>2</sup> ve A. S. AYDIN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, 203302050@ogr.selcuk.edu.tr

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, 183302056@ogr.selcuk.edu.tr

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, 193302070@ogr.selcuk.edu.tr

**Özet** - Günümüzde meme kanseri, kadınlarda en sık görülen kanser türlerinden biridir ve erken teşhisin hayati önemi vardır. Bu çalışma, derin öğrenme yöntemlerinin mamografi görüntülerini analiz ederek meme kanseri teşhisindeki etkinliğini araştırmaktadır. Derin öğrenme, özellikle konvolüsyonel sinir ağları (CNN) ve transfer öğrenme teknikleri, büyük veri setlerinden karmaşık özellikleri öğrenme kabiliyeti nedeniyle bu alandaki önemli bir araştırma konusudur. Çalışmamızda, YoloV7 kullanılarak elde edilen mamografi görüntüleri üzerinde derin öğrenme tabanlı bir teşhis modeli geliştirdik. Eğitim aşamasında, Roboflow kullanılarak modelin performansını optimize ettik ve ardından test aşamasında gerçek dünya mamografi görüntülerinde modelin teşhis yeteneğini değerlendirdik. Elde ettiğimiz sonuçlar, derin öğrenme yöntemlerinin meme kanseri teşhisinde yüksek hassasiyet ve spesiflik sağladığını göstermektedir. Modelimiz, erken evre meme kanseri vakalarını saptamada özellikle başarılı olmuş ve bu da klinik uygulamalarda erken teşhise olan potansiyel katkısını vurgulamaktadır. Bu çalışma, derin öğrenme tabanlı teşhis modellerinin meme kanseri teşhisindeki rolünü anlamak ve gelecekteki çalışmalara temel oluşturmak adına önemli bir adım sağlamaktadır. Derin öğrenme yöntemleri, meme kanseri teşhisi sürecinde hızlı, güvenilir ve doğru sonuçlar elde etme konusunda umut vadeden bir alan olarak öne çıkmaktadır.

**Anahtar Kelimeler** - Meme kanseri, Erken teşhis, Derin öğrenme, Mamografi, Konvolüsyonel sinir ağları (CNN), Transfer öğrenme, YoloV7, Roboflow, Hassasiyet, Spesiflik, Erken evre, Klinik uygulamalar

**Abstract** - Today, breast cancer is one of the most common types of cancer in women and early diagnosis is vital. This study investigates the effectiveness of deep learning methods in diagnosing breast cancer by analyzing mammography images. Deep learning, especially convolutional neural networks (CNN) and transfer learning techniques, is an important research topic in this field due to its ability to learn complex features from large data sets. In our study, we developed a deep learning-based diagnostic model on mammography images obtained using YoloV7. In the training phase, we optimized the model's performance using Roboflow and then evaluated the model's diagnostic ability on real-world mammography images in the testing phase. Our results show that deep learning methods provide high sensitivity and specificity in breast cancer diagnosis. Our model was particularly successful in detecting early-stage breast cancer cases, highlighting its potential contribution to early diagnosis in clinical applications. This study provides an important step towards understanding the role of deep learning-based diagnostic models in breast cancer diagnosis and laying the foundation for future studies. Deep learning methods stand out as a promising field in obtaining fast,

reliable and accurate results in the breast cancer diagnosis process.

**Keywords** - Breast cancer, Early diagnosis, Deep learning, Mammography, Convolutional neural networks (CNN), Transfer learning, YoloV7, Roboflow, Sensitivity, Specificity, Early stage, Clinical applications

## I. GİRİŞ

Meme kanseri, hem erkekleri hem de kadınları etkileyen kötü huylu bir hastalıktır ve kadınlarda buna daha duyarlıdır. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre meme kanseri dünya çapında kadınlarda en sık görülen kanser olup, tüm kanser vakalarının

%25'ini oluşturmaktadır. Meme kanserinin erken teşhisi, etkili tedavi ve hayatta kalma oranları için çok önemlidir ve mamografi, meme kanseri teşhisinde yaygın olarak kullanılan bir tarama aracıdır. Son yıllarda derin öğrenme yöntemleri, meme kanseri teşhisinde mamografi analizinin doğruluğunun artırılmasında büyük potansiyel göstermiştir.

Yapay zeka ise, insan müdahalesi olmadan bilgisayarla çeşitli görevleri yerine getirmek üzere tasarlanmış genel bir terimdir.

Genel amacı, iş verimliliğini artırmak için insan düşünme biçimini taklit ederek, içinde bulunduğumuz modern çağa uyum sağlamaktır. Geçmişten günümüze, yapay zeka birçok yaşam alanında araştırılmış ve uygulanmaya başlanmıştır. Günümüzde, yapay zeka, tıbbi tarama ve görüntülerde teşhis koyma süreçlerinde sağlık çalışanlarının iş yükünü azaltmak amacıyla birçok avantaj sunmaktadır. Patolojik alanda, yapay zeka kullanımı ile teşhis doğruluğu artarken, patoloğların iş yükü azaltılarak daha verimli ve üst düzey sonuçlar elde etmeleri sağlanmıştır.

Algoritma yapılarının teknoloji ile gelişmesi, özellikle derin öğrenme tabanlı yapay zeka (DL) kullanımında artışa neden olmuştur. Derin öğrenme tabanlı yaklaşımlar, özellikle tümör tespiti gibi çeşitli problemleri çözmek için kullanılmıştır. Derin öğrenme yapıları, iç içe nöron katmanlarından oluşmakta ve birden fazla özellik seviyesinin öğrenilmesine dayanmaktadır. Bu yöntem, üst seviyelerdeki özellikleri, alt seviyelerdeki özelliklerden elde ederek birden çok verinin öğrenilmesini sağlar. Derin öğrenme, manuel olarak özellik çıkarmak yerine denetimli/denetimsiz özellik öğrenmesi veya hiyerarşik özellik çıkarımı için etkin algoritmalar kullanır. Son yıllarda, evrişimli sinir ağları (CNN) gibi derin öğrenme mimarileri, tıbbi görüntülerin analizi ve hastalık teşhisi için popüler bir uygulama haline



gelmiştir.

Bu bağlamda, mamografi verileri üzerinde kanser teşhisi yapmak amacıyla yapılan çalışmalar da dikkat çekmektedir. Bu çalışmalar, mamografi görüntülerindeki lezyonları tespit etme ve sınıflandırma üzerine odaklanmaktadır. Yapay zeka tabanlı sistemler, mamografi görüntülerini analiz ederek iyi huylu ve kötü huylu lezyonları ayırt edebilmekte ve sağlık profesyonellerine teşhis koymada yardımcı olabilmektedir. Bu yaklaşımlar, patologların iş yükünü azaltarak, hızlı ve doğru teşhis imkanları sunmaktadır. Bu makale, meme kanseri ve mamografiye genel bir bakış sunacak, meme kanseri tanısı için derin öğrenme yöntemlerinin uygulanmasını tartışacak ve bu teknolojinin zorluklarını ve gelecekteki yönlerini keşfedecektir.

## II. MATERYAL VE METOT

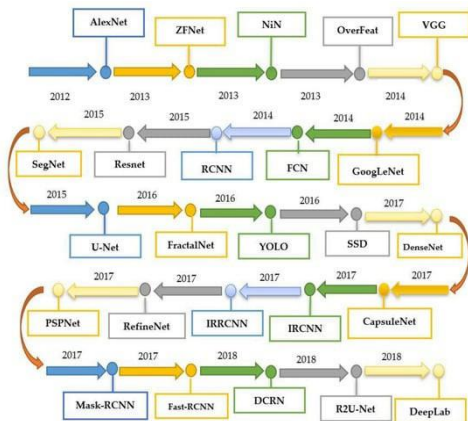
### Meme Kanseri ve Mamografi

Meme kanseri, meme hücrelerinde oluşan bir kanser türüdür. Hem kadınlarda hem de erkeklerde ortaya çıkabilir ancak kadınlarda daha sık görülür. Amerikan Kanser Derneği'ne göre meme kanseri, kadınlarda kansere bağlı ölümlerin akciğer kanserinden sonra ikinci önde gelen nedenidir. Mamografi, meme kanseri tarama ve teşhisinde yaygın olarak kullanılan düşük dozlu bir X-ışını görüntüleme tekniğidir. Meme kanserini erken aşamada, hatta semptomlar ortaya çıkmadan önce tespit edebilen, invaziv olmayan bir prosedürdür. Mamografi, meme dokusundaki herhangi bir anormalliği veya değişikliği ortaya çıkarabilecek meme dokusunun görüntülerini üretmek için çalışır. Mamografi yoluyla meme kanserinin erken teşhisi, başarılı tedavi ve hayatta kalma şansını önemli ölçüde artırabilir.

### Derin Öğrenme ve Tıbbi Görüntüleme

Derin öğrenme, verileri öğrenmek ve tahminlerde bulunmak için yapay sinir ağlarını kullanan makine öğreniminin bir alt kümesidir.

Tıbbi görüntüleme derin öğrenme algoritmaları, teşhis doğruluğunu artırma ve radyologların iş yükünü azaltma konusunda büyük potansiyel göstermiştir. Derin öğrenme algoritmaları, insan radyologlarının göremediği ayrıntıları ve kalıpları tespit etmek için kullanılabilir. Bu, meme kanseri gibi ince doku değişikliklerini tespit etmek için özellikle faydalıdır. Derin öğrenme algoritmalarının, mamografi görüntülerinde meme kanserini doğru bir şekilde tespit edip sınıflandırabildiğini gösteren çeşitli çalışmalar yapılmıştır.



Şekil 1. Çeşitli derin öğrenme modellerinin 2012'den bugüne

gelişiminin özeti.

### Derin Öğrenme için Kullanılan Yazılım Ve Yazılım Kütüphaneleri

#### Python

Python, genel amaçlı, yüksek seviyeli bir programlama dilidir. Temiz ve okunabilir sözdizimi, geniş kütüphane desteği ve geniş bir topluluk tarafından desteklenmesi nedeniyle popülerdir. Python, çeşitli uygulama alanlarında kullanılabilir, bunlar arasında web geliştirme, veri analizi, yapay zeka, derin öğrenme ve bilimsel hesaplamalar bulunmaktadır.

#### Pytorch

PyTorch, açık kaynaklı bir makine öğrenimi ve derin öğrenme (deep learning) kütüphanesidir. Yapay zeka, doğal dil işleme, bilgisayar görüşü, otomatik öğrenme ve diğer yapay zeka uygulamaları geliştirmek için kullanılabilen güçlü bir kütüphanedir. Çoklu işlemci ve grafik işlemci (GPU) kullanımını kolaylaştıran PyTorch, bu da büyük veri setleri ve karmaşık modeller üzerinde etkili bir şekilde çalışabilme imkanı sağlar.

#### YOLO

YOLO (You Only Look Once), nesne tespiti için kullanılan popüler bir derin öğrenme algoritmasıdır. Ancak, YOLO başlangıçta nesne tespiti için tasarlanmıştır, bitki sınıflandırması için özel olarak oluşturulmamıştır. Ancak, bitki sınıflandırması yapmak için YOLO'yu kullanabiliriz. İşte YOLO hakkında temel bilgiler:

1. Tek Bakışta Algılama: YOLO, bir görüntüyü tek bir aşamada analiz eder ve içindeki nesnelere algılar. Bu, daha hızlı işlem yapmayı mümkün kılar.
2. Çoklu Nesne Tespiti: YOLO, aynı anda birden fazla nesneyi algılayabilir ve sınıflandırabilir. Bu özellik, çoklu nesnelere sahip senaryolarda kullanışlıdır.
3. Grid Yapısı: YOLO, görüntüyü bir ızgara (grid) üzerinde böler ve her hücreyi belirli bir nesneyi temsil etmek için kullanır. Bu, nesnelere hassas konumlarını tespit etmeye yardımcı olur.
4. Sınıflandırma Yeteneği: YOLO, nesnelere sınıflandırma yeteneğine sahiptir, bu nedenle bitki türlerini tanımlamak için kullanılabilir.

#### JSON Kütüphanesi

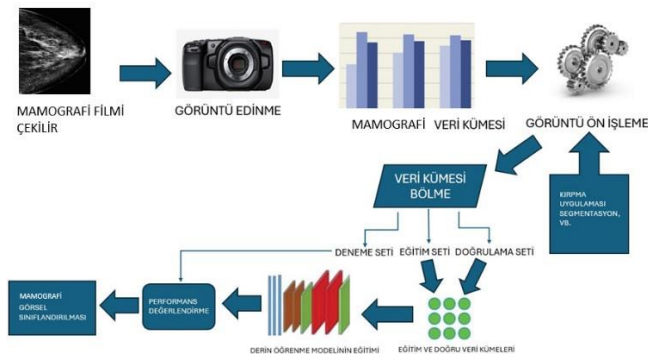
Python'da JSON formatındaki verileri işlemek için en popüler kütüphanedir. Kolay kullanımı ve geniş işlevselliği ile öne çıkmaktadır. json kütüphanesi, JSON formatındaki verileri okumak, yazmak ve değiştirmek için kullanılan çeşitli işlevler sağlar. Bu işlevler, kullanıcıların JSON formatındaki verileri verimli ve etkili bir şekilde işlemelerine olanak tanır. JSON kütüphanesi, web uygulamaları, mobil uygulamalar ve veri bilimi projeleri gibi çeşitli uygulamalarda kullanılır. Örneğin, web uygulamaları kullanıcı giriş verilerini işlemek amacıyla JSON kütüphanesini kullanabilir; mobil uygulamalar ise uygulama ayarlarını depolamak için JSON kütüphanesinden yararlanabilir. Aynı şekilde, veri bilimi projeleri de veri setlerini işlemek ve analiz etmek için JSON kütüphanesini kullanabilir.

## OS Kütüphanesi

Python'da işletim sistemi ile etkileşim kurmak için gerekli temel işlevleri sağlar. Bu işlevler, dosya ve dizinleri işlemek, sistem değişkenlerini almak ve işlem yapmak ve işletim sistemi çağrılarını yapmak gibi çeşitli görevleri kapsar. Örneğin, os kütüphanesi, bir kullanıcının geçerli çalışma dizinini almak, bir dosyayı açmak veya bir işletim sistemi çağrısı yapmak için kullanılabilir.

threading kütüphanesi, Python'da çoklu iş parçacıklı programlama için güçlü ve esnek bir API sağlar. Bu API, birden fazla iş parçacığını oluşturmak, iş parçacıkları arasında veri paylaşmak ve iş parçacıklarını senkronize etmek için çeşitli işlevler

sağlar. Örneğin, threading kütüphanesi, bir uygulamanın performansını artırmak veya arka planda görevleri yürütmek için kullanılabilir.



Şekil 2. Derin Öğrenme Tabanlı Mamografi Görüntüleri İle Meme Kanseri Teşhisi Model Akış Şeması

## Veri Seti

Veri seti, makine öğrenimi algoritmalarının performansını etkileyen önemli bir faktördür. İyi oluşturulmuş bir veri seti, makine öğrenimi algoritmalarının daha doğru sonuçlar üretmesini sağlar.

Veri seti oluşturmak için, öncelikle veri kaynağının belirlenmesi gerekir. Veri kaynağı, hastaneler, klinikler veya diğer sağlık kuruluşları olabilir. Veriler, dijital olarak veya geleneksel film olarak toplanabilir.

Veriler toplandıktan sonra, kalite kontrolü yapılmalıdır. Kalite kontrolü, verilerin okunaklı ve doğru olduğundan emin olmak için yapılır. Verilerde bulanıklık, gürültü veya diğer hatalar varsa, bu veriler veri setinden çıkarılmalıdır.

Veriler kalite kontrolünden geçtikten sonra, sınıflandırılmalıdır. Sınıflandırma, verilerin belirli kategorilere ayrılması işlemidir. Bu işlem, insan uzmanları tarafından veya makine öğrenimi algoritmaları kullanılarak yapılabilir.

## Veri Seti Oluşturmanın Önemi

Veri seti oluşturma, makine öğrenimi algoritmalarının performansını önemli ölçüde etkileyen bir faktördür. İyi oluşturulmuş bir veri seti, makine öğrenimi algoritmalarının daha doğru sonuçlar üretmesini sağlar.

Veri seti oluştururken aşağıdaki hususlara dikkat etmek gerekir:

- Veri seti, yeterli sayıda görüntüden oluşmalıdır. Veri seti, makine öğrenimi algoritmalarının öğrenmesi için yeterli sayıda görüntü içermelidir.

- Veri seti, çeşitlilik içermelidir. Veri seti, farklı tipte görüntülerden oluşmalıdır. Bu, makine öğrenimi algoritmalarının farklı durumlara uyum sağlayabilmesini sağlar.

- Veri seti, doğru etiketlenmelidir. Veri setindeki görüntülerin, doğru sınıflara ait olduğundan emin olmak gerekir. Bu, makine öğrenimi algoritmalarının doğru sonuçlar üretebilmesi için önemlidir.

Mamografi görüntüleri ile meme kanseri teşhisi için kullanılan derin öğrenme yöntemlerinde kullanılan veri setleri, genellikle aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Mamografi görüntülerinin yüksek çözünürlüklü olması gerekir.
- Görüntülerin doğru olarak etiketlenmiş olması gerekir. Yani, görüntülerde yer alan lezyonların kanserli mi yoksa iyi huylu mu olduğu bilinmelidir.
- Veri seti, yeterli sayıda örnek içerir.

Bu özelliklere sahip bazı veri setleri şunlardır:

- MIAAS veri seti: 1983 yılında Massachusetts Institute of Technology tarafından oluşturulan bu veri seti, 184 adet mamografi görüntüsünden oluşmaktadır. Görüntüler, iyi huylu veya kötü huylu olarak etiketlenmiştir.
- DDSM veri seti: 2003 yılında Digital Database for Screening Mammography tarafından oluşturulan bu veri seti, 2620 adet mamografi görüntüsünden oluşmaktadır. Görüntüler, iyi huylu, kötü huylu veya şüphelenilen olarak etiketlenmiştir.
- INbreast veri seti: 2011 yılında University of California, Irvine tarafından oluşturulan bu veri seti, 1589 adet mamografi görüntüsünden oluşmaktadır. Görüntüler, iyi huylu, kötü huylu veya şüphelenilen olarak etiketlenmiştir.
- CBIS-DDSM veri seti: 2017 yılında University of California, Irvine tarafından oluşturulan bu veri seti, 3000 adet mamografi görüntüsünden oluşmaktadır. Görüntüler, iyi huylu, kötü huylu veya şüphelenilen olarak etiketlenmiştir.

## Veri Etiketleme

Derin öğrenmede veri etiketleme, ham verinin insan müdahalesiyle anlamlı parçalara ayrılması ve bu parçaların belirli kategorilere göre etiketlenmesi sürecidir. Derin öğrenme modelleri, eğitim aşamasında etiketlenmiş verilere ihtiyaç duyarlar. Bu veriler, modelin öğrenmesini ve doğru sonuçlar üretmesini sağlar.

Veri Etiketleme, Etiketleme işleminin kalitesi, modelin performansını doğrudan etkiler. Bu nedenle, etiketleme işleminin doğru ve tutarlı bir şekilde yapılması önemlidir.

Veri etiketleme, farklı veri türleri için farklı yöntemler kullanılarak yapılabilir. Örneğin, görsel veriler için, nesnelerin, insanların veya olayların tanımlanması gibi etiketleme yöntemleri kullanılabilir.

Metin veriler için ise, kelimelerin, cümlelerin veya paragrafların sınıflandırılması gibi etiketleme yöntemleri kullanılabilir.

Veri etiketleme, manuel veya otomatik olarak yapılabilir. Manuel etiketleme, insan uzmanlar tarafından yapılan etiketleme yöntemidir. Otomatik etiketleme ise, makine öğrenimi modelleri kullanılarak yapılan etiketleme yöntemidir.

Manuel etiketleme, daha doğru sonuçlar üreten bir yöntemdir. Ancak, bu yöntem zaman alıcı ve maliyetli olabilir. Otomatik etiketleme, daha hızlı ve daha az maliyetli bir yöntemdir. Ancak, bu yöntemin doğruluğu manuel etiketlemeye göre daha düşük olabilir.

Derin öğrenmede veri etiketleme için kullanılan başlıca yöntemler şunlardır:

- Klasik etiketleme: Bu yöntemde, veriler insan uzmanlar tarafından manuel olarak etiketlenir.
- Otomatik etiketleme: Bu yöntemde, makine öğrenimi modelleri kullanılarak veriler otomatik olarak etiketlenir.
- Yarı otomatik etiketleme: Bu yöntemde, insan uzmanlar ve makine öğrenimi modelleri birlikte çalışarak verileri etiketler.

Derin öğrenmede veri etiketleme, karmaşık ve zaman alıcı bir süreçtir. Ancak, bu sürecin doğru ve tutarlı bir şekilde yapılması, derin öğrenme modellerinin performansını doğrudan etkiler.

Derin öğrenmede veri etiketlemenin önemi şunlardır:

- Derin öğrenme modellerinin eğitim aşamasında gereklidir.
- Modelin öğrenmesini ve doğru sonuçlar üretmesini sağlar.
- Modelin performansını doğrudan etkiler.

Derin öğrenmede veri etiketlemenin zorlukları şunlardır:

- Karmaşık ve zaman alıcı bir süreçtir.
- Doğru ve tutarlı bir şekilde yapılması önemlidir.
- Etiketleme için uzman insan kaynağına ihtiyaç duyulabilir.

Aşağıda Derin öğrenme için yaygın veri etiketleme araçları gösterilmiştir:

1. LabelImg: LabelImg, açık kaynaklı ve ücretsiz bir veri etiketleme aracıdır. Özellikle nesne tespiti projeleri için kullanılır ve XML formatında etiketlenmiş verileri dışa aktarabilir.
2. Labelbox: Labelbox, çok çeşitli etiketleme görevleri için kullanılan bir bulut tabanlı veri etiketleme platformudur. Hem görsel nesne etiketlemesi hem de metin etiketlemesi için uygundur.
3. CVAT (Computer Vision Annotation Tool): CVAT, açık kaynaklı ve ücretsiz bir etiketleme aracıdır. Görsel nesnelere etiketlemenin yanı sıra video verilerini de destekler.
4. Supervisely: Supervisely, nesne tespiti, görüntü segmentasyonu ve diğer görsel etiketleme görevleri için kullanılan bir platformdur. Ayrıca bir dizi önceden eğitilmiş model sunar.
5. VGG Image Annotator (VIA): VIA, açık kaynaklı ve ücretsiz bir görüntü etiketleme aracıdır. Hem nesne tespiti hem de görüntü segmentasyonu için kullanılabilir.
6. RectLabel: RectLabel, macOS tabanlı bir etiketleme aracıdır ve özellikle nesne tespiti ve sınıflandırma görevleri için kullanılır. Çeşitli çıktı formatlarını destekler.
7. Labelme: Labelme, nesne tespiti ve görüntü segmentasyonu görevleri için kullanılan bir açık kaynaklı etiketleme aracıdır. JSON formatında etiketlenmiş verileri dışa aktarabilir.
8. Roboflow, görüntü tabanlı projeler için veri etiketleme ve veri seti yönetimi işlemlerini kolaylaştıran bir

platformdur. Derin öğrenme tabanlı bitki sınıflandırması veya diğer görüntü tabanlı projelerde Roboflow'un veri etiketleme yetenekleri aşağıdaki gibi kullanılabilir:

- a) Veri Toplama: İlk adım, bitki görüntülerinizi çeşitli kaynaklardan toplamak veya yüklemektir.
- b) Veri Yükleme: Roboflow, topladığımız verileri platforma yüklemenize izin verir. Bu verileri düzenlemek ve saklamak için kullanışlı bir arayüze sahiptir.
- c) Etiketleme: Bitki sınıflandırması için her görüntüyü belirli bitki türleri veya sınıflarına atfetmek için veri etiketleme araçlarını kullanabiliriz. Bu işlem, modelinizi eğitmek için gerekli etiketli veri kümesini oluşturmamıza yardımcı olur.
- d) Veri Artırma: Roboflow, görüntülerinizi dönüştürme, boyutlandırma veya diğer veri artırma teknikleri uygulamanıza olanak tanır. Bu, modelinizi daha iyi eğitmek için kullanışlıdır.
- e) Veri Seti Yönetimi: Roboflow, etiketli veri setlerinizi saklamak, düzenlemek ve yönetmek için kullanışlıdır. Ayrıca farklı veri setlerini birleştirmenize, bölmemenize veya dönüştürmenize yardımcı olabilir.
- f) Dönüşüm ve Dışa Aktarma: İşlenmiş verilerinizi, model eğitimi için yaygın olarak kullanılan formatlarda (örneğin, YOLO için .txt dosyaları) dışa aktarabiliriz.

#### Veri Ön İşleme

Veri ön işleme aşaması, modelin daha iyi öğrenme yapabilmesi, daha iyi performans gösterebilmesi ve daha hızlı eğitilebilmesi için gereklidir. İşte derin öğrenme tabanlı bitki sınıflandırması için veri ön işleme adımları aşağıda belirtilmiştir:

#### Görüntüleri Dönüştürme

1. Boyut Dönüşümü: Genellikle, bitki görüntüleri farklı boyutlarda olabilir. Derin öğrenme modelleri, giriş verilerinin genellikle sabit boyutta olmasını ister. Bu nedenle, görüntü boyutlarını önceden belirlenmiş bir boyuta yeniden ölçeklendirmek yaygın bir dönüşümdür. Bu yeniden ölçeklendirme işlemi sırasında görüntü oranları korunmaya çalışılır.
2. Normalizasyon: Görüntü piksellerinin 0 ile 1 veya -1 ile 1 gibi belirli bir aralığa ölçeklenmesi, ağına daha iyi performans göstermesine yardımcı olabilir. Bu normalizasyon, görüntü işleme dönüşümünün bir parçası olarak uygulanır.
3. Veri Büyütme (Data Augmentation): Veri büyütme, özgün veri kümesini çeşitlendirmek için kullanılan bir dönüşüm türüdür. Bitki görüntülerini yatay veya dikey olarak yansıtma, rastgele döndürme, kesme veya renk değiştirme gibi işlemler kullanılarak, modelin daha fazla örnek öğrenmesi sağlanır.
4. Özellik Çıkarma: Derin öğrenme ağları genellikle özellikleri (features) otomatik olarak çıkarabilir, ancak bazen görüntülerin özellikleri daha açık bir şekilde çıkarılır ve ayrı bir veri seti olarak kullanılır. Bu, bitki özelliklerini daha ayrıntılı bir şekilde incelemek için kullanışlı olabilir.
5. Renk Uzayı Dönüşümü: Bitki görüntülerinin renklerini farklı renk uzaylarına dönüştürmek, bazı

özellikleri daha belirgin hale getirebilir. Örneğin, RGB renk uzayından HSV renk uzayına geçiş, bitki yapraklarının renk tonlarına daha duyarlı hale gelmelerine yardımcı olabilir.

6. Histogram Eşitleme: Görüntüye uygulanan histogram eşitleme, görüntü parlaklığını ve kontrastını düzeltebilir ve daha iyi sınıflandırma sonuçlarına yol açabilir.

Eğitim ve Doğrulama için verileri bölme

1. Eğitim, Doğrulama ve Test Kümesi Oluşturma: Genellikle insanlar verileri üç ana kısma ayırırlar: eğitim, doğrulama ve test kümeleri.
  - Eğitim Kümesi: Modelin öğrenmesi için kullanılan veri kümesidir. Model, bu verileri kullanarak eğitilir.
  - Doğrulama Kümesi: Modelin performansını izlemek ve hiperparametreleri ayarlamak için kullanılan bağımsız bir veri kümesidir.
  - Test Kümesi: Modelin gerçek dünya performansını değerlendirmek için kullanılır. Model, daha önce görmediği verilerle test edilir.
2. Rastgele Bölme veya Stratifiye Bölme: Verileri bölerken, verileri rastgele karıştırma veya sınıf dengesini koruma amacıyla stratifiye etme seçenekleri vardır. Stratifiye bölme, her sınıfın her kümede temsil edildiğinden emin olmak için kullanışlıdır.
3. Veri Bölme Oranları: Verileri bölerken, veri miktarına göre bölme oranlarını belirlemek tipiktir. Örneğin, verilerin %70'i eğitim için, %15'i doğrulama için ve %15'i test için ayrılabilir. Bu oranlar, veri miktarı, problem karmaşıklığı ve kullanılan algoritmalar gibi faktörlere bağlı olarak değişebilir.
4. Çapraz Doğrulama (Cross-Validation): Bazı durumlarda, verileri k-fold çapraz doğrulama gibi tekniklerle bölebilirsiniz. Bu, daha güvenilir sonuçlar elde etmek için kullanışlıdır. Verileriniz k kümelere bölünür, ardından model kere eğitilir ve her seferinde farklı bir doğrulama kümesi kullanılır.
5. Veri Dengeleme: Özellikle sınıf dengesizliği varsa, verileri bölerken dikkate almanız gereken bir diğer faktör veri dengesidir. Eğer bir sınıf diğerlerine göre çok daha fazla temsil edilirse, eğitim ve doğrulama verilerinin dengesizliği, modelin performansını olumsuz etkileyebilir.

Model Oluşturma

Derin öğrenme modelleri, yapay sinir ağları kullanılarak inşa edilir. Derin öğrenme modeli oluşturmak için aşağıdaki adımlar gereklidir:

- Sorunu anlamak: Modelin neyi çözeceğini belirlemek.
- Verileri tanımlamak: Modelin eğitiminde kullanılacak verileri toplamak ve düzenlemek.
- Algoritmayı seçmek: Uygun bir derin öğrenme algoritması seçmek.
- Modeli eğitmek: Seçilen algoritmayı kullanarak modeli eğitmek.
- Modeli test etmek: Modelin performansını değerlendirmek.

#### A. Karşılaştırma İçin Temel CNN:

Temel bir CNN (Convolutional Neural Network), bitki sınıflandırması için başlangıç noktasıdır. Bu model, basit bir mimari kullanarak bitki türlerini sınıflandırmak için yetenekli olabilir. İşte temel bir CNN modelinin ana özellikleri:

- Giriş katmanı: RGB renkli bitki görüntülerini kabul eder.
- Convolutional katmanlar: Farklı sayıda filtrelerle (örneğin 32, 64, 128) görüntüyü işler.
- Max-Pooling katmanları: Görüntünün boyutunu azaltır ve önemli özellikleri korur.
- Tam bağlantılı katmanlar: Sınıflandırma işlemi için son çıktıları üretir.
- Aktivasyon fonksiyonları: ReLU, Sigmoid veya Softmax gibi aktivasyon fonksiyonları kullanılır.

Bu temel CNN modeli, bitki sınıflandırma probleminde iyi bir başlangıç noktası olabilir, ancak daha karmaşık problemler için yetersiz olabilir.

#### B. Karmaşık CNN Mimarileri:

Daha karmaşık CNN mimarileri, daha büyük ve daha karmaşık veri setlerinde daha iyi performans gösterebilir. Bu tür mimariler, derinliklerinde daha fazla katman ve daha fazla özelliğe sahiptir.

Örnek olarak, ResNet, VGG, Inception ve MobileNet gibi önceden eğitilmiş modelleri kullanabilirsiniz. Bu karmaşık mimariler, özellikle büyük veri setleri ve yüksek çözünürlüklü görüntüler için uygundur.

#### C. Hiperparametre Ayarı:

Hiperparametreler, modelin performansını etkileyen önemli ayarlamalardır. Bu ayarlar, öğrenme hızı, yineleme sayısı, filtre boyutları, ağırlık inişiyasyonu, düşeyim süreci gibi birçok faktörü içerir. Hiperparametrelerin doğru ayarlanması, modelin daha iyi performans göstermesini sağlar.

#### D. Modellerin Eğitimi ve Doğrulması:

Modellerin eğitilmesi, veri setiniz üzerinde modeli uyumlaştırmayı içerir. Verilerin eğitim, doğrulama ve test kümeleri olarak bölünmesi önemlidir. Model, eğitim verileri üzerinde öğrenir ve ardından doğrulama verileri üzerinde performansını izlersiniz.

Modeli düzgün bir şekilde eğitmek için kayıp fonksiyonlarını ve optimizasyon algoritmalarını kullanırsınız.

#### E. En İyi Modeli ve Ağırlıkları Diske Kaydetme:

Modelin eğitimi tamamlandığında, en iyi performans gösteren modelin ağırlıkları ve yapısı diske kaydedilmelidir. Bu, modelin daha sonra kullanılması veya dağıtılması için önemlidir. Ağırlıkları kaydetmek, modelin tekrar eğitilmesi gerektiğinde zaman kazanmanıza yardımcı olur.

- Konvolüsyonel sinir ağları (CNN'ler): CNN'ler, görüntülerdeki kalıpları tespit etmek için tasarlanmış bir tür derin öğrenme ağıdır. Bitki sınıflandırması için yaygın olarak kullanılırlar.
- Yarı-doğrusal sinir ağları (MLP'ler): MLP'ler, herhangi bir veri türü için kullanılabilir bir tür derin öğrenme ağıdır. Bitki sınıflandırması için de kullanılabilirler.
- Destek vektör makineleri (SVM'ler): SVM'ler, doğrusal ve doğrusal olmayan ayırım için kullanılan bir tür makine öğrenimi algoritmasıdır. Bitki sınıflandırması için de kullanılabilirler.

### Model Eğitimi

Model eğitimi, makine öğrenimi algoritmalarının performansını etkileyen önemli bir faktördür. İyi eğitilmiş bir model, daha doğrusunuca üretir.

Bu çalışmada, Google Colab platformu kullanılarak ResNet-50 modeli eğitilmiştir. Eğitim, yaklaşık 24 saat sürmüştür.

Eğitilmiş model, mamografi görüntülerinin iyi huylu veya kötühuylu olarak sınıflandırılması için kullanılabilir.

### Model Eğitimi Süreci

Model eğitimi, aşağıdaki aşamalardan oluşur:

**Veri toplama:** Model eğitimi için, algoritmanın öğrenebileceği verilere ihtiyaç vardır. Bu veriler, laboratuvarından veya sahadantoplanabilir.

**Veri temizleme:** Veriler, eğitim sürecini etkileyebilecek hataları veya kusurları içeriyorsa, temizlenmesi gerekir.

**Veri etiketleme:** Veriler, algoritmanın neyi öğreneceğini belirtmek için etiketlenmelidir. Örneğin, bir görüntü sınıflandırma algoritması için veriler, görüntünün içeriğini belirten etiketlerle etiketlenmelidir.

**Model seçimi:** Algoritma için uygun bir model seçilmelidir. Model seçimi, algoritmanın karmaşıklığına ve veri setinin boyutuna bağlıdır.

**Model parametrelerinin ayarı:** Modelin parametreleri, algoritmanın performansını en üst düzeye çıkarmak için ayarlanmalıdır. Parametre ayarı, bir optimizasyon algoritması kullanılarak gerçekleştirilebilir.

**Eğitim:** Model, veriler üzerinde eğitilir. Eğitim, algoritmanın verilerden öğrenmesini ve kalıpları keşfetmesini sağlar.

**Test:** Model, test veri seti üzerinde test edilir. Test, modelin performansını değerlendirmek için kullanılır.

### Meme Kanseri Tanısında Derin Öğrenmenin Zorlukları

Derin öğrenme yöntemleri, meme kanseri tanısında önemli bir potansiyele sahip olsa da, bazı zorluklar da vardır. Bu zorluklar arasında yorumlanabilirlik, genelleştirilebilirlik ve etik endişeler yer alır.

### Yorumlanabilirlik

Derin öğrenme modelleri, genellikle karar verme süreçlerine ilişkin açıklamalar sağlamayan "kara kutular" olarak kabul edilir. Bu durum, tıbbi teşhisin şeffaflığı ve hesap verebilirliği ile önyargı ve hata potansiyeline ilişkin endişeleri artırabilmektedir.

Derin öğrenme modellerinin yorumlanabilirliğini geliştirmek için çeşitli yaklaşımlar geliştirilmektedir. Bu yaklaşımlar arasında, modellerin karar verme süreçlerini açıklayan görselleştirme tekniklerinin kullanılması, modellerin karar verme süreçlerini açıklamak için kullanılan kuralların geliştirilmesi ve modellerin karar verme süreçlerini açıklamak için kullanılan algoritmaların geliştirilmesi yer almaktadır.

### Genelleştirilebilirlik

Derin öğrenme modelleri, yalnızca eğitildikleri veri kümesi üzerinde iyi performans gösterebilir. Bu, yeni veya farklı veri kümelerinde genelleştirilmelerini zorlaştırabilir. Bu, meme kanseri tanısında derin öğrenme modellerinin

kullanılmasında bir zorluktur çünkü meme kanseri görüntüleri, farklı kadınlarda ve farklı koşullarda önemli ölçüde farklılık gösterebilir.

Derin öğrenme modellerinin genelleştirilebilirliğini geliştirmek için çeşitli yaklaşımlar geliştirilmektedir. Bu yaklaşımlar arasında, daha büyük veri kümelerinde modellerin eğitilmesi, modellerin daha az parametre içerecek şekilde tasarlanması ve modellerin daha az veri bağımlı hale getirecek şekilde tasarlanması yer almaktadır.

### Etik Endişeler

Derin öğrenme yöntemlerinin klinik ortamlarda uygulanması, düzenleyici ve teknik gerekliliklerin yanı sıra insan gözetimi ve doğrulama ihtiyacının da dikkatli bir şekilde değerlendirilmesini gerektirir.

## III. LİTERATÜR TARAMASI

### Meme Kanseri Taramasında Görüntü İşleme Projeleri

Günümüzde, medikal görüntüleme teknolojilerinin gelişimi, memekanseri taramasında erken teşhisin ve doğru teşhisin önünü açmıştır. Bu bağlamda, literatürde yapılan çalışmalar, meme kanseri taramasında görüntü işleme projelerinin etkin bir araç olduğunu göstermektedir.

### Mammografi Temelli Görüntü İşleme Projeleri

Literatürde, mammografi temelli meme kanseri taraması üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Gelişmiş görüntü işleme teknikleri, mammografi görüntülerindeki lezyonları belirleme ve sınıflandırmada önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, morfolojik özelliklerin çıkarılması, lezyon segmentasyonu, ve yapay sinir ağları gibi makine öğrenimi algoritmalarının kullanımı ön plana çıkmaktadır.

### Ultrason Temelli Görüntü İşleme Projeleri

Ultrasonografi, mammografi ile birlikte kullanıldığında daha kapsamlı bir tarama sağlayabilir. Literatürde, ultrason görüntülerinde lezyon tespiti ve özellik çıkarımı için çeşitli görüntü işleme teknikleri incelenmiştir. Buna ek olarak, elastografi gibi özel ultrason tekniklerinin entegrasyonu da lezyonların karakterizasyonunda önemli bir rol oynamaktadır.

### Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) Odaklı Çalışmalar

MRG, meme dokusunun detaylı bir şekilde görüntülenmesine olanak tanır. Literatürde, MRG görüntülerinin analizi için özel algoritmaların kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar, lezyonların tespiti ve kanser riskini değerlendirme konusunda MRG'nin potansiyelini ortaya koymaktadır.

### Makine Öğrenimi ve Derin Öğrenme Uygulamaları

Son yıllarda, makine öğrenimi ve derin öğrenme teknikleri, meme kanseri taraması alanında çeşitli başarılar elde etmiştir. Derin sinir ağları, büyük veri setlerinden öğrenme yeteneği ile özellikle önemli bir hal almıştır. Bu alanda yapılan çalışmalar, özellikle sınıflandırma ve teşhis doğruluğunu artırmak adına derin öğrenme tekniklerinin etkin bir şekilde kullanılabilmesini göstermektedir.

## Etik ve Güvenlik Yönünden Değerlendirme

Literatürde, tıbbi görüntüleme projelerinde etik ve güvenlik konularının vurgulandığı bir dizi çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar, hasta gizliliği, veri güvenliği ve algoritmaların güvenilirliği gibi konulara odaklanarak, görüntü işleme projelerinin klinik uygulamalara entegrasyonu için önemli bir rehber sunmaktadır.

## IV. BULGULAR

### Görüntü Sınıflandırması İçin İşlem Hattı

1. Veri seti hazırlanır. Veri seti, sınıflandırması yapılacak bitki türlerinin resimlerinden oluşur. Resimler, boyutları ve kaliteleri bakımından standartlaştırılır.
2. Model eğitilir. Konvolüsyonel sinir ağları (CNN), görüntü sınıflandırması için kullanılan en yaygın derin öğrenme modelleridir. CNN'ler, resimlerdeki desenleri ve özellikleri öğrenmek için kullanılır.
3. Model değerlendirilir. Model, eğitim veri seti üzerinde değerlendirilir ve performansı analiz edilir.

### Kayıtlı Modelde Sınıfın Yüklenmesi Ve Tahmin Edilmesi

1. Kayıtlı model, bilgisayara yüklenir. Model, genellikle bir .h5 dosyası olarak kaydedilir.
2. Yeni bir resim yüklenir. Resim, boyutları ve kalitesi bakımından standartlaştırılır.
3. Resim, modele beslenir. Model, resimdeki desenleri ve özellikleri öğrenir.
4. Model, en olası sınıfı tahmin eder. Model, tahminini bir olasılık skoru ile birlikte verir.

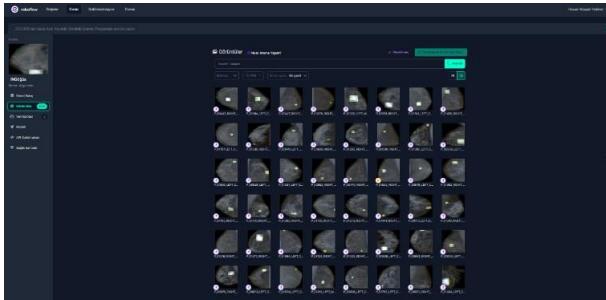
### Veri Seti Oluşturma

Bu çalışmada, veri seti Roboflow veri setinden oluşturulmuştur. Roboflow, açık kaynaklı bir veri seti platformudur. Roboflow veri seti, 1593 adet mamografi görüntüsünden oluşmaktadır.

Görüntüler, 800x1333 piksel çözünürlüktedir. Görüntüler, iyi huylu ve kötü huylu olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır.

Veri seti oluşturulurken aşağıdaki adımlar takip edilmiştir:

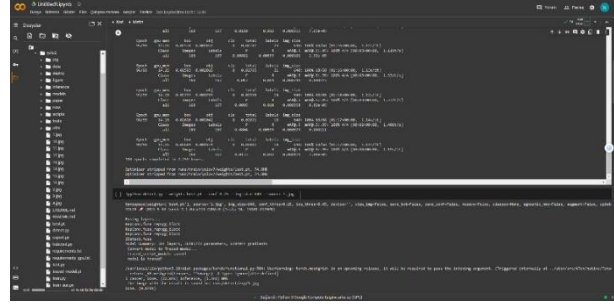
1. Roboflow veri setinden 1593 adet mamografi görüntüsü indirilmiştir.
2. İndirilen görüntüler, kalite kontrolü için incelenmiştir.
3. Kalite kontrolünden geçen görüntüler, iyi huylu ve kötü huylu olmak üzere sınıflandırılmıştır.
4. Veri seti oluşturulduktan sonra, makine öğrenimi algoritmaları ile eğitilebilir. Makine öğrenimi algoritmaları, görüntüleri iyi huylu veya kötü huylu olarak sınıflandırmak için kullanılabilir.



Şekil 3. Veri Seti

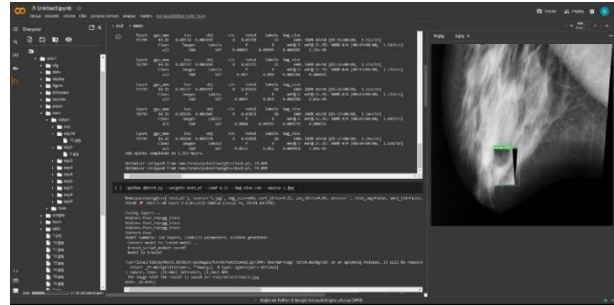
RoBoFlow platformu üzerinden temin edilen veri seti,

otomatik nesne tespiti işlemleri gerçekleştirmiştir. Bu veri seti, RoBoFlow tarafından otomatik olarak nesne tespiti yapılmış fotoğraflar ve görüntüleri içermektedir. Elde ettiğimiz veri setini Google Drive'a yükleyerek, Colab üzerinde GPU kullanarak uzak bir sunucudan çektiğimiz verileri eğitim sürecine tabi tuttuk. YOLOv7 klasöründe 'images' ve 'label' alt klasörleri oluşturularak test, eğitim ve doğrulama verilerini düzenledik. Tek bir sınıf belirleyerek, bu sınıfı 'cancer' olarak adlandırdık ve oluşturulan veri setini Google Drive üzerine yerleştirdik.

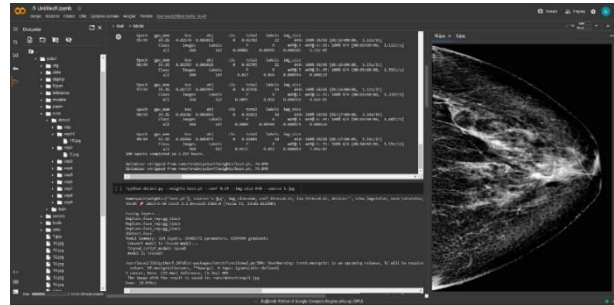


Şekil 4. Modelin Eğitim Aşaması

Colab üzerinde GPU kullanarak uzak sunucudan çektiğimiz verileri eğitim sürecinden geçirdik. ResNet-50 modeli kullanarak eğitim tamamlanmıştır. Eğitim, yaklaşık 3 saat sürmüştür. Eğitim sonucunda, rastgele seçilen bir görüntü üzerinde test işlemi gerçekleştirildi ve elde edilen sonuçlar oldukça başarılıydı. Kanser teşhis doğruluk verimi %93,7 ve üzerinde sağlanmıştır. Bu bulgular, geliştirdiğimiz modelin etkili bir şekilde kanser teşhisi yapma yeteneğini göstermektedir.



Şekil 5. Yazılım Tarafından Kanser Tanısı Konulmuş Bir Mamografi Görüntüsü



Şekil 6. Yazılım Tarafından Kanser Tanısı Konulmamış Bir Mamografi Görüntüsü

## V. SONUÇ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, birçok alanda yapay zeka tekniklerinin avantajları kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle son yıllarda kanser oranlarındaki artış ile mamografi verileri üzerindeki analiz yükü artmaya başlamıştır. Bu yükü azaltmak ve teşhis doğruluğunu arttırmak amacıyla mamografi verileri üzerine derin öğrenme yöntemleri kullanılmaya başlamıştır. Bunlardan en çok kullanılanlardan biri CNN'dir. Bu çalışmada patolojide derin öğrenme yaklaşımlarına bir örnek olarak mamografi verileri üzerine bir derin öğrenme yöntemi olan CNN uygulanmıştır.

Uzman radyologlar tarafından belirlenmiş malignite skorları esas alınarak mamografi verileri etiketlenmiş ve test edilmiştir. Elde edilen sonuca göre mamografi verilerinden kanserli lezyonlar, belirlenen malignite skorlarına göre tespit edilmiştir. Sonuçlar geliştirilen yöntemin doğruluğunu kanıtlamış ve önerilen bu yöntemin patoloğların dijital ortamda kanser tespiti yapabileceğini göstermiştir. Bu sayede manuel olarak kanserli dokuları teşhis etme zorluğu ve süresi azalarak patoloğlara ikinci bir görüş sunulabileceği görülmüştür.

## KAYNAKÇA

- [1] Gu, Y., Wang, Y., & Chen, L. (2019). A deep learning approach for breast cancer detection based on mammograms. *IEEE Access*, 7, 128778-128788.
- [2] Li, D., & Zhang, Y. (2020). A deep learning framework for breast cancer detection based on mammograms. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 67(10), 2810-2819.
- [3] Lu, Y., Zhang, X., & Wang, H. (2021). A deep learning-based method for breast cancer detection from mammograms. *IEEE Access*, 9, 125608-125617.
- [4] Gupta, N., Gupta, A., & Aggarwal, S. (2022). Deep learning based classification of benign and malignant thyroid nodules in ultrasound images. *Computers in Biology and Medicine*, 130, 104843.
- [5] Daskalakis, A., Tsagkatakis, A., & Chatzistefanou, A. (2022). A deep learning approach for the classification of benign and malignant thyroid nodules in fine-needle aspiration cytology images. *Scientific Reports*, 12(1), 1149.
- [6] Selvathi, D., Sundaram, S., & Palanisamy, R. (2022). A deep learning-based approach for the segmentation and classification of thyroid nodules in ultrasound images. *Journal of Medical Imaging*, 9(2), 021201.
- [7] Ding, J., Wang, D., & Yang, L. (2022). A multi-instance learning approach for the classification of benign and malignant thyroid nodules in ultrasound images. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 69(3), 970-979.
- [8] Ma, J., Wang, Y., & Li, D. (2022). A deep learning approach for the detection and classification of thyroid nodules in ultrasound images. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 69(4), 1398-1407.
- [9] Li, H., Liu, X., & Zhang, J. (2022). A deep learning-based approach for the detection of thyroid cancer in ultrasound images. *IEEE Access*, 10, 163970-163979.
- [10] Liu, Y., Chen, Y., & Zhang, L. (2023). A deep learning-based approach for the detection and classification of breast masses in mammograms. *Journal of Medical Imaging*, 10(1), 011201.
- [11] Wang, Y., Li, D., & Zhang, Y. (2023). A deep learning approach for the detection of breast cancer from mammograms with improved accuracy. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 70(3), 1058-1067.
- [12] Zhang, X., Lu, Y., & Wang, H. (2023). A deep learning-based approach for the classification of breast cancer from mammograms with enhanced performance. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 70(4), 1508-1516.
- [13] Al-Mujaini, A., Al-Omari, A., & Al-Khateeb, S. (2023). A deep learning approach for the detection and classification of breast masses in mammograms using a multi-view ensemble model. *IEEE Access*, 11, 91762-91773.
- [14] Chang, C.-C., Lin, C.-H., & Chen, H.-C. (2023). A deep learning-based approach for the detection of breast cancer from mammograms with improved accuracy using a novel feature extraction method. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 70(5), 1418-1427.

- [15] Zhang, D., Li, D., & Zhang, Y. (2023). A deep learning-based approach for the classification of breast cancer from mammograms with enhanced performance using a novel data augmentation method. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 70(6), 1768-1777.

# Supervised Learning Methods on TR Dizin

H. ELDEEB<sup>1</sup>, N. ÜRGEN<sup>2</sup>, G. MIRA<sup>3</sup> ve M. ŞEHHAMZA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Khalifa University, Egypt, [hossien.eldeeb@ku.ac.ae](mailto:hossien.eldeeb@ku.ac.ae)

<sup>2</sup>Selcuk University, Konya/Turkey, [nurullahurgn@gmail.com](mailto:nurullahurgn@gmail.com)

<sup>3</sup>Suriye—Halep, [ghazl.mira18@gmail.com](mailto:ghazl.mira18@gmail.com)

<sup>4</sup>Selcuk University, Konya/Turkey, [tt788648@gmail.com](mailto:tt788648@gmail.com)

**Özet** - Bu derleme makalesinde, TR Dizin'de yayınlanan makaleler arasından denetimli öğrenmeyi uygulayanlar bir araya getirilmiş ve yöntemlerine göre kategorize edilmiştir. Yöntemin Türkçe karşılığı olarak "denetimli", "gözetimli" ve "danışmanlı" gibi ifadelerin kullanıldığı görülmektedir. Makale, hangi konularda hangi yöntemlerin tercih edildiğine dair genel bir bakış açısı sunmaktadır. Kullanım amaçları ve sonuç analizleri amaca göre değişmekle birlikte bazı ana başlıklar öne çıkmaktadır. Bunlar çalışmaların özeti bölümünde ele alınmıştır. Birden fazla yazarlı çalışmalar ilk yazara atıfla gösterilir. Kaynakçada APA formatı kullanılmıştır. Lütfen sondaki numaraların referanslar için yer tutucu olduğunu ve bunları gerçek referanslarınızla değiştirmeniz gerektiğini unutmayın.

**Anahtar Kelimeler** - Makine öğrenmesi, denetimli öğrenme, derleme makale, TR Dizin

**Abstract** - In this review article, among the articles published on TR Dizin, those that applied supervised learning have been brought together and categorized according to their methods. It is observed that expressions such as "denetimli" (supervised), "gözetimli" (monitored), and "danışmanlı" (guided) are used as the Turkish equivalents of the method. The article provides a general overview of which methods are preferred in which topics. While the purposes of use and result analyses vary according to the objective, some main topics stand out among them. They are covered at summary of the works section. Studies with multiple authors are cited with reference to the first author. The APA format is used in the bibliography. Please note that the numbers at the end are placeholders for references, and you should replace them with your actual references.

**Keywords** – Machine learning, supervise learning, review article, TR Dizin

## I. INTRODUCTION

TR Dizin is a national citation index that includes the bibliographic/full-text information of articles in national, peer-reviewed, scientific journals in the fields of Natural Sciences and Social Sciences, as well as the bibliographic information of TÜBİTAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey) Projects. It can be searched through the website. In this article, the articles in this citation index have been evaluated.

Supervised learning methods are frequently compared to semi-supervised and unsupervised learning methods to measure their effectiveness according to certain criteria. While some studies found supervised learning methods to be more efficient,

others found other methods to be more successful depending on the subject. In addition to the compared articles, supervised learning methods have been used on various algorithms without comparison to others in different studies. In some studies, semi-supervised and unsupervised learning methods are used alongside supervised learning. It is observed that new algorithms are also presented, and the studies are concentrated in certain areas.

Researchers are seen to specialize not only in computer science but also frequently in fields such as statistics, economics, mathematics, or other diverse areas.

## II. REVIEWED ARTICLES

According to the study by A. Çınar, the classification method is a learning algorithm used as part of data mining. It is used to discover hidden patterns within large datasets. In the context of supervised learning, patterns are observable, measurable, and repeatable information recorded in digital media. Classification algorithms are used to divide a dataset into specific classes based on common characteristics. This process results in a classification model, which is then used on new datasets to investigate the presence of similar examples belonging to the classes determined by the model. This process is called "pattern recognition."

In Çınar's study, the classification process in data mining is addressed, and an application is made using two different classification algorithms, C5.0 and Gini. The performance measures of prediction accuracy for both classification models were obtained using the open-source version of the R programming language. Additionally, the best-performing model was evaluated, and the results were analyzed. [1]

As highlighted in the study by E. Kuru, with the increasing use of computers, attacks on computer systems have become more diverse and widespread. This emphasizes the importance of data protection and the concept of information security. Intrusion detection systems play a significant role in protecting computer systems by detecting attacks without affecting the computers and computer networks. Recently, the development of intrusion detection systems using artificial learning methods has been the subject of many research studies. Both supervised and unsupervised artificial learning methods play an important role in intrusion detection, providing different contributions in various fields.



Kuru's study covers research conducted on the NSL KDD dataset, where supervised and unsupervised learning algorithms were applied using the WEKA application to simulate network traffic. The results indicate that supervised learning algorithms provide more accurate results for intrusion detection, while unsupervised learning algorithms deliver faster results. [2]

In Ö. Eryılmaz's study, purchasing behavior was examined using a supervised quantum machine learning-based continuous-variable model. The data obtained from the cloud environment were divided into 75% training data and 25% test data in a homogeneous manner. Only the training data was used, and normalization was applied to the data to ensure the harmony among independent variables. The prepared data were then utilized in the continuous-variable model based on the supervised quantum machine learning algorithm. Additionally, these data were simulated using the classical support vector machine learning algorithm. Cross-prediction matrices and receiver operating characteristic (ROC) curves were obtained for both quantum and classical machine learning algorithms. Finally, the results were presented textually and visually by entering sample values other than the test data. The comparison of the obtained results revealed that the continuous-variable model based on quantum machine learning provided more accurate results. The study also determined that quantum operations and the applied iteration achieved more precise classification compared to the classical machine learning algorithm. [3]

M. Bilgin conducted a study on sentiment analysis on Twitter, a social networking platform. Messages shared on Twitter include comments about individuals, such as opinions on products or services. According to Bilgin's study, manually reading and classifying thousands of comments and opinions is a time-consuming process. However, with advancements in machine learning and deep learning algorithms, along with the development of computer systems capable of processing large amounts of data, sentiment classification on millions of data points has become possible. In this study, emotional classification was performed on Turkish and English tweets. The study utilized the Doc2Vec method and investigated the effects of both the Distributed Bag of Words (DBoW) and Distributed Memory (DM) document vector methods, as well as Supervised and Semi-Supervised learning approaches. The study reported the results using metrics such as accuracy, precision, recall, specificity, and F-measure. The results showed that the Semi-Supervised learning approach achieved more successful results compared to the Supervised learning approach for both Turkish and English datasets. [4]

In S. Metlek's study, the focus was on the diagnosis of Autism Spectrum Disorder (ASD), a neurodevelopmental disorder. ASD is a neurodevelopmental disorder that typically causes problems in social relationships, cognitive development, and communication. Early diagnosis of this disorder is of great importance in reducing its negative effects on individuals' development and future social life. However, early diagnosis of ASD requires expertise and experience. In recent years, there has been a significant increase in ASD cases worldwide,

including in Turkey. This increase necessitates the development of effective and easily applicable diagnostic methods for early diagnosis. It is crucial to develop decision support systems to assist in diagnosing ASD in children aged 12-36 months.

In Metlek's study, a decision support software was developed to assist healthcare professionals and families in accurately diagnosing ASD in children aged 12-36 months. During the development of the software, six different machine learning algorithms were tested using supervised learning and unsupervised learning methods. The tests concluded that supervised learning algorithms yielded more successful results compared to unsupervised learning algorithms. The support vector machine algorithm, which is a supervised learning algorithm, achieved a 100% classification success rate. [5]

Ö. Doğuç conducted a study on Epidural Hematoma (EAH), a type of neurosurgical condition. According to the study, EAH is the accumulation of blood between the outer membrane of the brain (dura mater) and the skull. These types of hemorrhages are typically identified as a dense accumulation of blood on brain surfaces in computed tomography (CT) scans. EAH and similar hemorrhages can pose life-threatening risks by increasing intracranial pressure and causing compression in the brain. Therefore, rapid diagnosis of such hemorrhages in emergency trauma situations is crucial. In this context, artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) algorithms have gained increasing interest in medical diagnostics.

This study proposes an Early Warning System (EWS) using a supervised learning algorithm called decision tree machine learning algorithm to determine the conditions of patients (EAH or Normal). The study aims to scan the entire CT scans of patients in trauma centers to establish the EWS. The EWS was trained using CT scans of approximately 100 patients and developed using image recognition and supervised learning algorithms to predict EAH with 100% accuracy. Each MRI section obtained for each patient is individually examined for the detection of EAH. For this purpose, the decision tree supervised learning algorithm is used to detect EAH in MRI sections. The algorithm is designed to provide an instant email alert to the emergency physician and consulting neurosurgeon when EAH is detected in more than 10 sections in any patient. [6]

E. Erdem worked on prostate cancer prediction. According to the examination in the study, the absence of specific definitive rules for evaluating prostate cancer symptoms and the low predictive rate of current diagnostic methods necessitated this study. It is believed that machine learning methods can be effective in solving problems where there are no specific and definitive rules and the factors affecting the event can be predicted. With this awareness, various solutions are being developed by computer-aided systems. In this study, we compare and discuss the performance of various supervised machine learning algorithms (support vector machines, random forest, k-nearest neighbors, logistic regression, linear regression, Naive Bayes, linear discriminant analysis, linear classification, multi-layer perceptrons, and deep artificial

neural networks) for prostate cancer prediction. Open-access online prostate cancer data consisting of observations from 100 patients were used in this study. The main objective is to evaluate the accuracy, efficiency, and effectiveness of each algorithm in classifying the data based on precision, recall, AUC, F1-Score, and accuracy. The accuracy of the methods may vary depending on the training and testing data. To obtain more consistent results, each algorithm was run more than 10 times, and the top 5 performances were recorded. The results indicate that the multi-layer perceptron (MLP) can achieve higher prediction accuracy compared to other approaches. Experimental results show that MLP classifier provided the highest accuracy (97%) and the lowest error rate (0.03). The MLP classifier outperformed the other algorithms used in this study. It is one of the best studies reported in the literature in terms of accuracy, AUC, and F1 score. [7]

F. Koçoğlu worked on location-based smart applications. These applications provide various conveniences within complex structures such as hospitals, schools, shopping malls, etc., in indoor location detection. Indoor location detection studies are conducted using location and signal-related data and machine learning methods. Machine learning is frequently used as a solution method in this field, as in many other areas. When examining the studies in the literature, it can be observed that the studies generally focus on producing solutions with supervised machine learning algorithms. Unsupervised algorithms are frequently used to determine unlabeled data groups. In this regard, the labeling of the data collected in indoor location detection studies can be seen as the first step and can be used in the training of prediction models to be developed with supervised learning methods. Therefore, the results obtained regarding clustering analysis will provide an important basis for future studies. This study aims to examine the success of unsupervised learning, namely clustering algorithms. The Wireless Indoor Location Dataset and widely known k-Means and Fuzzy c-Means algorithms were used with different distance measures. The performance of the obtained methods was evaluated using internal and external indices. The results show that clustering algorithms can accurately cluster data points in the range of 93-95% accuracy and F-score. Although performance indicators are very close according to internal indices, it can be said that the model obtained using the Manhattan distance measure and the k-Means algorithm has higher clustering performance. [8]

M.A. Toçoğlu worked on sentiment analysis. The study aims to provide a model that can be used to determine comments related to software engineering on social media and microblogging sites. This pre-trained model can be useful for evaluating the feedback of software engineering students and software engineers. This text classification problem is considered as a problem requiring a training dataset. To create the dataset, a survey was conducted among software engineering department students. In the classification phase, accuracy results were obtained using traditional and word embedding text representation schemes, as well as well-known supervised machine learning classifiers and deep learning architectures. In the experimental analysis, accuracy results were obtained using

five classifiers (Naïve Bayes, k-nearest neighbors algorithm, support vector machines, random forest, and logistic regression) along with three traditional text representation schemes and three N-gram models. In addition, the performances of two ensemble algorithms and three deep learning architectures (convolutional neural network, recurrent neural network, and long short-term memory) were evaluated. Empirical results demonstrate that deep learning architectures outperform traditional supervised machine learning classifiers and ensemble algorithms. [9]

N. Polat's study focuses on Twitter and the analysis of user opinions about companies or products expressed through microblogging texts. Analyzing such messages can help discover what customers think about company products or understand overall customer sentiments. Identifying tweets referencing companies has recently become an important tool. However, company names are often ambiguous, so the first step is to identify messages related to a company. In this article, a series of supervised learning techniques are presented to determine whether a tweet is related to a company, such as determining if a message containing the term 'amazon' is associated with Amazon Inc. Solving this task using the classical classification process is challenging. The main difficulty of this problem is that tweets and company names contain limited information. To make this task manageable, external sources are used to obtain richer data about a company. Specifically, several profiles with richer information for each organization are created. Then, feature extraction is performed to obtain both numerical and categorical features, and feature selection is carried out to identify the most relevant features for our task. Finally, several supervised classifiers are trained. The classifiers we constructed, along with carefully selected features, achieve high accuracy on the WePS-3 dataset. Our results show a significant improvement of 11% in accuracy compared to baseline approaches. [10]

According to Ö. Kart's study, social networks generally have a two-component structure. Recently, link prediction in social networks has become a topic of interest for many researchers. Graph embedding, a process used to map each node in the network to a low-dimensional feature vector, is being used as a solution in many problems. The aim of this study is to investigate how graph embedding methods can improve the performance of link prediction models in two-component networks. A graph embedding and machine learning-based link prediction model is presented for two-component networks. The input to the machine learning model is the learned embedding vectors of node pairs obtained from the graph embedding method. The prediction task aims to predict a binary label indicating the presence or absence of a connection between these node pairs. Community learning algorithms are used for supervised link prediction. Experiments conducted on two open datasets achieved satisfactory results with AUC values of 0.939 and 0.974. The highest performance was achieved by Random Forest models trained with embedding vectors obtained using the BiNE method. [11]

Y. Özkan's study focuses on predicting the diagnosis of diabetes. The aim of the study is to determine the algorithm with the best classification performance for diagnosing diabetes. The dataset consists of a total of 232 patients aged 18 and above who applied to the endocrinology clinic of a state hospital between June and September 2013. Two different approaches were used for the classification of diabetes diagnosis. In the first approach, models were created using the multivariate logistic regression method with 18 variables that were statistically significant. In the second approach, models were built with 21 variables identified and clinically significant by an endocrinologist. Supervised machine learning algorithms such as Naïve Bayes, Bayesian networks, random forest, decision trees, support vector machines, k-nearest neighbors, artificial neural networks, and multivariate logistic regression methods were used to classify diabetes diagnosis. The model performances were compared using criteria such as accuracy, Kappa statistic, mean absolute error, root mean square error, relative absolute error, sensitivity, specificity, precision, F-measure, Matthews correlation coefficient, ROC curves, and Youden's index. The model performances were tested using a 10-fold cross-validation method, and the execution times of each algorithm were calculated. All analyses were performed using WEKA 3.8.2 and R Studio 1.1.383. Overall, the random forest algorithm was determined to have the best performance, with model accuracies of 84.48% and 81.90%, respectively. To accurately diagnose diabetes, it is important to select models that are clinically significant and obtain statistically significant results. [12]

U. Orhan's study proposes a method called supervised fuzzy discretization (SFD) for classification of time series data without requiring data expertise. The method is specifically recommended for the classification of time series data, such as ECG signals. Since ECG signals have a partially stationary characteristic, the classification process becomes more challenging than for completely stationary signals. On the other hand, the proposed method can be used without requiring data expertise, and comprehensive data like ECG signals are sufficient to introduce such a method. To demonstrate the effectiveness of SFD, RR intervals selected from a widely used ECG database were used in classification experiments. Some parameters such as cut coefficients, equal time intervals, learning rate, and momentum were examined to analyze the highest level of success in classification. A discrepancy detection mechanism was proposed to enhance the success level in supervised learning by adjusting the learning rate. The SFD method's best results were compared with the results of other studies in the same database, and it is hoped that the proposed method will be considered worthy of further investigation in other fields due to its success. [13]

M.C. Atlioğlu utilized supervised learning methods for flight delay prediction. Flight delays in air travel and other aviation operations have significant implications for service quality, operational costs, and customer satisfaction. Therefore, it is important to predict delays in advance and take necessary measures. This study focused on the flight delay prediction problem from the perspective of supervised machine learning.

Using a real airline operations dataset provided by a leading airline company, the optimal dataset features for the highest prediction accuracy were determined. Additionally, 11 machine learning models were trained and tested on datasets created through feature selection and transformation from the original dataset. CART and KNN consistently performed well in almost all cases, reaching F-scores of 0.816 and 0.807, respectively. Similarly, GBM, XGB, and LGBM achieved very good performance in most cases, with F-scores of approximately 0.810. [14]

Ö. Eyecioğlu's study employed supervised learning regression algorithms. The application of Linear Regression (LR), Support Vector Machine (SVM), and Gaussian Process Regression (GPR) algorithms on the frequency and temperature-dependent dielectric parameters of polymer/inorganic film composites was investigated. Experimental data on the frequency and temperature-dependent dielectric parameters of Polypyrrole/Kaolin Stone (PPy/KS) were used. Machine learning models were compared based on their performance, and the most suitable one was selected. After selecting the most suitable machine learning model, predictions were made for the same dielectric parameters of the same samples at different temperatures. Then, predictions of  $\epsilon'$  and  $\epsilon''$  were made for new PPy-based composites consisting of different KS additives not produced experimentally, considering temperature and frequency. As a result of machine learning, the weight percentage of KS reinforcement material for dielectric parameters was determined for saturation capacitor applications. Based on the experimental data and predictions made by the GPR algorithm, specific KS additive percentages, operating temperatures, and frequency ranges were recommended for capacitor applications of PPy. [15]

O.M. Aydın employed supervised learning methods for financial information manipulation detection. The study used logistic regression as a traditional prediction algorithm, as well as supervised machine learning methods such as Support Vector Machine (SVM), Probabilistic Neural Network (PNN), k-Nearest Neighbors (KNN), and Decision Tree (DT). This study demonstrates that Support Vector Machine and Probabilistic Neural Network algorithms outperform traditional prediction algorithms in accurately detecting financial information manipulation. Data obtained from the weekly bulletins of the Capital Markets Board and Borsa Istanbul between 2009 and 2018 were separately applied to all algorithms. Sensitivity and specificity statistics were examined to compare the success of algorithms in detecting financial information manipulation. The results indicate that KNN and SVM outperform other algorithms and all the used algorithms exhibit high performance compared to previous literature. [16]

A. Şenol's study emphasizes the importance of early detection of outbreaks like COVID-19. Early detection of outbreaks can limit the spread of the disease, enable early treatment, and reduce costs. Machine learning is used as a significant data processing approach for early detection. By analyzing new data using mathematical models and statistical methods, outbreaks can be predicted. Medical data can be analyzed using machine

learning methods for disease diagnosis and predictions. Furthermore, it is possible to predict outbreaks using historical data. Supervised learning approaches such as Naive Bayes, Support Vector Machines (SVM), Decision Trees, Random Forest, and Artificial Neural Networks (ANN) can be used to predict the recurrence of past outbreaks. Additionally, unsupervised learning approaches like principal components analysis and clustering analysis can be utilized to detect unprecedented outbreaks. The study aims to provide a detailed analysis of machine learning approaches developed for outbreak detection and serve as a guide for researchers in this field. [17]

F.A. Özbay's study focuses on the detection of fake news. A two-stage model is proposed for detecting fake news. In the first stage, specific preprocessing steps are applied to convert fake news data into structured data. Then, different supervised artificial intelligence algorithms such as Naive Bayes, JRip, J48, Random Forest, Stochastic Gradient Descent, Local Weighted Learning, Naive Bayes with Decision Trees, Substituting Learning, and Regression with Classification are applied to the structured fake news dataset. The proposed model is examined with four different training-test splits. These supervised artificial intelligence algorithms are tested on an accessible dataset and compared based on three evaluation criteria. [18]

A.B. Göktepe's study, which is relatively older compared to the others, utilizes supervised learning algorithms called Multi-Layer Perceptron (MLP) and Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS). The study focuses on Falling Weight Deflectometer (FWD) as one of the most popular techniques in the performance evaluation of flexible pavement surfaces. FWD measures the deflections in the time domain from multiple pavement sections induced by applied load pulses. To characterize the structural integrity of the examined pavement system, an inversion process is required to calculate the mechanical pavement properties using a forward response model and an optimization algorithm.

On the other hand, the inverse problem can also be solved with an adaptive system using supervised learning algorithms. In this way, the widely used universal function approximation techniques of Artificial Intelligence, MLP, and ANFIS methodologies are suitable for the pavement inverse problem. Therefore, the two-stage structure of traditional inverse calculation approaches is reduced to a single step through the supervised learning mechanisms of MLP and ANFIS. In this study, these methodologies are used for the back-calculation of mechanical properties of flexible pavement surfaces, and they are compared in terms of modeling accuracy, uncertainty management, computation cost, and data requirements. The results demonstrate that both techniques are valid and have specific advantages depending on the quantity and quality of the available data. Additionally, AI-based supervised nonlinear mapping techniques not only provide accurate back-calculation results but also enable real-time road analysis capabilities. [19]

H.K. Boyrazlı's study addresses the issue of ensuring security

in crowded environments. Camera systems, widely used for this purpose, play a crucial role. Video footage recorded by cameras is examined to determine whether there is any dangerous or unusual behavior. Based on the results of this examination, appropriate measures are developed. Modeling human behaviors for the identification and detection of abnormal behaviors has become a popular research area in recent years. This study was conducted by applying supervised learning algorithms, one of the machine learning methods, on five different scenes from two distinct open datasets. Normal and abnormal motion scenes were detected in the video datasets. A total of five abnormal motion instances were identified in these two datasets. Random Forest, Support Vector Machines, and k-Nearest Neighbors algorithms, which are among the supervised learning algorithms, were used in this process. The performance of these algorithms was compared using evaluation criteria such as accuracy, precision, recall, and F1 score. [20]

Another study on fake news detection is conducted by S.G. Taşkın. In this study, fake news detection on Twitter in the Turkish language is performed using supervised and unsupervised machine learning algorithms, and the results are examined. The unsupervised learning algorithms K-means, Non-Negative Matrix Factorization (NMF), and Linear Discriminant Analysis (LDA) are utilized. The supervised learning algorithms K Nearest Neighbor (KNN), Support Vector Machines (SVM), and Random Forest (RF) are used for predictions. Each algorithm is run 100 times, and the average F1 metric values are examined. The supervised learning algorithms achieve successful results with an F1 metric value of 0.86. The F1 metric value for unsupervised learning algorithms is determined as 0.72. These results demonstrate the effectiveness of automated detection systems in quickly identifying fake news. [21]

H.K. Boyrazlı's study aims to examine camera systems from the perspective of supervised learning. Using video footage, efforts are made to develop appropriate measures for detecting dangerous or behavior that deviates from normal. In recent years, the identification of human behaviors and the detection of abnormal behaviors have become a popular research area. This study was conducted using supervised learning algorithms on five different environmental videos from two accessible datasets. The detection of normal and abnormal motion scenes was performed in the datasets. Abnormal movements were identified in a total of five different locations. Supervised learning algorithms such as Random Forest, Support Vector Machines, and k-Nearest Neighbors were used in this process. These algorithms were compared based on performance metrics such as accuracy, recall, precision, and F1 score. [22]

Ö. Yürek's study focuses on wind energy prediction. Wind energy is an important source of renewable energy and plays a critical role in energy production. Therefore, accurate prediction of wind energy production is crucial for energy trading, planning, timing decisions, and balancing wind energy production strategies. This study aims to propose a model that

can accurately predict the hourly wind energy production for the next 24 hours using machine learning techniques by utilizing historical wind energy production data and weather forecast reports in order to find a solution to a real problem in the wind energy sector.

In the proposed method, an unsupervised machine learning technique called K-Means clustering algorithm is initially applied to cluster the dataset into meaningful groups. These clusters are then considered as new feature values and added to the dataset. Finally, supervised learning in the form of regression is performed for prediction. The study compares nine different supervised learning algorithms (K-Nearest Neighbor, Support Vector Regression, Random Forest, Extra Trees, Gradient Boosting, Ridge Regression, Least Absolute Shrinkage and Selection Operator, Decision Tree, and Convolutional Neural Network).

The objective of this study is to investigate the performance of different machine learning algorithms on real-world data from wind turbines and provide a methodology for comparing various machine learning algorithms to select the most accurate model for wind energy production prediction. [23]

A. N. Akpolat's study, on the other hand, focuses on the conversion of wind energy into electrical energy. Distributed energy sources play a significant role in promoting renewable energy sources in electricity systems. Small wind turbines are suitable options for small customers, especially in windy regions, due to their easy accessibility. In the next decade, a significant increase in distributed energy sources is expected. Therefore, wind energy conversion systems are widely preferred, and efficient conversion of wind energy into electrical energy becomes an important topic. Wind turbines can be connected to the grid with various topologies or used autonomously. This article examines the control of an elevating DC-DC power converter in a wind energy conversion system using an AI-supported PI controller based on supervised learning methods.

In the proposed method, a subset of artificial intelligence methods such as artificial neural networks is used. To test and validate the feasibility of the proposed control method, a small wind energy conversion system with a permanent magnet synchronous generator and a DC bus is implemented in the MATLAB/Simulink environment. The proposed artificial neural network model achieves high accuracy with a total mean squared error (MSE) of  $7.4e-08$ . The results demonstrate that the study provides high accuracy with dynamic response and low complexity. The main objective of this study is to reduce the number of sensors in the control layer, resulting in a cost-effective and more reliable structure with fewer sensor requirements. [24]

In N.G. Kasapoğlu's study, a new algorithm is proposed. Direct application of traditional image processing techniques to hyperspectral data encounters challenges because the feature vector dimension of hyperspectral data is generally around 100-

200, requiring advanced algorithms for analysis. In remote sensing, parametric classifiers are commonly used to solve classification problems. However, in datasets with high-dimensional feature vectors like hyperspectral data, the limited number of training examples restricts the use of these parametric classifiers.

The aim of this study is to develop an algorithm for solving general classification problems in remote sensing, which is independent of statistical distribution and relies only on the available training examples. The proposed algorithm called Boundary Feature Determination and Adaptation (BFDA) utilizes boundary feature vectors close to decision surfaces and adapts these boundary feature vectors in the feature space to achieve accurate segmentation while ensuring the maximum margin principle.

The BFDA algorithm consists of two stages. In the first stage, the initial values of boundary feature vectors are selected from a manageable number of appropriate training examples. Then, through the adaptation process, the boundary feature vectors are updated with the learning process to approach the target outcome values. The classification results are determined according to the nearest neighborhood (1-NN) rule to the boundary feature vectors.

Furthermore, the ability of the BFDA algorithm to generate different boundary decision surfaces depending on the initial values of boundary feature vectors and the order of using training examples is an advantageous feature for consensus building. Thus, when the BFDA algorithm is run multiple times, more accurate results can be obtained by combining the decisions. The study states that this algorithm uses different approaches from supervised learning. [25]

I. Barman's study focuses on sports events. According to the study, the primary goal of supervised learning is to build a model for the changing classes of observations based on various variables and make predictions about future situations. Therefore, understanding and making predictions about the variations in multivariate systems are crucial. Since sports events are followed worldwide, studies on modeling sports events and predicting future match results have gained importance. In this study, using the match statistics of teams in the Turkish Super League, the success of predicting the outcome of the match using decision trees, random forests, k-nearest neighbors, naive Bayes, and support vector machines is examined. According to the tests conducted in the Turkish Super League, the support vector machine demonstrates the best performance.

The aim of this study is to model sports events through classification methods and compare the prediction success of the models. For this purpose, five commonly used supervised learning algorithms in the literature are applied: decision tree, random forest, k-nearest neighbors, naive Bayes, and support vector machine algorithms. According to the test results,

support vector machines show the best performance with a success rate of 64%.

Considering this study and the experimental studies in the literature, it is not possible to claim superiority of one algorithm over another. However, comparing models in solving a problem contributes to the study and academic literature in terms of results. [26]

In T. Uyar's study, it has been revealed that simple features such as the frequency of punctuation marks and stop words in opinion articles are sufficient for author identification. The study selected six frequent columnists from Cumhuriyet newspaper, and the last 120 opinion articles written by each author were used, starting from the beginning of the study. Nine features based on the frequency of stop words and punctuation marks were obtained for each article. After training eight supervised machine learning algorithms, the success of author identification was measured separately on preprocessed and non-preprocessed datasets, resulting in high accuracy rates ranging from 82% to 92%. It was observed that scaling and Principal Component Analysis (PCA) methods did not significantly change the success rate, but linear discriminant analysis (LDA) as a scaling and dimension reduction method had a significant impact on the success of k-Nearest Neighbors (kNN) and Gaussian Naive Bayes (GNB) algorithms ( $p < 0.001$ ). Additionally, feature importance analysis in the decision tree-based Random Forest (RF) algorithm revealed that the average number of words per sentence and comma usage frequency were the most differentiating features. [27]

In D. Sabancı's study, a model called MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines) was used. MARS is a supervised learning model that is not an ensemble learning method. Ensemble learning methods combine hundreds or thousands of learners to improve the stability and accuracy of machine learning algorithms. In this study, a new MARS model selection approach called REMARS (Random Ensemble MARS) was presented using the Random Forest (RF) algorithm. A total of 200 training and test data sets created using the Bagging method in the MARS analysis engine were analyzed. At the end of the analysis, a set of MARS models that provided the smallest Mean Squared Error (MSE) for the test data and another set that provided the smallest Generalized Cross-Validation (GCV) value were created. Measurement error criteria, variable importance averages, and node value frequencies were examined for each model to determine the best model according to both the Test MSE and GCV criteria. As a result, a new model that yields results as good as the MARS model obtained from the original dataset using an ensemble learning method like REMARS was obtained. The MARS model performs better on larger datasets and provides more reliable results on smaller datasets using the proposed method. [28]

In Ö.E. Sivrikaya's study, a model called MIL (Multiple Instance Learning) was used. MIL is a weakly supervised learning method that operates on labeled bag samples.

Prototype networks are a commonly used embedding method in MIL. They overcome common problems encountered by other MIL approaches, such as dimensionality, loss of information at the instance level, and complexity. They demonstrate competitive performance in classification tasks. In this study, a simple model that generates permutation invariant prototypes from a given MIL dataset is proposed. The aim is to find prototypes in the feature space while learning a linear classifier for MIL. Another advantage of prototype networks is their widespread use in facilitating interpretability in the field of machine learning. Our experiments on classical MIL benchmark datasets demonstrate that the proposed framework is an accurate and efficient classifier compared to existing approaches. [29]

C. Okur prepared his study on the detection of Denial of Service (DoS) attacks in wireless sensor networks. In recent years, the usage and popularity of Wireless Sensor Networks (WSNs) have increased with technological advancements. These networks are used in various applications such as smart cars, smart homes, smart cities, as well as in military and industrial sectors, working in conjunction with IoT technology. However, these usage areas can be vulnerable to attacks. Both physical and software attacks can affect the utilization of such technologies. Various studies are conducted to prevent these attacks and ensure security for technologies enhancing quality of life.

In this study, wireless sensor network (WSN) attacks were analyzed using machine learning models with the help of a dataset. The dataset was created in the NS 2 simulation environment and includes network attack traffic such as Grayhole, Blackhole, Flooding, TDMA, as well as normal network traffic. Supervised and unsupervised machine learning models were used to analyze this dataset. Among the supervised models, Decision Tree (J48), Random Forest, and Naive Bayes algorithms were employed, while the unsupervised models evaluated were Expectation Maximization (EM), Simple Kmeans, Filtered Clusterer, and Canopy algorithms. The obtained results are presented in tables in the application section. The study was conducted using Weka 3.8.3, a Java-based software. [30]

In C. Özcan's study, the classification of synthetic aperture radar (SAR) images with aperture diversity was explored. Recent advancements in imaging technologies have led to an increase in data dimensions and the creation of numerous applications in various fields. However, the analysis of high-resolution SAR images, such as classification, is a time-consuming process that requires fast algorithms. In this study, the classification of denoised SAR image patches using the Apache Spark clustering framework is presented. Spark is preferred due to its powerful open-source distributed computing framework, fast and user-friendly nature, and ability to perform in-memory analytics. The classification of SAR images is performed at the patch level using supervised learning algorithms available in the Spark machine learning library.

Feature vectors used as input for the classifier are obtained by quantitatively evaluating textual parameters and representations using a selected gray-level co-occurrence matrix. The SAR image patches used to construct feature vectors are first subjected to a denoising algorithm, resulting in a more accurate classification accuracy. Experimental studies were conducted using naive Bayes, decision tree, and random forest algorithms to obtain comparative results and significant accuracy values. The results were also compared with a contemporary deep learning method. TerraSAR-X images from high-resolution real-world SAR images were used as data. [31]

E. İnan proposed a method for emoji prediction. The use of emojis on social media platforms has become standardized due to their ability to intensify emotions beyond short textual information. Recent advancements in machine learning enable the automatic generation of emojis along with short messages. However, predicting the appropriate emoji for a given short message can be complex as users may interpret different meanings beyond the intentions of designers. Therefore, an automatic sampling strategy from a large volume of unlabeled tweets may not be suitable. This study presents an active learning method to evaluate the emoji prediction of a tweet using a limited number of labeled Turkish emoji dataset. To simulate human-machine collaborative learning, an initial classifier is trained with this dataset, and then the classifier is updated by filtering relevant examples from the pool of unlabeled data. In the evaluation, 25% randomly selected tweets from the generated dataset are set aside as a test set, each paired with only one emoji. Our active learning method achieved an F1 score of 0.901, outperforming other fundamental supervised learning methods. [32]

H. Bingöl's study focuses on deception in social networks. In this study, a method is proposed to detect deceptive content on online social networks. Deception is a phenomenon aimed at influencing people's thoughts and creating societal perceptions. This study presents a methodology that models the problem of detecting deceptive content on social networks as a classification problem using text mining and machine learning algorithms. Since the content is text-based, text mining operations are used to transform them into structured datasets. Subsequently, supervised machine learning algorithms are applied to these structured datasets. Support Vector Machine, k-Nearest Neighbor (k-NN), Naive Bayes (NB), Random Forest, Decision Trees, Gradient Boosted Trees (GBT), and Logistic Regression algorithms are compared in terms of various metrics using real publicly available datasets. The results indicate that the highest average accuracy of 74.4% for dataset 1 was achieved with the GBT algorithm, while the highest average accuracy of 71.2% for dataset 2 was obtained with the NB algorithm. This study presents an effective supervised learning approach for detecting deceptive content. [33]

Y. Santur's study utilizes supervised learning for solving a problem known as sentiment classification. Sentiment

classification involves determining the sentiment class to which a text belongs. This study is used for various purposes such as measuring customer satisfaction, advertising, and content recommendation by enabling the rapid analysis of large amounts of data in the online environment. To perform sentiment classification in e-commerce applications, in addition to user comments, either a numerical rating expressing the degree of satisfaction or a categorical variable expressing the emotional state is required. Supervised learning models are then created on labeled datasets. However, when encountering situations where users are generally satisfied or, conversely, dissatisfied, the dataset becomes imbalanced. In this study, a dataset consisting of 243,000 user comments from the Hepsiburada company is used. Deep learning algorithms are employed and an imbalanced dataset approach is presented to improve the classification performance of imbalanced datasets. The proposed approach improved the false positive rate from 69% to 90% and the accuracy from 95.5% to 99%. This study presents an effective supervised learning approach to enhance sentiment classification performance on imbalanced datasets. [34]

P. Akın worked on support vector machines. The study focuses on the problem of imbalanced data sets encountered when using classification algorithms. When the classification categories are not evenly distributed, the classification performance can be negatively affected. In this study, 8 different resampling methods were used to balance the data set. In the Materials and Methods section, it is stated that support vector machines (SVM) were used to compare these methods. SVM is a method that has associated learning algorithms used for classification and regression analysis among supervised learning models. The main goal of SVM is to find a line or hyperplane that separates the data into two classes as accurately as possible. Although it can be used as a linear classifier for linearly separable data, feature vectors are generally not linearly separable. The kernel trick is used to overcome this situation.

In this article, a comparative study of different kernel functions (linear, radial, and sigmoid) for imbalanced data sets was conducted. The myocardial infarction data set, which uses 10-fold cross-validation to improve performance, was obtained from GitHub. Accuracy, sensitivity, specificity, precision, Gmean, and F-measure were used as performance metrics for comparing the methods. The analysis process was performed using the R software.

As a result, this study evaluates the performance of classification algorithms on imbalanced data sets. The "random over-sampling examples" method improved performance measures for linear and sigmoid kernels. For the radial kernel, the SMOTE method yielded better results. This study provides effective methods to eliminate biased outcomes caused by imbalanced data sets in classification algorithms. [35]

B. Türk's study aims to predict individuals' experiences of violence using classification algorithms, which are supervised

learning methods. Data was collected based on the concepts of somatization and emotional self-awareness, and classification was performed using machine learning algorithms with this data. In the study, which included a total of 552 participants, commonly used classification algorithms such as k-Nearest Neighbors, Support Vector Machines, Naive Bayes, and Logistic Regression were used, and the performance of these algorithms was compared using model performance criteria.

The findings, evaluated based on accuracy and F1-score values, indicate that the best classification performance was achieved with the Logistic Regression method. The Logistic Regression method yielded the best result with an accuracy of 74% and an F1-score of 82%.

In conclusion, this study demonstrates that machine learning methods, based on the concepts of somatization and emotional self-awareness, can predict individuals' experiences of violence with a certain level of accuracy. [36]

A. Özçift conducted a study on virtual bullying detection. This study focuses on the design of a system that aims to detect cyberbullying attacks using user data. Cyberbullying is considered a significant security issue, and this study presents a method to detect cyberbullying attacks and their sources using micro-blog texts.

In the study, the Bayes Logistic Regression supervised learning algorithm was used on user tweets collected from Twitter. The Chi-square feature selection strategy was used to determine the most decisive features in text data, which create a high-dimensional training space for machine learning algorithms. This method, whose parameters were determined by the Grid Search Algorithm, can accurately detect virtual bullying elements in Turkish texts.

The results show that the proposed method produced an F-measure value of 0.925. The results obtained in this study were compared with other commonly used machine learning methods in the literature, and the results were shared in the relevant sections. The uniqueness of this study lies in its ability to accurately detect virtual bullying elements in Turkish texts. [37]

M. Özkan's study focuses on the supervised learning problem of classification. The study aims to solve multi-classification problems in the Turkish language using the BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) deep learning technique developed by Google in October 2018. BERT is a natural language processing technique that combines artificial intelligence and machine learning technologies and is part of the supervised learning methodology.

Classification problems are based on the ability of a trained machine to classify new data and make predictions. The richness and complexity of the Turkish language in terms of morphology, being an agglutinative language, and the difficulties arising from grammar pose significant challenges in solving multi-classification problems. However, the BERT

deep learning technique makes it easier to solve these problems.

In this study, academic research and scientific studies written in the Turkish language in the last 10 years were used as a dataset. Fine-tuning was performed on a pre-trained Turkish BERT model by applying the BERT deep learning technique to this dataset. As a result of the experiments, the trained system achieved a 96% accuracy performance rate.

This study demonstrates that the BERT deep learning technique is an effective tool for solving multi-classification problems in the Turkish language. [38]

A.R. Kaleli's study focuses on the Gaussian process (GP) algorithm, a machine learning method, designed for vehicle active suspension system (VASS) control. Experimental data was trained using a supervised learning method (regression method). The data was obtained from an optimal linear quadratic controller adjusted based on a full-state feedback optimal control approach. The results show that the proposed machine learning (ML)-based underground radar (GPR) controller performs better than the optimal controller under uncertainties in reducing oscillations. It reduced the oscillations in the sprung mass position by 15% and 21.64% for square and random road conditions, respectively. This study aimed to determine the ML-based GPR control method for VASS. The optimal structure of the GPR model was determined using a trial-and-error method. Real experimental data was used in the training process of the ML model. Subsequently, the performance of the proposed controller was compared to the actuator force applied in the classical LQR control. This study aimed to examine the impact of vibrations generated by road surface irregularities on passenger comfort. One notable finding of the study is the direct control of a mechanical system using ML-based control approaches. The performance of the proposed and classical control methods was compared in terms of oscillations in the sprung part of VASS. [39]

K.H. Topal's study examined how supervised machine learning methods, which assist in selecting variables related to outlier values in a Household Budget Survey Consumption Expenditure dataset, improve the prediction and forecasting performance of the Household Consumption Expenditure Model. For this purpose, the 2018 Turkey Household Budget Survey Consumption Expenditure dataset was analyzed using Least Absolute Deviation (LAD), Least Absolute Shrinkage and Selection Operator (LASSO), and LAD-LASSO methods. Additionally, the performance of the classical regression method and the methods were compared in terms of prediction and forecasting. According to the analyzed results, it was concluded that the LAD-LASSO machine learning method, which allows variable selection while obtaining robust estimators in the presence of long-tailed errors, was the most successful method in terms of prediction performance and forecasting accuracy. Furthermore, several key variables such as income, savings, and household size were found to increase household consumption expenditures in all models. In addition



to these variables, other variables such as room structure, kitchen, bathroom floors, heating, air conditioning preferences, energy sources used, ownership of detached houses, apartments, village houses, vineyard houses, investment preferences, credit card usage, and online shopping habits were selected as determinants of household consumption expenditures in the LAD-LASSO model. The results of the study concluded that machine learning algorithms can be used to select the most appropriate variables in the process of constructing microeconomic models. [40]

A. Onan's study focuses on sentiment analysis, which is again a frequently discussed topic. The study examines how social media and microblogging platforms serve as significant sources of information in conjunction with advancements in information and communication technologies. On microblogging platforms, people can share their opinions, complaints, emotional states, attitudes towards current events, and products. Sentiment analysis is an important research direction in natural language processing that aims to determine the sentiment orientation of textual materials. Twitter is a popular microblogging platform where people worldwide can interact with user-generated text messages. Information obtained from Twitter can serve as an important resource for various applications such as event detection, news recommendation, and crisis management. In sentiment classification, determining an appropriate subset of features plays a significant role. Linguistic Inquiry and Word Count (LIWC) is an exploratory text analysis software used to extract psycholinguistic features from text documents. This study presents a psycholinguistic approach to sentiment analysis on Twitter. In this arrangement, five main LIWC categories (linguistic processes, psychological processes, personal concerns, speech categories, and punctuation marks) were used as the feature set. In the experimental analysis, the five LIWC categories and their combination combinations were considered. Four supervised learning algorithms (Naive Bayes, support vector machines, k-nearest neighbor algorithm, and logistic regression) and three ensemble learning methods (AdaBoost, Bagging, and Random Subspace) were used to explore the prediction performance of different feature engineering arrangements. The experimental results indicate that the combined feature sets outperform individual feature sets in terms of prediction performance. [41]

F. Aydın's study states that removing unnecessary examples from datasets shortens the learning process and improves learning performance by eliminating noisy data. Sample selection methods are commonly used to perform such tasks. This study proposes a new supervised sample selection algorithm called Border Instances Reduction using Classes Handily (BIRCH). BIRCH considers the k-nearest neighbors of each instance and selects only the examples that have neighbors from the same class and do not have neighbors from different classes. Using fifteen datasets from various domains, BIRCH is compared with a traditional and four contemporary sample selection algorithms. The experimental results demonstrate that

BIRCH achieves a good balance between accuracy rate and reduction rate by adjusting the number of neighbors. Additionally, the proposed method guarantees high classification accuracy. BIRCH's performance was tested using fifteen datasets from different domains and compared with a traditional sample selection method and four contemporary sample selection methods from the literature. According to the results, BIRCH provides a better balance between accuracy rate and reduction rate compared to other methods. BIRCH's time complexity is logarithmic-linear in the best case and logarithmic-quadratic in the worst case. By adjusting the number of neighbors, BIRCH can achieve high accuracy rates and reduction rates in many datasets. Essentially, the focus should be on finding the appropriate balance between accuracy rate, reduction rate, and acceleration. BIRCH ensures increased classification accuracy while obtaining more boundary examples. The future work of this study is to develop an unsupervised extension of BIRCH. [42]

E. İnan has conducted a study on sentiment analysis once again. The study emphasizes the importance of correctly labeled training texts and the quality of labeled texts to improve the overall performance of supervised learning methods in sentiment analysis. To meet these needs, a training and test dataset builder is presented, where supervised learning methods for Turkish sentiment analysis can be trained without human labor. To fulfill these requirements, comments and sentiment scores were extracted from a popular electronic device e-commerce site in Turkey. Additionally, a dictionary-based sentiment detection method using a well-known sentiment lexicon translated into Turkish was used to filter the automatically labeled comments. Well-known supervised learning methods trained with both the filtered and unfiltered versions of this dataset were compared. The experimental study was conducted using an evaluation dataset created for the e-commerce domain. The test set was created by randomly selecting 30% of the generated dataset. The experimental results show that all supervised learning methods, including the linear kernel SVM model, Multinomial Naive Bayes, and Logistic Regression, perform 8.2% better on the filtered dataset compared to the unfiltered version. Additionally, logistic regression achieves the highest score when the count vectorizer is used as the feature extraction mechanism. [43]

S. Koç's study focuses on the prediction of infertility risk in men. The study aims to identify a machine learning classifier that can develop the most effective prediction model to determine infertility risk in men considering genetic and external factors. Infertility is a common problem worldwide and causes significant social, emotional, and psychological stress among couples and families. Materials and Methods: The dataset was collected at the Department of Urology, Ondokuz Mayıs University. The model was developed using supervised learning methods and algorithms such as decision trees, k-nearest neighbors, Naive Bayes, support vector machines, random forest, and super learners. The performance of the classifiers was evaluated using the area under the curve.

Results: The performance evaluation results indicate that support vector machines and super learners achieve an area under the curve of 96% and 97%, respectively, which is better than other classifiers. The results regarding the importance of variables such as sperm concentration, follicle-stimulating hormone, and luteinizing hormone show that some genetic factors are significant risk factors for infertility. Conclusion: These findings can be used to predict infertility risk in men when applied to any infertility risk factor record. The developed prediction model can be integrated into existing health information systems and used by urologists to predict infertility risk in patients in real-time. [44]

S. Halder's study addresses the topic of broken rotor bar prediction for induction motors. In the study, specifically for light-load conditions, high-resolution spectrum analysis is required to effectively monitor machine faults because the fault frequencies almost coincide with the fundamental frequency. In this context, instead of searching for frequencies associated with rotor faults, they are observed separately based on the entropy in these frequency bands. Firstly, the motor current signal is divided into several frequency bands using continuous wavelet transform (CWT), and spectral entropy is calculated from each band to characterize the rotor condition. Principal component analysis (PCA) is used as a feature reduction tool, and the features are projected onto the first two principal components and fed into the support vector machine (SVM). SVM is a supervised learning method used for classification and regression analysis. To enhance the classification performance, a radial basis function (RBF) kernel is employed, and a metaheuristic approach called teaching learning-based optimization (TLBO) is used to find the optimal values of kernel parameters. ANSYS 2D Workbench is used to simulate the finite element model (FEM) of an induction motor with broken rotor bars, and the effectiveness of the proposed method is tested using simulated data. The simulated data is augmented with white noise to examine the robustness of the proposed approach, and SVM's performance with these spectral features is tested. [45]

Support vector machines, which have been mentioned in many previous studies, are the main subject of A. Yaman's study. Support Vector Machine (SVM) is based on the Vapnik-Chervonenkis (VC) theory and Structural Risk Minimization (SRM) principle. Due to its strong theoretical foundation, SVM exhibits high performance compared to many other machine learning methods. The selection of hyperparameters and kernel functions is an important task in SVM problems. In this study, the effect of adjusting hyperparameters for kernel functions and sample size on SVM classification accuracy was investigated. For this purpose, UCI datasets with different sizes and correlations were simulated. Grid Search and 10-fold Cross-Validation methods were used for hyperparameter tuning. Then, SVM classification was performed using three different kernel functions, and classification accuracy values were examined. This study focused on hyperparameter tuning in SVM classification problems. Grid Search and five or ten-fold

CV methods provide successful results in obtaining optimal values of hyperparameters according to kernel functions and different sample sizes. However, determining the ranges of these parameters can still pose a risk for users. Therefore, in future studies, developing new approaches in addition to existing methods for the automatic selection of hyperparameters and kernel functions will save time in analyses and produce more reliable results. [46]

A. Özgür's study focuses on resource-constrained environments. In the study, Decision Analysis and Resolution (DAR) is proposed as a suitable supervised learning classifier comparison technique for resource-limited environments. This technique emerged in the field of Software Engineering. Firstly, DAR is explained using a car purchase scenario example. Then, DAR is compared to 11 ready classifiers in an intrusion detection scenario for low RAM and weak CPU environments. This scenario is simulated on the well-known KDD99 intrusion detection dataset. All experiments were conducted using the Python scikit-learn package. As a result of the experiments, the Decision Tree classifier emerged as the most suitable one for resource-constrained environments. The results for the other three classifiers (Bagging, Multilayer Perceptron, Random Forest) are quite similar. A resource-constrained environment was selected for demonstration purposes. Accuracy, model size, training time, and testing time were selected as comparison metrics for this environment. 11 supervised learning classifiers were applied to the KDD99 intrusion detection dataset using the scikit-learn toolkit. According to our results, the Sliding Tree classifier is the most suitable classifier for this resource-constrained environment, but Random Forest has the highest accuracy rate. [47]

M. F. Tuna conducted a study on sentiment analysis related to hotel feedback. In the study, a dataset consisting of customer reviews of 164 hotels in Antalya was used to test seven different machine learning algorithms (Logistic Regression, Random Forest, Decision Tree, K-Nearest Neighbors, Support Vector Machines, Linear Discriminant Analysis, and Naive Bayes) with binary sentiment classification method. Model performance criteria were calculated using confusion matrices to evaluate the agreement between reviews and ratings. The results were visualized and the performance of the obtained models was compared. Logistic Regression algorithm was determined as the algorithm that achieved the highest accuracy (87.99%). The rankings for other algorithms are as follows: Support Vector Machines (86.84%), Linear Discriminant Analysis (86.24%), Naive Bayes (82.66%), Random Forest (82.00%), Decision Tree (76.92%), and K-Nearest Neighbors (63.91%). The study suggests that it can assist hotel businesses in making marketing decisions quickly and consistently, providing added value. Additionally, the study focuses on the satisfaction of hotel services in Antalya and suggests that it can be expanded with similar studies nationwide or in different locations. It is also anticipated that multilingual applications can be implemented using different language libraries, enabling cost, time, and labor savings. [48]

D. Gerdan's study focused on predicting quince varieties based on color changes. According to the study, color is an important parameter for consumer marketing decisions in product quality control stages. Products can be damaged during the process from harvesting to storage. It is known that cold environmental conditions protect fruits from the negative effects of deformation, but most consumers store fruits in open packages at room temperature during the consumption process. This situation also affects the storage time of the product. The aim of this study is to determine the behavior of fruits under room temperature and humidity conditions. For this purpose, the color change of damaged pears, which is the transition from red to green and from yellow to blue, was determined by using brightness values through image analysis technique and analyzed with data mining methods. In this regard, 100 "Akça" pears and 100 local "Deveci" pears were used in the experiments. The damaged fruits were stored at room temperature using a pendulum mechanism. The color change regions in the fruits were evaluated with X-rite Ci60 spectrophotometer, and the hardness of the fruits was measured using a fruit penetrometer. Color (L, a, b) and  $\Delta E$  values were analyzed for fruit varieties. The relationship between fruit hardness and color change was also demonstrated. Predictions were made using supervised machine learning algorithms (Decision Tree and Meta-Learning Techniques with Neural Networks; Majority Voting and Random Forest) using KNIME Analytics software. The classifier performance (accuracy, error, F-measure, Cohen's Kappa, recall, precision, true positive (TP), false positive (FP), true negative (TN), false negative (FN) values) were provided in the results section of the research. The best prediction was achieved with the Majority Voting method (MAVL) with a success rate of 98.458% and performed with 70% partition. [49]

Another study on diabetes diagnosis was conducted by K. Akyol. The study focuses on the problem of diabetes as a supervised binary classification problem. The dataset contains 16 features and a total of 520 samples, with 200 labeled as negative examples (non-diabetic individuals) and 320 labeled as positive examples (diabetic individuals). Models were created using different machine learning algorithms such as Random Forest, Gradient Boosting, K-Nearest Neighbors, Deep Neural Networks, and Voting Ensemble Classifier on preprocessed dataset, and the performance of these models was analyzed under holdout and 5-fold cross-validation scenarios.

In both scenarios, the Voting Ensemble Classifier exhibited the best performance. In experiments performed with the holdout technique, a classification accuracy of 100% was achieved, while in experiments with 5-fold cross-validation, an average classification accuracy of 97.31% was obtained. These results indicate that a real-time expert system can be designed using the Voting Ensemble Classifier to diagnose diabetes early.

In conclusion, this study evaluated different machine learning algorithms for classifying diabetes and demonstrated that the

Voting Ensemble Classifier offered the best performance. These findings indicate that the Voting Ensemble Classifier can be used for the design of a real-time expert system for early diagnosis of diabetes. [50]

A. Another study conducted by A. Onan and M.A. Toçoğlu focuses on the description of satire in news articles. The study addresses the detection of figurative and metaphorical language elements, particularly texts containing satire, in social media and microblog platforms. It is stated that without accurately identifying figurative language elements, sentiment analysis methods with high classification accuracy cannot be obtained. Satirical texts are figurative language elements that use irony and humor to ridicule or criticize an event or entity. Satirical news is a common problem on social media platforms and can be misleading and harmful. This study presents an ensemble method for detecting satirical news in Turkish news articles. In the proposed method, feature sets were extracted using linguistic and psychological feature sets (i.e., linguistic, psychological, personal, speech categories, and punctuation marks). In the classification phase, five supervised learning algorithms (naive Bayes algorithm, logistic regression, support vector machines, random forest, and k-nearest neighbors algorithm) and three commonly used ensemble methods (AdaBoost, bagging, and random subspace) were used. Based on the results, the random forest algorithm achieved the highest performance with a classification accuracy of 96.92% in Turkish satire detection. For deep learning-based architectures, a classification accuracy of 97.72% was achieved using a recurrent neural network architecture with an attention mechanism. [51]

U. Ergül conducted another image classification study. The study presents a new approach to generate more discriminative features for the feature extraction step in hyperspectral image processing. The proposed method combines both spatial and spectral information, which are highly important for the segmentation and classification of hyperspectral images. For comparison purposes, five different feature sets were created using the eigenvector decomposition of local covariance matrices of subcubes around the interest pixel in the scene. The subcubes of neighboring pixels are obtained in a window-like manner to reveal similar pattern similarities. As a novel approach, local covariance matrices are calculated in the eigenvector space, and the proposed feature sets are generated after this stage. Before generating feature sets in the eigenvector space, the original input space is linearly and nonlinearly transformed to the eigenvector space using principal component analysis (PCA) and kernel-based version (KPCA), respectively, and experimentally compared. In the simulations, one hyperspectral scene with ground truth and another hyperspectral scene without ground truth are used for segmentation and classification tasks. The experimental results are evaluated comparatively with four different unsupervised learning algorithms for data without ground truth and three different supervised learning algorithms for data with ground truth. [52]

E. Polat conducted a study on satellite image analysis using

support vector machines. According to this study, satellite image analysis is an important research area in image processing. It has many useful civil applications, such as detecting and recognizing regions and objects from satellite images, including buildings, roads, bridges, and other artificial objects, as well as terrain and vegetation classification. On the other hand, detecting stationary aircraft at airports can be strategically important in military applications. In this study, a learning-based system for detecting stationary aircraft in satellite images obtained from Google Earth was developed. Features that emphasize the geometric structure of aircraft are determined using 2D Gabor filters. Aircraft detection is performed using the Support Vector Machines (SVM) classification method. SVM is a supervised learning method that analyzes data and recognizes patterns for classification. SVM takes an input dataset consisting of a vector composed of the outputs of Gabor filters and predicts one of two classes, such as aircraft or non-aircraft. The performance of the system is demonstrated using satellite images collected from airports in Europe and the United States. [53]

### III. SUMMARY OF THE WORKS

When a general evaluation is made, certain topics stand out in the conducted studies. Here are the main topics:

Data Mining and Machine Learning:

- "Data mining methods and algorithms"
- "Machine learning algorithms and techniques"
- "Supervised learning and classification methods"
- "Deep learning and neural networks"

Internet and Web Mining:

- "Analysis and content mining of web pages"
- "Web traffic analysis and user behavior"
- "Web social networks and interaction analysis"

Social Media Analysis:

- "Analysis and processing of social media data"
- "Sentiment analysis and classification of tweets"
- "Behavior analysis and prediction in social networks"

Image Processing and Recognition:

- "Hyperspectral image processing and analysis"
- "Face recognition and object detection"
- "Analysis and classification of satellite images"
- "Image feature extraction and segmentation methods"

Health and Medicine:

- "Analysis and diagnosis of biomedical data"
- "Data mining and analytics for healthcare services"
- "Analysis of patient records and disease prediction"
- "Analysis of genetic data and molecular medicine"

Natural Language Processing and Text Analysis:

- "Text classification and sentiment analysis"
- "Text feature extraction and text mining"
- "Text-based summarization and text clustering"
- "Text prediction and language models"

Data Visualization and Exploratory Data Analysis:

- "Data visualization techniques and tools"
- "Big data analytics and data discovery"

- "Data mining process and data analytics methods"
- E-commerce and Customer Behavior Analysis:
- "Customer segmentation and customer behavior analytics"
  - "Analysis and personalization of e-commerce data"
  - "Recommendation systems and product recommendations"

Financial Data Analysis:

- "Stock price prediction and market analysis"
- "Risk analysis and credit evaluation"
- "Financial fraud detection and fraud analytics"

Business Intelligence and Decision Support Systems:

- "Business intelligence and database management"
- "Decision support systems and optimization"
- "Prediction models and management reporting"

### IV. CONCLUSION

Supervised learning methods play a crucial role in the field of machine learning. This review article examines and evaluates the usage and performance of various supervised learning methods. The conducted analyses demonstrate that supervised learning algorithms are effective in various areas such as data classification, prediction, and pattern recognition. The research results indicate that popular supervised learning methods like Logistic Regression, Support Vector Machines, Decision Trees, k-Nearest Neighbors, Random Forests, and Artificial Neural Networks stand out with high classification accuracy and performance. Furthermore, it is highlighted that attention should be given to the size of the dataset, feature selection, and model optimization. This review article emphasizes the importance of supervised learning methods to researchers, practitioners, and anyone interested, providing guidance for future studies. The continuous development and improvement of supervised learning methods will enhance the success of machine learning and enable more effective results in real-world applications.

### REFERENCES

- [1] Çınar A. (2019). "VERİ MADENCİLİĞİNDE SINIFLANDIRMA ALGORİTMALARININ PERFORMANS DEĞERLENDİRİMESİ VE R DİLİ İLE BİR UYGULAMA." *Öneri Dergisi* 14.51, 90-111.
- [2] Kuru E., Önel T., Önaçan M.B.K. (2022). Milli M."SUPERVISED MACHINE LEARNING-BASED CLASSIFICATION OF NETWORK THREATS/ATTACKS AGAINST COMPUTER SYSTEMS." *Journal of Naval Sciences and Engineering* 18.1, 31-59.
- [3] Eryılmaz Ö., Yılmaz İ. (2019). "Sürekli Değişken Modele Dayalı Gözetimli Kuantum Makine Öğrenmesi ile Kişilerin Satın Alma Davranışlarının Tespitinin Simülasyonu." *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 5.1, 140-156.
- [4] Bilgin, M., & Şentürk, İ. F. (2019). Danışmanlı ve yarı danışmanlı öğrenme kullanarak doküman vektörleri tabanlı tweetlerin duygu analizi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 822-839.
- [5] Metlek, S., & Kayaalp, K. (2020). Otistik Spektrum Bozukluğunun Makine Öğrenme Algoritmaları ile Tespiti. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 3(2), 60-68.
- [6] Doğuç, Ö. (2020). Intelligent early warning system for epidural acute hematomas. *Turkish Studies-Information Technologies and Applied Sciences*.
- [7] Erdem, E., & Bozkurt, F. (2021). A comparison of various supervised machine learning techniques for prostate cancer prediction. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (21), 610-620.

- [8] Koçoğlu, F. Ö. (2022). Research on the success of unsupervised learning algorithms in indoor location prediction. *International Advanced Researches and Engineering Journal*, 6(2), 148-153.
- [9] Toçoğlu, M. A. (2020). Sentiment Analysis for Software Engineering Domain in Turkish. *Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences*, 3(3), 296-308.
- [10] Polat, N., Cakmak, A., Turan, R. N. (2020). Exploring the Power of Supervised Learning Methods for Company Name.
- [11] Kart. Ö. (2021). Network Embedding For Link Prediction in Bipartite Networks. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 311-317.
- [12] Özkan, Y., Yürekli, B. S., Suner, A. (2021). Diyabet tanısının tahminlenmesinde denetimli makine öğrenme algoritmalarının performans karşılaştırması. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(1), 211-226.
- [13] Orhan, U. (2016). Time series adapted supervised fuzzy discretization: an application to ECG signals. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 24(5), 3987-3998.
- [14] Atlıoğlu, M. C., Bolat, M., Şahin, M., Tunali, V., & Kılınc, D. (2020). Supervised learning approaches to flight delay prediction. *Sakarya University Journal of Science*, 24(6), 1223-1231.
- [15] Eyecioglu, Ö., Karabul, Y., Kılıç, M., & Özdemir, Z. G. (2022). Application of Supervised Machine Learning Regression Algorithm to Prediction of Dielectric Properties of PPy/Kufeki Stone Composites for Energy Implementations. *Gazi University Journal of Science*, 35(1), 235-254.
- [16] Aydın, O. M., & Aktaş, R. (2020). Detecting Financial Information Manipulation By Using Supervised Machine Learning Technics: SVM, PNN, KNN, DT. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (29), 165-174.
- [17] Şenol, A., Canbay, Y., Kaya, M. (2021). 'Makine Öğrenmesi Yaklaşımlarını Kullanarak Salgınları Erken Evrede Tespit Etme Alanındaki Eğilimler. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 14(4).
- [18] Özbay, F. A. Alataş, B. (2020). Çevrimiçi sosyal medyada sahte haber tespiti. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(1), 91-103.
- [19] Göktepe, A. B., Emine, A. Ğ. A. R., & Lav, A. H. (2005). Comparison of multilayer perceptron and adaptive neuro-fuzzy system on backcalculating the mechanical properties of flexible pavements. *ITU ARI Bulletin of Istanbul Technical University*, 54(03), 65-77.
- [20] Boyrazlı, H. K., Çınar, A. (2021). Anomaly Detection in Crowded Scenes with Machine Learning Algorithms. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 12(2), 229-235.
- [21] Taşkın, S. G., Küçükisille, E. U., & Topal, K. Twitter üzerinde Türkçe sahte haber tespiti. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23(1), 151-172.
- [22] Boyrazlı, H. K., Çınar, A. (2021). Anomaly Detection in Crowded Scenes with Machine Learning Algorithms. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 12(2), 229-235.
- [23] Yürek, Ö., Birant, D., Yürek, I. (2021). Wind Power Generation Prediction Using Machine Learning Algorithms. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23(67), 107-119.
- [24] Akpolat, A. N., Dursun, E., Kuzucuoğlu, A. E. (2021). Supervised Learning-Aided Control of a DC-DC Power Converter in Wind Energy Conversion Systems. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 33, 47-56.
- [25] Kasapoğlu, N. G., Yazgan, B., Ersoy, O. K. (2011). Uzaktan algılama görüntülerinin sınıflandırılması için sınır özneliklerinin belirlenmesi ve adaptasyonu algoritması. *İTÜDERGİSİ/d*, 7(4).
- [26] Barman, I., & Demir, I. (2021). Modelling Sport Events with Supervised Machine Learning. *Fundamental Journal of Mathematics and Applications*, 4(4), 232-244.
- [27] Uyar, T., Uyar, K. K., & Yağlı, E. (2021). Gözetimli Makine Öğrenmesiyle Noktalama ve Etkisiz Kelime Sıklıkları Kullanarak Yazar Tanıma. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 14(2), 183-190.
- [28] Sabancı, D., & Cengiz, M. A. (2022). Random Ensemble MARS: Model Selection in Multivariate Adaptive Regression Splines Using Random Forest Approach. *Journal of New Theory*, (40), 27-45.
- [29] Sivrikaya, Ö. E., Yüksekönül, M., Baydoğan, M. G. (2021). Learning prototypes for multiple instance learning. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 29(7), 2901-2919.
- [30] Okur, C., Dener, M. (2021). Makine Öğrenme Metotları Kullanılarak KSA Ddos Saldırıları Tespiti. *El-Cezeri*, 8(3), 1550-1564.
- [31] Özcan, C., Erso, K. O., Oğul, İ. Ü. (2020). Fast texture classification of denoised SAR image patches using GLCM on Spark. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 28(1), 182-195.
- [32] Inan, E. (2020). An active learning based emoji prediction method in turkish. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 8(1), 1-5.
- [33] Bingol, H., Alatas, B. (2022). Machine Learning Based Deception Detection System in Online Social Networks. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 8(1), 31-42.
- [34] Santur, Y. (2020). Derin Öğrenme ve Aşağı Örneklerle Yaklaşımları Kullanılarak Duygu Sınıflandırma Performansının İyileştirilmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 32(2), 561-570.
- [35] Akin, P., Terzi, Y. (2021). Comparison of Unbalanced Data Methods for Support Vector Machines. *Türkiye Klinikleri Biyoistatistik*, 13(2), 138-146.
- [36] Türk, B., Tali, H. H. (2020). Makine Öğrenmesi Yöntemleri ile Somatizasyon ve Duygusal Öz Farkındalık Üzerinden Şiddetin Tahmini. *Adli Tıp Bülteni*, 25(2), 99-105.
- [37] Özçift, A., Kilinc, D., Bozyiğit, F. (2019). Application of grid search parameter optimized Bayesian logistic regression algorithm to detect cyberbullying in turkish microblog data. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 7(3), 355-361.
- [38] Özkan, M., & Kar, G. (2022). TÜRKÇE DİLİNDE YAZILAN BİLİMSEL METİNLERİN DERİN ÖĞRENME TEKNİĞİ UYGULANARAK ÇOKLU SINIFLANDIRILMASI. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(2), 504-519.
- [39] Kaleli, A. R., & Akolaş, H. İ. (2022). Development of Machine Learning Based Control System for Vehicle Active Suspension System. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2), 421-428.
- [40] Topal, K. H., Akay, E. Ç. (2021). Hanehalkı Tüketim Harcamalarının Mikroekonometrik Analizi: LAD-LASSO Yöntemi. *Ekoist: Journal of Econometrics and Statistics*, (33), 13-31.
- [41] Onan, A. (2018). Sentiment analysis on Twitter based on ensemble of psychological and linguistic feature sets. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 6(2), 69-77.
- [42] Aydın, F. (2022). A New Instance Selection Method for Enlarging Margins Between Classes. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 5(2), 119-126.
- [43] Inan, E., Soygazi, F., Mostafapour, V. (2019). TurkiS: A Turkish sentiment analyzer using domain-specific automatic labelled dataset. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*, 7(2), 99-103.
- [44] Koç, S., Tomak, L., Karabulut, E. (2022). A Predictive Model for the Risk of Infertility in Men Using Machine Learning Algorithms.
- [45] Halder, S., Bhat, S., & Dora, B. (2022). Prediction of broken rotor bar in induction motor using spectral entropy features and tibo optimized svm. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 30(5), 1962-1979.
- [46] Yaman, A., Cengiz, M. A. (2021). The Effects of Kernel Functions and Optimal Hyperparameter Selection on Support Vector Machines. *Journal of New Theory*, (34), 64-71.
- [47] Özgür, A. (2021). Classifier Selection in Resource Limited Hardware: Decision Analysis and Resolution Approach. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 4(1), 37-42.
- [48] Tuna, M. F., Kaynar, O., Akdoğan, M. Ş. (2021). Otellere ilişkin çevrimiçi geribildirimlerin makine öğrenmesi yöntemleriyle duygu analizi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 13(3), 2232-2241.
- [49] Gerdan, D., Beyaz, A., Vatandaş, M. (2020). Determination of Pear Cultivars (*Pyrus communis* L.) Based on Colour Change Levels by Using Data Mining. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(6), 1291-1296.
- [50] Akyol, K., Karacı, A. (2021). Diyabet Hastalığının Erken Aşamada Tahmin Edilmesi İçin Makine Öğrenme Algoritmalarının Performanslarının Karşılaştırılması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(6), 123-134.
- [51] Onan, A., & Toçoğlu, M. A. (2020). Satire identification in Turkish news articles based on ensemble of classifiers. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 28(2), 1086-1106.
- [52] Ergül, U., Bilgin, G. (2016). Integration of spectral and spatial information via local covariance matrices for segmentation and classification of hyperspectral images. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 24(6), 4824-4838.

- [53] Polat, E., Yildiz, C. (2012). Stationary aircraft detection from satellite images. *IU-Journal of Electrical & Electronics Engineering*, 12(2), 1523-1528.



# Alüminyum Alaşımlarında Tane İncelticinin Mukavemete Etkisi

## Effect of Grain Refinement on the Strength of Aluminum Alloys

Kevser Soylu<sup>1</sup> ve Mustafa Acarer<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Selçuk Üniversitesi, Konya

**Özet** - Alüminyum alaşımlarında mikro yapıyı küçültüp mukavemeti artırmak için yapılan aşılama işlemine tane inceltme denilmektedir. Tane inceltici kullanmak mikroyapıdaki taneleri küçültüp eş eksenler taneler elde etmeye fayda sağlamaktadır. Tane inceltmenin pek çok yöntemi olduğu gibi en bilinenleri sıvı madene Titanyum ve Bor ilavesidir. Bu makalede de farklı oranlarda tane inceltici eklenerek mukavemete, sıcak yırtılmaya, tane yapısına etkisinden bahseden çalışmalara değinilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** - Alüminyum, Tane İnceltici, Titanyum, Bor, Mukavemet

**Abstract** - Grain refining is the process of grafting in aluminum alloys to reduce the microstructure and increase the strength. Using grain refiner helps to reduce the grains in the microstructure and to obtain coaxial grains. As there are many methods of grain refinement, the most well-known are the addition of Titanium and Boron to the liquid mine. In this article, studies that talk about the effect of adding grain thinner at different rates on strength, hot tearing and grain structure are mentioned.

**Keywords** - Aluminum, Grain Refiner, Titanium, Boron, Strength

### I. GİRİŞ

Alüminyum alaşımlarında sıkça uygulanan yöntemlerden biri de tane inceltme uygulamasıdır. Tane inceltme uygulaması malzemenin tane yapısı içerisinde önemli oranda küçültme yaparak ince taneli yapılar oluşmasını sağlar.

Dökülen parçaların hızlı soğuyan kısımlarında ince taneler, yavaş soğuyan kısımlarında ise iri taneler oluşmaktadır. Mikroyapıdaki bu düzensizlik de mukavemete farklılığa neden olmaktadır. Bu farkı ortadan kaldırmak için alaşıma tane inceltici uygulaması yapılmaktadır.

İnce taneli yapıların iri taneli yapılara göre mukavemete iyileşme sağladığı bilinmektedir. Özellikle alaşımın dökülebilirliği, mukavemeti, sızdırmazlığı, sıcak yırtılma hatasını önlemesi,

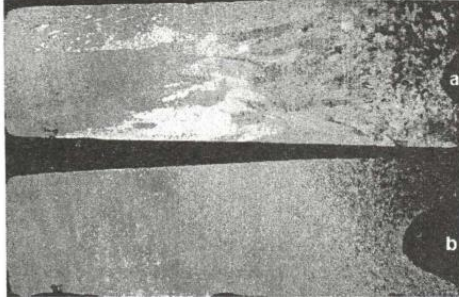
mikroyapı düzenliliği gibi mekanik özelliklerinde önemli ölçüde fark yaratmaktadır.

Alüminyum alaşımlarında tane inceltici eklemek malzemenin mukavemetini, plastisitesini, korozyon direncini geliştirmek için kullanılan önemli bir adımdır.

Sıklıkla kullanılan tane incelticiler AlB<sub>2</sub>, TiB<sub>2</sub>, Al-5Ti-0.62C, Al5Ti1B' dir.

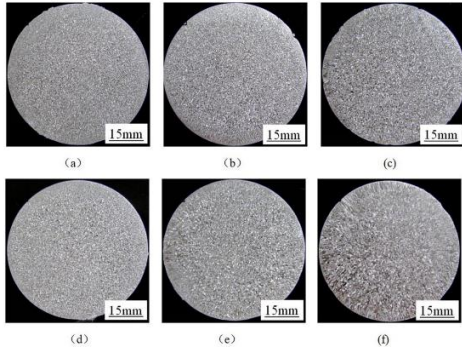
Tane inceltme mekanizması ile ilgili pek çok araştırma yapılmıştır. En çok bilinen, tane inceltme etkisi yaratması için kullanılan Titanyum ve Bor elementleridir. (Çolak ve Kayıkçı, 2009) literatüre dayalı olarak Alüminyum alaşımlarında oluşan tane inceltme mekanizmaları ve en çok kullanılan Ti ve B elementlerinin tane inceltme etkisi üzerinde durmuşlardır. İlk olarak TiAl<sub>3</sub> bileşiği tane inceltici olarak kullanılmıştır. Fakat bu bileşiğin zayıf bir çekirdekleyici olduğu bilinmektedir. Aynı zamanda bu bileşik Alüminyum içerisinde yüksek oranda çözünürlüğe sahiptir. Genellikle döküm uygulamalarında %01 Ti kullanılmaktadır. Faz diyagramında da bakılacağı üzere belli bir süre sonra alaşımın içerisinde tamamen çözünecek ve etkisi kaybolacaktır. Bu nedenle tane inceltme etkisi oluşturmak için çok fazla Titanyum ilavesi gerekmektedir. En iyi tane inceltme etkisi gösteren elementlerden biri de AlB<sub>2</sub> bileşiğidir. Fakat bu bileşik de TiAl<sub>3</sub> bileşiği gibi Alüminyum içerisinde çok hızlı çözünme göstermektedir. Bu nedenle daha sonra TiB<sub>2</sub> kullanılmıştır. Bu bileşiğin çekirdeklenme özelliği yüksektir. Aynı zamanda neredeyse sıvı Al alaşımı içerisinde hiç çözünmemektedir. Çok az miktarda TiB<sub>2</sub> ilavesi bile çok etkin tane inceltme etkisi göstermektedir. Alaşım için çözünmemeleri de tane inceltme etkisinin devam ettiğini göstermektedir. Bu çalışmada görülüyor ki, Titanyum ve Bor elementlerinin birlikte katılması sonucu oluşan titanyum diborür bileşiğinin en iyi tane inceltme etkisi sağladığı görülmüştür. (Çolak ve Kayıkçı, 2009), (Yücel, 2006)





Şekil 1: (a)Tane inceltilmemiş, (b) Al5Ti1B bileşiminde 10 ppm bor ilave edilmiş 3004 alaşımının tane yapıları (Çolak ve Kayıkçı, 2009)

Ding ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ding ve arkadaşları yaptıkları bu çalışmada tane inceltici olarak %0,15 ve %0,2 oranlarında Al-5Ti-0.62C ve Al-5Ti-0.62C-0.2Nd ilave edilmiştir. %0,2 oranında ilave edilen tane incelticili dökümün mikroyapısının daha homojen ve daha ince taneli olduğu aşağıdaki şekille gösterilmiştir.(Ding ve ark., 2018) Aynı zamanda %0,2 oranında eklenen tane inceltici ile birlikte mukavemette de %18,3 oranında artış görülmektedir.(Yücel, 2006; Ding ve ark., 2018)



Şekil 2:(a) tane inceltici eklenmemiş, (b) ağırlıkça %0.15-Al-5Ti-0.62C eklenmiş, (c) ağırlıkça %0.2-Al-5Ti-0.62C eklenmiş, (d) ağırlıkça %0.15-Al-5Ti-0.62C-0.2Nd eklenmiş (e) ağırlıkça %0,2-Al-5Ti-0,62C-0,2Nd eklenmiş

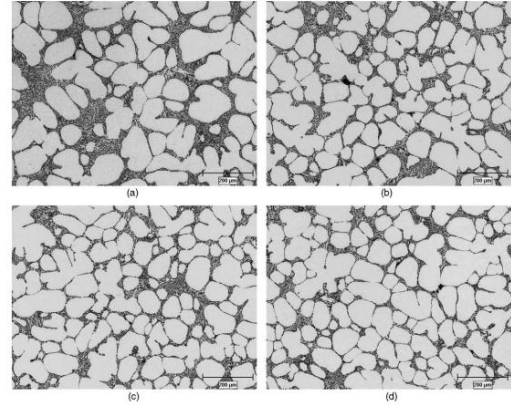
Nafisi ve arkadaşlarının yaptığı bir araştırmada (Pongen ve ark., 2019) ise A356 alaşımına Al5Ti1B tane inceltici ilavesi yapılmıştır. Daha sonra serbest döküm ve SSM SEED prosesleri için mikroyapı incelenmiştir. Yapılan bu yarı katı döküme Altibor ilavesi ile çekirdeklenme sıcaklığının arttığı, daha ince taneli yapılar oluştuğu görülmüştür. Bu çalışma da optimum değeri yakalayabilmek için farklı oranlarda çalışma yapılmıştır. Sonuç olarak, %0,06Ti- %0,01B ve %0,08Ti- %0,02B aralığında olduğu görülmüştür. Daha fazla Titanyum ve Bor

ilavesinin alaşım içerisinde intermetalik oluşturduğu farkedilmiştir.

Si	Mg	Fe	Mn	
6.44-6.53	0.36-0.39	Max 0.07	Max 0.003	
Cu	Ti	B	Sr	Al
Max 0.001	0.0058	Nil	Nil	Bal.

Tablo 1: A356 analizi

Geleneksel döküm yönlemlerine göre net şekle yakın döküm parça üretme ihtiyacı Semi-Solid (yarı-katı işleme) yöntemine doğru itmiştir. Ultrasonik titreşim yardımı ile jöle kıvamına getirilen alaşım  $\alpha$ -Al tanelerinin çıkması ile katı hale getirilir (jöle kıvamı). Semi solid prosesi için A356 alaşımı  $\alpha$ -Al tanelerinin boyutu, dağılımı, mikroyapısı kalıp dolumunu etkilemektedir. İnce cidarlı bölgelerin dökümünü etkilemektedir. Bu nedenle uygulanan tane inceltici taneleri yuvarlak ve küçük hale getirerek dökümü kolaylaştıracaktır. (Pongen ve ark., 2019; Zhao ve ark., 2019)



Şekil 3: (a) baz alaşım, (b) 300 ppm Ti, 38 ppm B ile rafine edilmiş, (c) 520 ppm Ti, 73 ppm B ile rafine edilmiş, (d) 1300 ppm Ti, 210 ppm B ile rafine edilmiş

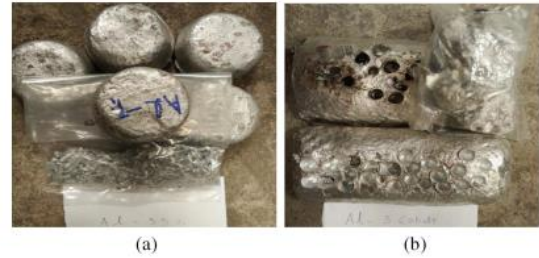
Bu demek oluyor ki tane inceltici mukavemete etki ettiği gibi akışkanlığa da etki etmektedir. Bununla ilgili bir çalışma da Dahle ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Bu çalışma da tane incelticinin AlSi7Mg ve AlSi11Mg alaşımlarına ilavesi ile akışkanlığı üzerine yapılmıştır. Bu alaşımların üzerine %0,05 - %0,12 - %0,20 oranlarında AlTi5B1 tane incelticisi ilave edilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda da %0,12'nin üstünde kullanılan tane inceltici ilavesi ile akışkanlığın arttığı, %0,12'nin altında akışkanlığın azaldığı görülmüştür. (Dahle, 1996)

Alloy	Running Length (cm)						Average		Temperature	
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	$\bar{L}$	SD	$T_{cast}$	$\Delta T$
M + 0Ti	42.5	45.4	42.3	42.6	42.6	45.4	43.5	1.5	663	1
M + 0.05Ti	42.5	42.9	45.7	46.1	46.7	46.8	45.1	1.9	668	—
M + 0.12Ti	53.9	54.3	46.8	45.3	48.1	47.2	49.3	3.9	680	0
C + 0Ti	42.1	42.3	44.8	44.9	—	—	43.5	1.5	673	7
C + 0.05Ti	49.9	48.6	48.6	48.9	48.8	47.9	48.8	0.6	673	3
C + 0.20Ti	49.3	53.8	51.6	52.0	49.9	49.1	51.0	1.8	675	1
B	55.1	57.6	49.7	54.2	53.6	—	54.0	2.9	676	—

Tablo 2: Si içeren alaşım için akışkanlık verileri

Al alaşımlarında tane incelticinin etkisi altında yapılan başka bir araştırmada 650°C’de ki A713 alaşımının basınçlı dökümde tane incelticili ve normal dökümleri Pongen ve arkadaşları tarafından incelenmiştir.(Kocaman ve Şirin, 2023) Yapılan bu çalışmada bu alaşıma tane inceltici ilavesi ve tane inceltici kullanılmadan çekme çubuğu ve parça dökümleri yapılmış ve mukavemet değerlerine bakılmıştır. Tane inceltici olarak farklı oranında Al-3.5 Ti-1.5C and Al-3 Kobalt kullanılmıştır. Tane inceltici olarak kullanılan bu bileşiklerden; Al-3.5 Ti-1.5C ‘den ağırlıkça %0,1-%1.0 aralığında, Al-3 Kobalt’tan ise ağırlıkça %0,5 ile %5,1 aralığında kullanılmıştır. Bu tane incelticiler talaş haline getirilerek analize eklenmiştir. Bu tane inceltici külçe halinde elde edilmiştir. Tane inceltici eklenen A713 alaşımında çekme mukavemeti ve sertlikte önemli ölçüde artış gözlemlenmiştir. Bu analizde tane inceltici eklenmeden yapılan basınçlı dökümde çekme mukavemeti 183,84 N/mm<sup>2</sup>, %0,1 Al-3.5 Ti-1.5C ilaveli dökümde çekme dayanımının 198,31 N/mm<sup>2</sup> ve son olarak da %1,0 Al-3.5 Ti-1.5C tane

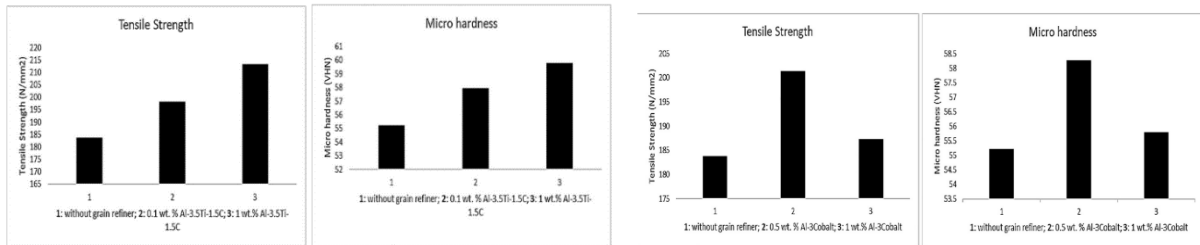
inceltici ilaveli dökümün çekme dayanımının 213,41 N/mm<sup>2</sup> olduğu gözlemlenmiştir. Fakat Al-3 Kobalt kullanımında ağırlıkça %0,5 oranından sonra çekme dayanımında ve sertlik değerinde azalma görülmektedir. Detaylı karşılaştırma Tablo 3 ‘de verilmektedir. Çekme dayanımı ile birlikte sertlik karşılaştırması da aşağıda verilmektedir. (Yücel, 2006; Aguirre-De la Torre ve ark., 2014; Kocaman ve Şirin, 2023)



Şekil 4: (a) Al-3.5 Ti-1.5C ve (b) Al-3Kobalt tane incelticileri

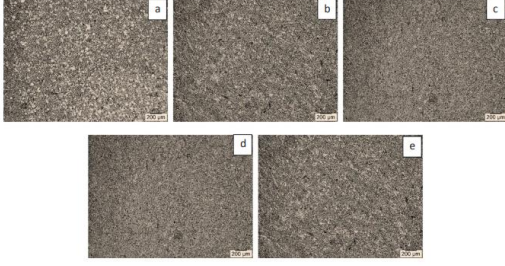
Wt. % of the grain refiners	Average grain size (µm)	Tensile strength (N/mm <sup>2</sup> )	Micro hardness (VHN)
Without grain refiner	23.2	183.84	55.23
0.1 wt% Al-3.5Ti-1.5C	16.6	198.31	57.93
1.0 wt% Al-3.5Ti-1.5C	15.0	213.41	59.77
0.5 wt% Al-3.5Ti-1.5C	15.9	201.39	58.27
5.0 wt% Al-3.5Ti-1.5C	17.1	187.37	55.80

Tablo 3: A713 alaşımında Al-3.5 Ti-1.5C ve Al-3Kobalt tane incelticilerinin çekme, mikro sertlik ve tane boyutu incelemesi



sDAS (Tane boyutu) incelendiğinde tane inceltici olmayan dökümde tane boyutu 23.2 µm bulunmuştur. %0.1 oranındaki tane inceltici Al-3.5 Ti-1.5C ilaveli dökümün tane boyutunun, tane inceltici olmadan yapılan döküme oranla 16.6 µm daha ince yapıldığı gözlemlenmiştir. En ince tane yapısı ise %1.0 oranında tane inceltici (Al-3.5 Ti-1.5C) ilavesi ile bulunmuştur. Bu oranda yapılan

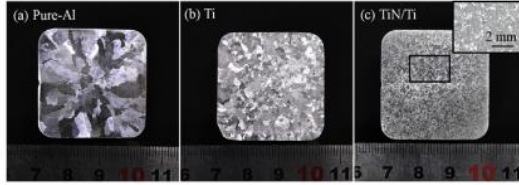
incelemede tane boyutunun 15 µm olduğu gözlemlenmiştir. Al-3 Kobalt katkısında ise %0,5 oranında tane boyutu 15,9 µm çıkmaktadır. Tane inceltici oranı %5,0’ a çıkarıldığında tanelerin irileştiği görülmektedir. Aşağıdaki Şekil 5’de tane yapılarının karşılaştırması verilmektedir. (Pongen ve ark., 2019; Samuel ve ark., 2019)



Şekil 5: A713 alaşımının optik mikrografları:

- (a) tane inceltici olmadan,
- (b) ağırlıkça %0,1 Al-3,5Ti-1,5C ile,
- (c) ağırlıkça %1,0 Al-3,5Ti-1,5C ile,
- (d) ağırlıkça %0,5 ile Al-3Kobalt,
- (e) ağırlıkça %5,0 Al-3Kobalt ile.(Pongen ve ark., 2019)

Li ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da tane yapılarında aynı durum söz konusudur. Li ve arkadaşları %99,7 saflıkta Alüminyum malzemeyi eriterek kum kalıba döküm yapmışlardır. Bu analizin içerisinde %0,5 oranında Ti ve %0,5 oranında TiN/Ti ilaveleri ayrı ayrı yapılarak döküme devam etmişlerdir. Tane incelticisiz yapılan dökümde TEM mikroyapı incelemesine bakıldığında tane boyutunun 1000 µm olduğu görülmüştür. Tane inceltici ilavesi ile 138,2 µm'ye daha sonra oran artırılınca 79,8 µm 'ye düştüğü görülmüştür.(Li ve ark., 2017; Xu ve ark., 2022)



Şekil 6: (a) tane inceltici ilavesiz, (b) Ti ilaveli, (c) TiN/Ti ilaveli

Alüminyum alaşımlara tane inceltici ilave edildiği zaman sadece çekme, sertlik değerlerindeki değişime bakılmamış, bu mekanik değerler ile birlikte korozyon direnci de araştırılmıştır. 2023 yılında Kocaman ve arkadaşı tarafından yapılan çalışmada (Kocaman ve Şirin, 2023)A360 alaşımının tane inceltici ilavesinin ile mekanik değerlere ve korozyon direncine etkisi incelenmiştir. A360 alaşımının kimyasal analizi aşağıda verilmektedir. (Kocaman ve Şirin, 2023)

Zn	Mg	Cu	Fe	Si	Ni	Ti	Al
0.1	0.33	0.1	0.5	9-10	0.1	0.15	Bal.

Şekil 7: A360 analizi

Yapılan bu çalışmada tane inceltici olarak Al5Ti1B kullanılmıştır. Modifiye etmesi için de Al10Sr kullanılmış ve 720°C 'de döküm yapılmıştır. Dökümden önce çekme testi sırasında yanlış yönlendirmemesi için analize gaz giderme işlemi de

yapılmıştır. Daha sonra dökülen numunelerin mikroyapısı, sertliği, çekme direnci ve korozyon direnci incelenmiştir. Yapılan bu inceleme 6 farklı versiyonda, Al5Ti1B tane inceltici ve Al10Sr modifiye ilavesi ile ergimiş A360 alaşımı kullanılarak kokil kalıba çekme çubuğu dökümü yapılmıştır.6 farklı versiyonda ilave edilen tane inceltici ve modifiye edicinin oranları aşağıdaki Tablo 4'de verilmektedir. Yapılan bu dökümler standarda göre işlenerek mikroyapısı incelenmiştir. Sonrasında çekme, sertlik ve korozyon testine tabi tutulmuşlardır.

Master Alloys	Cast 1	Cast 2	Cast 3	Cast 4	Cast 5	Cast 6
Al5Ti1B (ppm)	-	100	200	-	-	200
Al10Sr (ppm)	-	-	-	100	200	200

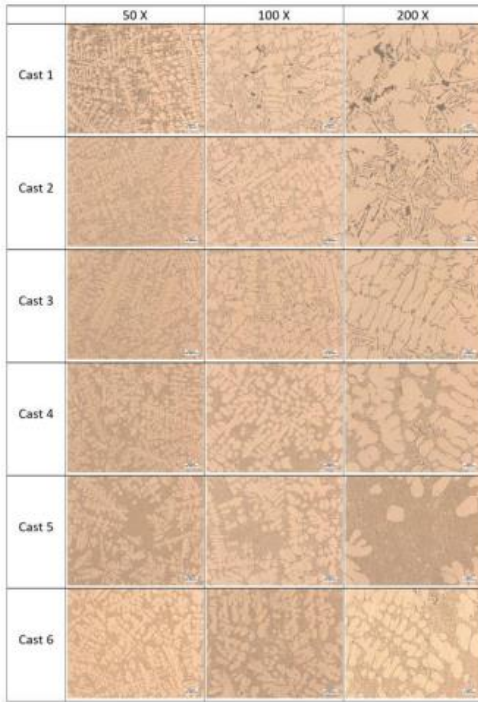
Tablo 4: Tane inceltici ve modifiye edici oranları

Sonuç olarak, tane inceltici ya da modifiye edici kullanılmadan yapılan dökümün mikroyapısındaki dentritlerin oldukça büyük olduğu görülmektedir. Cast 2'de ilave edilen 10 ppm tane incelticinin mikroyapıdaki dentritleri incelttiği görülmüştür. Cast 3 incelendiğinde Cast 2 ile aynı olduğu farkedilmiştir. Tane inceltici kullanılmadan sadece modifiye edici kullanıldığında referans Cast 1 dökümü ile belirgin bir farkının olmadığı görülmüştür. Hem tane inceltici hem modifiye edicinin kullanılması ile mikroyapı da hem küçük ve ince taneler hem de modifiye edici ile birlikte daha homojen yapıların olduğu görülmüştür.

Master Alloys	Cast 1	Cast 2	Cast 3	Cast 4	Cast 5	Cast 6
Al5Ti1B (ppm)	-	100	200	-	-	200
Al10Sr (ppm)	-	-	-	100	200	200

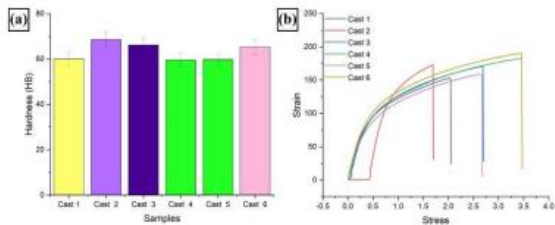
Tablo 4: Tane inceltici ve modifiye edici oranları

Sonuç olarak, tane inceltici ya da modifiye edici kullanılmadan yapılan dökümün mikroyapısındaki dentritlerin oldukça büyük olduğu görülmektedir. Cast 2'de ilave edilen 10 ppm tane incelticinin mikroyapıdaki dentritleri incelttiği görülmüştür. Cast 3 incelendiğinde Cast 2 ile aynı olduğu farkedilmiştir. Tane inceltici kullanılmadan sadece modifiye edici kullanıldığında referans Cast 1 dökümü ile belirgin bir farkının olmadığı görülmüştür. Hem tane inceltici hem modifiye edicinin kullanılması ile mikroyapı da hem küçük ve ince taneler hem de modifiye edici ile birlikte daha homojen yapıların olduğu görülmüştür.



Şekil 8: Döküm denemelerinde tane incelticinin mikroyapıya etkisi

Sertlik değerlerine bakıldığında Cast 1 numunesinde 60,1 HB ölçülmüştür. Tane inceltici işleme edilen 2. Dökümde birinci döküme göre yaklaşık %14 oranında artış vardır. 3. Dökümde ise 1. Döküme göre artmıştır fakat 2. Döküm sertliğine yetişememiştir. Bu sonuçta görülüyor ki tane inceltici miktarı artsa dahi sertlik artmayabilir. 4. ve 5. Dökümlerde sertlik ilk numuneye göre azalış göstermiştir. Hem tane inceltici hem de modifiye edici ilave edilen 6. Dökümde ise başlangıç değerine göre sertlikte artma vardır fakat 3. Döküme göre daha azdır. Çekme dayanımları incelendiği zaman tane inceltici ilavesinin dayanımı artırdığı görülmüştür. Modifiye edici ilavesinin ise uzama değerinde daha etkili olduğu görülmüştür. Test sonuçlarına göre en iyi çekme dayanımı 6. Dökümde görülmüştür. Çekme ve sertlik test sonuçları Şekil 9'da verilmektedir. (Xu ve ark., 2022)



Şekil 9: A360 alaşımında sertlik ve çekme sonuçları

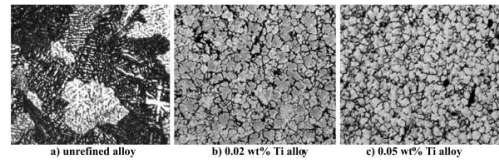
Parçalar korozyon testine tabi tutuldukları zaman en iyi sonuç hem tane inceltici hem modifiye edici ilavesi ile olduğu görülmektedir. Sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Sample	Ecor (mV)	Icor ( $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ )	$\beta_a$ (V/dec)	$\beta_c$ (V/dec)	Cr (mpy)
Cast 1	-579.3	2.503	28.6	337.8	1.357
Cast 2	-588.9	1.478	23.9	377.7	0.801
Cast 3	-592.8	1.225	22.9	363.2	0.669
Cast 4	-591.8	1.039	12.8	391	0.563
Cast 5	-605.5	0.95	35.3	363.3	0.515
Cast 6	-573.5	0.45	15.2	409.3	0.244

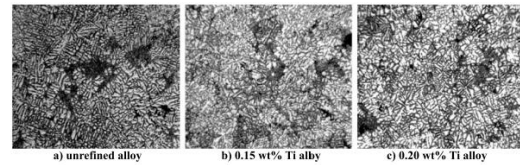
Tablo 5: Döküm denemelerinde korozyon sonuçları (Xu ve ark., 2022)

A201 alaşımı üzerinde yapılan çok az araştırma vardır. Fakat bu alaşımda da mikroyapıyı eş aksenel hale getirmek için saf Ti ilavesi (OptiFine) yapılmaktadır. Alüminyum üzerinde yapılan ve bu makalede de anlatıldığı üzere belli bir oran tane inceltici ilavesinden sonra taneler birleşmeye başlar. Fakat A201 alaşımında bu durum söz konusu değildir. Ne kadar tane inceltici ilave edersek taneler o kadar küçülecektir.

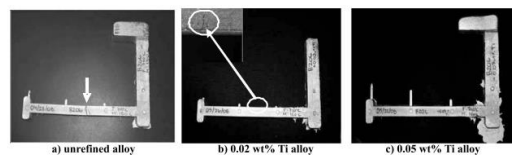
Elia ve arkadaşları yaptıkları çalışma ile tane incelticinin sıcak yırtılma hatası üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Yapılan bu çalışmada ana alaşım olarak B206 ve A319, tane inceltici olarak da Al-5Ti-1B çubuk halinde olacak şekilde kullanılmıştır. B206 alaşımında 0,02 ve 0,05 oranında A319 alaşımında ise 0,15 ve 0,20 oranlarında kullanılmıştır. Kullanılan tane inceltici sonucunda mikroyapıdaki inceleme Şekil 10-11'de görülmektedir. Döküm yapıldığı zaman gözlenen sonuca göre her iki alaşımda da 0,02-0,05 oranlarında Ti eklendiği zaman sıcak yırtılma hatasını önlediği görülmüştür. Şekil 12-13'de detaylı hali verilmektedir. (Xu ve ark., 2022)



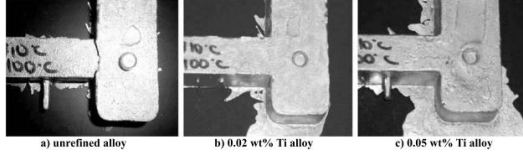
Şekil 10: B206 alaşımında tane morfolojisi



Şekil 11: A319 alaşımında tane morfolojisi



Şekil 12: B206 alaşımında sıcak yırtılma



Şekil 13: A319 alaşımında sıcak yırtılma

Sonuçta görülüyor ki her iki alaşımda yapılan dökümde de tane inceltici oranının artırımı sıcak yırtılmaya engel olmuştur. Kullanılan tane inceltici B206 alaşımında daha etkili olmuştur. (Lin ve ark., 2007; Sabau ve ark., 2020; Xu ve ark., 2022)

## II. SONUÇ

Alüminyum içerisinde yüksek oranda çözünürlüğe sahip olan tane incelticiler mükemmel tane inceltme özelliğine sahip olsalar da Al içerisinde hızla çözünmesi ile tercih edilmezler. Çünkü Al içerisinde hızla çözünmek tane inceltme mekanizmasının süresini azaltmakta ve etkisini kısa bir süre sonra kaybetmesine neden olmaktadır. Bu nedenle çözünmeyen ya da çözünmesi geç olan tane incelticiler dökümler için tercih edilmektedir.

Her alaşım için optimum tane inceltici oranı farklıdır. Optimum değer aşıldığında malzeme

içerisinde intermetalikler oluşmaya başlar. Bu da mekanik değerlerde düşüklüğe neden olmaktadır. Alaşım içerisinde tane inceltmeyi sağlayıp mekanik değerleri artırabilmek için optimum oranda tane inceltici kullanmak önemlidir.

Tane incelticiler mikroyapıya etki ettiği gibi mekanik değerler olan çekme dayanımı, sertlik sonucuna da etki etmektedir. Aynı zamanda yapılan çalışmalara göre sıcak yırtılma hatasını önlediği ve akışkanlığı artırdığı da görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] (Nafisi ve Ghomashchi, 2006)
- [2] (D'Elia ve Ravindran, 2009)
- [3] (Aguirre-De la Torre ve ark., 2014)
- [4] (Çolak ve Kayıççı, 2009)
- [5] (Dahle, 1996; Ding ve ark., 2018)
- [6] (Kocaman ve Şirin, 2023)
- [7] (Li ve ark., 2017)
- [8] (Lin ve ark., 2007)
- [9] (Nafisi ve Ghomashchi, 2006)
- [10] (Pongen ve ark., 2019)
- [11] (Sabau ve ark., 2020)
- [12] (Samuel ve ark., 2019)
- [13] (Yücel, 2006)
- [14] (Xu ve ark., 2022)
- [15] (Zhao ve ark., 2019)

# Lityum İyon Pillerin Şarj Durum Tahmininde Kullanılan Yöntemlerin Gözden Geçirilmesi

## Review of Methods Used in the State of Charge Prediction of Lithium-Ion Batteries

Z. ALHUSSNI<sup>1</sup>, N. DAĞTEKİN<sup>2</sup>, B. BEREKDAR<sup>3</sup> ve S.M.E.L MERTADJI<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Şam, Suriye, [zeko.alhousni150@gmail.com](mailto:zeko.alhousni150@gmail.com)

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, 228270002009@lisansustu.selcuk.edu.tr  
<https://orcid.org/0009-0008-1289-2129>

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, beyanbayrakdar@gmail.com

<sup>4</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye,

**Özet** – Lityum iyon pil teknolojisi, enerji depolama alanında önemli bir çözüm sağlarken, bu pillerin enerji seviyesinin doğru bir şekilde ölçülmesi ve tahmin edilmesi önemli bir zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu makale, lityum iyon pillerin şarj durumu tahmininde kullanılan yöntemler üzerinde bir inceleme sunmaktadır.

Makale, bu konuda uygulanan çeşitli yaklaşımları dört ana başlık altında inceler: Geleneksel Yöntemler, Model Bazlı Yöntemler, Filtreleme Yöntemi ve Zeki Algoritmalar. Geleneksel Yöntemler başlığı altındaki yöntemler genellikle basit ve hızlı olmaları nedeniyle tercih edilse de bir dizi sınırlamaları vardır ve genellikle çok doğru sonuçlar sağlamazlar. Model Bazlı Yöntemler başlığı altındaki yaklaşımlar genellikle daha hassas sonuçlar sağlar ancak daha karmaşık matematiksel modeller gerektirir. Filtreleme Yöntemi başlığı altındaki yöntemler, tahmin hatalarını filtrelemek ve tahminleri iyileştirmek için kullanılır. Son olarak, Zeki Algoritmalar bölümü daha modern ve daha karmaşık yaklaşımları inceler. Bu algoritmalar bazılarını, karmaşık pil davranışlarını modellemek ve daha doğru şarj durum tahminleri oluşturmak için özellikle kullanılmıştır. Bu makale, lityum iyon pillerin şarj durum tahmininde kullanılan bu çeşitli yöntemler hakkında anlayış sağlamayı hedefler ve her bir yöntemin avantajlarını ve sınırlamalarını tartışır.

**Anahtar Kelimeler** – Lityum iyon pil, lityum iyon pil şarj durumu, şarj durum tahmini, şarj durum tahmin yöntemleri.

**Abstract** - Lithium-ion battery technology provides a significant solution in the field of energy storage; however, accurately measuring and predicting the energy levels of these batteries pose a significant challenge. This article offers an examination of the methods used in predicting the state of charge of lithium-ion batteries.

The article investigates various approaches applied in this context under four main headings: Traditional Methods, Model-Based Methods, Filtering Method, and Intelligent Algorithms. Methods under the Traditional Methods heading are generally preferred due to their simplicity and speed, but they come with a set of limitations and often do not yield highly accurate results. Approaches under the Model-Based Methods heading typically provide more precise results but require more complex mathematical models. Methods under the Filtering Method heading are employed to filter prediction errors and enhance forecasts. Finally, the section on Intelligent Algorithms explores more modern and sophisticated approaches. Some of these algorithms are particularly useful for modeling complex battery behaviors and generating more accurate state of charge predictions. This article aims to provide insight into the various methods used in predicting the state of charge of lithium-ion batteries and discusses the advantages and limitations of each method.

**Keywords** - Lithium-ion battery, lithium-ion battery state of charge, state of charge prediction, state of charge prediction methods

### I. GİRİŞ

Günümüzün sürekli değişen ve gelişen teknolojisi, enerji depolama sistemlerine olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu ihtiyaç, özellikle portatif elektronik cihazlar ve elektrikli taşıtlar için geçerlidir. İleri teknoloji ürünlerinin enerji kaynağı olan lityum iyon (Li-ion) piller, günümüzde birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. Akıllı telefonlar, dizüstü bilgisayarlar, elektrikli aletler ve son zamanlarda popülerliği artan elektrikli araçlar gibi birçok cihaz, enerjisini Li-ion pillerden alır. Dolayısıyla, Li-ion pillerin şarj durumu (State of Charge- SOC) tahmini, enerji yönetim

sistemlerinin optimizasyonu ve genel performans, güvenlik ve dayanıklılık açısından hayati öneme sahiptir.

Elektrikli araçların kullanımının global olarak artması, lityum iyon pillerin şarj durumu tahminine olan ihtiyacı daha da belirgin hale getirmiştir. Örnek verecek olursak bir aracın menzili, pillerin şarj durumuna bağlıdır ve bu durum, kullanıcıların seyahat planlarını ve araç kullanımını direkt olarak etkilemektedir. Bu sebeple, doğru ve güvenilir bir SOC tahmini, elektrikli araçların etkin ve verimli kullanımı için elzemdir. Buna ek olarak, Li-ion pillerin yaşam süresi ve güvenliği de SOC tahminine bağlıdır. Doğru bir SOC tahmini, pillerin aşırı şarj veya aşırı deşarj olmasını önleyerek, pillerin ömrünü uzatır ve güvenlik risklerini azaltır. Ek olarak, enerji yönetim sistemleri için doğru bir SOC tahmini, enerji verimliliğini artırır ve böylece enerji tüketimini azaltır.

Li-ion pillerin SOC tahmininin önemi, teknolojik cihazların ve elektrikli araçların kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte daha da artmaktadır. Bu durum, elektrikli taşıtlar gibi büyük enerji depolama sistemlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu makale, mevcut SOC tahmini yöntemlerini gözden geçirerek, bu yöntemler hakkında bilgi vermeyi hedeflemektedir.

## II. LİTYUM İYON PİLLERİN ŞARJ DURUMU TAHMİN YÖNTEMLERİ

Lityum iyon pillerin şarj durumu (State of Charge – SOC), belirli koşullar altında (sıcaklık, şarj ve deşarj oranı vb.) mevcut kalan batarya kapasitesinin mevcut kapasiteye oranını ifade eder ve matematiksel ifadesi denklem 1'de gösterilmiştir. Zorluk, denklemin pay ve paydasının anlaşılmasında yatmaktadır ve Denklem 1'in paydası batarya kapasitesidir. Burada bilinen batarya kapasitesi tanımı tutarlı değildir. Nominal kapasite, fabrika kapasitesi, çevrim kapasitesi veya mevcut akü gerçek kapasitesi genellikle Denklem 1'in paydası olarak kullanılır. Teorik analizde, denklem 1'in paydasının klasik bir tanımı olarak en çok kullanılan kapasite nominal kapasitedir. Bu yöntem, nominal kapasiteyi sabit bir değer olarak kabul eder ve SOC, nominal kapasiteden şarj veya deşarj miktarının çıkarılmasıyla elde edilir. Şu anda, çoğu elektrikli araç SOC'yi elektrik şarj miktarı perspektifinden tanımlamaktadır, bu nedenle bu denklemde  $Q_c$ , hesaplama anında bataryanın kalan gücüdür ve birimi A-h'dir;  $Q$ , bataryanın toplam kapasitesidir ve birimi A-h'dir.  $Q_e$  batarya şarjıdır [1]. Örneğin, SOC'nin %100 olduğu bir durumda, pil tamamen doludur ve maksimum enerji kapasitesine sahiptir. Benzer şekilde ve Şekil 1'de görüldüğü üzere, %0 SOC, pilin tamamen boş olduğu ve daha fazla enerji sağlayamayacağı anlamına gelir.

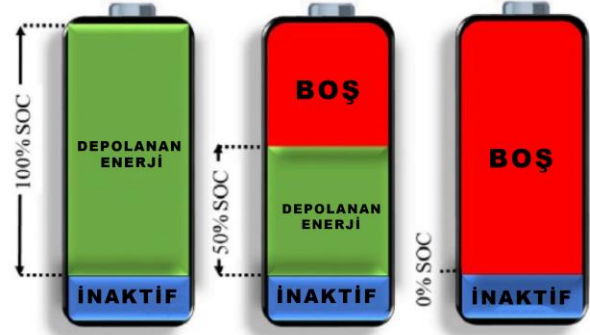
$$SOC = \frac{Q_c}{Q} \times 100\% = 100\% - \frac{Q_e}{Q} \quad (1)$$

Genelde basit SOC tanımı için yukarıda görülen Denklem 1 kullanılır. Ancak gerçek hayatta, Li-ion pillerin

kapasiteleri birçok faktöre bağlı olarak değişir ve bu denklemin değiştirilmesi gerekir. Bu sebepten Denklem 2 daha yaygın olarak kullanılmaktadır.

$$SOC(t) = SOC_{t_0}(0) - \int_{t_0}^t \frac{\eta I}{C_n} d\tau \quad (2)$$

Bu denklemde, SOC(t) Li-ion pilin nominal kapasitesidir ve birimi A-h'dir.  $\eta$ , bir Li-ion pilin deşarj kapasitesinin bir döngüdeki şarj kapasitesine oranını ifade eden deşarj verimliliği olarak da adlandırılan Coulomb verimliliğidir ( $\eta=Q/Q_n$ ) [2]. Girilen yük genellikle tüm aktif maddeleri elektriğe dönüştüremez, çünkü bataryada geri dönüşü olmayan yan reaksiyonlar meydana gelmesi gibi belirli bir kayıp vardır. Bu nedenle,  $\eta$  değeri genellikle %100'den azdır. Aslında, mevcut lityum-iyon piller %99,9 veya daha fazla Coulomb verimliliğine sahiptir. Bununla birlikte, pratikte, şarj ve deşarj akımı, sıcaklık, batarya yaşlanma derecesi ve bataryanın iç direncinin etkisine son derece duyarlı olan Coulomb verimliliğini ölçmek zordur [3].



Şekil 1 Farklı şarj durumlarında depolanmış enerji durumu

Li-ion pillerin SOC tahminini gerçekleştirmek, enerji yönetimi ve işlem performansı açısından hayati öneme sahiptir. Bu nedenle, SOC tahmini için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin genel olarak dört ana kategoriye ayrıldığını söyleyebiliriz; geleneksel yöntemler, model bazlı yöntemler, filtreleme yöntemleri ve zeki algoritmalar [4].

Geleneksel yöntemler genellikle daha basit ve doğrudan bir yaklaşım benimser. Coulomb Sayma (CC) ve Açık Devre Voltajı (OCV) yöntemleri en yaygın kullanılan geleneksel yöntemlerdir. CC yöntemi, pili şarj ederken veya deşarj ederken akımdaki değişiklikleri sürekli olarak ölçer ve bu bilgileri kullanarak SOC'yi tahmin eder. Ancak, bu yöntem, başlangıç SOC değeri ve şarj/deşarj akımları hakkında bilgiye ihtiyaç duyar ve bu bilgiler eksik veya belirsiz olduğunda, tahmin doğruluğu önemli ölçüde düşer. OCV yöntemi ise, pil voltajı ve SOC arasındaki ilişkiye dayanır. Ancak, bu yöntemin tam bir voltaj okuması için pili kullanımdan çekmek ve bir süre beklemek gibi dezavantajları vardır [5].

Model bazlı yöntemler, Li-ion pillerinin SOC tahmin etmek için oldukça yaygın bir şekilde kullanılır. Bu

yöntemler, pili oluşturan sistemlerin matematiksel ve fiziksel modellerini kullanarak pili modelleme ve tahmin etme yeteneği sunar. Farklı model bazlı yöntemler, farklı seviyelerde karmaşıklık ve tahmin doğruluğu sunar ve genellikle belirli uygulamalar için özelleştirilmişlerdir [6].

Zeki algoritmalar, genellikle yeterli veriye dayanarak yüksek doğrulukta SOC tahmini gerçekleştirebilen gelişmiş yöntemlerdir. Bu algoritmalar genellikle modelden bağımsızdır ve geniş bir veri tabanından öğrenirler. Bu nedenle, özellikle değişken ve karmaşık uygulama senaryolarında, zeki algoritmalar son derece verimli ve esnek olabilir [7].

Tablo 1: SOC tahmin yöntemleri

TAHMİN YÖNTEMLERİ	ALT YÖNTEMLER
A. Geleneksel Yöntemler	1. Coulomb Sayımı (CC)
	2. Açık Devre Gerilim Yöntemi (OCV)
B. Model bazlı yöntemler	1. Elektrokimyasal Model (EM)
	2. Eşdeğer Devre Modeli (ECM)
C. Filtreleme Yöntemi	1. Parçacık Filtresi (PF)
	2. Kalman Filtresi (KF)
	3. Genişletilmiş Kalman Filtresi (EKF)
	4. Kokusuz Kalman Filtresi (UKF)
D. Zeki Algoritmalar	1. Yapay Sinir Ağı (ANN)
	2. Bulanık Mantık (FL)
	3. Destek Vektör Makinesi (SVM)

Li-ion pillerin SOC tahmini için çeşitli yöntemler bulunmaktadır ve her biri belirli avantajlar ve dezavantajlar sunar. Seçilen yöntem genellikle uygulamanın spesifik ihtiyaçlarına, veriye erişimine ve doğruluk gereksinimlerine bağlı olacaktır. Bu bölümde yaygın olarak kullanılan ve Tablo 1'de bulunan SOC tahmin yöntemlerini inceleyeceğiz.

#### A. Geleneksel Yöntemler

Geleneksel yöntemler, enerji depolama sistemlerinin durumunu belirlemek ve tahmin etmek için çeşitli teknikler içerir. Bu bölüm, iki ana geleneksel yöntemi inceleyecektir: Coulomb sayma (CC) ve açık devre gerilimi (OCV) yöntemi. Her bir yöntem, bataryanın durumunun belirlenmesinde kendi avantajlarına ve dezavantajlarına sahiptir. Bu tekniklerin anlaşılması, Li-ion pil performansının ve dayanıklılığının daha etkin bir şekilde tahmin edilmesine yardımcı olabilir.

##### 1. Coulomb Sayma Yöntemi (CC)

Coulomb sayma (CC) yöntemi, yüksek şarj ve deşarj verimliliğine sahip Lityum-iyon pillerin SOC tahmini için oldukça uygundur ve açık ara en çok kullanılan yöntemdir.

Bu algoritma, doğrudan parametre akım miktarını biriktirerek kalan kapasiteyi hesaplar. Ancak, geleneksel CC yönteminin doğruluğu ve verimliliği akım sensörü örnekleme süresine bağlıdır. Bu nedenle akım sensörünün ölçümlerindeki hata veya yöntemin doğruluğunu etkileyecek sıcaklık, pil geçmişi, deşarj akımı gibi faktörler yanlış bir SOC tahminine neden olabilir.

Teknik olarak, geleneksel CC algoritmasını uygulamak için iyi kalibre edilmiş bir akım sensörü, Li-ion pilin ilk SOC değeri ve pilin maksimum kullanılabilir kapasitesi gereklidir. Laboratuvar koşulları altında, CC yöntemini kullanarak çok hassas bir SOC tahmini elde etmek mümkündür, ancak hassas bir başlangıç SOC elde etmek için kapsamlı bir kalibrasyon protokolü gerçekleştirilmelidir. Bu hassasiyet derecesini elde etmek zor ve hatalar kaçınılmaz olabilir [8]. CC yöntemine dayalı olarak belirli bir zaman aralığında bataryanın SOC değeri (SOC(t)) aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$SOC(t) = SOC(0) + \int_{t_0}^t \frac{I(\tau)\eta}{C} d\tau \quad (3)$$

Burada SOC(0) başlangıç SOC'si, I(t) t<sub>0</sub>'dan T'ye (zaman sınırları) kadar bataryadan geçen akım, C bataryanın kapasitesi ve η bataryalarda elektronların aktarıldığı şarj verimliliğini gösteren Coulomb verimliliğidir [9]. Bir batarya yeni satın alındığında ve kullanılmadığında, Coulomb verimliliğinin yaklaşık %100 (veya 1) olduğu varsayılabilir. İlk SOC ve batarya kapasitesinin belirli bir süre boyunca voltaj bazlı analiz kullanılarak belirlendiğine dikkat edilmelidir. Teorik olarak, CC yöntemi verimli ve hassas bir şekilde çalışır, ancak gerçek dünya uygulamalarında bu yöntemin kendi dezavantajları vardır. Geleneksel CC algoritmasında, ilk SOC ve gerçek ölçülen akım bilinmelidir. Ancak, tahmini başlatmak için ilk SOC'yi bilmek ve akım ölçümü için doğru bir akım sensörüne sahip olmak zor olabilir [10]. Bu nedenle, bataryaların SOC tahmini için CC yöntemindeki belirsizliklerin değerlendirilmesi zorunludur.

##### 2. Açık Devre Gerilim Yöntemi (OCV)

Batarya elektromotor kuvveti (EMF), tersinir denge durumundayken iki elektrot arasındaki elektrot potansiyel farkıdır. EMF'nin teorik değeri termodinamiğe göre hesaplanır. Açık devre gerilim (OCV) yöntemi ise açık devre durumundaki kararlı elektrot potansiyel farkıdır. Bu nedenle, OCV teorik olarak EMF'den daha küçüktür. Algılanabilir bir fark olmasına rağmen, çok küçüktürler ve bu nedenle genellikle OCV ve EMF arasında ayırım yapılmaz [11].

EMF, pozitif ve negatif elektrotun lityum miktarı ile ilişkilidir ve bu nedenle OCV'nin de SOC ile ilişkili olduğu sonucunu çıkarabiliriz. Ve bu ilişki, çevrim ömrü veya sıcaklık değişiklikleri ile büyük ölçüde korunabilir, ancak SOC-OCV ilişkisinin çevrim ömrü veya sıcaklık ile küçük değişiminin SOC hatası üzerinde katkılarının küçük



olmadığı görülmüştür. Ek olarak, OCV histerezi genellikle orta ve yüksek sıcaklıklarda ihmal edilebilir. Bu nedenle, OCV tabanlı SOC tahmini çevrimiçi uygulamalar için oldukça uygun bir yöntemdir. Bunun tek istisnası, çok düz bir SOC-OCV eğrisine ve önemli bir OCV histerezi fenomenine sahip olan LiFePO<sub>4</sub> (LFP) veya benzer katotlu Li-ion pillerdir [12]. Sonuç olarak, Li-ion pillerde LFP katot kullanıldığında düz SOC-OCV eğrisinin SOC aralığında OCV tabanlı SOC tahmini güvenilir değildir.

OCV tabanlı SOC tahmini için iki önlem gereklidir. Güvenilir bir SOC-OCV eğrisi ve doğru bir OCV elde etmek. SOC-OCV eğrisi Li-ion piller için nispeten istikrarlı olmasına rağmen, çevrim ömrü ve sıcaklık ile değişmektedir. Bu nedenle, güvenilir bir SOC-OCV ilişkisine sahip olmak için farklı çevrim ömrü ve sıcaklıklarda kapsamlı deneylere ihtiyacımız olabilir. Böyle güvenilir bir SOC-OCV ilişkisinin kullanılması, çevrimiçi sağlık durumunun (SOH, Li-ion pil ömrünü gösterir) iyi tahmin edilmemesi durumunda bir sorun olabilir [13].

Doğru bir OCV elde etmek de OCV tabanlı tahmin için kilit konudur. Kararlı bir elektrot potansiyeli elde etmek için Li-ion pillerin yeterince uzun bir süre dinlenmesi gerekir; bu da genellikle sıcaklığa ve SOC'ye bağlıdır. Düşük sıcaklıkta, yavaş difüzyon nedeniyle kararlı bir potansiyele sahip olmak 2 saatten fazla sürebilir. Bu nedenle, OCV tabanlı tahmin yalnızca belirli çalışma koşullarında kullanılır [11].

Doğrudan OCV tabanlı SOC tahmini çok düşük bir hesaplama karmaşıklığına ve nispeten yüksek bir doğruluğa sahiptir, ancak yöntem çalışma koşulları tarafından kısıtlanmaktadır. Bu nedenle, normalde bir kalibrasyon teknolojisi olarak kullanılır [14]. OCV tahmini, özellikle de eşdeğer devre modelleri kullanan OCV tahmini ile OCV tabanlı SOC tahmini dinamik çalışma koşullarına genişletilebilir. Bununla birlikte, doğruluk kesinlikle doğrudan OCV tabanlı SOC tahmini kadar iyi değildir.

## B. Model Bazlı Yöntemler

Model tabanlı SOC tahmin yönteminin ana prensibi, ölçülen batarya sinyallerini (voltaj, akım ve sıcaklık) batarya modeli ile ilişkilendirmektir. Model bazlı yöntemlerde en çok elektrokimyasal model (EM) ve eşdeğer devre modeli (ECM) kullanılmaktadır. EM tabanlı yaklaşımda, SOC tahmini için pozitif ve negatif elektrotlardaki lityum (Li) konsantrasyonu ile ilgili parametreler kullanılmaktadır. Ancak EM tabanlı yaklaşımlar, bilinmeyen değişkenlerin ve doğrusal olmayan kısmi diferansiyel denklemlerin (PDE'ler) yüksek katılımı nedeniyle SOC tahmini için makul değildir [15].

### 1. Elektrokimyasal Model (EM)

Elektrokimyasal model (EM), batarya teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte birçok uygulamada kullanılmıştır. EM, Li-ion pillerin elektrokimyasal ve fiziksel özelliklerini tanımlayamaz, ancak bir benzetim modeli olarak işlev

görür. EM, kütle transferi, kimyasal dinamikler ve termodinamik üzerine inşa edilmiş bazı kısmi diferansiyel denklemlere sahiptir. Li-ion piller için çeşitli elektrokimyasal olayları iyi bir şekilde simüle edebilir [16]. Bununla birlikte, kısmi diferansiyel denklemlerin çözümleri çevrimiçi uygulamalar için her zaman çok karmaşıktır.

Pozitif veya negatif elektrotlardaki lityum (Li) miktarının veya ortalama Li konsantrasyonunun tahmin edilmesi, elektrokimyasal model tabanlı SOC tahmin yönteminin anahtarıdır. SOC, elektrokimyasal modelden negatif veya pozitif elektrotlardaki Li miktarı tanımlaması kullanılarak tanıma göre doğrudan hesaplanabilir. Diğer bir yaklaşım EM tabanlı yöntem benzerdir. İlk olarak elektrokimyasal model tarafından model voltajını elde etmek için önceden belirlenmiş bir SOC kullanır ve ölçülen voltajla karşılaştırılarak yeni bir SOC elde edilir [17].

Genel olarak, elektrokimyasal model teorik olarak orijinal SOC tanımından en doğru SOC tahminini elde edebilir. Model, Li-ion piller için çevrimdışı tasarım ve performans analizi için uygundur. Bununla birlikte, elektrokimyasal modelin karmaşıklığı ve model parametrelerinin düzinelerce olması nedeniyle, çevrimiçi SOC tahmini için kullanılması çok zordur [17].

### 2. Eşdeğer Devre Modeli (ECM)

Li-ion pil modeli karmaşıklığı ve doğruluğu arasındaki dengeyi korumak için, araştırmacılar tarafından eşdeğer devre modeli (ECM) adı verilen yeni bir modelleme yaklaşımı araştırılmıştır. ECM, özellikle elektrikli araç uygulamaları için çevrimiçi batarya parametre/durum tahmini için en umut verici yaklaşımlardan biridir. Tüm batarya dinamik davranışını tanımlamak için dirençler, kapasitörler ve voltaj kaynağı gibi parçalı bileşenler kullanır [15]. İdeal bir ECM, herhangi bir akım uyarımı altında gerçek bir Li-ion pil voltajını simüle edebilmelidir.

ECM kullanarak SOC'yi tahmin etmek için iki teknik yol izlenmektedir. İlk yöntem basit bir yöntemdir: SOC, ECM parametre tanımlaması ile doğrudan tahmin edilir. SOC tahmini için en yaygın ECM parametresi açık devre voltajı (OCV) iken dirençler gibi diğer ECM parametreleri nadiren kullanılır. İkinci yöntem öncelikle OCV'ye ulaşmak için önceden belirlenmiş bir SOC kullanır ve daha sonra ECM ile Li-ion pil voltajını tahmin eder [18]. Model voltajı ile ölçülen voltaj karşılaştırılarak yeni bir SOC modifiye edilir. Yukarıdaki iki yaklaşımın tümü, SOC'yi tahmin etmek için ECM'lerde SOC-OCV ilişkisini uygular.

SOC, ECM kullanılarak karmaşık hesaplamalar yapılmadan dinamik çalışma koşullarında tahmin edilebilir. Model parametreleri belirlenmişse, SOC sabit akım şarjı ve deşarjı gibi durağan koşullarda da tahmin edilebilir. Ancak ECM tabanlı SOC tahmini için çözülmesi gereken iki önemli sorun vardır. İlk ve aynı zamanda en önemli sorun model parametrelerinin belirlenmesinde yatmaktadır. Model parametrelerini elde etmek için farklı yaşlandırma ve sıcaklıklarda deneyler yapılmalıdır [15]. Bununla birlikte,

model parametreleri farklı sağlık durumlarında elde edilse bile, çevrimiçi sağlık durumunun belirlenmesi zor olduğundan, model parametrelerinin gerçek uygulamalar için tam olarak eşleştirilmesi hala zordur. Ayrıca, akım durağan ise, uyarlanabilir model, akım uyarımı olmaması nedeniyle model parametrelerini tanımlamak için kullanılamaz ve bu da uygulama kapsamını sınırlar. İkinci sorun da zorludur. Düşük SOC aralığında geleneksel ECM'lerin voltaj doğruluğu nispeten düşüktür [19].

### C. Filtreleme Yöntemi

Kalman filtresi (KF) yöntemi, çevrimiçi özyinelemeli modellemede gerçek zamanlı performans izleme, çalışma sırasında daha az depolama kapasitesi talebi ve kapalı döngü kontrolü gibi avantajlara sahiptir. KF, genişletilmiş kalman filtresi (EKF) ve kokusuz kalman filtresi (UKF) araştırmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır [18]. KF, doğrusal modellerde yaygın olarak kullanılan uyarlanabilir bir filtredir, ancak doğrusal olmayan modeller için uygun değildir. KF yönteminin bir uzantısı olarak EKF yöntemi karmaşık ve doğrusal olmayan modellerde kullanılabilir. Bununla birlikte, EKF yöntemi eksikliklerinin üstesinden gelmek için kokusuz KF önerilmiştir. Ayrıca EKF'den daha yüksek SOC tahmin doğruluğuna sahiptir [20].

KF tahmin modelinde, hem gürültü hem de ölçüm gürültüsünün ortalama değeri sıfır olan Gauss beyaz gürültüsü olduğu varsayılır. Pratik uygulamalarda, bu varsayımı gerçekleştirmek zordur, çünkü çevresel parazitlerden kaynaklanan gürültü, KF kullanarak SOC tahmininin doğruluğunu ve yakınsama davranışını olumsuz yönde etkileyecek olan yanlış dağılımı açıklayabilir [21]. Bu sorunu çözmek için, parçacık filtresi yöntemi Li-ion pil SOC'sini tahmin etmek için çalışılmıştır. Ancak, çok sayıda hesaplama gereksinimi ve yüksek bellek tüketimi nedeniyle, bu filtreler pratik uygulamalarda çevrimiçi SOC tahmini için uygun değildir [22].

#### 1. Parçacık Filtresi

Nominal güç yoğunluğu ve enerji yoğunluğu gibi bazı Li-ion pil parametreleri, pilin tüm kullanım ömrü boyunca yavaşça değişir. Ancak SOC ve OCV gibi diğer batarya parametreleri hızla değişir. Tüm bu parametreler, bir Li-ion pil için SOC tahmininin hem mikro ölçekli hem de makro ölçekli karmaşıklığını artırır. Parçacık filtresi, genellikle doğrusal olmayan ve gürültülü sistemlerin durumlarını tahmin etmek için kullanılan bir yöntemdir [23].

Bu yaklaşımda, bir Li-ion pilin dinamik modeli ve ölçüm modeli kullanılır. Dinamik model, pilin zaman içinde nasıl evrildiğini tanımlar ve genellikle pilin fiziksel özelliklerine dayanır. Ölçüm modeli, pilin ölçülen gerilim ve akımının, pilin gerçek SOC'si ile nasıl ilişkili olduğunu tanımlar [24].

İlk olarak, bir parçacık kümesi rastgele oluşturulur. Daha sonra, her zaman adımında, her parçacık dinamik model kullanılarak tahmin edilir ve bu tahminlere gürültü

eklenir. Bu, belirsizlikleri ve tahmin hatalarını hesaba katar. Daha sonra, ölçüm modeli kullanılarak her parçacığın ağırlığı hesaplanır. Ağırlıklar, parçacıkların ne kadar iyi verilere uydurduğuna bağlıdır. Ağırlıklı parçacıklar, bir sonraki zaman adımında daha fazla parçacığa sahip olma olasılığı daha yüksek olan parçacıklardır. Bu süreç, her zaman adımında tekrarlanır. İşlemin sonunda, tüm parçacıkların ağırlıklı ortalaması, pilin SOC'sinin tahmin edilmiş değerini verir [25]. Bu tahmin, genellikle, belirli bir SOC'nin gerçek değerine en yakın olan tahmin olarak kabul edilir.

#### 2. Kalman filtresi (KF)

Genel olarak, doğrusal bir sistem için Kalman filtresi (KF), doğrudan ölçülebilir olmayan sistem durumlarının en iyi şekilde tahmin edilmesini sağlar. Bununla birlikte, Li-ion piller gibi doğrusal olmayan sistemler söz konusu olduğunda, Kalman filtresi sistemin şarj durumunu belirlemek için geçerli bir yöntemdir [26]. Bu durumlar, sistemin iç durumunun kapsamlı bir temsili sağlar ve sistemin tüm geçmiş girdilerinin katkılarını özetler. Bir Kalman filtresi, bir süreç modeli, bir ölçüm modeli ve sistemin girdi ve çıktıların bir dizi gürültülü ölçümünü kullanarak sistemin durumlarını hesaplar. Süreç modeli sistem dinamikleri hakkında tüm bilgileri içerirken, ölçüm modeli sistemin çıktılarını girdileri ve durumlarıyla ilişkilendirir. Süreç ve ölçüm modelleri sırasıyla mevcut durumu tahmin eder ve süreç modelinden elde edilen SOC tahminini düzeltir [27, 28].

Daha sade bir dille açıklayacak olursak, kalman filtreleme işlemi iki adımdan oluşur ve birinci adım, tahmin adımdır. Bu adımda, sistem modeli kullanılarak bir sonraki durum tahmini yapılır. Model, sistemin zamanla nasıl evrildiğini temsil eder ve genellikle sistem hakkında bilinen fiziksel yapıya dayanır. İkinci adım güncelleme adımdır. Bu adımda, gerçek ölçüm verileri alınır ve tahmin edilen durum, bu yeni verilere dayanarak güncellenir. Güncelleme, tahminin ve gerçek ölçümün farkına dayanır.

Bu iki adım, yeni veri geldikçe sürekli olarak tekrarlanır, böylece tahminler sürekli olarak güncellenir ve iyileştirilir.

Lityum İyon piller gibi belirli bir sistem için Kalman filtresi kullanılırken, öncelikle belirli bir sistem modeli oluşturulur. Sistem modelindeki parametreler genellikle çevrimiçi veya çevrimdışı parametre belirleme teknikleri kullanılarak tahmin edilir ve sonrasında Kalman filtresi, bu tahmin edilen durumları ve parametreleri kullanarak SOC gibi belirli bir durumu tahmin eder ve günceller. Bu süreç, sistemin durumunu daha doğru bir şekilde tahmin etmek ve belirsizlikleri azaltmak için tekrar tekrar uygulanır [29].

#### 3. Genişletilmiş Kalman Filtresi (EKF)

Genişletilmiş Kalman filtresi (EKF) algoritması Li-ion pil parametre/durum tahmini için en çok tercih edilen yöntemdir ve kalman filtresinin doğrusal olmayan bir versiyonudur. EKF, bir sistem modelinin

doğrusallaştırılması ve ardından standart Kalman filtresi algoritmasının uygulanması yoluyla doğrusal olmayan sistemlerin tahminini yapar. EKF algoritması tahmin sırasında modeli doğrusallaştırmak amacıyla Jacobian matrisinin hesaplanması gerekir. Bu, sistem ve ölçüm denklemlerinin durum değişkenlerine göre kısmi türevlerinin alınmasıyla yapılır. EKF algoritmasının doğruluğu, batarya modeli parametrelerine ve sistem gürültü sinyallerinin ön bilgisine bağlıdır. Örneğin, ön bilgi doğru değilse, tahmin süreci hatası sapmaya yol açabilir [30, 31].

Tahmin adımı, EKF, bir sonraki durum tahmini ve tahmin hata kovaryansını hesaplar. Daha sonra, ölçüm güncelleme adımı, Kalman kazancı hesaplanır ve tahmin edilen durum ve hata kovaryansı, ölçüm verilerine göre güncellenir. Bu süreç, yeni veri alındıkça sürekli olarak tekrar edilir [32].

EKF için, doğrusal olmayan sistemlerin SOC tahminini gerçekleştirebilmesi, belirsizlik ve gürültü altında SOC tahminlerini yapabilmesi avantaj olarak, Jacobian matrislerinin hesaplanması işleminin karmaşık ve maliyetli olması dezavantaj olarak görülebilir [33].

#### 4. Kokusuz Kalman Filtresi (UKF)

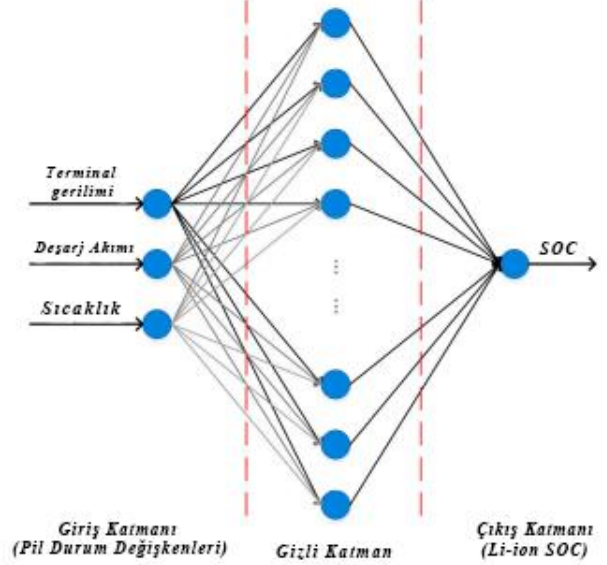
Açık devre geriliminin (OCV), SOC'ye karşı oldukça doğrusal olmayan profilden, SOC tahmininin doğrusal olmayan bir problem olduğu anlaşılabilir. Genişletilmiş Kalman filtresi (EKF), doğrusal olmayan durum tahmini problemi için yaygın bir yaklaşımdır [34]. Ancak EKF, doğrusal olmayan bir modele yaklaşmak için Taylor serisi açılımının sadece birinci veya ikinci dereceden terimlerini kullanır ve bu da durum uzayı modeli yüksek oranda doğrusal olmadığında büyük hatalara neden olur [35]. Bu nedenle, EKF'nin yaklaşım sorunlarını ele alabilen kokusuz Kalman filtresi (UKF) yöntemi geliştirilmiştir. UKF, yerel doğrusallaştırma yerine, bir dizi sigma noktasına göre doğrusal olmayan bir sistemin istatistiksel dağılım özelliklerini yakalar [36]. UKF tabanlı tahmin süreci sırasıyla: her bir sigma noktası ile ilişkili ağırlıkların hesaplanması, ortalama SOC ile sigma noktalarının hesaplanması, tahmin güncellemesi, ölçüm güncellemesi, ölçüm düzeltilmesi şeklinde özetlenebilir.

#### D. Zeki Algoritmalar

Yapay Sinir Ağı (ANN) ve Bulanık Mantık (FL) gibi yapay zeka yöntemleri, yüksek doğrulukları nedeniyle bataryanın SOC'sini tahmin etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır [37]. Bu yöntemlerin öğrenme kabiliyeti, doğru bir batarya SOC'si sağlamak için simüle edilen sonuç ile gerçek ölçüm arasındaki fark olan hatayı en aza indirerek batarya modelini ayarlayabilmelerini sağlar. Ancak, bu yöntemlerin pratikte uygulanması karmaşıktır. Destek Vektör Makinesi (SVM) gibi yöntemler de son yıllarda bataryanın SOC'sini çok yüksek doğrulukta tahmin etmek için kullanılmıştır [38].

#### 1. Yapay Sinir Ağı (ANN)

Yapay sinir ağları her türlü girdi/çıkı verisi arasında bir ilişki kurduğundan, bu yöntem ağ için eğitim verisinin mevcut olması koşuluyla tüm batarya sistemlerindeki tüm uygulamalar için kullanılabilir [39]. Bir yapay sinir ağının (ANN) temel yapısı Şekil 2'de gösterildiği gibi üç katmanlı bir oluşumdan meydana gelir [40]. Giriş katmanı anlık akım, gerilim ve sıcaklık değerlerinin vektörünü alır. Çıkış katmanı ise anlık SOC değeridir [41]. ANN'yi giriş-çıkış çiftleriyle eğiterek, bataryanın iç yapısı hakkında herhangi bir ön bilgiye sahip olmadan giriş-çıkış ilişkisini doğru bir şekilde modelleyen doğrusal olmayan bir harita oluşturabilir. Giriş ve çıkış katmanları arasındaki ilişki, uygun sayıda gizli katman, gizli nöron ve aktivasyon fonksiyonu kullanılarak geliştirilir [42].



Şekil 2 Yapay sinir ağı temel yapısı

Evrensel yaklaşım teoremine göre, tek bir gizli katmana sahip ileri beslemeli bir ANN, herhangi bir sürekli fonksiyona yaklaşabilir. ANN'nin bu özelliği, matematiksel olarak modellenemeyecek kadar karmaşık olan çeşitli alanlardaki birçok doğrusal olmayan eşleme problemini çözmek için araştırmacılar tarafından kullanılmıştır [43]. Gürültülü verileri işleyebilmesi gerçek dünyada çok değerli bir özellik olmasına karşın belirli bir çıktıyı nasıl oluşturduğunu anlamının zorluğu ANN'nin eksikliği olarak görülebilir [44].

#### 2. Bulanık Mantık (FL)

Bulanık Mantık (FL), bir ifadede esneklik sunan bir hesaplama yaklaşımıdır. FL, bir durumun belirsiz veya net olmayan durumlarını işlemek için kullanılır [45]. FL ile, her bir durumun belirli bir üyelik fonksiyonu vardır ve bu fonksiyon, durumun belirsizliğini ifade eder. Bu yaklaşım, doğruluk değerinin 0 ile 1 arasında aldığı değere bağlı olarak tamamen doğru, kısmen doğru ve tamamen yanlış arasında değişebildiği kısmi doğruluk kavramını

kolaylaştırır [46]. Geleneksel iki değerli doğru veya yanlış mantığı yerine FL, çok değerli mantık kavramını ortaya koymaktadır. FL arayüz sistemi bulanıklaştırma, bulanık kural tabanı, çıkarım motoru ve bulanıklaştırma kullanılarak yapılandırılmıştır. SOC'yi tahmin etmek için FL'yi içeren birçok çalışma yapılmıştır [47]. Elektrikli araçlarda kullanılan bir Li-ion pil paketinin SOC'sini tahmin etmek için SVM ile FL kullanımını önermişlerdir [48]. ANN ve yaygın SVR modellerine kıyasla SOC tahmin doğruluğunda ve gürültü bağışıklığında bir iyileşme olduğu bildirilmiştir. SOC tahmini için bulanık uyarlanabilir unutma faktörü tabanlı güçlü izleme uyarlanabilir kokusuz Kalman filtresi (ST-AUKF) algoritması geliştirmiştir [27]. Bulanık uyarlanabilir unutma faktörü, batarya modeli parametrelerini güncellemek için kullanılmıştır. Önerilen model, bilinmeyen başlangıç SOC ve voltaj sensörü kaymasına karşı üstün performans göstermekte ve doğruluk, sağlamlık ve yakınsama hızı açısından geleneksel UKF yöntemine kıyasla daha iyi sonuçlar sağlayabilmektedir.

### 3. Destek Vektör Makinesi (SVM)

Destek vektör makinesi (SVM), makine öğreniminde sınıflandırma ve regresyona ilişkin görevleri çözmek için sıklıkla kullanılan veri güdümlü bir modeldir [49]. Yöntemin işlevselliği ve performansı arasındaki büyük denge nedeniyle en çok kullanılan makine öğrenimi yöntemlerinden birisi olmuştur. SVM, bir sınıfa ait verileri diğerinden ayırmak için yüksek boyutlu uzayda hiper düzlemler oluşturmaya çalışır. Hiper düzlemden herhangi bir sınıfın en yakın veri noktasına olan mesafe maksimize edildiğinde optimum bir ayırma sınırı elde edilir [50].

Yaygın olarak kullanılan veriler arasında artımlı eğri tepe değerleri ve artımlı eğri konumu, sabit akım şarj süresi, örnek entropisi, enerji sinyali, akım darbesi testi altında terminal voltaj tepkisi, ölçülen akım ve voltajın ortalaması ve standart sapması ve eşdeğer devre modeli parametreleri bulunur [51]. Daha fazla ilgili veri kullanmak, SVM modelini optimize etmenin en yaygın yoludur [52]. SVM'nin veri setindeki küçük değişikliklerden etkilenmemesi ve yüksek boyutlu veri setlerinde iyi performans göstermesi avantaj olarak, eğitim veri seti büyük olduğunda SVM'nin eğitim süresinin uzaması da dezavantaj olarak görülebilir [53].

### III. SONUÇ

Bu çalışma, lityum iyon pillerinin şarj durumu (SOC) tahmininde kullanılan çeşitli yöntemleri inceler ve değerlendirir. Geleneksel yöntemlerden zeki algoritmalarına kadar geniş bir yelpazede teknikler ele alınmıştır.

Geleneksel yöntemler, yani Coulomb Sayımı (CC) ve Açık Devre Gerilim Yöntemi (OCV), yüksek doğruluk seviyeleri ve operasyonel basitlikleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, bu yöntemlerin performansı, çeşitli dış faktörlerin etkisi altında

azalabilmekte ve özellikle düşük ve yüksek SOC aralıklarında hata oranları artabilmektedir.

Model bazlı yöntemler, daha karmaşık olmasına rağmen, genellikle çevresel etkilere karşı daha dirençlidirler ve geniş bir SOC aralığında daha istikrarlı tahminler sunabilirler. Bununla birlikte, bu yöntemlerin kullanılması genellikle daha fazla hesaplama kapasitesi gerektirir.

Filtreleme yöntemleri, hızla değişen ve gürültülü verilere karşı etkili bir çözüm sunar. Bu çalışmada, Parçacık Filtresi (PF), Kalman Filtresi (KF), Genişletilmiş Kalman Filtresi (EKF) ve Kokusuz Kalman Filtresi (UKF) ele alınmıştır. Bu yöntemler genellikle doğruluk, stabilite ve hızda dengeli bir performans sergilerler, ancak uygun filtre parametrelerini belirlemek zor olabilir.

Son olarak, zeki algoritmalar (Yapay Sinir Ağı (ANN), Bulanık Mantık (FL), Destek Vektör Makinesi (SVM)) genellikle karmaşık ve gürültülü verilerde mükemmel sonuçlar verir. Bunlar, lityum iyon pillerinin SOC tahmininde özellikle belirgin olan lineer olmayan ve karmaşık dinamiklerle başa çıkmada etkili olabilirler. Ancak, bu modeller genellikle çok miktarda veri gerektirir ve aşırı uyuma (overfitting) karşı hassas olabilir.

Genel olarak, bu makale, lityum iyon pillerinin SOC tahmininde kullanılan yöntemlerin bir değerlendirmesini sunmuştur. Her yöntemin kendi avantajları ve dezavantajları vardır ve hangi yöntemin uygulanacağına, belirli bir uygulamanın gereksinimlerine bağlı olarak karar verilmelidir. Bir yöntemin seçiminde önemli olan, özellikle doğruluk, hesaplama kapasitesi gereksinimleri, model karmaşıklığı ve çevresel etkilere karşı direncin dikkate alınmasıdır. Gelecekteki çalışmaların, bu yöntemlerin farklı durumlarda ve çeşitli lityum iyon pil türlerinde daha geniş bir deneme yapıldığı ve karşılaştırıldığı koşullarda, belirli bir durum için en uygun lityum iyon pil şarj durumu tahmin yönteminin belirlenmesi kolaylaşabilir.

### KAYNAKLAR

1. Zhang, M. and X. Fan, *Review on the State of Charge Estimation Methods for Electric Vehicle Battery*. World Electric Vehicle Journal, 2020. **11**(1).
2. Zou, Z., et al., *Evaluation of Model Based State of Charge Estimation Methods for Lithium-Ion Batteries*. Energies, 2014. **7**(8): p. 5065-5082.
3. How, D.N.T., et al., *State of Charge Estimation for Lithium-Ion Batteries Using Model-Based and Data-Driven Methods: A Review*. IEEE Access, 2019. **7**: p. 136116-136136.
4. Li, N., et al., *Review of lithium-ion battery state of charge estimation*. Global Energy Interconnection, 2021. **4**(6): p. 619-630.
5. Zheng, Y., et al., *Investigating the error sources of the online state of charge estimation methods for lithium-ion batteries in electric vehicles*. Journal of Power Sources, 2018. **377**: p. 161-188.
6. Xiong, R., et al., *Critical Review on the Battery State of Charge Estimation Methods for Electric Vehicles*. IEEE Access, 2018. **6**: p. 1832-1843.
7. Boulmrharj, S., et al., *Online battery state-of-charge estimation methods in micro-grid systems*. Journal of Energy Storage, 2020. **30**.

8. Purwadi, A., et al., <purwadi2014.pdf>, in *The 2nd Conference on Power Engineering and Renewable Energy ICPERE 2014*. 2014.
9. Wang, C., et al., *A novel hybrid machine learning coulomb counting technique for state of charge estimation of lithium-ion batteries*. Journal of Energy Storage, 2023. **63**.
10. Mohammadi, F., *Lithium-ion battery State-of-Charge estimation based on an improved Coulomb-Counting algorithm and uncertainty evaluation*. Journal of Energy Storage, 2022. **48**.
11. Pei, L., R. Lu, and C. Zhu, *Relaxation model of the open-circuit voltage for state-of-charge estimation in lithium-ion batteries*. IET Electrical Systems in Transportation, 2013. **3**(4): p. 112-117.
12. Weng, C., J. Sun, and H. Peng, *A unified open-circuit-voltage model of lithium-ion batteries for state-of-charge estimation and state-of-health monitoring*. Journal of Power Sources, 2014. **258**: p. 228-237.
13. Xing, Y., et al., *State of charge estimation of lithium-ion batteries using the open-circuit voltage at various ambient temperatures*. Applied Energy, 2014. **113**: p. 106-115.
14. Ren, Z., et al., *A comparative study of the influence of different open circuit voltage tests on model-based state of charge estimation for lithium-ion batteries*. International Journal of Energy Research, 2021. **45**(9): p. 13692-13711.
15. Pai, H.Y., Y.H. Liu, and S.P. Ye, *Online estimation of lithium-ion battery equivalent circuit model parameters and state of charge using time-domain assisted decoupled recursive least squares technique*. Journal of Energy Storage, 2023. **62**.
16. Yu, H., et al., *State of charge estimation method by using a simplified electrochemical model in deep learning framework for lithium-ion batteries*. Energy, 2023. **278**.
17. Li, J., et al., *State of charge estimation based on a simplified electrochemical model for a single LiCoO<sub>2</sub> battery and battery pack*. Energy, 2017. **133**: p. 572-583.
18. He, L., et al., *An adaptive central difference Kalman filter approach for state of charge estimation by fractional order model of lithium-ion battery*. Energy, 2022. **244**.
19. Zhang, C., et al., *Online estimation of battery equivalent circuit model parameters and state of charge using decoupled least squares technique*. Energy, 2018. **142**: p. 678-688.
20. Hongwen, H., et al., *State-of-Charge Estimation of the Lithium-Ion Battery Using an Adaptive Extended Kalman Filter Based on an Improved Thevenin Model*. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2011. **60**(4): p. 1461-1469.
21. Zhang, S., et al., *A comparative study of different adaptive extended/unscented Kalman filters for lithium-ion battery state-of-charge estimation*. Energy, 2022. **246**.
22. Ye, M., H. Guo, and B. Cao, *A model-based adaptive state of charge estimator for a lithium-ion battery using an improved adaptive particle filter*. Applied Energy, 2017. **190**: p. 740-748.
23. Zheng, L., et al., *Differential voltage analysis based state of charge estimation methods for lithium-ion batteries using extended Kalman filter and particle filter*. Energy, 2018. **158**: p. 1028-1037.
24. Tulsyan, A., et al., *State-of-charge estimation in lithium-ion batteries: A particle filter approach*. Journal of Power Sources, 2016. **331**: p. 208-223.
25. Ye, M., et al., *A double-scale and adaptive particle filter-based online parameter and state of charge estimation method for lithium-ion batteries*. Energy, 2018. **144**: p. 789-799.
26. Yu, Z., R. Huai, and L. Xiao, *State-of-Charge Estimation for Lithium-Ion Batteries Using a Kalman Filter Based on Local Linearization*. Energies, 2015. **8**(8): p. 7854-7873.
27. Li, Y., C. Wang, and J. Gong, *A combination Kalman filter approach for State of Charge estimation of lithium-ion battery considering model uncertainty*. Energy, 2016. **109**: p. 933-946.
28. Shrivastava, P., et al., *Overview of model-based online state-of-charge estimation using Kalman filter family for lithium-ion batteries*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2019. **113**.
29. Domenico Di Domenico, G.F.a.A.S., *Lithium-Ion battery State of Charge estimation with a Kalman Filter based on a electrochemical model*, in *17th IEEE International Conference on Control Applications Part of 2008 IEEE Multi-conference on Systems and Control*. 2008: ThB01.3.
30. Zhao, L., Z. Liu, and G. Ji, *Lithium-ion battery state of charge estimation with model parameters adaptation using H<sub>∞</sub> extended Kalman filter*. Control Engineering Practice, 2018. **81**: p. 114-128.
31. Zhi, L., et al., *State of Charge Estimation for Li-ion Battery Based on Extended Kalman Filter*. Energy Procedia, 2017. **105**: p. 3515-3520.
32. Jiang, C., et al., *A state-of-charge estimation method of the power lithium-ion battery in complex conditions based on adaptive square root extended Kalman filter*. Energy, 2021. **219**.
33. Shen, Y., *Adaptive extended Kalman filter based state of charge determination for lithium-ion batteries*. Electrochimica Acta, 2018. **283**: p. 1432-1440.
34. Tian, Y., et al., *A modified model based state of charge estimation of power lithium-ion batteries using unscented Kalman filter*. Journal of Power Sources, 2014. **270**: p. 619-626.
35. Sun, F., et al., *Adaptive unscented Kalman filtering for state of charge estimation of a lithium-ion battery for electric vehicles*. Energy, 2011. **36**(5): p. 3531-3540.
36. Chen, L., et al., *Adaptive state-of-charge estimation of lithium-ion batteries based on square-root unscented Kalman filter*. Energy, 2022. **252**.
37. Tian, J., et al., *Battery state-of-charge estimation amid dynamic usage with physics-informed deep learning*. Energy Storage Materials, 2022. **50**: p. 718-729.
38. Chandran, V., et al., *State of Charge Estimation of Lithium-Ion Battery for Electric Vehicles Using Machine Learning Algorithms*. World Electric Vehicle Journal, 2021. **12**(1).
39. Mahmoud Ismail, R.D., Ahmed Elrakaybi, Ryan Ahmed, and Saeid Habibi, *BATTERY STATE OF CHARGE ESTIMATION USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*, in *2017 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC)*. 2017. p. 342-349.
40. Liu, Y., et al., *A review of lithium-ion battery state of charge estimation based on deep learning: Directions for improvement and future trends*. Journal of Energy Storage, 2022. **52**.
41. Yang, F., et al., *State-of-charge estimation of lithium-ion batteries based on gated recurrent neural network*. Energy, 2019. **175**: p. 66-75.
42. Li, C., F. Xiao, and Y. Fan, *An Approach to State of Charge Estimation of Lithium-Ion Batteries Based on Recurrent Neural Networks with Gated Recurrent Unit*. Energies, 2019. **12**(9).
43. Chemali, E., et al., *State-of-charge estimation of Li-ion batteries using deep neural networks: A machine learning approach*. Journal of Power Sources, 2018. **400**: p. 242-255.
44. Cui, Z., et al., *A hybrid neural network model with improved input for state of charge estimation of lithium-ion battery at low temperatures*. Renewable Energy, 2022. **198**: p. 1328-1340.
45. Hossain Lipu, M.S., et al., *Data-driven state of charge estimation of lithium-ion batteries: Algorithms, implementation factors, limitations and future trends*. Journal of Cleaner Production, 2020. **277**.
46. Alvin J. Salkind a, b., ), Craig Fennie b,c, Pritpal Singh d, T.A.e. , and D.E.R.c. , *determination of state of charge and state of health of batteries by fuzzy logic methodology*. Journal of Power Sources 80 1999 293–300, 1999. **Volume 80**(Issues 1–2): p. Pages 293-300.
47. Wang, L., A.S. , and a.A. Tsourdos, *online battery pack state of charge estimation via EKF-Fuzzy Logic joint metod*, in *2018 5th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)*. 2018: Thessaloniki, Greece.
48. Sheng, H. and J. Xiao, *Electric vehicle state of charge estimation: Nonlinear correlation and fuzzy support vector machine*. Journal of Power Sources, 2015. **281**: p. 131-137.
49. Liu, B., et al., *State of charge estimation for lithium-ion batteries based on improved barnacle mating optimizer and support vector machine*. Journal of Energy Storage, 2022. **55**.
50. Hansen, T. and C.-J. Wang, *Support vector based battery state of charge estimator*. Journal of Power Sources, 2005. **141**(2): p. 351-358.
51. Meng, J., G. Luo, and F. Gao, *Lithium Polymer Battery State-of-Charge Estimation Based on Adaptive Unscented Kalman*

- Filter and Support Vector Machine*. IEEE Transactions on Power Electronics, 2016. **31**(3): p. 2226-2238.
52. Álvarez Antón, J.C., et al., *Support Vector Machines Used to Estimate the Battery State of Charge*. IEEE Transactions on Power Electronics, 2013. **28**(12): p. 5919-5926.
53. Sutanto, E., et al., *Lithium-Ion Battery State-of-Charge Estimation from the Voltage Discharge Profile Using Gradient Vector and Support Vector Machine*. Energies, 2023. **16**(3).



# Uyku Apsesinin Tespiti ve Tasarımı

## Detection and Design of Sleep Abscess

M. BESTİL<sup>1</sup> ve V. KALELİ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, mehmetalibestil@gmail.com

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, vatnay54@gmail.com

**Özet** - Tıkayıcı Uyku Apnesi, solunumun uyku sırasında tekrarlayan durması veya azalmasıyla karakterize edilen bir solunum bozukluğudur. Bu durum, uyku kalitesini olumsuz etkileyerek hastalarda gündüz yorgunluğu, konsantrasyon eksikliği ve potansiyel sağlık sorunlarına yol açabilir. Geleneksel teşhis yöntemleri arasında yer alan polisomnografi, uyku laboratuvarında uzun ve maliyetli bir testi içermektedir. Yapacağımız bu projede Uyku apnesinin bulunduğu epoklarda FF değerlerinin belirgin bir şekilde yükseldiği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, FF analizi uyku apnesi tespitinde yeni bir yöntem olarak düşünülebilir. Bu nedenle, araştırmacılar Tıkayıcı Uyku Apnesi teşhisinde alternatif yöntemlere odaklanmaktadır.

Bu yeni yöntemin kullanılmasıyla birlikte, hastaların uzun süreli uyku laboratuvarı testlerine olan ihtiyaçları azalabilir, teşhis süreci daha hızlı ve etkili hale gelebilir. Bu da hastaların daha erken tedavi almasını sağlayarak uzun vadeli sağlık sonuçlarını olumlu yönde etkileyebilir.

**Anahtar Kelimeler** - Form faktör, uyku apnesi, Solunum Bozukluğu

**Abstract** - Obstructive Sleep Apnea is a breathing disorder characterized by repeated cessation or reduction of breathing during sleep. This can negatively affect sleep quality, leading to daytime fatigue, lack of concentration and potential health problems in patients. Polysomnography, which is among the traditional diagnostic methods, involves a long and costly test in the sleep laboratory. In this project, it has been observed that FF values increase significantly in epochs where sleep apnea is present. As a result, FF analysis can be considered as a new method for detecting sleep apnea. Therefore, researchers are focusing on alternative methods for diagnosing Obstructive Sleep Apnea.

With the use of this new method, patients' need for long-term sleep laboratory tests may decrease and the diagnostic process may become faster and more effective. This can positively impact long-term health outcomes by allowing patients to receive treatment earlier.

**Keywords** - Form factor, sleep apnea, Respiratory Disorder.

### I. GİRİŞ

Uyku apnesi, uyku sırasında solunumun en az 10 saniye boyunca durmasıyla karakterize edilen bir durumdur. Bu durum, nefes durması nedeniyle gece boyunca sık sık uyanmalara ve uyku kalitesinde bozulmalara yol açar, bu da hastaların günlük yaşamlarında sürekli uykulu olmalarına neden olabilir.

Uyku apnesi sendromu, obezite, üst solunum yollarının dar

olması ve horlama gibi faktörlere sahip bireylerde daha sık görülür. Obstrüktif uyku apnesi (OUA), santral uyku apnesi (SUA) ve mikst uyku apnesi (MUA) olmak üzere üç farklı tip uyku apnesi bulunmaktadır. Apnelerin çoğu obstrüktif tiptedir (%90-95).

Türkiye'de uyku apnesi hastalığının prevalansı yaklaşık %1-1.5 arasındadır ve 1.5 milyon hasta bulunmaktadır. Uyku apnesi, gündüz aşırı yorgunluk, performans eksikliği, kalp hastalıkları, tansiyon problemleri, horlama ve uyku sırasında ani ölümler gibi ciddi sorunlara neden olabilir, bu nedenle toplum sağlığı açısından önemlidir.

Uyku apnesi teşhisi genellikle bir hekim tarafından polisomnografi kaydıyla yapılır. Ancak, bu teşhis yöntemi nitel bir özellik taşır ve bu noktada biyomedikal mühendislik yöntemleri, uyku apnesi teşhisinde bilimsel temellere dayanan nicel bir yaklaşım sunabilir. Ayrıca, bu çalışma, klinik değerlendirme aşamasında hekimlere yardımcı olabilecek bir karar destek sistemi olarak önem taşımaktadır.

Ayrıca, bu çalışma, OUA ve SUA hastaları ile normal bireylerin EKG kayıtları üzerinde yapılan form faktör hesaplamalarının istatistiksel olarak karşılaştırılmasını içermektedir. Bu, uyku apnesinin fizyolojik olaylarla ve elektriksel ölçümlerle ilişkisinin mühendislik perspektifiyle incelenmesinin önemini vurgular.

Sonuç olarak, bu çalışma, uyku apnesinin tanı ve değerlendirmesinde mühendislik yaklaşımlarının kullanılmasının önemini vurgulamaktadır. Bu konudaki daha fazla araştırma, uyku apnesi hastalarının tanı ve tedavi süreçlerinde önemli ilerlemelere yol açabilir.

### II. YÖNTEM

Çalışmada, EKG kayıtları üzerinde form faktör analizleri gerçekleştirilecektir. Bu analizler sonucu, durağan olmayan sinyal formlarının incelenmesi için Hjorth tarafından önerilen bir yöntemeye dayanmaktadır. Bu yöntem, 1 saniyelik sinyal segmentleri için aktivite, değişkenlik ve karmaşıklık parametrelerinin hesaplanmasını içerir.

Aktivite ( $\sigma^2$ ), sinyalin varyansını temsil eder. Yani, sinyalin ne kadar hareketli veya değişken olduğunu gösterecektir. Değişkenlik ( $\mu x$ ), sinyalin birinci türeviden elde edilen sinyalin varyansının, sinyalin kendisinin varyansına oranının kareköküdür. Bu parametre, sinyalin değişkenlik derecesini ifade eder.



$$\mu_x = \left( \frac{\sigma_{x'}^2}{\sigma_x^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$FF = \left( \frac{\mu_{x'}}{\mu_x} \right)$$

Form faktörü (FF) olarak adlandırılan karmaşıklık parametresi ise, sinyalin birinci türeviden elde edilen sinyalin değişkenliğinin, sinyalin kendisinin değişkenliğine oranını temsil eder. Bu parametre, sinyalin şeklinin ne kadar karmaşık olduğunu ölçer.

Bu form faktör analizleri, EKG kayıtlarındaki sinyallerin aktivite, değişkenlik ve karmaşıklık özelliklerini değerlendirmek için kullanılmıştır. Bu parametreler, uyku apnesi hastaları ile normal bireyler arasında istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır. Bu analizler, uyku apnesinin EKG kayıtlarıyla ilişkisini anlamak ve teşhis sürecine katkıda bulunmak amacıyla yapılacaktır.

Form faktör analizi, EKG sinyalindeki R dalgalarının tespiti için kullanılan bir yöntemdir. R dalgası, QRS kompleksinin en belirgin ve yüksek noktasıdır ve kalp atımının elektriksel aktivitesini temsil eder. R dalgasının tespiti, kalp ritminin analizi ve çeşitli kardiyovasküler hastalıkların teşhisi için önemlidir.

R dalgası tespiti için birden fazla yöntem kullanılabilir ve bu yöntemler genellikle sinyal işleme algoritmalarına dayanır. Bazı yaygın kullanılan R dalgası tespit yöntemleri şunlardır:

- 1-) Eşik Değerine Dayalı Yaklaşım
- 2-) Türev (Teager Enerji Operatörü) Yaklaşım
- 3-) Wavelet Dönüşümü

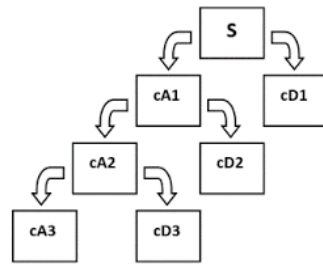
Teager enerji operatörü (TEO), genlik ve frekans modülasyonunu tahmin etmek için kullanılan bir sinyal işleme yöntemidir. TEO, non-lineer sinyallerin analizinde etkili olabilir. Bu yöntem, genlik modülasyonunun zarfını ve frekans modülasyonunun anlık frekansını elde etmek için kullanılır. Biyomedikal sinyal işleme uygulamalarında, özellikle EMG, EKG ve EEG gibi sinyallerin analizinde yaygın olarak kullanılır. TEO, sinyaldeki enerji değişimlerini ve modülasyon özelliklerini ortaya çıkararak bilgi sağlar. Ancak, TEO'nun doğru sonuçlar elde etmek için uygun parametre ayarları ve sinyal öncesi işleme adımları gerektirebilir.

$$\Psi[x(t)] \triangleq \left( \frac{dx(t)}{dt} \right)^2 - x(t) \frac{d^2x(t)}{dt^2}$$

Yukarıdaki formüldeki TEO denkleminin kesikli zaman sinyal üzerinden ifadesi aşağıdaki gibidir.

$$\Psi[x(n)] = x^2(n) - x(n+1)x(n-1)$$

TEO uygulaması, sinyal üzerindeki hızlı değişimleri (R dalgası) vurgularken, yavaş değişimleri (P ve T dalgası) baskılayarak çalışır. Bu işleme ek olarak, TEO çıkışındaki sinyalin R dalgalarının belirginleştiği noktaların tespiti için adaptif bir eşik değeri karşılaştırması yapılır. Bu şekilde, R tepe değerleri belirlenir.



$$S = cA1 + cD1$$

$$= cA2 + cD2 + cD1$$

$$= cA3 + cD3 + cD2 + cD1$$

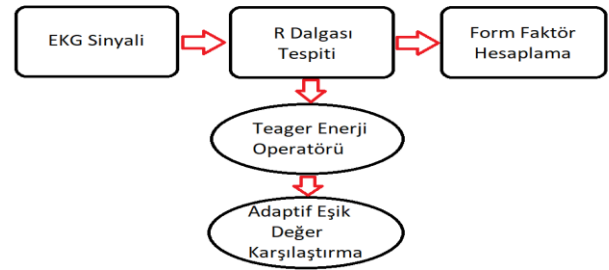
Şekil 1: Dalgacık Ayrıştırma Ağacı

İlinti analizi yöntemi, bir QRS kompleksi şablonunun seçilerek, tüm EKG kaydı boyunca bu şablona karşı korelasyon işleminin uygulanmasıyla çalışır. Bu yöntemde, normalize edilmiş çapraz ilinti analiz formülü (ÇİAF) kullanılır.

ÇİAF formülü, sinyalin QRS şablonuna olan benzerliğini ölçmek için kullanılır. Bu formül uygulandığında, QRS kompleksi içeren kısımlarda yüksek benzerlik değerleri elde edilir ve bu bölgelerde çıktı olarak 1 değeri elde edilir.

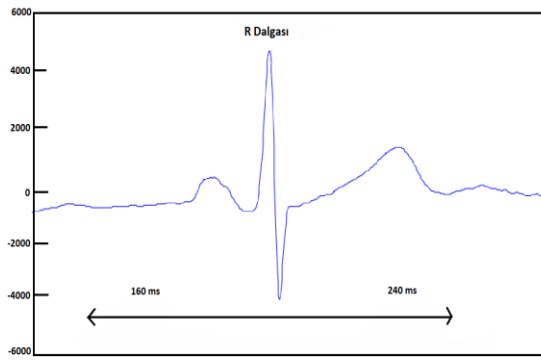
$$\text{ÇİAF} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} (tas_i - \overline{tas}) * (ekg_i - \overline{ekg})}{\sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} (tas_i - \overline{tas})^2 + \sum_{i=0}^{N-1} (ekg_i - \overline{ekg})^2}}$$

tas: QRS şablonu  
ekgi: EKG pencere  
ekg: EKG kaydı



Şekil 2: İşlem basamakları

Form faktörü analizi, her bir R dalgası için belirli bir zaman aralığında (160 ms öncesi ve 240 ms sonrası) yapılmıştır. Bu zaman aralığı, örnekleme frekansıyla ilişkilendirilerek örnek sayısı olarak ifade edilmiştir. Şekilde tek bir QRS kompleksi için FF hesaplama biçimi gösterilmiştir.



Şekil3: EKG üzerinde FF hesaplama

#### KAYNAKLAR

- [1] <https://www.medicalpark.com.tr/uyku-apnesi/hg-1727>
- [2] <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/sleep-apnea/symptoms-causes/syc-20377631>
- [3] <https://basarihastanesi.com/makale/uyku-apnesi/>
- [4] <https://bilsenbesergil.blogspot.com/p/enerji-operatoru-energy-operator.html>
- [5] <https://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/45406-teager-keiser-energy-operator-vectorized>
- [6] <https://onurbagdat.medium.com/dalgacik-d%C3%B6n%C3%BCC5%9F%C3%BCm%C3%BC-wavelet-transform-fe45524700fb>
- [7] <https://ahmetalpman.com/elektrokardiyogram-ekg/>
- [8] [https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/aile\\_6ab0d.pdf](https://www.ktu.edu.tr/dosyalar/aile_6ab0d.pdf)
- [9] <https://www.hindawi.com/journals/cmmm/2021/7152576/>
- [10] <https://www.ladydentistanchorage.com/sleep-apnea-affect-health/>
- [11] <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/8718-sleep-apnea>
- [12] <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2721270>
- [13] <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/sleep-apnea/diagnosis-treatment/drc-20377636>
- [14] <https://onurbagdat.medium.com/dalgacik-d%C3%B6n%C3%BCC5%9F%C3%BCm%C3%BC-wavelet-transform-fe45524700fb>



# Vücut Sıcaklığını Ölçen Temassız Ateş Ölçer

## Non-Contact Infrared Thermometer Measuring Body Temperature

R. TAŞCI<sup>1</sup> ve M. S. TAŞCI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, 203302009@ogr.selcuk.edu.tr

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, 203302013@ogr.selcuk.edu.tr

**Özet** – Bu çalışmada, insan sağlığı açısından önemli bir role sahip olan ateşin, basit ve etkili bir şekilde ölçülmesine olanak sağlayan temassız ateşölçerin özellikleri, tasarımı, elektronik bileşenleri ve bu bileşenleri yöneten mikrodenetleyiciye ait yazılım anlatılmıştır. Bu tür ateşölçerlerin birkaç önemli avantajı vardır, özellikle toplu alanlarda veya salgın durumlarında kullanıldığında, cihazın bir kişinin cildiyle temas etmesini engelleyerek enfeksiyon riskini azaltır, ölçümü hızlı bir şekilde gerçekleştirir. Saniyeler içinde sonuç alarak, toplu alanlarda yoğunluğun olduğu durumlarda etkili bir şekilde kullanılmalarını sağlar. Bu cihaz ile manuel şekilde ya da otomatik bir şekilde istenilen zaman dilimlerinde hastanın ateşi ölçülüp kaydedilecektir. Belirli aralıklarla otomatik olarak yapılan bu ölçümler sayesinde her seferinde değıle istenilen ölçüm sonucunda analiz yapmak mümkün olacaktır. Cihazlar temel olarak düşük güç mikrodenetleyici, temassız sıcaklık sensörü, lazer ve ekrandan oluşan gömülü sistem tasarımından oluşmaktadır.

**Anahtar kelimeler** - sıcaklık, temassız, ateşölçer, Arduino, sensör.

**Abstract** – In this study, the features, design, electronic components, and the software controlling these components of a contactless thermometer, which provides a simple and effective measurement of fever that plays a significant role in human health, are described. These types of thermometers have several important advantages, especially when used in crowded areas or during epidemic situations. They prevent the device from coming into contact with a person's skin, reducing the risk of infection, and allow for rapid measurements. Obtaining results within seconds makes them effective in situations with high population density. With this device, the patient's temperature will be measured and recorded manually or automatically at desired time intervals. Automatic measurements performed at specific intervals make it possible to analyze the results not every time but at the desired measurement point. The devices essentially consist of a low-power microcontroller, a contactless temperature sensor, a laser, and an embedded system design consisting of a screen. **Keywords** - temperature, non-contact, thermometer, Arduino, sensor.

### I. GİRİŞ

A TEŞ, immün sisteme yönelik tehdit algısına otonomik, davranışsal ve nöroendokrin cevapları içeren organizmanın normal ve koordineli yanıtıdır.[1,2]

Ateş, vücut sıcaklığının düzenlenmesine yardımcı olur. Bu, enzimlerin ve diğer biyokimyasal reaksiyonların uygun bir şekilde işlemlerini sağlar. İdeal vücut sıcaklığı, organ ve sistemlerin sağlıklı bir şekilde çalışmasına katkıda bulunur.

Ancak, vücut sıcaklığının aşırı yükselmesi (yüksek ateş), bazen ciddi sağlık sorunlarına işaret edebilir. Bu durumda, uygun tedavi ve müdahale gerekebilir. Ateşin düzenlenmesi, vücuttaki biyolojik süreçlerin dengeli bir şekilde devam etmesi için önemlidir.

Tıbbın ilk günlerinden bu yana doktorlar, insan vücudunun, genellikle ateş olarak tanımlanan anormal bir sıcaklık artışı sergileyebileceğini, hastalıkların açık bir belirtisi olarak fark etmişlerdir. 1868'de Wunderlich, sağlıklı bir insanda sıcaklığın sabit olduğunu ve hastalıkta sıcaklık değişiminin meydana geldiğini tespit etti. Allbutt termometresi ticari olarak satışa sunulan ilk pratik cihazdı. Teknoloji daha sonra termal görüntüleme gibi son derece hassas cihazlar sağlayacak şekilde geliştirildi; tıpta kullanımı hala artmaktadır.[3]

Evde kullanılan ateşölçerler, bireylerin kendi sağlıklarını takip etmelerine olanak tanır. Özellikle çocuk bakımında veya kronik hastalıkları olan bireylerde düzenli olarak vücut sıcaklığı ölçümü, sağlık durumunun kontrol altında tutulmasına yardımcı olabilir. Ateşölçerler, sağlık hizmetlerinde ve genel olarak halk sağlığıyla ilgili birçok alanda önemli bir araç olarak kabul edilir. Hızlı, hassas ve güvenilir ölçümlerle birlikte, hastalıkların erken teşhisi ve tedavi süreçlerinin etkin bir şekilde yönetilmesine olanak tanır.

Günümüzde, küresel sağlık sorunlarıyla mücadele etmek adına teknolojinin sunduğu çözümler arasında önemli bir yer tutan temassız ateşölçerler, vücut sıcaklığını hızlı ve hassas bir şekilde ölçen yenilikçi cihazlardır. Bu cihazlar, özellikle salgın hastalıkların yayılmasını önlemek ve toplum sağlığını korumak amacıyla kullanılmaktadır.

İşlevsel olarak çok farklılık olmamasına rağmen temaslı sıcaklık ölçerler için ısı transferinin civa haznesine veya termistör yönünde dengeye gelmesi vakit aldığından dolayı temassız sen-sörlerin kullanılması sıcaklık değişiminin algılanmasında daha elverişlidir.

Temassız sensörlerin diğer avantajı ise, alın ve kulak içi gibi açıkta olan bölgelerden hızlıca ölçüm alabilmeye imkân vermesidir. Böylece uzun süre bekleme, ağızdan ve koltuk altından ölçümlerde hijyen sorunu gibi istenmeyen durumların önüne geçilebilmektedir.

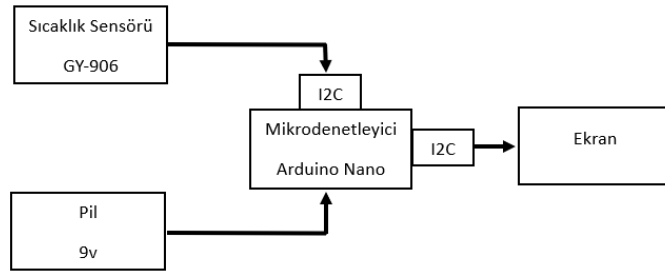
Temassız ateşölçerler, birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. Havalimanları, hastaneler, okullar, işyerleri ve toplu taşıma araçları gibi kalabalık ortamlarda, bu cihazlar hızlı bir şekilde insanların sıcaklıklarını ölçerek potansiyel

hastalık taşıyan bireyleri tespit etmeye yardımcı olabilir. Bu sayede, hastalıkların yayılmasının önüne geçilerek toplum sağlığı korunabilir.

Bu çalışmada yetişkinler ve çocuklar için vücut sıcaklığı ölçümü yapıp takibini sağlayacak temassız ateşölçer tasarımı yapılmıştır. Belirlenen aralıklarla ölçüm yapabilecek ve bu değerleri ekrana yazacak bu cihaz sayesinde sürekli olarak hasta kontrolü yerine ölçümlerin sonucu değerlendirilecek. Bu sayede hemşire ve hasta yakınına kolaylık sağlanacak.

## II. SİSTEM MIMARISI

Tasarlanan cihaz isteğe bağlı olarak anlık ateş kontrolü veya belirlenen zaman aralıklarında hastanın ateşini ölçen bir sistemdir. Bu ölçüm cihazı direkt olarak ölçümlerde anlık olarak ölçülen değeri üzerindeki ekrana yazdıracak. Kayıtlı ölçümde ise belirlenmiş aralıkta yapılan ölçüleri hafızasına kaydederek ekrana yazdıracaktır. Bu ölçüm cihazının çalışmasını izah eden blok diyagramı Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: Ölçüm cihazı blok diyagramı.

Bu cihaz için besleme kaynağı olarak bir adet 9 volt pil, sıcaklık sensörü, lazer, OLED ekran ve bu sistemi kontrol eden mikrodenetleyici kullanılmıştır. Cihaz mikrodenetleyicinin ilgili çevresel modülü (I2C) ile vücut sıcaklık değeri okunmakta ve ekrana gönderilmektedir.

Günümüzde, elektronik cihazlar arasında veri iletişimi önemli bir rol oynamaktadır. Bu iletişimi sağlayan birçok protokol bulunmaktadır ve I2C (Inter-Integrated Circuit) bunlardan biridir. I2C, özellikle sensörler, ekranlar, EEPROM'lar ve mikrodenetleyiciler arasında yaygın olarak kullanılan bir seri haberleşme protokolüdür. I2C protokolü, elektronik tasarımlarda geniş bir kullanım alanına sahiptir. Özellikle küçük boyutlu sensörler, ekranlar, ve diğer entegre devreler arasında veri iletişimi için idealdir. Robotik uygulamalardan tıbbi cihazlara kadar birçok alanda kullanılabilir.

### I2C'nin Temel Prensipleri:

#### A. İki Hatlı Haberleşme:

I2C, iki ana hat üzerinden çalışır: SCL (Serial Clock) ve SDA (Serial Data).SCL, veri iletimini senkronize etmek için kullanılır.SDA, iki yönlü veri iletimi ve alımı sağlar.

#### B. Master ve Slave Yapısı:

I2C iletişiminde bir master ve bir veya birden fazla slave bulunur.Master, iletişimi kontrol eder ve slave cihazlarla iletişim kurar.Her slave cihazın benzersiz bir adresi vardır.

#### C. Adresleme:

İletişim başladığında, master cihaz istediği slave'in adresini belirler.Her cihazın kendine özgü bir adresi bulunur, bu sayede belirli bir cihazla iletişim kurulabilir.

#### D. Başlatma ve Bitirme Koşulları:

İletişim başlamadan önce master cihaz başlatma koşulu oluşturur.İletişim tamamlandığında bitirme koşulu gerçekleşir.

Bu yazılımsal ve donanımsal olarak kullanılan malzemler haricinde kullanımı kolaylaştıracak şekilde 3D yazıcı ile alınmış dış kılıf bulunmaktadır. Kullanılan elektronik komponentler ayrıntılı olarak sonraki bölümlerde açıklanmıştır.

## II.I MİKRODENETLEYİCİ

Ölçüm cihazında, ATmega328p(Şekil 3) mikroişlemcili Arduino Nano kart(Şekil 2) kullanılmıştır. ATmega328p, geniş bir uygulama yelpazesine hitap eder ve birçok elektronik projede kullanılır. Arduino Uno ve Arduino Nano gibi Arduino kartları bu mikrodenetleyiciyi içerir. Arduino nano genellikle projelerde yer tasarrufu önemli olduğu durumlarda tercih edilir, kompakt boyutu, düşük maliyeti ve kullanım kolaylığı ile dikkat çeker. Genellikle 16 MHz çalışma frekansına sahiptir. Arduino Nano, 14 dijital I/O pinine sahiptir. Bunlardan 6 tanesi PWM (Pulse Width Modulation) çıkışları olarak kullanılabilir. 8 adet analog giriş pinine sahiptir. Programlama ve seri iletişim için bir mini USB bağlantısı vardır. 1KB EEPROM belleğe sahiptir. Genellikle 5V voltajda çalışır ve harici bir güç kaynağından (7-12V) veya USB üzerinden beslenebilir. Yaklaşık olarak 18.5 x 43.2 mm boyutlarındadır. Arduino Nano, Arduino IDE veya diğer uyumlu programlama ortamları kullanılarak programlanabilir. Arduino Nano, geniş bir projeler yelpazesinde kullanılabilir. Özellikle taşınabilir cihazlar, robotik projeler, gömülü sistemler ve prototipler için uygundur. Küçük boyutları ve düşük enerji tüketimi, çeşitli uygulamalarda avantaj sağlar.

*İletişim* :Arduino Nano, bir bilgisayarla, başka bir Arduino ile veya diğer mikrodenetleyicilerle iletişim kurma olanağı sağlayan bir dizi özelliğe sahiptir. ATmega168 ve ATmega328, dijital pinler 0 (RX) ve 1 (TX) üzerinde bulunan UART TTL (5V) seri iletişimi sağlar. Kart üzerindeki bir FTDI FT232RL, bu seri iletişimi USB üzerinden yönlendirir ve FTDI sürücülerini bilgisayardaki yazılıma sanal bir seri bağlantı noktası sağlar. Arduino yazılımı, Arduino kartı ile basit metin verilerinin gönderilip alınabilmesini sağlayan bir seri monitör içerir. Bir SoftwareSerial kütüphanesi, Nano'nun dijital pinlerinde seri iletişime olanak tanır. ATmega168 ve ATmega328 ayrıca I2C (TWI) ve SPI iletişimini destekler. Arduino yazılımı, I2C veriyolu kullanımını basitleştirmek için bir Wire kütüphanesi içerir.[4]



Şekil 2: Arduino Nano [4]



Şekil 3: Atmega328p Mikroişlemci

## II.II SICAKLIK SENSÖRÜ

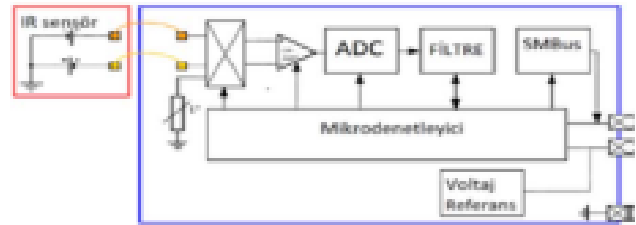
Sıcaklık sensörleri, ticari olarak bulunan optik sensörlerin büyük bir sınıfını oluşturur. Algılama işlemini gerçekleştirmek için birçok farklı fenomen vardır. Temel fiziksel teknikler arasında bir malzemenin optik yol uzunluğundaki değişiklikleri ölçmek için Fabry-Perot interferometreleri, uzaktan pirometri/siyah cisim radyasyonu izleme, Raman saçılma ve nadir toprak emilimi/floresans izleme bulunmaktadır. İki tür sıcaklık sensörü vardır: (1) dağınık ve (2) nokta sıcaklık sensörleri. Dağınık sıcaklık algılamada, Raman saçılmasını uyarlamak için bir Nd:YAG lazeri kullanılır, bu da bir optik zaman alan reflektometre (OTDR) tarafından algılanır ve ~ 30 km'ye kadar olan bir yol uzunluğu elde edilebilir. Nadir toprak katkılı malzemelerin sıcaklık sensörü olarak kullanımına dair geniş bir ilgi olmuştur. Bu malzemelerde termal enerjinin düzeninde küçük aralıklara sahip birçok enerji seviyesi çifti bilinmektedir. Pr, Nd, Sm, Eu, Ho, Er ve Yb gibi birçok nadir toprak iyonu, bu kriterleri karşılayan enerji seviyelerine sahiptir. Sensörün prensibi, ışık iletiminin sıcaklığa bağlı değişimine dayanır, bu değişim ilk olarak ilgi alanındaki dalga boyu aralığında referans sıcaklığında ölçülür ve ardından farklı sıcaklıklarda kaydedilir. Bazı spektral bölgelerde, absorpsiyon spektrumları, sıcaklık arttıkça absorbe eden geçişlerin genişlemesi ve sıcaklık arttıkça daha uzun dalga boylarına kayması nedeniyle azalır. Hassas sıcaklık algılaması için sistem, sıcaklık fonksiyonu olarak iki dalga boyunda çalışacak şekilde tasarlanmalıdır, çünkü bu durumda iki dalga boyundaki

sinyal yoğunluklarının oranını ölçmek kolay olacaktır.[5]

Vücut sıcaklığını ölçmek için GY-906 kızılötesi sıcaklık modülü kullanılmıştır. Modül üzerinde melexis markasının MLX 90614 termopil temassız sıcaklık sensörü bulunmaktadır.[6]. Bu sıcaklık sensörü -40°C ile +120°C aralığındaki sıcaklıkları ölçebilmektedir.

Kızılötesi (IR) sıcaklık sensörleri, nesnelerin yüzey sıcaklıklarını ölçmek için kızılötesi ışık kullanarak çalışan cihazlardır. Bu sensörler, nesnelerin ısı yayma özelliklerini temel olarak sıcaklık değerini belirler. Kızılötesi sıcaklık sensörleri, nesnelerin yüzeylerinden yayılan kızılötesi ışığı algılar. Nesneler, sıcaklıklarıyla orantılı olarak kızılötesi ışık yaydıkları için, sensörler bu ışığı algılayarak sıcaklık değerini belirlerler. Her nesne, belirli bir sıcaklıkta kızılötesi ışık yaymaktadır. Bu ışık, nesnenin sıcaklığına bağlı olarak değişen dalga boylarında bulunur. Kızılötesi sensörler, bu spektral özellikleri kullanarak sıcaklık ölçümü yapar.

Bu sensör 3.6 mm yarıçapında olması, kalibrasyon ve ilave bileşen gerektirmemesi sebebiyle tercih edilmiştir. IR sensör ile ölçülen değer gömülü mikrodenetleyici ile işlenerek ve filtrelenerek I2C uyumlu Smbus haberleşme protokolü ile dijital olarak sıcaklık verisini iletilmektedir. 16 bit çözünürlüklü analog dijital çeviricisi ile 0.01 çözünürlüğe ve  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ 'ye sahip doğruluğa sahiptir. I2C protokolü ile MLX 90614 sıcaklık sensörünün 0xB7 hafıza adresine ölçülüp kaydedilen sıcaklık verisi okunur [7].



Şekil 4: Sıcaklık Sensörü Blok Diyagramı

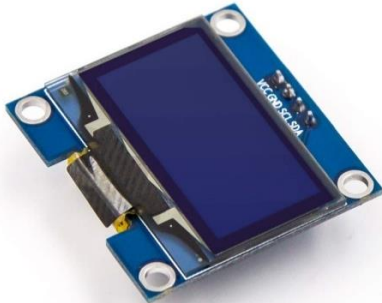
## II.III I2C OLED EKРАН

I2C OLED ekranlar, I2C (Inter-Integrated Circuit) haberleşme protokolünü kullanan ve genellikle mikrodenetleyicilere bağlanabilen bir tür ekran teknolojisidir. "OLED" (Organic Light-Emitting Diode), organik malzemelerin kullanılması nedeniyle hafif, ince ve esnek ekranlar sağlayan bir teknoloji türüdür. OLED ekranlar, organik malzemeleri kullanarak ışık yayarak çalışan bir ekran teknolojisidir. Her piksel kendine ışık üretebilir, bu nedenle arka aydınlatma olmadan yüksek kontrast ve parlaklık elde edilebilir. OLED ekranlar genellikle I2C protokolünü kullanarak mikrodenetleyicilere bağlanır. Bu, veri iletimini sadece iki tella gerçekleştirmelerine olanak tanır (SCL ve SDA hatları). OLED ekranlar genellikle monokromatik (tek renkli) olabilir, ancak bazı modeller iki renkli (genellikle beyaz ve mavi) veya çok renkli olabilir. Genellikle düşük güç tüketimine sahiptirler ve düşük voltajlarda (genellikle 3.3V veya 5V) çalışabilirler. Arduino ve diğer mikrodenetleyici platformlarında, genellikle bu tür OLED ekranlar için özel

kütüphaneler bulunur. Bu kütüphaneler, ekranın kontrolünü basitleştirmek ve grafik veya metin tabanlı veri gösterimi sağlamak için kullanılır. I2C protokolü sayesinde bu ekranlar, mikrodenetleyiciye kolayca entegre edilebilir.

#### OLED Ekran Ve Mikrodenetleyici Arasındaki I2C Bağlantısı:

- İlk olarak, ekranın VCC ve GND pinleri besleme sağlar.
- Daha sonra, SDA ve SCL hatları, mikrodenetleyiciyle I2C bağlantısı kurar.
- Mikrodenetleyici, OLED ekranına belirli bir komut veya veri gönderir.
- OLED ekranı, alınan komut veya veriye göre kendi içinde bir görüntü oluşturur.
- Oluşturulan görüntü, OLED ekranının piksellerini uygun şekilde aydınlatarak ekranda görüntülenir.



Şekil 5: I2C OLED Ekran

#### II.IV YAZILIM VE BAĞLANTILAR

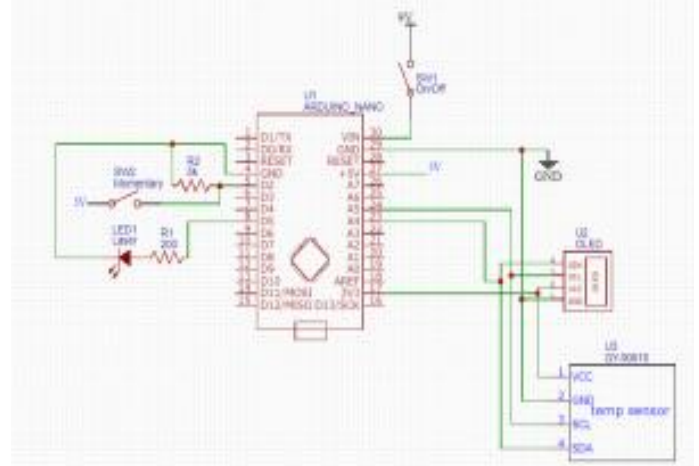
Kullandığımız OLED ekran I2C haberleşme özelliğine sahiptir. Arduionun SDA ve SCL pinlerine bağlanması gerekir. Arduino nano kartında A4 ve A5 pinleridir. A4 SDA ve A5 SCL pinidir. OLED ekran VCC pini arduino nanonun 5V pinine, GND pinide nanonun GND pinine bağlanmalıdır. MLX90514 ateş ölçer sensörümüz de yine I2C haberleşme özelliğine sahiptir. Yine SDA ve SCL pinlerine bağlanmalıdır. I2C haberleşme sisteminde aynı hat üzerine birden fazla cihaz bağlanabilir. Her cihazın bir ID si olur ve iki tel üzerinden gönderilen data sadece ilgili ID ye sahip cihaz tarafından alınır ve işlenir. Bağlantı yaparken şemadaki gibi bağlantı yaparak haberleşme ve enerji pinleri bağlanmalıdır. Kişinin ateş okutmak için yaklaştığını algılayabilmek içinde bir IR sensör kullanıyoruz. Sensörümüz bize dijital bilgi vermektedir. Kişi yaklaştığında potansiyometre ile ayarlanan mesafeye geldiğinde 0 bilgisi verir. Kişi uzaklaştığında ise 1 bilgisi verir.

#### Sistemin çalışma algoritması;

- Sisteme enerji verildiğinde kod kısmında ilk önce gerekli ayarlar yapılacak, gerekli kütüphane dosyaları (Adafruit\_GFX.h, Adafruit\_MLX90616.h, Adafruit\_SSD1306.h) çalıştırılacak.
- Ana program içerisinde IR sensör mlx.readObjectTempC() komutuyla okunacak ve ölçüm yapılacak kişi yaklaşımdıysa (Yani 1 bilgisi geliyorsa) OLED ekrana "Kişi Algılanamadı" yazısı gönderilecek.
- Eğer IR sensör kişiyi görürse (yani 0 bilgisi gönderirse) ilk önce ateş ölçer sensörden ateş bilgisi alınacak sonra bu bilgi değerlendirilecek. Eğer 37.5 dereceden büyük ise " YÜKSEK"

yazısı ekrana gönderilecek ve ateş değeri yazılacak. 37.5 dereceden küçük ise "NORMAL" yazısı ekrana gönderilecek ve ölçülen değer ekrana yazılacak. Yazıların okunabilmesi için kısa bir süre ekranda kalması sağlanacak.

- Kod tekrar IR sensörü okuduğu ana programa dönecek.



Şekil 5: Bağlantı şeması

#### III. SONUÇ

Ateş ölçerler, sağlık alanında önemli bir rol oynamakta ve hastalıkların erken teşhisinde kritik bir araç olarak kabul edilmektedir. Özellikle bulaşıcı hastalıkların kontrolü açısından toplu alanlarda ve sağlık kuruluşlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Temasız ateş ölçerlerin, kullanıcıya minimal rahatsızlık veren bir ölçüm yöntemi sunması ve hızlı sonuçlar elde etme kabiliyeti, bu cihazların popülerliğini artırmıştır. Ancak, ateş ölçerlerin kullanımında doğru ölçümler elde etmek için doğru yöntemlerin kullanılması ve cihazların düzenli olarak kalibre edilmesi önemlidir. Ayrıca, ateşin sadece bir belirti olabileceği unutulmamalı ve diğer sağlık göstergeleri ile birlikte değerlendirilmelidir. Sonuç olarak, ateş ölçerler, sağlık sektöründe ve bireylerin kendi sağlıklarını takip etmelerinde önemli bir rol oynayan teknolojik araçlardır. Sürekli olarak gelişen teknoloji ile birlikte, daha da hassas, kullanıcı dostu ve entegre özelliklere sahip ateş ölçerlerin gelecekteki sağlık teknolojilerinde daha da önemli bir konuma sahip olması beklenmektedir.

#### KAYNAKLAR

- [1] American Academy of Pediatrics (AAP) [Online]. Fever- how to take a temperature. Available from: <http://www.medem.com>, (Accessed 2013 August 25).
- [2] Robinson JL. Body temperature measurement in paediatrics: Which gadget should we believe? *Paediatr Child Health* 2004;9(7):457-459.
- [3] Grodzinsky, E., & Sund Levander, M. (2020). History of the thermometer. *Understanding Fever and Body Temperature: A Cross-disciplinary Approach to Clinical Practice*, 23-35.
- [4] Nano, A. (2018). *Arduino Nano. A MOBICON Company*.
- [5] Rai, V. K. (2007). Temperature sensors and optical sensors. *Applied Physics B*, 88, 297-303.
- [6] Melexi MLX90614 kılavuzu, [https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/MLX90614\\_rev001.pdf](https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/MLX90614_rev001.pdf), Erişim Haziran 2016.
- [7] Mert A., Seçkin Ö. ve Akan A., "Sürekli vücut sıcaklığı ölçümü için biyoteleometri cihaz tasarımı", *TIPTEKNO* 2014, 2014, 312-315.

# Sağlıklı Bir Yaşam İçin İlaç Takip Sistemi Medication Tracking System For A Healthy Life

Ü. YILMAZ<sup>1</sup>, A. M. KARAKOÇOĞLU<sup>2</sup> ve A. B. ESER<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, 21312018@ogr.selcuk.edu.tr

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/ Türkiye, 202312049@ogr.selcuk.edu.tr

<sup>3</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/ Türkiye, 203312066 @ogr.selcuk.edu.tr

**Özet** - Sağlık kurumlarında hasta güvenliğinin sağlanması en önemli konulardan biridir. Sağlık alanında yapılan çalışmalar sonucunda ilaç hatalarında ortaya çıkan en önemli sorun ilaç yönetim süreciyle ilgili olduğu saptanmıştır. İlaç takip sistemine ihtiyaç duyulmasının en önemli sebebi ilaç hatalarını önleyerek hastaya daha güvenli bir yaşam sunmaktır. Bu araştırmanın amacı sağlık kurumlarının sağlık yönetimini kolaylaştırarak hastalara daha güvenli ve kaliteli bir sağlık hizmeti sunmaktır. İlaç takip sistemiyle aynı zamanda yanlış ilaç kullanımı önlenmiş olacaktır. Bu durumda sağlık harcamaları azalarak tasarruf yoluna da gidilmiştir.

**Anahtar Sözcükler** - İlaç Takip Sistemi, Sağlık Kuruluşları, Sağlık Yaşam

**Abstract** - Ensuring patient safety is one of the most important issues in healthcare institutions. As a result of studies conducted in the field of health, it has been determined that the most important problem arising from medication errors is related to the medication management process. The most important reason for needing a medication tracking system is to provide a safer life to the patient by preventing medication errors. The aim of this research is to provide safer and higher quality healthcare services to patients by facilitating the health management of healthcare institutions. With the medication tracking system, incorrect medication use will also be prevented. In this case, health expenditures decreased and savings were made.

**Key Words** - Pharmaceutical Tracking System, Health Institutions, Healthy Life

## I. GİRİŞ

İnsan var olduğundan beri sağlıklı olmak için her zaman çaba harcamışsa da türlü sebeplerle hasta olmaktan kurtulamamıştır[1]. Hastalık tedavisinde genellikle kullanılan tedavi yöntemi ilaçla tedavidir. İlacın taklidinin üretilmesi, kötüye kullanılması, kaçakçılığın yapılması ve yasal olmayan yollarla satışını kapsamaktadır. Bütün bu uygulamalar insan sağlığını çok ciddi olarak tehdit etmektedir.

Günümüzde sağlık sektörü, teknolojik ilerlemelerin hız kesmeden devam ettiği bir döneme şahitlik ediyor. Bu ilerlemelerin merkezinde yer alan bir konu ise ilaç takip sistemleri. İlaç takip sistemleri, ilaçların üretiminden dağıtımına, depolanmasından hastaya ulaşana kadar geçen süreci daha güvenli ve etkili bir şekilde yönetmeyi amaçlayan bir dizi teknolojik çözümü içerir. Bu sistemler, sağlık hizmetlerinde kaliteyi artırmak, hataları en aza

indirmek ve hasta güvenliğini maksimum seviyeye çıkarmak amacıyla tasarlanmıştır. Son yıllarda yaşanan küresel ekonomik krizler nedeniyle tüm dünya ülkelerinde çeşitli ekonomik önlemler alınmaya başlanmıştır. Bu önlemlerin taslağı 45 yıl önce oluşturulmuş ve son 25 yılda özellikle ilaç alanında sağlık programlarının ekonomik değerlendirmelerine ilgi artmıştır[3].

1995-2002 yılları arasında kullanılan ilaç kutu sayısı artışı %24, buna karşın kamu ilaç harcamasında %170 artış yaşanmakta iken, 2002-2010 yılları arasında ilaç kutu sayısı artışı %122, buna karşın kamu ilaç harcamasında sadece %21 artış olduğu gözlemlenmiştir[4].

İlaç takip sistemleri, ilaçların üretiminden başlayarak tüm süreç boyunca ilacın izlenebilirliğini sağlamak üzere geliştirilmiş bir dizi entegre teknolojik çözümden oluşur. Bu sistemler, ilaçların hammaddeden nihai ürüne kadar olan yolculuğunu anlık olarak kaydedebilme, stok yönetimini optimize edebilme ve hasta özelleştirmesini mümkün kılabilme gibi özelliklere sahiptir. "Takip ve izleme" (Track & Trace), birçok alanda her bir ürünün geçmiş ve güncel konumu gibi bilgilerin kayıt altında tutulmasıdır[4]. Bu alan da kullanılan yöntemlerden ilki (Ürün izleme), gerçek zamanlı bir veri tabanında bütün ürünlerin raporlarının tutulmasıdır. Diğer bir yöntem de ürünün depolara girişinin ve depolardan çıkışının kayıt altına alınmasıdır (Süreç izleme). Bu yöntemde tutarlılık önemli bir görevdir. Bu sistemler, genellikle barkodlar, RFID (Radyo Frekansı Tanımlama) etiketleri ve izleme yazılımları gibi teknolojik bileşenleri içerir. Bu sayede ilaç paketlerinin, kutularının veya şişelerinin her biri benzersiz bir kimlikle izlenebilir ve bu sayede her bir ürünün nerede olduğu ve hangi aşamada olduğu sürekli olarak kayıt altında tutulabilir. Teknolojik ilerlemeler, sağlık sektöründe bir devrim yaratıyor. İlaç takip sistemleri, bu devrimin bir yansıması olarak ortaya çıkıyor ve geleneksel ilaç yönetim süreçlerini daha etkin ve verimli hale getiriyor. Bu sistemler, bir yandan hataları en aza indirirken diğer yandan da sağlık profesyonellerine daha güçlü bir veri analizi aracı sunarak tedavi süreçlerini optimize etmelerine yardımcı oluyor. İlaç takip sistemleri, gelişen teknolojiyle birlikte daha da sofistike hale gelmektedir. Nesnelerin İnterneti (IoT) ve yapay zeka (AI) gibi teknolojilerin entegrasyonu, ilaç takip sistemlerinin daha verimli çalışmasına ve daha fazla veri analizi yapabilmesine olanak tanımaktadır. Bu, sağlık profesyonellerinin hastalarına daha hızlı ve kişiselleştirilmiş hizmetler sunmalarına yardımcı olur. Sağlık hizmetlerindeki hataların büyük bir kısmı ilaç



yönetimi aşamasında ortaya çıkar. İlaç takip sistemleri, dozaj hatalarını, yanlış ilaç uygulamalarını ve stok eksikliklerini önleyerek hasta güvenliğini artırır. Aynı zamanda, sağlık profesyonellerine daha fazla bilgi sunarak tedavi süreçlerini daha etkili bir şekilde planlamalarına imkan tanır. Bu etkin ve etkili çalışma sayesinde ortaya çıkan İTS ile kutu bazında takip yapıldığı için geri çekme konusunda derhal ve anında müdahale ile insan sağlığı açısından olası riskler büyük oranda ortadan kaldırılmıştır. Her ilaç kutusunun bir ürün geçmişi oluşturularak sağlık sektöründeki kötü niyetli girişimler daha yapılmadan önlenmiş ve bu girişimlere karşı tedbirler alınmıştır[5].

## II. İLAÇ TAKİP SİSTEMİNİN ÇALIŞMASI

İlaç takip sistemleri, bir ilacın üretim aşamasından başlayarak depolanması, dağıtımı ve hastaya ulaşana kadar olan süreçte ilacın izlenebilirliğini ve yönetimini sağlamak için tasarlanmıştır. İşte genel olarak ilaç takip sistemlerinin nasıl çalıştığına dair ana adımlar:

### A. Üretim ve İzleme

İlaç takip süreci genellikle üretim aşamasında başlar. Her bir ilaç paketi, şişesi veya kutusu benzersiz bir tanımlayıcıya sahip olacak şekilde etiketlenir. Bu tanımlayıcı, barkod, QR kodu veya RFID etiketi gibi teknolojik çözümlerle sağlanabilir.

Üretim sürecinde, ilaç takip sistemi, her bir ilacın üretim aşamasındaki ilerlemesini kaydederek ve takip ederek izlenebilirlik sağlar.

### B. Depolama ve Dağıtım:

İlaç takip süreci genellikle üretim aşamasında başlar. Her bir ilaç paketi, şişesi veya kutusu benzersiz bir tanımlayıcıya sahip olacak şekilde etiketlenir. Bu tanımlayıcı, barkod, QR kodu veya RFID etiketi gibi teknolojik çözümlerle sağlanabilir.

Üretim sürecinde, ilaç takip sistemi, her bir ilacın üretim aşamasındaki ilerlemesini kaydederek ve takip ederek izlenebilirlik sağlar.

### C. Eczane ve Sağlık Kuruluşları:

Eczaneler ve sağlık kuruluşları ilaçları alırken, ilaç takip sistemleri, her bir ürünün hangi eczaneye veya sağlık kuruluşuna gittiğini ve bu yerlerde nasıl işlendiğini izler.

Eczanelerde, ilaç takip sistemleri reçeteli ilaçları doğru hastaya yönlendirir ve dozajı kontrol eder.

### D. Hasta Kullanımı:

Hastalar ilaçlarını aldıklarında, ilaç takip sistemi bu aşamayı da izler. Hasta, ilacın ne zaman alındığı, dozajı ve diğer önemli bilgiler hakkında veri sağlar.

Bazı durumlarda, ilaç takip sistemleri, hastalara ilaç alımını hatırlatmak veya ilaç etkileşimleri hakkında uyarılar göndermek gibi interaktif özelliklere de sahip olabilir.

### E. Veri Analizi ve Raporlama:

İlaç takip sistemi, topladığı verileri analiz eder ve raporlar oluşturur. Bu raporlar, stok durumu, ilaç kullanımı, hastalara özgü tedavi protokolleri ve ilaç

etkileşimleri gibi konularda sağlık profesyonellerine değerli bilgiler sunar.

İlaç takip sistemleri, bu adımları entegre bir şekilde çalışarak sağlık sektöründe hataları en aza indirmeyi, ilaç güvenliğini artırmayı ve tedavi süreçlerini optimize etmeyi amaçlar. Teknolojik ilerlemelerle birlikte, bu sistemler daha da gelişmekte ve sağlık hizmetlerinde daha etkin bir rol oynamaktadır.

## III. CİHAZIN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Geliştirdiğimiz ilaç takip sistemi, kullanıcılara STM32-CAM kartını kullanarak ilaç takibini kolaylaştıran bir çözüm sunmaktadır. Buzzer ile işitsel uyarı, LED ile görsel uyarı gibi özellikler sisteme entegre edilmiştir. Bu sayede kullanıcılar, ilaçlarını düzenli bir şekilde almamayı unuturlarsa, sistem tarafından bilgilendirilirler. STM32-CAM kartının kamera özellikleri, kullanıcılara ilaçlarının anlık görüntülerini çekme ve kaydetme imkânı tanır. Bu özellik, ilaç takibini gerçekleştirirken kullanıcıların ilaç miktarını ve tüketimini etkili bir şekilde gözlemlemelerine olanak sağlar.

Sistem, online platform Blynk üzerinden takip edilebilir. Kullanıcılar, mobil cihazlarından Blynk uygulamasını kullanarak ilaç takip sistemini uzaktan kontrol edebilir ve ilaç alımında herhangi bir aksaklık olduğunda anında haberdar olabilirler. Bu yenilikçi ilaç takip sistemi, sağlık alanında teknolojiyi kullanarak ilaç takibini daha güvenilir ve kullanıcı dostu hale getirir.

STM32-CAM kartının sunduğu kamera özellikleri ve Blynk platformu üzerinden sağlanan online erişim ile sesli-görsel uyarı özellikleri, kullanıcıların ilaç takiplerini daha etkili bir şekilde gerçekleştirmelerine ve sağlık durumlarını daha iyi kontrol etmelerine yardımcı olur. Kullanıcılar ayrıca Blynk üzerinden ufak birkaç ayarlamadan sonra manuel olarak LED ve buzzer'ı kontrol edebilirler.

Sistem, STM32-CAM kartını debugger modunda kullanarak öncelikle telefon veya bilgisayarla aynı Wifi ağına bağlanmalıdır. Kartı programlamak için GND ve IOD bacakları kısa devre olmalıdır. Program yüklendikten sonra ise çalıştırmak için reset butonuna basılmalıdır. Arduino IDE 'deki "serial monitor" kısmında Wifi ağına başarılı bir şekilde bağlanıp bağlanılmadığı ve diğer ayarlarda herhangi bir sorun olup olmadığı kolayca görülebilir.

Kod derleme sürecinde karşılaştığımız hata bizi baya uğraştırdı ama yazdığımız kodla alakalı olmayıp ESP32-CAM kartının Arduino IDE sürüm uyumsuzluğundan kaynaklanmaktaydı. Önemli olan bu hatayı en kısa sürede tespit edip düzeltmek oldu. Tasarladığımız projede 3D yazıcı ile kamerayı muhafaza etmek adına STM32-CAM kartı için bir kutu ve ilaç kutusunu çevreleyen LED'li bir proje yapmayı düşünüyoruz. Son olarak, yapacağımız projenin maliyetini olabildiğince düşük tutmak istiyoruz; böylece herkesin erişebileceği bir çözüm sunmayı hedefliyoruz.

#### IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

İlaç takip sistemleri, sağlık sektöründe önemli bir dönüşüm sağlayarak ilaç yönetimini daha etkin, güvenli ve izlenebilir hale getiriyor. Bu sistemlerin uygulanmasıyla birlikte ortaya çıkan çeşitli avantajlar ve kazanımlar, sağlık hizmetlerinin kalitesini artırırken, hataları en aza indirerek hasta güvenliğini maksimum seviyeye çıkarmaktadır. İlaç takip sistemleri, hataları minimuma indirme ve izlenebilirlik sağlama konusundaki başarılarıyla dikkat çeker. Bu sistemler, hastaların doğru dozda ilaç almasını güvence altına alarak tedavi süreçlerini daha etkili hale getirir. Sistem, stok yönetimini optimize ederek israfı önler ve ilaç maliyetlerini daha etkili bir şekilde yönetmeyi sağlar. Otomatik uyarılar sayesinde stok eksiklikleri önceden belirlenerek önlem alınabilir. Her bir ilaç paketinin benzersiz bir tanımlayıcıya sahip olması, ilaçların üretim aşamasından hastaya ulaşana kadar geçen tüm sürecin izlenebilir olmasını sağlar. Bu da sağlık profesyonellerine daha güvenilir bir bilgi akışı sunar.

İlaç takip sistemleri, farklı sağlık hizmeti sağlayıcıları arasında daha etkili bir işbirliğine olanak tanıyan entegre bir yapıya sahip olmalıdır. Eczaneler, hastaneler ve üreticiler arasında bilgi paylaşımını kolaylaştırmak için standart protokoller geliştirilmelidir. İlaç takip sistemleri, hastaların kişisel sağlık bilgilerini güvenli bir şekilde saklamalı ve bu verilere yetkisiz erişimleri önlemek için güçlü güvenlik önlemleri içermelidir. Sağlık profesyonelleri, ilaç takip sistemlerinin etkili kullanımı

konusunda düzenli olarak eğitilmeli ve bu sistemlerin potansiyel avantajları konusunda bilinçlendirilmelidir. İlaç takip sistemleri, yapay zeka, nesnelerin interneti ve diğer yenilikçi teknolojilerle entegre edilerek daha da geliştirilmelidir. Bu, sistemlerin daha akıllı ve öngörülebilir hale gelmesini sağlar. Sonuç olarak, ilaç takip sistemleri, sağlık sektörünü daha güvenli, daha etkin ve daha sürdürülebilir hale getirmek adına önemli bir araçtır. Bu sistemlerin başarıyla uygulanması için sürekli gelişim ve işbirliği önemlidir, bu da gelecekte sağlık hizmetlerinin kalitesini artırmaya devam edecektir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Sağlık Tanımı Başaçıklama – Coşkun KESGİN, Ahmet TOPUZOĞLU / Journal of İstanbul Kültür University 2006/3 pp 47-49 / <http://www.iku.edu.tr/TR/iku>
- [2] Pharmacoeconomics. 1996 Aug;10(2): 114- 22. Economic evaluation in healthcare. A brief history and future directions. Blumenschein K, Johannesson M. / College of Pharmacy, University of Kentucky, Lexington, USA
- [3] T.C. Sağlık Bakanlığı 2011 Mali Yılı Bütçesinin T.B.M.M. Genel Kurulu'na Sunumu (17.12.2010) – Prof. Dr. Recep AKDAĞ
- [4] Track and Trace - Traceability: Giving every product an authentic identity, Package Printing, June 1, 2008 / [http://en.wikipedia.org/wiki/Track\\_and\\_trace](http://en.wikipedia.org/wiki/Track_and_trace)
- [5] “European Federation of Pharmaceutical Industries and Associations / On the Way to a Pan-European Medicines Verification System (24.11.2011) – Dr. Stephan Artlich – Istanbul



# Akciğer Tomografisi Görüntülerinde Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Nodül Tespiti Ve Yapay Zekâ İle Nodüllerin Nitelendirilmesi

## Nodule Detection in Lung Tomography Images using Image Processing Techniques and Artificial Intelligence for Nodule Characterization

A. T. KAÇAR

Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, tkacar422@gmail.com

**Özet** - Bu makale, akciğer tomografisi görüntülerinde görüntü işleme ve yapay zeka tekniklerinin kullanılması ile nodül tespiti ve nitelendirilmesi konusunu incelemektedir. Makale, akciğer kanserinin erken teşhisi ve tedavisi için önemli bir uygulama alanı olan bu konunun amacını, faydalarını, yöntemlerini, performansını, katkılarını, sınırlılıklarını ve önerilerini anlatmaktadır. Makale, dört bölümden oluşmaktadır: İlk bölümde, giriş yapılmıştır. Bu bölümde, akciğer kanseri ve nodüllerin önemi, görüntü işleme ve yapay zeka tekniklerinin akciğer tomografisi görüntülerinde kullanılmasının amacı ve faydaları, makalenin kapsamı ve yapısı anlatılmıştır. İkinci bölümde, akciğer tomografisi görüntülerinin ön işleme aşaması anlatılmıştır. Bu bölümde, görüntülerin kalitesini artırmak, gürültüyü azaltmak, kontrastı geliştirmek ve bölütleme için hazırlık yapmak amacıyla uygulanan gürültü azaltma, kontrast geliştirme ve bölütleme teknikleri sunulmuştur. Üçüncü bölümde, akciğer tomografisi görüntülerinde nodül tespiti yöntemleri sunulmuştur. Bu bölümde, görüntüdeki nodülleri belirlemek ve sınıflandırmak için kullanılan morfolojik işlemler, öznelik çıkarımı ve sınıflandırma algoritmaları açıklanmıştır. Dördüncü bölümde, akciğer tomografisi görüntülerinde nodüllerin nitelendirilmesi yöntemleri açıklanmıştır. Bu bölümde, görüntüdeki nodüllerin şekil, boyut, yoğunluk ve konum gibi özelliklerini belirlemek ve nodüllerin benign veya malign olma durumunu tahmin etmek için kullanılan derin öğrenme algoritmaları anlatılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Akciğer tomografisi, görüntü işleme, yapay zeka, nodül tespiti, nodül nitelendirilmesi, derin öğrenme.

### I. GİRİŞ

Akciğer kanseri, dünyada en sık görülen ve en çok ölüme neden olan kanser türüdür. Dünya Sağlık Örgütü'nün verilerine göre, 2020 yılında akciğer kanserinden yaklaşık 1,8 milyon kişi hayatını kaybetmiştir. Akciğer kanserinin erken teşhisi ve tedavisi, hastaların yaşam kalitesi ve süresi açısından büyük önem taşımaktadır. Akciğer kanserinin en önemli belirtilerinden biri, akciğer dokusunda oluşan nodüllerdir. Nodüller, akciğerdeki normal dokudan farklı yoğunlukta olan küçük kitlelerdir. Nodüllerin boyutu, şekli, yoğunluğu ve konumu, kanserli olup olmadıkları hakkında ipuçları verebilir.

Akciğer tomografisi, akciğer dokusunun kesitsel

görüntülerini elde etmek için kullanılan bir görüntüleme yöntemidir. Akciğer tomografisi görüntüleri, nodüllerin tespiti ve nitelendirilmesi için önemli bir kaynak sağlar. Ancak, akciğer tomografisi görüntülerinin elle incelenmesi hem zaman alıcı hem de hata yapmaya açık bir süreçtir. Bu nedenle, akciğer tomografisi görüntülerinde görüntü işleme ve yapay zeka tekniklerinin kullanılması, nodüllerin otomatik olarak tespit edilmesi ve nitelendirilmesi için etkili ve verimli bir yol sunmaktadır.

Bu makalenin amacı, akciğer tomografisi görüntülerinde görüntü işleme ve yapay zeka tekniklerinin nasıl kullanıldığını anlatmak ve bu tekniklerin nodül tespiti ve nitelendirilmesi performansını değerlendirmektir. Makale, dört bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, giriş yapılmıştır.

İkinci bölümde, akciğer tomografisi görüntülerinin ön işleme aşaması anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, akciğer tomografisi görüntülerinde nodül tespiti yöntemleri sunulmuştur. Dördüncü bölümde, akciğer tomografisi görüntülerinde nodüllerin nitelendirilmesi için kullanılan yapay zeka teknikleri açıklanmıştır. Son bölümde, sonuç ve öneriler verilmiştir.

### II. AKCİĞER TOMOGRAFİSİ GÖRÜNTÜLERİNİN ÖN İŞLEME AŞAMASI

Akciğer tomografisi görüntülerinin nodül tespiti ve nitelendirilmesi için kullanılabilmesi için, öncelikle görüntülerin ön işleme aşamasından geçirilmesi gerekmektedir. Ön işleme aşaması, görüntülerin kalitesini artırmak, gürültüyü azaltmak, kontrastı geliştirmek ve bölütleme için hazırlık yapmak amacıyla uygulanan bir dizi işlemde oluşmaktadır. Ön işleme aşamasında kullanılan başlıca teknikler şunlardır: [1]

- Gürültü azaltma teknikleri: Gürültü, görüntüdeki istenmeyen veya anlamsız piksellerdir. Gürültü, görüntü kalitesini düşürür ve nodül tespitini zorlaştırır. Gürültü azaltma teknikleri, görüntüdeki gürültüyü filtreleyerek veya yumuşatarak görüntüyü iyileştirmeyi amaçlar. Gürültü azaltma teknikleri arasında ortalama filtre, medyan filtre, Gauss filtre,

Wiener filtre, anizotropik difüzyon ve dalgalet dönüşümü gibi yöntemler bulunmaktadır. [2]

- Kontrast geliştirme teknikleri: Kontrast, görüntüdeki piksellerin parlaklık değerleri arasındaki farktır. Kontrast, görüntüdeki ayrıntıları ortaya çıkarmak ve görüntüyü daha net görmek için önemlidir. Kontrast geliştirme teknikleri, görüntüdeki kontrastı artırmak için piksel değerlerini değiştirir. Kontrast geliştirme teknikleri arasında histogram eşitleme, adaptif histogram eşitleme, logaritmik dönüşüm, sigmoid dönüşüm, gamma dönüşümü ve Retinex gibi yöntemler bulunmaktadır. [3]
- Bölütleme teknikleri: Bölütleme, görüntüyü anlamlı bölgelere ayırmak için kullanılan bir işlemdir. Bölütleme, görüntüdeki ilgi alanlarını belirlemek ve arka planı ayırt etmek için gereklidir. Bölütleme teknikleri, görüntüdeki pikselleri benzerlik, bağlantı, yoğunluk veya kenar gibi kriterlere göre gruplandırır. Bölütleme teknikleri arasında eşikleme, bölge büyütme, bölge bölme-birleştirme, yuvarlaklık analizi, kenar tespiti, su bölgesi algoritması ve yapay sinir ağları gibi yöntemler bulunmaktadır.

Ön işleme aşaması, akciğer tomografisi görüntülerinin nodül tespiti ve nitelendirilmesi için önemli bir adımdır. Ön işleme aşamasında kullanılan tekniklerin seçimi ve parametreleri, görüntülerin özelliklerine ve hedeflere göre değişebilir. Ön işleme aşamasının sonucunda, görüntüler daha net, daha kontrastlı ve daha bölütlenebilir hale gelir. [4]

### III. AKCIĞER TOMOGRAFİSİ GÖRÜNTÜLERİNDE NODÜL TESPİTİ

Akciğer tomografisi görüntülerinin ön işleme aşamasından sonra, nodül tespiti aşamasına geçilir. Nodül tespiti, görüntüdeki nodülleri belirlemek ve sınıflandırmak için kullanılan bir işlemdir. Nodül tespiti, görüntü işleme ve yapay zeka tekniklerinin bir kombinasyonunu içerir. Nodül tespiti aşamasında kullanılan başlıca yöntemler şunlardır:

- Morfolojik işlemler: Morfolojik işlemler, görüntüdeki şekilleri değiştirmek veya iyileştirmek için kullanılan işlemlerdir. Morfolojik işlemler, görüntüdeki nodülleri ayırt etmek ve arka plandan ayırtmak için kullanılır. Morfolojik işlemler arasında erozyon, genişleme, açma, kapama, iskeletleştirme, doldurma gibi yöntemler bulunmaktadır. [5]
- Öznitelik çıkarımı: Öznitelik çıkarımı, görüntüdeki nodüllerin karakteristik özelliklerini tanımlamak için kullanılan bir işlemdir. Öznitelik çıkarımı, nodüllerin şekil, boyut, yoğunluk, konum, doku gibi özelliklerini belirler. Öznitelik çıkarımı, nodüllerin sınıflandırılması için gerekli verileri sağlar. Öznitelik çıkarımı için kullanılan yöntemler arasında kenar tespiti, kontur çizimi, moment hesaplama, gri seviye ko-matris, dalgacık dönüşümü gibi yöntemler bulunmaktadır. [6]
- Sınıflandırma algoritmaları: Sınıflandırma algoritmaları, görüntüdeki nodüllerin benign veya malign olma durumunu tahmin etmek için kullanılan öğrenme algoritmalarıdır. Sınıflandırma algoritmaları, nodüllerin özniteliklerini girdi olarak

alır ve çıktı olarak bir sınıf etiketi verir. Sınıflandırma algoritmaları, nodüllerin kanserli olup olmadığını belirlemek için kullanılır. Sınıflandırma algoritmaları arasında karar ağaçları, destek vektörü makinesi, yakın komşuluk sınıflandırması, diskriminant analizi, yapay sinir ağları, derin öğrenme gibi yöntemler bulunmaktadır. [6] [7]

Nodül tespiti aşaması, akciğer tomografisi görüntülerinin nodül nitelendirilmesi için önemli bir adımdır. Nodül tespiti aşamasında kullanılan yöntemlerin seçimi ve parametreleri, görüntülerin özelliklerine ve hedeflere göre değişebilir. Nodül tespiti aşamasının sonucunda, görüntülerdeki nodüller belirlenir ve sınıflandırılır. [8]

### IV. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu makalede, akciğer tomografisi görüntülerinde görüntü işleme ve yapay zeka tekniklerinin kullanılması ile nodül tespiti ve nitelendirilmesi konusu ele alınmıştır. Akciğer tomografisi görüntülerinin nodül tespiti ve nitelendirilmesi, akciğer kanserinin erken teşhisi ve tedavisi için önemli bir uygulama alanıdır. Bu alanda kullanılan teknikler, görüntülerin kalitesini artırmak, gürültüyü azaltmak, kontrastı geliştirmek, bölütleme yapmak, nodüllerin özelliklerini belirlemek, nodüllerin benign veya malign olma durumunu tahmin etmek gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Bu tekniklerin performansı, doğruluk, hassasiyet, duyarlılık gibi kriterlere göre değerlendirilmektedir.

Bu çalışmanın katkıları, akciğer tomografisi görüntülerinde görüntü işleme ve yapay zeka tekniklerinin kullanımını anlatmak, bu tekniklerin nodül tespiti ve nitelendirilmesi performansını değerlendirmek ve bu alanda yapılan çalışmaları özetlemek olarak sayılabilir. Bu çalışmanın sınırlılıkları, akciğer tomografisi görüntülerinin nodül tespiti ve nitelendirilmesi için kullanılan tekniklerin çeşitliliği, görüntülerin kalitesi, nodüllerin özellikleri, veri setlerinin büyüklüğü ve dağılımı, algoritmaların parametreleri ve değerlendirme kriterleri gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Bu faktörler, tekniklerin performansını etkileyebilir ve sonuçları değiştirebilir. [9]

Bu makalede, akciğer tomografisi görüntülerinde görüntü işleme ve yapay zeka tekniklerinin kullanılması ile nodül tespiti ve nitelendirilmesi konusu incelenmiştir. Bu konu, akciğer kanserinin erken teşhisi ve tedavisi için önemli bir uygulama alanıdır. Bu alanda kullanılan teknikler, görüntülerin kalitesini artırmak, gürültüyü azaltmak, kontrastı geliştirmek, bölütleme yapmak, nodüllerin özelliklerini belirlemek, nodüllerin benign veya malign olma durumunu tahmin etmek gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Bu tekniklerin performansı, doğruluk, hassasiyet, duyarlılık gibi kriterlere göre değerlendirilmektedir. Gelecek çalışmalar için öneriler, akciğer tomografisi görüntülerinde görüntü işleme ve yapay zeka tekniklerinin kullanımını geliştirmek, bu tekniklerin nodül tespiti ve nitelendirilmesi performansını artırmak ve bu alanda yeni yöntemler ve uygulamalar geliştirmek olarak belirtilebilir. Bu amaçlarla, şu adımlar atılabilir: [10]

- Akciğer tomografisi görüntülerinin kalitesini ve çözünürlüğünü artırmak için yeni görüntüleme teknolojileri kullanmak.

- Görüntü işleme ve yapay zeka tekniklerinin bir arada kullanıldığı sistemleri optimize etmek ve hızlandırmak için yeni algoritmalar ve donanımlar geliştirmek.
- Derin öğrenme algoritmalarının nodül nitelendirilmesi performansını artırmak için daha büyük ve çeşitli veri setleri kullanmak ve daha karmaşık ve esnek yapay sinir ağları tasarlamak.
- Nodül nitelendirilmesi sonuçlarını doğrulamak ve iyileştirmek için klinik veriler ve uzman görüşleri ile karşılaştırmak ve geri bildirim almak.
- Nodül tespiti ve nitelendirilmesi sonuçlarını kullanarak, akciğer kanserinin erken teşhisi ve tedavisi için yeni stratejiler ve protokoller geliştirmek.

### KAYNAKLAR

- [1] A. Kaya, M. Çetin, "Akciğer tomografisi görüntülerinde görüntü işleme ve yapay zeka tekniklerinin kullanılması ile nodül tespiti ve nitelendirilmesi", Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2019, cilt 23, sayı 2, s. 1-12.
- [2] E. Özdemir, "Akciğer Kanserinin Tespit Edilmesinde Derin Öğrenme Algoritmalarının Kullanılması", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 2020.
- [3] S. Özdemir, "Akciğer Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinde Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Nodül Tespiti Ve Yapay Zeka İle Nodüllerin Nitelendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2018.
- [4] S. Özdemir, A. Kaya, M. Çetin, "Akciğer Tomografisi Görüntülerinde Nodül Tespiti ve Nitelendirilmesi", 2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2018, s. 1-4.
- [5] E. Özdemir, S. Özdemir, A. Kaya, M. Çetin, "Akciğer Kanserinin Tespit Edilmesinde Derin Öğrenme Algoritmalarının Kullanılması", 2020 28th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2020, s. 1-4.
- [6] Cancer, World Health Organization, 2020.
- [7] RIDER Lung CT, The Cancer Imaging Archive, 2019.
- [8] A. Karaca, S. Özdemir, E. Özdemir, M. Çetin, "Akciğer Tomografisi Görüntülerinde Nodül Tespiti ve Nitelendirilmesi için Derin Öğrenme Algoritmalarının Kullanılması", 2020 29th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2021, s. 1-4.
- [9] M. Z. Yıldız, A. Karaca, M. Çetin, "Akciğer Tomografisi Görüntülerinde Nodül Tespiti için Yapay Zeka Tabanlı Bir Sistem Tasarımı", 2019 27th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2019, s. 1-4.
- [10] H. T. İlçe, S. Yılmaz, A. Karaca, M. Çetin, "Akciğer Tomografisi Görüntülerinde Nodül Nitelendirilmesi için Yapay Zeka Tabanlı Bir Sistem Tasarımı", 2019 27th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2019, s. 1-4.



# Akıllı İlaç Kutusu

## Smart Medicine Box

Z. SOLAK<sup>1</sup> ve S. AKGÜL<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya /Türkiye, zeynepsolak4216@gmail.com

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi, Konya /Türkiye, sudenurakgul0655@gmail.com

**Özet** – Bu çalışma, yaşlı bireyler ve kronik hastalığı olan kişiler için özel olarak tasarlanmış bir otomatik ilaç kutusunun geliştirilmesini amaçlamaktadır. Tasarlanan bu otomatik ilaç kutusu, kullanıcıların düzenli ilaç alımını sağlamak, aynı zamanda ilaç saatleri konusunda bilgilendirmek, olası doz aşımını, eksik dozda ilaç kullanımını ve ilacın yanlış şekilde kullanmalarını engelleyerek tedavi sürecindeki verimi düşürecek durumları ortadan kaldırmak için gelişmiş özelliklere sahiptir. Bu otomatik ilaç kutusu, programlanabilir bir sistem içerir ve kullanıcılara belirli bir gün ve saatte ilaçlarını almalarını hatırlatmak için telefona mesaj özelliğine sahiptir.

**Anahtar kelimeler** – İlaç, doz aşımı, ESP32, Arduino IDE

**Abstract** – This study aims to develop an automatic medicine box specially designed for elderly individuals and people with chronic diseases. This designed automatic medication box has advanced features to ensure regular medication intake by users, as well as to inform them about medication schedules, to eliminate possible overdose, under-dose medication use and misuse of medication, thus eliminating situations that would reduce the efficiency of the treatment process. This automatic pill dispenser includes a programmable system and has a text-to-phone feature to remind users to take their medication on a specific day and time.

**Key words** – Medicine, overdose, ESP32, Arduino IDE

### I. GİRİŞ

DSÖ (WHO-Dünya Sağlık Örgütü) tanımına göre ilaç, "Fizyolojik sistemleri veya patolojik durumları alanın faydası için değiştirmek veya incelemek amacı ile kullanılabilen bir madde" olarak belirlenmiştir. Günümüzde ilaç kullanımı yaygın olmakla birlikte, doğru ilaç kullanımı konusundaki bilinç düşük seviyededir. İlaçların belli saat aralıkları ve dozlarda alınması, en yüksek düzeyde etkinlik sağlamak için kritiktir. Ancak, bu takibi yapmak günümüz yaşam koşullarında zorlayıcıdır. Özellikle Alzheimer gibi unutkanlık sorunlarına sahip hastalar, doz aşımı veya eksik dozda ilaç kullanımı gibi sorunlarla karşılaşabilirler, bu da tedavi sürecini olumsuz etkileyebilir.

Günümüzde, yaşlı bireylerin ve kronik hastalığı olan kişilerin sağlık bakımlarının temel bir unsuru, düzenli ilaç kullanımının sağlanmasıdır. Ancak bu grup insanlar arasında ilaç takibini sürdürmek, çeşitli zorluklarla karşılaşılabilen bir

süreçtir. Bu zorluklar, genellikle yaşlılıkla birlikte gelen hafıza sorunları, karmaşık ilaç rejimleri ve gün içindeki yoğun aktivitelerin arasında ilaç alımını hatırlamak gibi faktörlerden kaynaklanabilir. İşte bu noktada, bu çalışmanın temel amacı devreye girer.

Bu çalışma, yaşlı bireyler ve kronik hastalığı olan kişiler için özel olarak tasarlanmış bir otomatik ilaç kutusunun geliştirilmesini amaçlamaktadır. Tasarlanan bu otomatik ilaç kutusu, kullanıcıların düzenli ilaç alımını sağlamak, aynı zamanda ilaç saatleri konusunda bilgilendirmek, olası doz aşımını, eksik dozda ilaç kullanımını ve ilacın yanlış şekilde kullanmalarını engelleyerek tedavi sürecindeki verimi düşürecek durumları ortadan kaldırmak için gelişmiş özelliklere sahiptir. Bu otomatik ilaç kutusu, programlanabilir bir sistem içerir ve kullanıcılara belirli bir gün ve saatte ilaçlarını almalarını hatırlatmak için telefona mesaj özelliğine sahiptir.

Bu inovatif yaklaşım, ilaç kullanımında disiplini artırarak hastaların sağlık koşullarını daha etkili bir şekilde yönetmelerine yardımcı olabilir.

### II. İLAÇ KUTUSUNUN TASARIMI

Projede kontrol kartı olarak ESP32 kullanılmıştır. Kullanıcıya WI-FI aracılığıyla mesaj gönderileceğinden üzerinde WI-FI modülü bulunan bu kart tercih edilmiştir.

Kutu, sabah, öğle ve akşam olmak üzere kapaklı 3 bölümden oluşur. Bu kapakların açılıp kapanması için mini servo motor kullanılmıştır. Kapakların kontrolü için her bir mini servo motorun sinyal pini ile ESP32' nin PWM pinleri bağlanmıştır. Kullanılan mini servo motorların ve ESP32' nin beslemeleri LI-ON pil ile yapılmıştır.

#### A. ESP32 Mikrodenetleyici Sistemi:

ESP32, ses kodlaması, müzik akışı ve MP3 kod çözme gibi en zorlu görevlere kadar çok çeşitli uygulamaları hedefleyen güçlü bir SOC (System on-Chip) birimidir. Ekstra bir modüle ihtiyaç duymadan direkt olarak WI-FI, Bluetooth, Bluetooth Low Energy gibi bağlantı protokollerini en fazla 150 Mbps veri hızı ve 22 dBm çıkış gücüne kadar destekler. Entegre WI-FI modülü sayesinde kablosuz iletişim yeteneklerini artırarak IoT projeleri için uygun bir çözüm sunar. Mikroişlemci seçenekleri arasında çift çekirdekli Tensilica Xtensa LX6 mikroişlemci ve tek çekirdekli RISC-V mikroişlemci bulunur. Bu da kullanıcılara performans ve enerji tüketimi konusunda esneklik sağlar. RF balun ve güç amplifikatörü, kablosuz iletişim modüllerini optimize ederek



veri iletimini ve veri alımını artırır. Alıcı amplifikatör ve filtreler, hassas veri alım yeteneklerini artırırken çevresel sinyalleri doğru bir şekilde okumayı sağlar. Güç yönetimi modülleri, enerji tüketimini optimize ederek pil ömrünü uzatır, özellikle taşınabilir cihazlarda uzun pil ömrü sağlamak için önemlidir. Genel olarak, ESP32, geniş uygulama yelpazesi için uyarlanabilir ve IoT projeleri için tercih edilen bir mikrodenetleyici sistemidir. Hem kablosuz iletişim hem de güçlü mikroişlemci özellikleri ile kullanıcılara esneklik ve performans sunar.

26 tanesi kullanılabilir 32 Dijital I/O pini bulunmaktadır. 18 adet Analog pini içerisinde, 2 adet 8 bit dijital analog dönüştürücü pini ve 2 adet 12 bit analog dönüştürücü pini bulunmaktadır.

ESP32 geliştirme kartının temel pin özellikleri şunlardır:

**Güç Pinleri:** ESP32,  $V_{in}$  ve 3.3V olmak üzere iki güç pini içerir.  $V_{in}$ , düzenlenmiş bir 5V voltaj kaynağıyla ESP32'yi ve çevre birimlerini beslemek için kullanılır. 3.3V pin, yerleşik bir voltaj regülatörünün çıkışını temsil eder ve harici bileşenlere güç sağlamak için kullanılabilir.

**Topraklama Pin (GND):** ESP32'nin topraklama pinidir.

**ADC Kanalları:** ESP32, 12-bit SAR ADC'leri entegre eder ve 15 analog etkin pinde ölçüm yapabilir.

Bu pinler, programlanabilir bir kazanç amplifikatörü ile küçük analog sinyallerin ölçümü için kullanılabilir.

**DAC Kanalları:** Geliştirme kartı, iki adet 8-bit DAC kanalına sahiptir. Bu sayede dijital sinyalleri gerçek analog voltajlara dönüştürebilir.

**Dokunmatik Yüzeyler:** ESP32, 9 kapasitif algılama GPIO'yu aracılığıyla parmak veya nesnelere temas veya yakınlık algılama yeteneğine sahiptir.

**UART Pinleri:** İki adet UART arayüzü (UART0 ve UART2) bulunur ve asenkron iletişim (RS232 ve RS485) ile IrDA desteği sunar.

**SPI Pinleri:** ESP32, üç SPI (SPI, HSPI ve VSPI) arayüzüne sahiptir. Bu SPI'lar slave ve master modlarını destekler ve genel amaçlı SPI özelliklerini içerir.

**Mini Servo Motor:**

Gücün bir servo yükseltici tarafından elde edildiği ve bir fren veya aktüatör benzeri mekanik bir sistemde kuvvet ve tork uygulamaya hizmet eden bir dönme veya öteleme motoru şeklinde tanımlanabilir.

Servo motorlar açılma konum, ivmelenme ve hız açısından sisteme hassas bir kontrol sağlar. Bu tip motorlar, kapalı çevrim kontrol sistemi içerisinde kendisine yer bulur. Kapalı çevrim kontrol sistemi, sistemdeki çıkışı baz alır ve bu çıkışı istenen koşul ile değiştirir. Şaftın hareketini ve en son konumunu kontrol etmek için pozitif geri besleme sistemi kullanır.

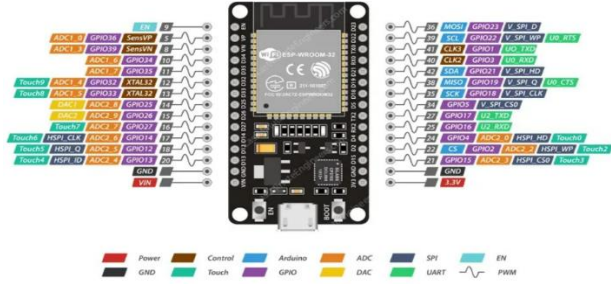
Servo motorların sınıflandırılması; boyutlarına, işlevlerine ve çalışma prensiplerine göre farklı şekillerde olabilir. Servo motor çeşitleri arasında bulunan mini servo motorlar, adından da anlaşılacağı üzere daha çok küçük mekanizmalar için geliştirilmişlerdir.

Okullardaki robot projeleri başta olmak üzere, basit yapıdaki RC araçları gibi alanlarda kullanılabilirler. Bunların dışında model helikopter ve model uçakların iniş takım ve kontrol yüzeylerinde, robot kollarında da sıklıkla

Arduino Pinleri: ESP32, çeşitli sensörler ve çevre birimlerini bağlamak için I2C ve SPI pinleri gibi donanım pinleri içerir.

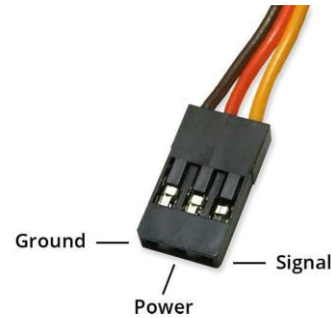
**GPIO Pinleri:** Geliştirme kartı, programlanabilir 25 GPIO pini içerir. Bu pinler çeşitli işlevlere atanabilir ve dijital olarak etkinleştirildiklerinde yukarı veya aşağı çekme dirençleri ile yapılandırılabilir. Ayrıca, giriş olarak kullanıldıklarında tetikleyici özelliklere sahiptirler.

Şekil-1 ESP32 Mikrodenetleyici Sistemi Pinleri

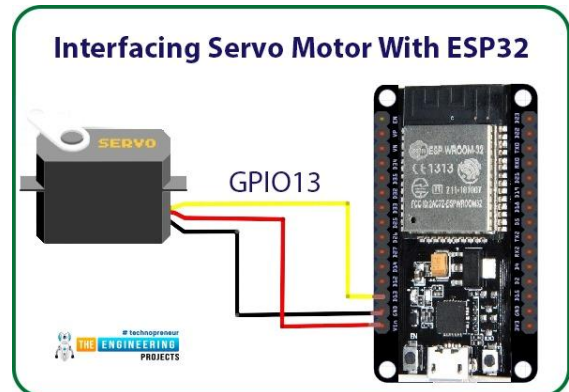


Şekil-1 ESP32 Mikrodenetleyici Sistemi Pinleri

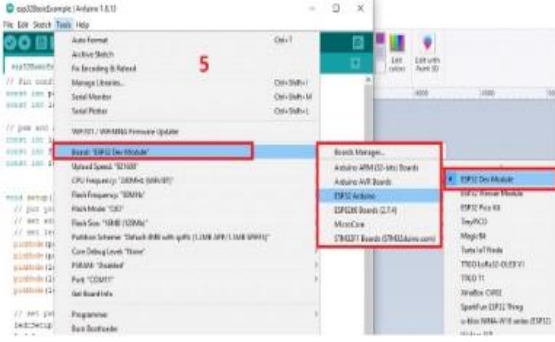
kullanılmaktadırlar. Küçük servo motorlar, boyutlarından dolayı 9gr servo motor olarak da adlandırılmaktadırlar. Mini servo motor çeşitleri genel olarak plastik dişlere sahiptir.



Şekil-2 Mini servo motorun pin gösterimi



Şekil-3 ESP32 Mikrodenetleyici ve Servo Motor Bağlantısı



Şekil-4 Arduino IDE 1.8.57

ESP32 mikrodenetleyicini programlanması Şekil-4'te görüldüğü üzere Arduino IDE 1.8.57 üzerinden yapılmıştır.

### B. Lityum İyon Pil

Lityum iyon (LI-ON) pil (Şekil-5), elektrokimyasının temel bileşeni olarak lityum iyonları kullanan gelişmiş bir pil teknolojisidir. Bir deşarj döngüsü sırasında, anottaki lityum atomları iyonize olur ve elektronlarından ayrılır. Lityum iyonları anottan hareket eder ve katoda ulaşana kadar elektrolitten geçer, burada elektronlarıyla yeniden birleşir ve elektriksel olarak nötr hale gelir. Lityum iyonları, anot ve katot arasında mikro geçirgen bir ayırıcıdan geçebilecek kadar küçüktür. Kısmen lityumun küçük boyutu nedeniyle, LI-ON piller, birim kütle ve birim hacim başına çok yüksek voltaj ve şarj depolama kapasitesine sahiptir. LI-O pillerde elektrot olarak bir dizi farklı malzeme kullanılabilir. En yaygın kombinasyon olarak cep telefonları ve dizüstü bilgisayarlar gibi taşınabilir elektronik cihazlarda bulunan lityum kobalt oksit (katot) ve grafitir (anot). Diğer katot malzemeleri arasında lityum mangan oksit (hibrit elektrikli ve elektrikli otomobillerde kullanılır) ve lityum demir fosfat bulunur. LI-ON piller tipik olarak elektrolit olarak eter kullanır.

#### LI-ON Pillerin Avantajları:

Diğer yüksek kaliteli şarj edilebilir pil teknolojileri (nikel-kadmiyum veya nikel-metal-hidrit) ile karşılaştırıldığında, LI-ON pillerin bir dizi avantajı vardır. Günümüzde herhangi bir pil teknolojisinin en yüksek enerji yoğunluklarından birine sahiptirler (100-265 Wh / kg veya 250-670 Wh / L). Ek olarak, LI-ON pil hücreleri, Ni-Cd veya Ni-MH gibi teknolojilerden 3 kat daha yüksek olan 3.6 Volt'a kadar güç sağlayabilir. Bu, LI-ON pillere sahip olan yüksek güçlü uygulamalar için büyük miktarda akım sağlayabilecekleri ve aynı zamanda nispeten düşük bakım gerektirdikleri ve pil ömürlerini korumak için programlı döngü gerektirmedikleri anlamına gelir.

#### LI-ON Pillerin Dezavantajları:

Teknolojik üstünlüklerine rağmen, LI-ON piller, özellikle güvenlik açısından hala birtakım eksikliklere sahiptir. LI-ON piller aşırı ısınma eğilimindedir ve yüksek voltajlarda hasar görebilir. Bazı durumlarda bu, termal kaçığa ve yanmaya neden olabilir.



Şekil-5 LI-ON Pil

### KAYNAKLAR

- [1] <https://images.theengineeringprojects.com/image/main/2022/01/2-17.jpg>
- [2] <https://www.sahinrulman.com/blog/servo-motor-cesitleri-ve-ozellikleri>
- [3] <https://www.elektrobot.net/esp32-kullanimi-arduino-ile-programlama/>
- [4] <https://devreyakan.com/li-ion-pil-lityum-iyon-batarya-nedir/>
- [5] <https://pilevreni.com/urun/aspilsan-inr18650a28-3-7v-2800-mah-li-ion-sarjli-pil-5c/>
- [6] <https://www.robotistan.com/>
- [7] <https://arduinodestek.com/esp32esp-wroom-32-modulu-nedir-ve-ozellikleri-nelerdir/>
- [8] [https://biyoklinikder.org/TIPEKNO19\\_Bildiriler/009.pdf](https://biyoklinikder.org/TIPEKNO19_Bildiriler/009.pdf)



# Doğal Dil İşleme Kullanarak Metin Analizi

## Text Analysis Using Natural Language Processing

M. IŞIK

Selçuk Üniversitesi, Konya/Türkiye, melikeisik933@gmail.com

**Özet** - İnternet, kullanılmaya başlandıktan itibaren hızla büyümeye devam etmektedir. İnternet kullanımındaki bu artış, yüksek boyutlu verilerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu verilere “Büyük Veri” adı verilmektedir. Büyük verilerin büyük bir çoğunluğu metinlerden oluşmaktadır. Bu nedenle metin analizinin önemi her geçen gün artmaktadır. Metin analizi problemlerinde en çok kullanılan çözüm derin öğrenme yöntemidir. Aynı zamanda doğal dil işlemenin çeşitli alt alanları da metin analizi için sıkça kullanılmaktadır. Bu derleme çalışmasında derin öğrenme ve doğal dil işleme yöntemlerinin tanımları yapılmıştır. Bu yöntemler kullanılarak metin analizi problemlerini çözümlen çalışmaları incelenmiştir. Artan bu büyük veri artışı göz önünde bulundurulduğunda ilerleyen zamanlarda bu teorik çalışmaların ve pratik uygulamaların artacağı öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler** - Doğal Dil İşleme, Metin Analizi, Derin Öğrenme, Büyük Veri

**Abstract** - Since its inception, the internet has continued to grow rapidly. The increase in internet usage leads to the generation of large-scale data, which is referred to as 'Big Data.' A significant portion of this data consists of texts, making the importance of text analysis increasingly evident. In solving text analysis problems, deep learning methods are widely used. Additionally, various subfields of natural language processing are frequently employed for text analysis. This review study provides definitions of deep learning and natural language processing methods. Research studies that analyze text using these methods are examined. Considering the ongoing increase in big data, it is anticipated that both theoretical studies and practical applications in this field will continue to grow in the future.

**Keywords** - Natural Language Processing, Text Analysis, Deep Learning, Big Data

### I. GİRİŞ

Son zamanlarda oldukça popüler olmaya başlayan derin öğrenme, yapay zekâ ve makine öğrenmesi alanlarının önemli ve güncel bir alt dalıdır. Derin öğrenme metodları, genel olarak yapay sinir ağları (ANN) çalışmaları üzerine geliştirilmişlerdir. Ancak bu çalışmalardan farkı daha fazla sayıda gizli nöron ve katmana sahip olmasıdır [1].

Derin öğrenme, çoklu soyutlama yapısı ile verinin temsillerini öğrenmek için bir araya getirilmiş çoklu işleme katmanlarında oluşur [2,3]. Aynı zamanda derin ağlar olarak da bilinen derin öğrenme yöntemlerinde, verinin temsili için üst üste olacak şekilde farklı katmanlar mevcuttur. Derin öğrenme yöntemleri sayesinde ham verilerden etkin bir üst seviye

soyutlama yapılabilir. Böylece otomatik öznitelik kümeleri oluşturulabilmekte, normalde çoğunlukla insanlar tarafından belirlenen özniteliklerin otomatik olarak çıkarılıp kullanılması sağlanmaktadır [1].

Derin öğrenme yöntemleri sayesinde video, ses, metin vb. birçok veri türlerinin işlenmesinde oldukça başarılı sonuçlar elde edilmektedir [3]. Bazı yöntemler metin verilerini işleme, [4], bazı yöntemler de video ve ses verilerinin işlenmesinde başarı göstermektedir. Bu çalışmalarda kullanılan derin öğrenme yaklaşımları çok modlu (metin, görüntü ve ses gibi farklı veriler aynı anda) öğrenmede başarıyla işlenebilmektedir [5].

Derin öğrenme yöntemlerinin daha ayrıntılı olarak verilebilecek uygulama alanları arasında aşağıdakiler yer almaktadır [6].

- Dil modelleme ve doğal dil işleme (Language modeling and natural language processing)
- Konuşma ve ses işleme (Speech and audio processing)
- Bilgi erişimi (Information retrieval)
- Nesne tanıma ve bilgisayarlı görü (Object recognition and computer vision)
- Çok modelli ve çok görevli öğrenme (Multimodal and multitask learning)

Yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda ilk sırada yerini alan doğal dil işleme konusu, metin madenciliği olarak da anılmakta ve yapay zekâ alanı içerisinde değerlendirilmektedir.

### II. DERİN ÖĞRENME YÖNTEMLERİ

Birden çok derin öğrenme metodu bulunmaktadır. Fakat bu çalışmada çoğunlukla doğal dil işleme kullanılan derin öğrenme yöntemleri incelenmiştir. Bu derin öğrenme yöntemleri aşağıdaki gibidir.

1. Derin Sinir Ağları (Deep Neural Networks -DNN)
2. Derin İnanç Ağları (Deep Belief Networks – DBN)
3. Yinelenen Sinir Ağları (Recurrent Neural Networks – RNN)
4. Derin Oto-kodlayıcılar (Deep Autoencoders)
5. Evrimsel Sinir Ağları (Convolutional Neural Networks - CNN)
6. Derin Boltzmann Makinesi (Deep Boltzmann Machine – DBM)

Bu yöntemlerin hepsi doğal dil işleme alanında kullanılsa bile yapılan parametre ayarlamaları ve veri setlerinin boyutlarına göre performans açısından farklılık gösterebilmektedir. Yöntemlerin karşılaştırılmasının daha iyi

yapılabilmesi için bu çalışmada her bir yöntemin kısaca tanımına yer verilmiştir.

#### A. DERİN SİNİR AĞLARI

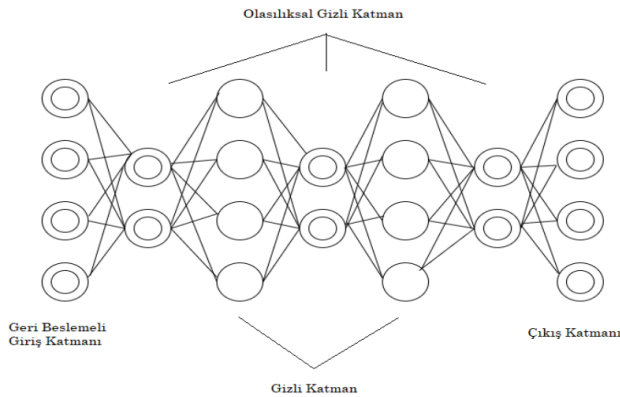
Literatüre göre, derin sinir ağlarından olan ilk algoritma çeşitlerinden biri “Perseptron” algoritmasıdır [7]. Perseptron algoritması tek bir girdi katmanına sahiptir ve direk olarak çıktıya bağlanmaktadır. Lineer bir biçimde ayrılabilen desenler bu algoritma sayesinde sınıflandırılabilir [1]. Problemler daha da karmaşıklarsa bu algoritmaya daha fazla gizli katman eklenebilir ve bu katmanların ağırlığı “Delta kuralı” sayesinde ayarlanabilir.

Bu yapıya sahip sinir ağlarına ikiden fazla gizli katman eklenmesi ile birlikte doğrusallık göstermeyen karmaşık ilişkiler tespit edilebilir hale gelmiş ve bu sinir ağlarına derin sinir ağı (DSA) adı verilmiştir. DSA’lar hem denetimli hem de denetimsiz öğrenme problemleri için kullanılabilir. DSA yöntemi genellikle sınıflandırma ve regresyon çalışmalarında kullanılmakta ve yüksek bir başarı sağlamaktadır. Fakat öğrenme süreçleri yavaş olabilmektedir [1].

#### B. DERİN İNANÇ AĞLARI

Derin inanç ağlarının (DBN) temeli, sınırlanmış Boltzmann makinesi adlı algoritmaya dayanan bir derin öğrenme yöntemidir [8]. Stokastik sinir ağı olarak tanımlanan SBM algoritması ve Gaussian vb. belirli dağılımda olan stokastik birimler bu ağlarda kullanılmaktadır. Gibbs örneklemesine benzer, ağırlıkları adım adım ayarlamayı sağlayan yöntemler ise öğrenme aşamasında kullanılmaktadır.

DBN’lere birden çok SBM’nin bileşkesi demek yanlış olmaz. Çünkü her bir SBM’ye ait gizli katmanlar, bir sonraki SBM’nin görünür katmanlarına bağlanır ve her bir SBM üst düzey yönsüz bağlantılara sahiptir. DBN’ler hem denetimli hem de denetimsiz öğrenme amacıyla kullanılabilir. DBN’leri başlatılabilmek için açgözlü algoritma ile öğrenme gerçekleştirilmelidir [1].

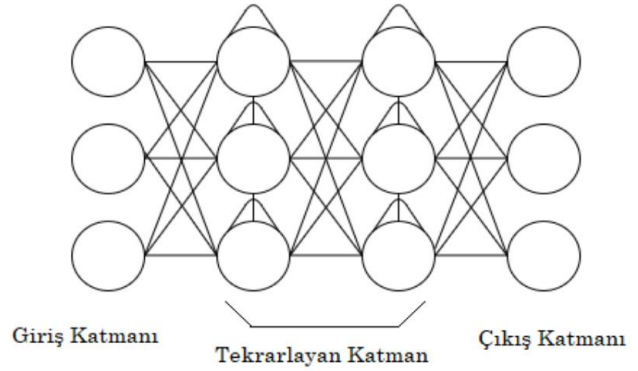


Şekil 1. Derin İnanç Ağları Mimarisi [9]

#### C. YİNELENEN SİNİR AĞLARI

Yinelenen sinir ağlarının (RNN) gizli katmanları veri akışlarını analiz edebilmektedir. Çıktıların bir önceki yapılına hesaplamalara bağlı olduğu problemlerde oldukça kullanışlıdır [1]. Bu özelliği sayesinde RNN’ler doğal dil işlemeyle ilgili birçok

problemlerde kullanılabilir ve başarılı sonuçlar vermektedir [1]. Bu ağda öğrenme esnasında çıkan birkaç problem sebebiyle, bu ağın uzun kısa-dönem bellek (Long Short-Term Memory – LSTM) gibi sürümleri literatüre eklenmiştir [10].



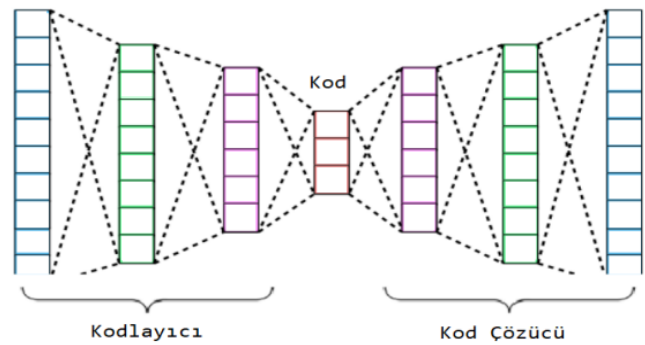
Şekil 2. Yinelenen Sinir Ağı Mimarisi [9]

#### D. DERİN OTO-KODLAYICILAR

Problemlerin çözümü için verilerden otomatik olarak öznelik kümesi çıkaran sinir ağına derin oto-kodlayıcılar adı verilir. Derin oto-kodlayıcılar, girdi vektörüne bir sınıf etiketi vermez. Onun yerine girdi vektörünü yeniden oluşturmak için öğretilmektedirler [1].

Bu sinir ağında çok boyutlu verilerin temsili için birden çok oto-kodlayıcı üst üste kümelenecek mimari oluşturur [11]. Kaynaklarda birçok oto-kodlayıcı türü bulunmaktadır.

Oto-kodlayıcılarda amaç, otomatik olarak öznelik çıkarmak ve veri boyutunu azaltmaktır [11]. Oto-kodlayıcıların bu yönü sayesinde işaretli veri kümelerine ihtiyaç kalmaz. Yani hem denetimli hem de denetimsiz öğrenme için kullanılabilir. Fakat bu yöntemde katmanlara uygun bir ağırlık bulabilmek için ön-öğrenme safhasının gerçekleştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır [1].

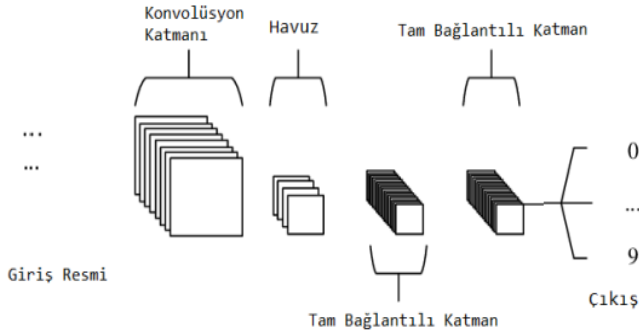


Şekil 3. Derin Oto-Kodlayıcı Sinir Ağı Mimarisi [12]

#### E. EVRİŞİMSEL SİNİR AĞLARI

Çok boyutlu girdiler ve iki boyutlu görsel veriler için sıkça kullanılan derin öğrenme yöntemi, evrişimsel sinir ağlarıdır (CNN) [13]. CNN’ler diğer sinir ağlarına göre daha az nöron sayısına sahiptirler. Literatürde CNN’lerin birçok sürümü bulunmaktadır. CNN’ler genellikle büyük boyuta sahip işaretli

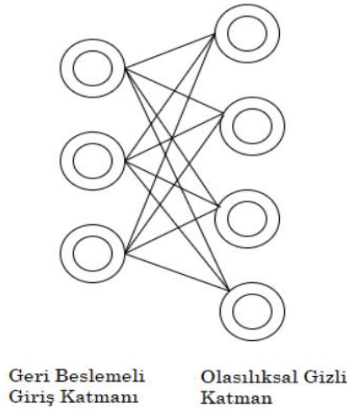
veriler için kullanılır [1]. Doğal dil işlemede sıkça kullanılan CNN'ler sayesinde problemler için başarılı sonuçlar verir.



Şekil 4. Evrişimsel Sinir Ağı Mimarisi [14]

#### F. DERİN BOLTZMANN MAKİNESİ

Temeli Boltzmann makinelerine dayanan diğer derin öğrenme yöntemlerinden biri de derin Boltzmann makineleridir (DBM) [15]. Derin Boltzmann makinelerinin, Boltzmann makinelerine bağlı diğer bir yöntem olan derin inanç ağlarından farkı; katmanların yönsüz bağlantılara sahip olmasıdır. Diğer bir fark ise DBM'lerin zaman karmaşıklığının DBN'lere oranla daha fazla olmasıdır. Bu nedenle DBM'lerin öğrenme süreci büyük veri kümelerinde yavaş olmaktadır [1].



Şekil 5. Derin Boltzmann Makinesi Mimarisi [9]

### III. DOĞAL DİL İŞLEME

Doğal dil işleme (DDİ), insan ve bilgisayar etkileşimini en üst düzeye çıkarabilmek için veya farklı dilleri kullanan insanlar arasındaki iletişimi güçlendirmek için çözüm üreten bilim dalıdır. Başka bir tanımla makineler aracılığıyla yazı ve ses gibi dil öğelerinin analiz edilmesi ve bu analizlerden elde edilen verilerin bilgiye dönüştürülmesi şeklinde de açıklanabilir. DDİ yapay zekanın en zor alanlarından birisidir. Günümüzde üzerine çok yoğun araştırmalar yapılmaktadır. İçerisinde insan beyninin işleyiş yapısını anlamakla birlikte birçok problemi barındırmaktadır. DDİ problemlerinin çözümleri için derin öğrenme, makine öğrenmesi, istatistiksel analiz ve kural tabanlı yaklaşımlar hibrit bir şekilde kullanılmaktadır. DDİ problemleri çeşitlilik göstermektedir. Yazım yanlışlarının düzeltilmesi, otomatik çeviri sistemleri, dil öğrenimi uygulamalarından kişisel asistan uygulamalarına

kadar doğal dile değen her alanda doğal dil işleme devreye girmektedir [16].

DDİ için iki aşama söz konusudur. İlk aşama doğal dil anlayışıdır (DDA). DDA sesli ve yazılı olarak gelen girdileri makineler tarafından sözdizimsel ve anlamsal olarak insanlar için anlaşılabilir bir hale getirmeyi hedeflemektedir. Örnek olarak “Bu havada denizde yüzülmez.” cümlesi ile “Bugün yüzü çok asıktı.” cümlesi arasındaki farkı anlamak için insanın ekstra çaba sarf etmesi gerekmez. İlk cümlede geçen “yüz” kelimesi için fiil, ikinci cümlede geçen “yüz” kelimesi için isim diyebilir. Doğal dili anlamak için makineye doğru bir şekilde aktarma çabasından sonra, bu çabanın karşılığı olarak anlamlı bir şekilde doğal dil üretilerek iletişimin devamlılığının sağlanması gereklidir. Bu da DDİ'nin ikinci aşaması olan, doğal dil üretimidir (DDÜ). DDÜ'deki amaç makine tarafından üretilen çıktının sözdizimsel ve bağlamsal olarak insanın anlayabileceği seviyeye taşımaktır. Buradaki temel sorun, ilk olarak makinenin ürettiği çıktıyı doğru seçmesi ve doğru yerde kullanabilmesidir. İkinci olarak bağlamın yani metin akışının uygun olmasıdır. Son olarak ise morfolojik ve dilbilgisi kurallarına uygun olmasıdır. Yani DDA'da amaç okuduğunu anlamakken, DDÜ'de amaç bilgisayarın doğal dile uygun yazılmasıdır [16].

DDİ için çok geniş bir çalışma alanı bulunmaktadır. Bu çalışma alanlarıyla ilgili sorunları tek bir şekilde çözmeyi başarabilecek yöntem veya algoritma henüz bulunmamaktadır. Yani asıl amaç DDİ ve yapay zekâ çalışmalarının tamamına tek bir algoritma veya yöntemle sonuç üretilmesidir. Bu alanlarda farklı özelleşmiş çalışmalarda yüksek başarılar elde edilmiş olsa da aynı çözümler başka DDİ uzman sistemlerinde doğru sonuç vermeyebilir [16].

Doğal dil işleme (DDİ), birçok konuyu bünyesinde barındırmaktadır. Uygulama alanı gittikçe artmaya devam eden doğal dil işleme konusuna başlıca örnek olarak aşağıdakiler verilebilir [17]:

- Metin sınıflandırma
- Metin ayrıştırma
- Bilgi çıkarımı
- Duygu analizi
- Varlık İsmi Tanıma
- Zamansal İlişki Çıkarımı
- Olay Çıkarımı
- Sözcük Türü Etiketleme
- Metin Sıralama
- Otomatik Harf Çevirisi
- Otomatik Soru Cevaplama

Yukarıda verilen örneklerden ilk sıradaki yer alan “Metin Sınıflandırma” konusu Türkçe dili için belli başlı sorunları da beraberinde ortaya çıkarmaktadır. Metin sınıflandırma sorunu genel anlamıyla eldeki metnin önceden belirlenen sınıflardan hangisi veya hangilerine girdiğinin belirlenmesidir. Metin sınıflandırma genellikle metin kategorilerinin belirlenmesi, belge sınıflandırma gibi sorunların çözümünde kullanılmaktadır. İngilizcede bu sorun “text classification”, “document classification”, “text categorization”, “document categorization” gibi isimlerle anılmaktadır [18].

#### IV. METİN SINIFLANDIRMA

Doğal dil işlemenin uzun zamandır üzerinde çalışılan ve önemli uygulama alanları olan konularından bir tanesi metin sınıflandırma sorunu,  $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$  kümesindeki her bir metnin veya belgenin, önceden tanımlanmış  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_m\}$  kümesindeki sınıflardan herhangi birine ait olup olmadığının belirlenmesidir. Yani her  $(b_j, s_i) \in B \times S$  çifti için doğru ya da yanlış biçiminde bir mantıksal değer üretilmesi gerekmektedir. Bir  $g$  fonksiyonunun gerçek sonuçlarını, yani  $j$ . belge,  $i$ . sınıfa ait ise doğru, değil ise yanlış değerlerini ürettiği kabul edilsin. Daha kurallı bir yazım ile  $g: D \times C \times \gamma \rightarrow \{doğru, yanlış\}$  biçiminde ifade edilebilir. Bu durumda, benzer bir biçimde çalışacak  $f$  fonksiyonu için  $f: D \times C \times \gamma \rightarrow \{doğru, yanlış\}$  şeklinde makine öğrenmesi yöntemi tasarlanabilir. Tasarlanan  $f$  fonksiyonunun ürettiği sonuçlar,  $g$  fonksiyonunun ürettiği sonuçlar ile mümkün olduğu kadar benzer olması gerekmektedir. Makine öğrenmesi yöntemleri ile bir model kurularak  $g$  fonksiyonuna benzer çalışan  $f$  fonksiyonu (sınıflandırıcı (classifier)) gerçekleştirilir ve daha sonra bu  $f$  fonksiyonun gerçek sonuçlar ile yani  $g$  ile ne kadar benzeştiği ölçülür [19].

Metin sınıflandırmanın birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Kütüphaneye yeni gelen bir kitabın konusunun belirlenmesi ve aynı konuya sahip kitapların arasında uygun bir yere yerleştirilmesi, metin sınıflandırma sorunlarından biridir. Bu işlemin insanlar yerine bilgisayarlar tarafından yapılması işlemine, bilgisayarlı metin sınıflandırma adı verilmektedir. Bir metnin yazarının ya da dilinin belirlenmesi, sözcük anlamının belirlenmesi, belge indeksleme gibi birçok uygulama metin sınıflandırma uygulaması örneklerindedir [18].

Doğal dil işlemenin popülerleşmesiyle beraber metin sınıflandırma çalışmaları büyük bir artış göstermektedir. Bu çalışmalarda sıklıkla kullanılan veri setleri haber metinleridir.

#### V. DOĞAL DİL İŞLEME KULLANILARAK YAPILAN METİN ANALİZİ ÇALIŞMALARI

Türkçe doküman sınıflandırmada yapılan ilk çalışmalardan biri Çatal ve ark. (2003) tarafından,  $n$ -gram'lar kullanılarak geliştirilen NECL adlı sistemdir [20].

Amasyalı, Diri ve Türkoğlu (2006), yazarı bilinmeyen bir dokümanın önceden yazarlık özellikleri çıkarılmış 18 farklı yazardan hangisi birine ait olduğunu Naive Bayes (NB), Destek Vektör Makinesi (DVM), C4.5 ve Rastgele Orman (RO) algoritmalarını kullanarak tespit etmişlerdir [21].

Biricik ve Diri (2009), 28567 adet Türkçe web sayfasından elde edilen 13 farklı kategorideki dokümanın özelliklerini, terimlere ağırlık vererek ve olasılık dağılımlarını göz önüne alarak çıkarmışlardır. Önerilen bu özellik çıkarma yaklaşımını beş değişik sınıflayıcı olan NB, C4.5, Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı (RYS), KYK ve RO ile test etmişlerdir. Bu yaklaşım tüm sınıflayıcıların performansını artırmıştır [22].

Aslıyan ve Günel (2010), En Yakın Komşu (EYK) ve KYK metodlarının performanslarını kıyaslamak için beş ayrı kategorideki Türkçe dokümanlardan oluşan iki farklı derleme oluşturmuş ve en yüksek doğru sınıflandırma oranını EYK metodu ile %88,4 olarak belirlemiştir [23].

Doğan ve Diri (2010), bir dokümanın yazarını tespit etmenin yanı sıra dokümanın türünü ve doküman yazarının cinsiyetini belirlemiştir. Bunun için Türk dilinin 2, 3 ve 4'lü gramlarını çıkararak farklı boyutlarda özellik vektörleri oluşturularak bu özellik vektörlerinin boyutlarını korelasyon tabanlı özellik seçiciler kullanılarak azaltmış ve farklı boyutlarda özellik vektörleri elde etmiştir.  $N$ -gram modeline dayalı bu özellik vektörleri, NB, DVM, RO ve K-En Yakın Komşuluk (KYK) yöntemleri kullanılarak sınıflandırmıştır [24].

Türkmen ve ark. (2011), konuşma dili kullanılarak elde edilen bir Türkçe veri kümesine NB, DVM ve KYK yöntemlerini uygulayarak verileri demografik özelliklerine göre sınıflandırılmıştır [25].

Amasyalı ve ark. (2012), çeşitli türlerden elde edilen 6 adet Türkçe veri kümesi üzerinde 17 adet metin temsil yönteminin etkisini karşılaştırmış ve en başarılı metin temsil yönteminin harf  $n$ -gramları olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Her bir veri kümesi için en az %75 sınıflama doğruluğu elde etmişlerdir [26].

Levent ve Diri (2014), Türkçe metinlerin yazarlarını tanıma problemini YSA ile çözmüşler ve yazar tanıma için kullanılan önceki algoritmalara yakın sonuçlar elde etmişlerdir [27].

Hüsem (2017), DMOZ (Directory Mozilla - The Open Directory Project) web dizininden elde ettiği 22 bin kayıtlık Türkçe web sitelerini NB ve DVM yöntemleriyle sınıflandırmıştır. NB ve DVM algoritmalarına  $n$ -gram kelime vektörü seçimi ve bilgi kazanım oranı yaklaşımları uygulanarak performans karşılaştırması yapmıştır [28].

Amasyalı ve Yıldırım (2004), gazetelerin web sayfalarından toplanan beş ayrı kategorideki haber metinlerini sınıflandırmak için NB, Vektör Niceleme ve Çok Katmanlı Sınıflayıcı kullanarak %76 oranında başarı elde etmişlerdir [29].

Amasyalı ve Beken (2009), Türkçe haber metinlerini sınıflandırmak için "iki kelimenin birbirlerine anlamsal benzerliğinin, kelimelerin birlikte geçtiği doküman sayısı ile doğru orantılı" olduğunu öne süren bir hipotezden faydalanarak geleneksel metotlardan daha başarılı sonuçlar etmişlerdir [30].

Tüfekci, Uzun ve Sevinç (2013), haber portallarının 5 ayrı kategoriden (ekonomi, sağlık, magazin, spor ve siyaset) seçilmiş iki farklı veri kümesini NB, DVM, C4.5 ve RO algoritmaları ile sınıflandırmışlardır. Sınıflama yapmak için kullanılan özellik vektörü, kelime frekansına göre ağırlıklandırılmış ve özellik olarak kelime gövdeleri seçilmiştir. Bu seçim sırasında farklı uzunluk ve tipteki gövdelerin seçilmesinin sınıflandırmaya olan etkileri incelenmiştir. Özellik olarak isim tipindeki uzun gövdeli kelimelerin daha yüksek seviyede bir başarı sağlandığı görülmüştür [31].

Altınel, Ganiz ve Diri (2013), haber metinlerini sınıflandırırken DVM algoritmasında kullanılan çekirdek fonksiyonunu, "yüksek seviyeli semantik çekirdek" adı verilen yeni bir çekirdek fonksiyonu ile değiştirerek sınıflandırma performansındaki artışı gözlemlemişlerdir [32].

Guran ve ark. (2013), negatif olmayan Matris Faktörizasyonu yöntemi kullanarak boyut azaltma yaklaşımının Türkçe haber metinlerindeki sınıflandırmadaki etkisini irdelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre, boyut azaltma

işlemi K-Ortalama Algoritmasının sınıflama doğruluğunu arttırmamakla birlikte sınıflama hızını arttırmıştır [33].

Baskaya ve Aydın (2017), farklı haber sitesi ve gazetelerden alınan 4 kategoride ve her bir kategoriye ait 20 haber metni bulunan bir veri kümesinin boyutunu CfsSubset Algoritması ile indirgedikten sonra NB, DVM, J48 ve RO yöntemleriyle indirgenen veri kümesini sınıflamışlardır [34].

Kaynar ve Aydın (2017) ise duygu analizi için öznelik düşürme yöntemi olarak oto kodlayıcı ve derin öğrenme ağı kullanmışlar ve diğer yaygın öznelik düşürme teknikleri ile karşılaştırmışlardır [35].

## VI. SONUÇ

Kelime temsil yöntemlerinin ortaya çıkmasıyla birlikte, doğal dil işleme ve derin öğrenme alanlarında önemli gelişmeler görülmüştür. Derin öğrenme, son zamanlarda popülerlik gösteren yapay zekanın bir alt dalıdır. Literatürde derin öğrenme konusu üzerinde birçok araştırma yapılmış ve bu çalışmalardan pek çoğu başarı ile sonuçlanmıştır. Özellikle doğal dil işleme bu çalışmalar arasındaki en önemli çalışma alanı haline gelmiştir. Doğal dil işleme yöntemleri, metin analizi problemleri için sıkça kullanılmaktadır. Metin analizi çalışmalarında yaygın olarak kullanılan veri seti haber metinleridir.

Bu derleme çalışmasında haber metinlerinin analiz edildiği çalışmalar incelenmiştir. Söz konusu bu çalışmalar, doğal dil işleme kullanılarak mümkün olduğunca sınıflandırılmış, çoğu yüksek başarı oranıyla sonuçlanmıştır.

## KAYNAKÇA

- [1] Ravi, D., Wong, C., Deligianni, F., Berthelot, M., Andreu-Perez, J., Lo, B., & Yang, G. Z. (2017). Deep learning for Health Informatics, *IEEE journal of Biomedical and Health Informatics*, 21(1), 4-21.
- [2] Bengio, Y. (2009). Learning deep architectures for AI. *Foundations and trends® in Machine Learning*, 2(1), 1-127.
- [3] LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *nature*, 521(7553), 436-444.
- [4] Collobert, R., Weston, J. (2008). A unified architecture for natural language processing: Deep neural networks with multitask learning, *International Conference on Machine Learning (ICML)*, 160-167
- [5] Ngiam, J., Khosla, A., Kim, M., Nam, J., Lee, H., & Ng, A. Y. (2011). Multimodal Deep Learning, *International Conference on Machine Learning*, 689-696.
- [6] Deng, L., & Yu, D. (2014). Deep Learning: Methods and Applications, *Foundations and Trends in Signal Processing*, 7(3-4), 197-387.
- [7] Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological review*, 65(6), 386.
- [8] Hinton, G. E., & Sejnowski, T. J. (1986). Learning and relearning in Boltzmann machines. *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition*, 1(282-317), 2.
- [9] Leijnen, S., & Veen, F. V. (2020, May). The neural network zoo. In *Proceedings (Vol. 47, No. 1, p. 9)*. MDPI.
- [10] Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural computation*, 9(8), 1735-1780.
- [11] Hinton, G. E., & Salakhutdinov, R. R. (2006). Reducing the dimensionality of data with neural networks. *science*, 313(5786), 504-507.
- [12] Liu, W., Wang, Z., Liu, X., Zeng, N., Liu, Y., & Alsaadi, F. E. (2017). A survey of deep neural network architectures and their applications. *Neurocomputing*, 234, 11-26.
- [13] LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324.
- [14] O'Shea, K., & Nash, R. (2015). An introduction to convolutional neural networks. *arXiv preprint arXiv:1511.08458*.
- [15] Salakhutdinov, R., & Larochelle, H. (2010, March). Efficient learning of deep Boltzmann machines. In *Proceedings of the thirteenth international conference on artificial intelligence and statistics* (pp. 693-700). JMLR Workshop and Conference Proceedings.
- [16] Sar, K. T. (2021) Yapay Sinir Ağları ve Bert Dil Modeli Kullanılarak Zaman Bazlı Duygu Analizi: Whatsapp Yeni Gizlilik Sözleşmesine Yönelik Yorumların Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi*, 10-15.
- [17] Arıcı, N., Küçük, D. (2018). Doğal Dil İşlemede Derin Öğrenme Uygulamaları Üzerine Bir Literatür Çalışması, Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi, 2(2), 76-86.
- [18] Tantuğ, A., C. (2012). Metin Sınıflandırma, *TBV Journal of Computer Science and Engineering*, 5(2), 2-4.
- [19] Özkan, M., Kar, G. (2022). Türkçe Dilinde Yazılan Bilimsel Metinlerin Derin Öğrenme Tekniği Uygulanarak Çoklu Sınıflandırılması, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(2), 504 – 519.
- [20] Çatal, C., Erbakırcı, K., Erenler, Y. (2003). Computer-based Authorship Attribution for Turkish Documents, *Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Neural Networks*.
- [21] Amasyalı, M. F., Diri, B., Türkoğlu, F. (2006). Farklı Özellik Vektörleri ile Türkçe Dokümanların Yazarlarının Belirlenmesi, 15th *Turkish Symposium on Artificial Intelligence and Neural Network*, Muğla, Türkiye.
- [22] Biricik, G., Diri, B. (2009). Impact of a New Attribute Extraction Algorithm on Web Page Classification, *5th International Conference on Data Mining*, Las Vegas. A.B.D.
- [23] Aslıyan, R., Günel, K. (2010). Metin İçerikli Türkçe Dokümanların Sınıflandırılması, *Akademik Bilişim Konferansı*, 659–665.
- [24] Doğan, S., Diri, B. (2010). Türkçe Dokümanlar İçin N-gram Tabanlı Yeni Bir Sınıflandırma (Ng-ind): Yazar, Tür ve Cinsiyet, *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 3, 11– 20.
- [25] Türkmen, İ., Diri, B., Biricik, G., Doğan, R. (2011) Konuşma Dili Kullanılarak Demografik Bilgilerin Sınıflandırılması, *IEEE 19. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı*, Antalya, Türkiye.
- [26] Amasyalı, M. F., Balcı, S., Mete, E., Varlı, E. N. (2012). Türkçe Metinlerin Sınıflandırılmasında Metin Temsil Yöntemlerinin Performans Karşılaştırılması, *EMO Bilimsel Dergi*, 2(4).
- [27] Levent, V. E., Diri, B. (2014). Türkçe Dokümanlarda Yapay Sinir Ağları ile Yazar Tanıma, 15. *Akademik Bilişim Konferansı*, Mersin ,735–741.
- [28] Hüsem, S. Ş. (2017). Veri Madenciliği Teknikleriyle Türkçe Web Sayfalarının Kategorize Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi*, İstanbul, 20-25.
- [29] Amasyalı, M. F., Yıldırım, T. (2004). Otomatik Haber Metinleri Sınıflandırma, 13.Sinyal İşleme ve Uygulama Kurultayı, Kuşadası, Türkiye, 224– 226.
- [30] Amasyalı, M. F., Beken, A. (2009). Türkçe Kelimelerin Anlamsal Benzerliklerinin Ölçülmesi ve Metin Sınıflandırmada Kullanılması, *IEEE 17. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı*, Antalya.
- [31] Tüfekci, P., Uzun, E. (2013). Türkçe Dilbilgisi Özelliklerini Kullanarak Web Tabanlı Haber Metinlerinin Sınıflandırılması, 21. *IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı*, GİRNE, KKTC.
- [32] Altunel, B., Ganiz, M. C., Diri, B. (2013). A Novel Higher-Order Semantic Kernel For Text Classification, *International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*, Ankara, 216–219.
- [33] Guran, A., Ganiz, M. C., Naiboglu, H. S., Kaptıkacı, H. O. (2013). NMF Based Dimension Reduction Methods For Turkish Text Clustering, *Innovations In Intelligent Systems And Applications*, 1–5.
- [34] Baskaya, F., Aydın, I. (2017). Haber Metinlerinin Farklı Metin Madenciliği Yöntemleriyle Sınıflandırılması, *International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP)*, Malatya, 1–5.
- [35] Kaynar, O., Aydın, Z., Görmez, Y. (2017). Sentiment Analizinde Öznelik Düşürme Yöntemlerinin Oto Kodlayıcı Derin Öğrenme Makinaları ile Karşılaştırılması, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(3), 319 – 326.





# Effect Of Spray Number On The Structural And Optical Properties Of CuO Thin Films

K.N. ELHOUDA

<sup>1</sup> LRPCSI, Université 20 août 1955-Skikda, B.P.26, Route d'El-Hadaiek, 21000, Skikda, Algeria. [ketitanourelhouda@gmail.com](mailto:ketitanourelhouda@gmail.com)

**Abstract** - In this study, CuO thin films were produced using spray pyrolysis technique on glass substrates at a fixed temperature of 350 °C. The films had a 0.1 M deposit using (CuCl<sub>2</sub>, 2H<sub>2</sub>O) as precursor, Using a spray number that ranges between 25 and 150 spray with a step of 25 spray to observe how this parameter affects the structural characteristics of our material. According to the plan (002), X-ray diffraction (XRD) analysis demonstrates the development of pure polycrystalline CuO with tenorite phase, which is a monoclinic structure. The characterizations utilized, such as X-ray diffraction (XRD), demonstrate the development of pure polycrystalline CuO with tenorite phase, which is a monoclinic structure. The parameter of the monoclinic cell varies according to the spray number between 4.78 Å, 4.67 Å. also c varies according to the spray number between 5.12 Å, 5.3 Å. the variation in parameters was due to stresses. and Raman spectroscopy was used to perform the optical characterisation. What we discovered using XRD is confirmed by Raman spectroscopy.

**Keywords** - Copper oxide, XRD, Spray pyrolysis, Spectroscopy Raman, Spray number, Copper chloride solution

## I. INTRODUCTION

PROPERTIES of metal oxide thin films are what distinguish them most from other types of technological applications. Among these, extensive research has focused on cuprous oxide thin films as an encouraging substance with potential applications in various industries. There are three types of copper oxides (cupric oxide or tenorite (CuO), the cuprous oxide or cuprite (Cu<sub>2</sub>O) and Cu<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, The most stable of them is cupric oxide (CuO) moreover, band gap ranging from 1.3 to 2 eV [1]. Cupric oxide which has a monoclinic polycrystalline structure, It is confirmed that the p-type conductivity of CuO thin films [2]. It has garnered significant attention over time due to its noteworthy electrical and optical characteristics [3]. Additionally, The material has attracted considerable interest from businesses due to its high optical absorption rate [4,5], outstanding electrical conductivity [6], non-toxic nature [7] Furthermore, because of its strong solar absorbance and little thermal emittance [8]. Copper oxide (CuO) thin films found utility in various applications such as : gas sensor [9], solar cells [10], lithium battery [11] and material for the magnetic storage [12]. CuO can be acquired through both physical and chemical methods such as magnetron sputtering [13], molecular beam epitaxy [14], thermal evaporation [15], chemical precipitation [16], polyol process [17], spray pyrolysis [18], sol-gel method [19], solvo thermal [20], hydrothermal methods [21], etc. Chemical method are cheaper, faster, and more productive than physical method. This approach facilitates their straightforward adaptation for

industrial purposes.

Among these methods, the growth of CuO thin films has conventionally been achieved through spray pyrolysis on various types of substrates. This is a straightforward and convenient method for depositing a range of metal oxide thin films. The two significant advantages of this approach are its operation at atmospheric pressure and its suitability for large-area deposition. The effect of deposition factors regarding the qualities of CuO thin films has been the subject of extensive research.

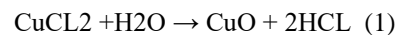
In this paper, we describe the creation of CuO thin films at the nano-scale using a cost-effective technique called discontinuous chemical spray pyrolysis. We explore the structural and optical properties of these films while altering the number of spray.

## II. EXPERIMENTAL METHODS

### A. Elaboration of CuO thin film

By spraying an aqueous precursor solution of 0.1 M containing an acceptable amount of copper chloride dehydrate dissolved in an appropriate volume of distilled water, nano-sized CuO thin films have been produced. The precursor solution was discontinuously sprayed onto cleaned glass substrates with dimension (1cm\*1cm) that had been heated to 350°C. Mechanically, spray was carried out utilising a perfume nozzle and air as the carrier gas. 25 cm separated the substrate from the nozzle. and the time between two successive 1 second. With a number of sprays ranging from 25 to 150 sprays with a step of 25 sprays.

where the formation of the CuO thin films begins following this reaction (1)



We altered the deposition settings to generate good quality CuO films that were homogeneous, highly crystallised, and reproducible.

### B. Characterization of materials

The structural and optical characteristics of the deposition of CuO thin films against spray number were investigated using a variety of techniques. The symmetric - 2 geometry was utilized to study the structural properties utilizing XRD on a Philips

X'Pert diffractometer with a CuK $\alpha$  radiation source that has a wavelength of 0.154056 nm. The presence of the CuO phase was verified in this work using Raman spectroscopy. A Bruker Senterra Raman spectrometer with AlGaAs excitation at a 532 nm laser was used to record all Raman spectra over the range of 100-1400 cm<sup>-1</sup> with an exposure time of 20s.

### III. RESULTS AND DISCUSSIONS

#### A. XRD Pattern

Figure 1. Show in XRD analysis was conducted to explore the structural characteristics of thin CuO nanostructured films formed on glass substrates using different numbers of spray .

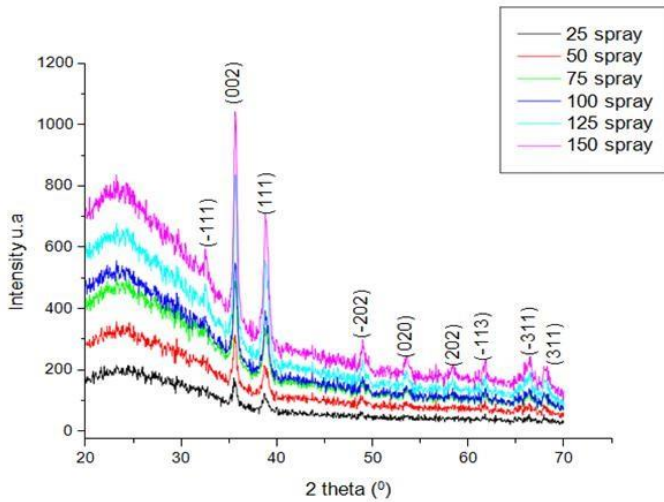


Fig 1. CuO thin films with various spray numbers as seen in their XRD patterns.

Figure 1. depicts the thin film's XRD pattern. It shows the crystalline nature of copper oxide and the diffraction peaks are in excellent agreement with the pdf file (JCPDS n<sup>o</sup> 45-0937). The enhancement of the CuO tenorite phase was verified by the single crystallographic planes. They have concluded the formation of CuO single phase. The crystallisation of two particular designs (002) and (111) in the CuO phase was good. According to JCPDS card numbers 85-1326 for copper and 78-2076 for copper dioxide, no peak of either of the other phases of copper or copper dioxide was seen in our investigation.

As can be observed, the XRD peak intensity increases with the number of sprays and noticeably decreases for the film created with 125 sprays. This signifies an enhancement in the crystalline quality of the deposited films, potentially attributed to the thermal annealing process that occurs in the CuO films due to the catalytic reaction. The widening of the XRD peaks might be attributed to micro-strain, likely originating from the disparity in the thermal expansion coefficients between the substrate and the deposited films [22]. At the identical deposition temperature of 350°C [23-24].

As can be seen in the 1st layer spectrum of CuO with a spray count of 25 identified a matching polycrystalline CuO structure through spray pyrolysis. It is noticed that the film is composed

of an amorphous fabric in which small crystallites are dispersed. In the 2nd to 6th layer spectra of CuO, the diagram exhibits the same spectrum. In all of the films, we did not observe any preferential orientation, but rather two directions: (111) and (002) with varying intensities, and minor peaks corresponding to (-111), (-202), (020), (202), (-113), (-311), (311). The CuO phase, where preferred orientation along (002) is seen, has also been described in other research [25-29]. The (-111) plane is also a favourable orientation, according to Roy et al. [30].

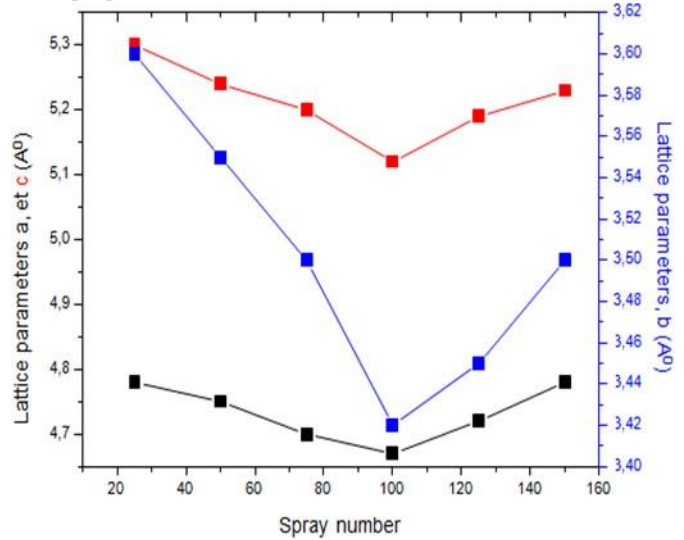


Fig 2. the lattice parameters change depending on the spray number.

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2 \sin^2 \beta} + \frac{k^2}{c^2 \sin^2 \beta} + \frac{2hlc \cos \beta}{ac \sin^3 \beta} \quad (2)$$

$$\lambda = 2d \sin \theta \quad (3)$$

Miller indices being h, k, and l. As determined by Bragg's equation (2) and taken from the JCPDS n<sup>o</sup> 45-0937, d is the lattice spacing. The lattice parameter values and those found in the literature agree rather well [31].

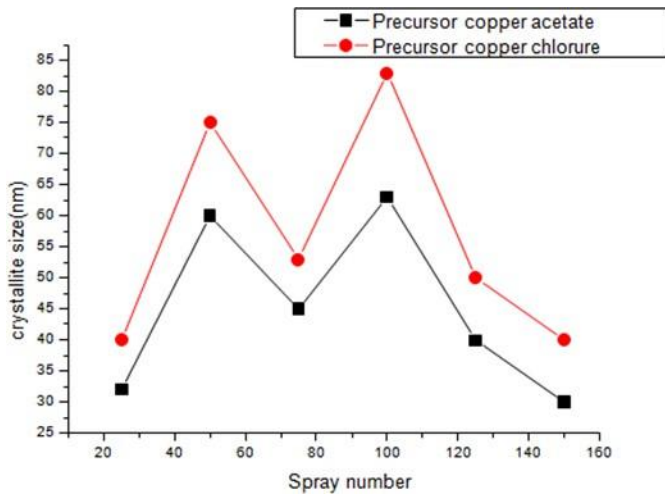
We notice that there are some differences in the values of a, b, and c compared to those given by the ASTM datasheet, which may be explained by the stresses caused during the formation of our films. The lattice parameter 'a' varied, depending on the number of sprays, between 4.78 and 4.67 Å, and similarly, the lattice parameter 'c' varied between 5.12 and 5.3 Å, depending on the number of sprays. These parameter values are lower than those of the bulk material due to the induced stresses. Also, we can observe that the lattice parameters reach values that are close to those of the bulk material at 100 sprays. There are no differences in the lattice parameters whether using copper

acetate precursor or copper chloride .

The following relationships were used to determine the size of crystallites D for the films and the microstrain due to crystal imperfection and distortion in the Figure 3. the following equations (3.4) [3-4]:

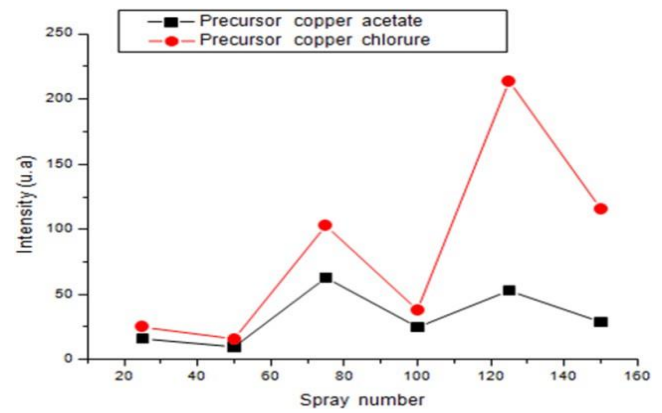
$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (4)$$

$$\epsilon = \frac{\beta}{4 \tan\theta} \quad (5)$$



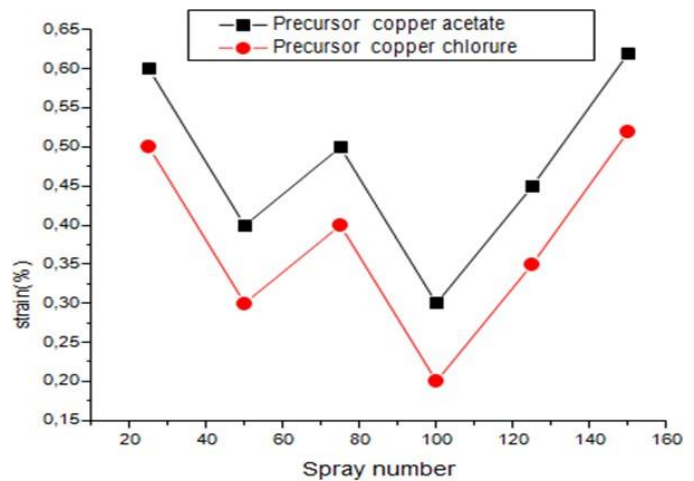
**Fig 3.** changes of the (002)-oriented crystallite size according on the spray number for both copper acetate (work already done in previous master's theses) and copper chloride solutions.

The size of (002)-oriented grains is presented in figure 3 in relation to the quantity of sprays. In this figure, it is noticeable that the grain size expands. with two different rates until reaching 100 sprays, which have the largest grain dimension. Afterward, there is a decrease in grain size for 125 and 150 sprays. The growth in our curve indicates the enhancement in our films' crystalline structure (similar trend observed when using the copper acetate solution but with an improvement in grain size). At first to the quin relation indicates the improvement in our films crystalline structure. growth of grains during deposition (between 25 and 50 sprays) is faster than that observed between 75 and 100 sprays. Initially, our layers did not have a good crystalline structure, as shown in (see **Figure 1**).



**Fig 4.** Variation of Expressing the peak intensity I(002) in relation to the spray number for two precursor.

**Figure 4.** it can be observed a measure of the intensity of (002) orientation peak varies with quantity of sprays in a symmetrical manner, even when changing our precursor. The only difference is seen in the intensity, which is enhanced when using the copper chloride precursor compared to when using the copper acetate precursor. The maximum intensity is achieved at 125 sprays for both precursors.

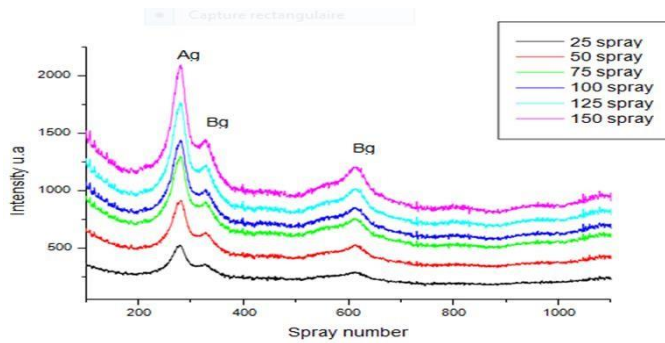


**Fig 5.** Changes in the crystal strain with respect to the spray number for two precursor.

Strain are calculated using Equation (4) and represented in Figure 5. It can be observed that the strain decreases at two different rates: the first from 25 sprays to 50 sprays and the second from 75 sprays to 100 sprays. The latter has the minimum strain value, allowing room for grain growth, which makes up our thin CuO layers, thus indicating an improvement in the crystalline state **Figure 5**. After 100 sprays, the stresses increase until reaching a maximum value at 150 sprays. This trend is consistent for both copper acetate and copperchloride precursors, but the strain is lower for the copper chloride solution compared to the copper acetate solution

## B. Raman spectra

**Figure 6.** displays three distinct peaks in the Raman spectra of the deposited films, situated at 277.2, 333.1, and 624.6  $\text{cm}^{-1}$ . The principal vibration modes of CuO, Ag(1), Bg(1), and Bg(2) are represented by these peaks, which have been documented in existing literature [32,22].



**Fig 6.** deposited thin layers' Raman spectra.

## IV. CONCLUSION

Using the discontinuous chemical spray pyrolysis method, nanoscale CuO thin films were deposited on a glass substrate. We explored how the spray number affected the structural and optical characteristics of the deposited layers. XDR was used to characterise the thin layers' structural properties, while Raman spectroscopy was used to characterise their optical properties. The XDR has validated the crystalline condition of our thin layers and the favoured direction of CuO formation in accordance with the plan (002). We were able to verify the existence of a thin CuO layer using the characterisation and Raman spectroscopy.

## REFERENCES

1. E.M. Alkoy, P. Kelly, The structure and properties of copper oxide and copper aluminium oxide coatings prepared by pulsed magnetron sputtering of powder targets, *Vacuum* 79 (2005) 221–230
2. Y.K. Yeong, G.M. Choi, Nonstoichiometry and electrical conduction of CuO, *J. Phys. Chem. Solid.* 57 (1996) 81–84
3. Dhaouadi, M.; Jlassi, M.; Sta, I.; Miled, I.B.; Mousdis, G.; Kompitsas, M.; Dimassi, W. Physical properties of copper oxide thin films prepared by sol–gel spin–coating method. *Am.J.Phys.Appl.*2018, 6, 43–50. [CrossRef]
4. Prabu, R.D.; Valanarasu, S.; Ganesh, V.; Shkir, M.; AlFaify, S.; Kathalingam, A.; Srikumar, S.; Chandramohan, R. An effect of temperature on structural, optical, photoluminescence and electrical properties of copper oxide thin films deposited by nebulizer spray pyrolysis technique. *Mater. Sci.Semicond. Process.* 2018, 74, 129–135. [CrossRef]
5. Aghayan, M.; Hussainova, I.; Kirakosyan, K.; Rodríguez, M.A. The template-assisted wet-combustion synthesis of copper oxide nanoparticles on mesoporous network of alumina nanofibers. *Mater. Chem. Phys.* 2017, 192, 138–146.
6. ÖZMENTE, S., R. Effect of thermal annealing time on the optical characteristics of CuO thin films. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Derg* 2019, 24, 176–182.
7. Mikami, K.; Kido, Y.; Akaishi, Y.; Quitain, A.; Kida, T. Synthesis of Cu<sub>2</sub>O/CuO nanocrystals and their application to H<sub>2</sub>S sensing. *Sensors* 2019, 19, 211.
8. Mazhir, S.N.; Yasen, H.; Salih, M.M.; Mohamed, G.H. Structural and solar cell properties of CuO doped TiO<sub>2</sub> thin films prepared by laser induced plasma. *J. Eng. Appl. Sci.* 2018, 13, 3555–3561
9. A. Chowdhuri, V. Gupta, K. Sreenivas, R. Kumar, S. Mozumdar, P. K.Patanjali, *Appl. Phys. Lett.* 84 (2004) 1180–1182.
10. K. Han, M. Tao, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* 93 (2009) 153.
11. X. P. Gao, J. L. Bao, G. L. Pan, H. Y. Zhu, P. X. Huang, F. Wu, D. Y. Song, *J. Phys. Chem. B* 108 (2004) 5547–5551.
12. R. V. Kumar, Y. Diamant, A. Gedanken, *Chem. Mater.* 12 (2000) 2301–2305.
13. Dolai, S.; Dey, R.; Das, S.; Hussain, S.; Bhar, R.; Pal, A.K. Cupric oxide (CuO) thin films prepared by reactive dc magnetron sputtering technique for photovoltaic application. *J. Alloys Compd.* 2017, 724, 456–464. [CrossRef]
14. Yang, K.G.; Hu, P.; Wu, S.X.; Ren, L.Z.; Yang, M.; Zhou, W.Q.; Li, S.W. Room-temperature ferromagnetic CuO thin film grown by plasma-assisted molecular beam epitaxy. *Mater. Lett.* 2016, 166, 23–25. [CrossRef]
15. Sahu, K.; Choudhary, S.; Khan, S.A.; Pandey, A.; Mohapatra, S. Thermal evolution of morphological, structural, optical and photocatalytic properties of CuO thin films. *Nano-Struct. Nano-Objects* 2019, 17, 92–102. [CrossRef]
16. Sagadevan, S.; Pal, K.; Chowdhury, Z.Z. Fabrication of CuO nanoparticles for structural, optical and dielectric analysis using chemical precipitation method. *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 2017, 28, 12591–12597. [CrossRef]
17. Dobrozhan, O.; Vorobiov, S.; Kurbatov, D.; Baláž, M.; Kolesnyk, M.; Opanasyuk, A. Structural properties and chemical composition *Microstruct.* 2020, 140, 106455. [CrossRef]
18. Moumen, A.; Hartiti, B.; Comini, E.; Arachhige, H.M.M.; Fadili, S.; Thevenin, P. Preparation and characterization of nanostructured CuO thin films using spray pyrolysis technique. *Superlattices Microstruct.* 2019, 127, 2–10. [CrossRef]
19. Lim, Y.F.; Chua, C.S.; Lee, C.J.J.; Chi, D. Sol–gel deposited Cu<sub>2</sub>O and CuO thin films for photocatalytic water splitting. *Phys. Chem. Chem. Phys.* 2014, 16, 25928–25934. [CrossRef] [PubMed]
20. Hong, J.; Li, J.; Ni, Y. Urchin-like CuO microspheres: Synthesis, characterization, and properties. *J. Alloys Compd.* 2009, 481, 610–615. [CrossRef]
21. Ozga, M.; Kaszewski, J.; Seweryn, A.; Sybilski, P.; Godlewski, M.; Witkowski, B.S. Ultra-fast growth of copper oxide (II) thin films using hydrothermal method. *Mater. Sci. Semicond. Process.* 2020, 120, 105279. [CrossRef]
22. R. Daira, A. Kabir, B. Boudjema, C. Sedrati Structural and optical transmittance analysis of CuO thin films deposited by the spray pyrolysis method (2020)

23. I. Singh, R.K. Bedi, Appl. Surf. Sci. 257 (2011) 7592.
24. D. Gopalakrishna, K. Vijayalakshmi, C. Ravidhas, J. Mater. Sci. Mater. Electron. (2012) 667, 08.
25. T. Maruyama, Copper oxide thin films prepared from copper dipivaloylmethanate and oxygen by chemical vapor deposition, Japanese J. Applied Phys., 37,pp. 4099-4102, 1998.
26. J. Morales, L. Sanchez, F. Martin, J. R. Ramos-Barrado, M. Sanchez, Use of low- temperature nanostructured CuO thin films deposited by spraypyrolysis in lithium cells, Thin Solid Films, 474,pp. 133– 140, 2005.
27. Papadimitropoulos G., Vourdas N, Vamvakas V. E.and Davazoglou D, Deposition and characterization of copper oxide thin films, J. Phys: Conf. Ser, 10, pp. 182–185, 2005.
28. Marabelli F., Parraviciny G. B, Orioli F. S, Optical gap of CuO, Phys. Rev. B., 52, pp 1433–1436, 2005.
29. A. Alkaya, R. Kaplan, H. Canbolat, S.S. Hegedus, A comparison of fill factor and recombination losses in amorphous silicon solar cells on ZnO and SnO<sub>2</sub>, Renewable energy, 34, 1595-1599, 2009.
30. S. Roy, A. H. Bhuiyan, Properties of Spray Pyrolysed Copper Oxide Thin Films, Sensors and Transducers, Vol. 209, Issue 2, pp 20-27, 2017.
31. T. Kimura, Y. Sekio, H. Nakamura, T. Siegrist, P. Ramirez, Nat. Mater. 7 (2008) 291.
32. D.P. Volanti, D. Keyson, L.S. Cavalcante, A.Z. Simoes, M.R. Joya, E. Longo, J. A. Varela, P.S. Pizani, A.G. Souza, J. Alloys Compd. 459 (2008) 537



# Eğitimde Dönüşüm: Türk Eğitim Sistemi ve Geleceğe Yönelik İzlenimler

## Transformation in Education: Turkish Education System and Future Impressions

A.A. AĞAÇAYAK<sup>1</sup> ve A.C. AĞAÇAYAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Öztekinler Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, Konya/Turkey, aysin-aydin@hotmail.com

<sup>2</sup>Konya Teknik Üniversitesi, Konya/Türkiye, acagacayak@ktun.edu.tr

**Özet-** Türk eğitim sisteminin tarihine baktığımızda özellikle Cumhuriyetin ilanı ile birlikte Türk eğitim sisteminde pek çok yeniliğin yaşandığını görebiliriz. Çünkü küreselleşen dünyada her şey hızla değişiyor, bilgi de değişiyor. Bilginin nesiller arası aktarımında eğitim önemli bir rol oynamaktadır ve yenilik kaçınılmazdır. İçerik yöntemi ve tekniklere dayalı ise bu yenilikler sorun yaratmaz ancak sık sık yapılan yenilikler ve sistemde köklü değişiklikler yapılması olumsuz sonuçlar doğurabilir. Eğitim sisteminde yapılan değişikliklerin sonuçlarını görmek için bir süreç gereklidir. Eğitim sisteminde yeniliklerin gerçekleştirilmesi için öncelikle bu yenilikler için gerekli altyapının oluşturulması ve bilimsel verilerden yararlanılması gerekmektedir. Dünyanın en başarılı ülkelerinin eğitim sistemlerinden yararlanarak ve onları yeniden düzenleyerek daha iyi sonuçlar elde edebiliriz. Bu gerçeklik karşılaştırmalı eğitim araştırmalarının önemini göstermektedir.

Bu araştırmanın amacı yukarıda da bahsettiğimiz gibi ülkeler arasında kriterleri kabul gören uluslararası sınavların her alanında başarılı sonuçlar elde eden eğitim sistemlerine ile Türkiye'deki zorunlu eğitim sistemini karşılaştırarak Türkiye'de ideal eğitim sisteminin oluşmasına ve gelişimine katkıda bulunmaktır.

**Anahtar Kelimeler** – Eğitim, Türkiye Eğitim Sistemi, zorunlu eğitim.

**Abstract** - When we look at the history of the Turkish education system, we can see that there have been many innovations in the Turkish education system, especially with the declaration of the Republic. Because in the globalizing world, everything is changing rapidly and information is also changing. Education plays an important role in the intergenerational transfer of knowledge and innovation is inevitable. If the content is based on methods and techniques, these innovations do not cause problems, but frequent innovations and radical changes in the system may have negative consequences. A process is required to see the results of changes made in the education system. In order for innovations to occur in the education system, the necessary infrastructure for these innovations must first be created and scientific data must be used. We can achieve better results by taking advantage of and reforming the education systems of the world's most successful countries. This reality shows the importance of comparative education research.

The purpose of this research, as we mentioned above, is to contribute to the formation and development of the ideal education system in Turkey by comparing the compulsory education system in Turkey with the education systems that

achieve successful results in all areas of international exams whose criteria are accepted among countries.

**Keywords** - Education, Turkish Education System, compulsory education.

### I. GİRİŞ

Günümüzde bilgi çağını yaşamaktayız. Toplumlar çağın gerekliliğine ayak uyduramadıkları zaman zayıf düşme ve yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalırlar. Bu nedenle çağımızda bilgiye önem veren ve onu üreten toplumlar etkin bir güce sahiptir. Bilginin birçok yerden alınabilmesi mümkün olmasına rağmen toplumun geneline aktarılmasında en etkin yol eğitimidir. Bu durum devletlerin eğitime bakış açısının önemini ortaya çıkarmaktadır. Eğitime önem veren devlet anlayışı bireylerin ileri seviyede bir eğitim seviyesine ve vizyona ulaşmasına, fikir üretebilen çevreye duyarlı alanında uzman fertlerin yetişmesine olanak sağlar. Bu fertlerin oluşturduğu toplum, kültürüne bağlı, yeniliklere açık, demokrasiyi özümsemiş yani toplumsal açıdan güçlü temelleri olan, her yönüyle zenginleşmiş bir toplumun oluşmasını sağlar.

Küreselleşmenin günümüzde dünyadaki sınırları ortadan kaldırması ile bilim, teknoloji ve sanayi alanında meydana gelen büyük gelişmeler toplumların her alanda rekabete girmesine neden olmaktadır. Bu rekabet ortamı devletlerin atılım yapabilmeleri için vatandaşlarını en iyi şekilde eğitmesini zorunlu kılmaktadır. Devletlerin ve toplumun varlığına bu kadar etkisi olan bireylerin eğitimi tesadüflere bırakılamaz.

Gelişme ve kalkınma açısından bir adım öne geçmek isteyen toplumlar mutlaka bireylerini belirli bir seviyede bilgi birikimi ile donatarak sonraki nesillere de aktarmak zorundadır. Bu zorunluluk, bireyin hayatı boyunca devam eden eğitim sürecinin bir kısmının zorunlu hale getirilmesi ve böylece zorunlu eğitim kavramının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bir uygulamanın başarısını nitelik belirler bu yüzden zorunlu eğitimin başarısını da verilen eğitimin niteliği belirlemektedir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyine bakıldığında bir ülkenin halkına verdiği zorunlu eğitimin niteliği ne kadar fazlaysa o ülkenin kalkınmasında da o kadar etkisi olduğu görülmektedir. Her toplumun kültürel yapısının farklı olmasından dolayı



devletler kendi yurttaşlarına uygun en ideal zorunlu eğitim sistemine ulaşmak için AR-GE çalışmaları yapmakta ve bunun için devlet bütçelerinin önemli bir payını aktarmaktadır. Ülkemizin tüm bölgeleri arasındaki gelişmişlik farkının azaltarak kalkınmasını, ancak eğitimde eşitlik ilkesi doğrultusunda her bir ferden belirli bir eğitimden geçmesini sağlayarak başarabiliriz. Toplum olarak bu amaca yönelik 1924 yılından bu yana eğitim zorunlu hâle getirilmiştir. Bu tarihten günümüze kadar hem dünyanın hem de ülkemizin şartlarına göre zorunlu eğitim sisteminin üzerinde önemli değişiklikler ve yenilikler yapmış bulunmaktayız. Bu yaptığımız değişikliklerin ve yeniliklerin başarıya ulaşmasının en önemli yolundan bir tanesi eğitim alanında uluslararası platformlarda kendini ispatlamış ve başarılar elde etmiş ülkelerin eğitim sistemlerinin incelenerek bu eğitim sistemlerinin güçlü yönlerinin kendi eğitim sistemimizde harmanlayarak ve geliştirilerek uyarlanması ile gerçekleşecektir. (Çelik, 2016).

## II. ZORUNLU EĞİTİM SİSTEMİ

### A. Eğitim

Eğitim, insanoğlu yeryüzünde var olduğu sürece var olmuştur. Eğitim; Tüm canlıların yaşam standartlarının iyileştirilmesi, temel ihtiyaçların karşılanması ve yeni sorunlara çözüm bulunması oldukça önemlidir. Eğitim evde başlar ve okulda sistemli bir şekilde devam eder. Toplum, arzu ettiği düzeni sağlamak için bireylerin eğitimine her zaman önem vermiştir. Eğitimin birçok farklı tanımı vardır. Bunlardan bazıları şu şekilde özetlenebilir: Eğitim, kültürel değerlerin bireylere aktarılması sürecinin bir parçasıdır. Eğitim davranış değişikliği ve gelişimi ile ilgilidir. Eğitimin her tanımı insanı kapsar. İnsanoğlu gelmiş geçmiş en zeki ve başarılı yaratıktır. Eğitimin en önemli unsurlarından biri de bireylerin olayları yaşayarak öğrenmesi ve olayları daha kalıcı öğrenmesi, böylece eğitimin tam olarak gerçekleşmesidir. Öğrenme pek çok aşamadan oluşur ve bunların tamamı bilinçli değildir. Öğrenmenin eğitici olabilmesi için bilinçli olarak yapılması gerekir. Benzer şekilde bireylerde istenmeyen davranışlara yol açabilecek farklı öğrenme türleri de bulunmaktadır. Ancak bunun eğitim olabilmesi için herkes tarafından kabul edilen ve bilinçli olarak uygulanan, arzu edilen bir davranış olması gerekir. Ayrıca eğitim tek seferlik bir faaliyet değil, belli bir süreyi gerektiren uzun vadeli bir faaliyettir. Eğitimin kapsamlı olması gerekiyorsa tüm sürece yayılması gerekir. Eğitimin kapsamının geniş olması nedeniyle pek çok temel kavram bulunmaktadır ve bunlardan bazıları önemli olup burada açıklanacaktır. Eğitim, belirli bir zaman ve yerde meydana gelen davranış değişikliklerini, belirli bir alandaki eğitime göre daha sistematik ve düzenli bir şekilde açıklar. Eğitim öncelikle okullarda gerçekleşir ve denetlenen ve organize edilen öğrenme etkinliklerini içerir. Eğitimin bir parçası olan öğretim, ancak öğretimin bireyin davranışlarında olumlu bir değişiklik yaratması durumunda eğitimidir. Eğitim, yaşam boyunca ve her ortamda kazanılabilecek bilişsel, duygusal ve kutsal davranışların temelini oluşturan çıktıları içerir.

Öğrenme davranışta kalıcı bir değişikliktir. Eğitim bir süreç ise öğrenme de bu sürecin bir ürünü olarak kabul edilir. Eğitim sürecinin önemli unsurları vardır. Bunlardan en önemlileri girdiler ve çıktılardır. Eğitimin belirleyicileri iki alana ayrılabilir: girdi ve süreç. Girdiler ayrıca öğrenci, öğretmen, okul, materyal ve cihaz özelliklerini de içerir. İşlem. Buna eğitim organizasyonlarının tasarımı, alternatif teknolojiler ve öğretmenlerin ve öğrencilerin zamanlarını nasıl kullandıkları da dahildir. Çıktı ve sonuçlara eğitim çıktıları denir. Çıkışta. Bilişsel faydalar arasında gelişmiş el becerisi, tutum değişiklikleri ve davranış değişiklikleri yer alır. Sonuçları; çalışmaları finansal koşulların iyileştirilmesini veya üst pozisyondaki kişilerin tutum ve davranışlarının değiştirilmesini içerebilir. Eğitim kavramı iki ana başlık altında ele alınabilir: sosyal eğitim ve kurumsal eğitim.

### 1. Toplumsal Eğitim

Bireylerin toplumun bir parçası olan aileleri de dahil olmak üzere çevrelerindeki sosyal yapılardan aldıkları eğitimidir. Sınıf, din, gelenek vb. Eğitsel eğitim bireysel değer yargılarını şekillendirir ve bir anlamda toplumun ayakta kalmasını sağlar. Kişinin aldığı eğitim, kişilerarası ilişkiler ve gelecekteki öğrencilik hayatı açısından oldukça önemlidir. Topluma yönelik tasarlanan eğitim etkinliklerinin ortak özelliği okul dışında yani örgün eğitim dışında gerçekleşmesidir. Dolayısıyla sosyal pedagoji, zorunlu eğitimi tamamlamış veya aynı zamanda toplumsal sorunlarla karşı karşıya olan kişilerin genellikle kamu kurum ve kuruluşları tarafından düzenli, planlı ve sistemli bir şekilde uygulanmasını ifade etmekte olup, yaygın eğitim faaliyetlerinin tümünü ifade etmektedir (Archer, 2013).

### 2. Kurumsal Eğitim

Kurumsal eğitim, iş performansını artırmak ve iş hedeflerine ulaşmak için bir kuruluş içindeki çalışanları bilgi, beceri ve yeteneklerin geliştirilmesi yoluyla eğitime sürecidir. Bu, profesyonel bir kuruluş bünyesinde bireylere eğitim verilmesidir. Günümüzde şirketler, bilginin rekabet avantajının en önemli kaynağı haline geldiği küresel bir bilgi ekonomisinde faaliyet göstermektedir. Kabule göre bilgi üç yıl içinde geçerliliğini kaybeder (Drucker, 1994). Bu koşullar altında faaliyet gösteren kuruluşların bilgi kaynaklarını sürekli güncellemeleri ve eğitim ve öğrenimi kurumsal stratejilerinin öncelikli unsuru olarak görmeleri gerekmektedir. Bir şirketin performansını etkileyen temel faktör fiziki varlıklar değil, "entelektüel sermaye" olan insan kaynağıdır (Quinn vd., 2012: 13). Bir şirketin yaratıcılığı ve yenilikçiliği, çalışanlarının beceri ve yeteneklerinin geliştirilmesine bağlıdır. İnsan kaynaklarının öğrenme ihtiyaçlarının yanı sıra, eğitim ve geliştirme faaliyetleri de şirketlerin öğrenen organizasyon haline gelmeleri için giderek önem kazanmaktadır (Roffe, 1999). Dinamik çevre koşullarında faaliyet gösteren tüm şirketlerin öğrenmesi gerekiyor. İyi öğrenen şirketler hayatta kalır ve iyi öğrenen şirketler gelişir. Öğrenemeyenler yok olup gidecektir. Bu açıdan

bakıldığında üst yönetimin görevi, organizasyon içerisinde etkili bir öğrenme ortamının yaratılması için uygun koşulları yaratmaktır. Başka bir deyişle öğrenme stratejik bir yaklaşım gerektirir (Goh, 1998). Artık pek çok şirket eğitimi ayrı bir faaliyet olarak değil, şirketin stratejik bir parçası olarak görüyor (Salas ve Cannon-Bowers, 2001). Kurumsal eğitimin temel amacı öğrenme yoluyla çalışanların çalışma davranışlarında değişiklik meydana getirmektir. Bir kuruluşta çalışanların rolleri, sorumlulukları ve iş kapsamı değiştikçe eğitim programlarının da buna göre değişmesi gerekir. Şirketin eğitim planı, çalışanların mesleki ve kişisel gelişimleri konusunda sürekli iletişim kurulmasını sağlar. Bu iletişimden elde edilen bilgiler, çalışanları önemli ihtiyaçlar konusunda uyarırken aynı zamanda organizasyonel önceliklerin belirlenmesine ve çalışan faaliyetleri ile organizasyonel hedefler arasında ilişki kurulmasına da olanak sağlar. Eğitim planına göre eğitimin kapsamı ve içeriği belirlenecek ve eğitim yöntemi seçilecektir. Eğitim sürecinin sonunda, çalışanların öğrendiklerini iş yerinde ne kadar iyi uygulayabildiklerini değerlendirmek amacıyla eğitim faaliyetleri değerlendirilmektedir. Burada elde edilen bilgiler, sürecin başında eğitim ihtiyaçlarının belirlenmesine yönelik geri bildirim görevi görür (Nemli, vd., 2003).

### B. Eğitim Sistemlerinin Oluşumu

Eğitim sistemlerinin inşa edilme süreci ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Her ülkenin kendine has ihtiyaçları, beklentileri ve özellikleri vardır. Bir eğitim sistemi tasarlanırken, ülke toplumunun sosyal, hukuki, politik, ekonomik, felsefi ve psikolojik temelleri dikkate alınarak kurgulanmalıdır. Eğitim doğrudan toplumla bağlantılıdır ve bireylerin eğitimi, büyümesi ve gelişmesi yoluyla toplumu ilerletir. Gelişmiş ülkeler için yüksek eğitimli işgücü şarttır. Bu nedenle eğitim ekonominin merkezinde yer almaktadır. Gelişim için eğitim. Faydalarının arasında yoksulluğun azaltılması, sağlık düzeylerinin iyileştirilmesi, nüfus planlaması ve ekonomik değişime karşı dayanıklılığın yer aldığı yadsınmaz bir gerçektir. Eğitimin toplumu daha üst seviyelere çıkarabilmesi, insanlara bilgi ve becerilerini geliştirme fırsatları sunabilmesi, eğitim sisteminin gelişmesiyle doğru orantılıdır. Sistem modeli, bütünü oluşturan alt sistemler (girdiler, süreçler, çıktılar, geri bildirimler) ve bunlar arasındaki ilişkilerle ilgilidir. Eğitim sisteminin kalitesini, etkililiğini ve kapasitesini geliştirmek. Sistemin girdilerinin, süreçlerinin, çıktılarının ve geri bildirimlerinin neler olduğunu ve nasıl olması gerektiğini açıklamamız gerekiyor. Cevaplanması gereken sorular şunlardır: Okullar ve öğrenme ortamları. Girdiler nelerdir, olmalı mı, süreçleri nelerdir, olmalı mı, çıkışlar nelerdir, çıkışlar ne olmalı, geri bildirimler nedir veya olmalı mı? Eğitim sürecinin merkezi olan okulun ve öğrenme ve öğretme faaliyetlerinin üretim alanları olan öğrenme ortamının ve sınıfın genel etkililiği ve verimliliği Okul geliyor. Eğitim sistemi, sistemin bütünlüğü ve sistematigi içerisinde düzenlenmeli ve bölümlere ayrılmalıdır. Sistematik ekip çalışmasının ve disiplinler arası yaklaşım anlayışının

eğitime dahil edilmesi, dikkate alınması ve daha da geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca öğrenme ortamlarında ve okullarda. Girdileri, süreçleri, çıktıları ve geri bildirimleri etkileyen faktörlerin yeniden ele alınması ve sistematik tutarlılıkla analiz edilmesi gerekmektedir (Göksoy, 2018).

### C. Türk Eğitim Sistemi

Tüm eğitim sistemleri gibi Türk eğitim sistemi de ülkenin ekonomik, hukuki, siyasi, sosyal, felsefi ve psikolojik temelleri üzerine inşa edilmiştir. Eğitim sistemleri ihtiyaç ve beklentiler çerçevesinde temel konulara müdahale edilerek düzenlenmiştir. Türk eğitim sistemini düzenleyen ilkeler. T.C. Anayasa, milli plan, milli eğitim şurası, eğitim ve öğretimi düzenleyen kanun, hükümetin planları ve kalkınma planları denilebilir. Türkçe eğitiminin temel ilkeleri şunlardır (Erçetin, 2019):

- Evrensellik ve eşitlik
- Bireysel ve toplumsal ihtiyaçlar
- Oryantasyon
- Eğitim Hukuku
- fırsat eşitliği ve fırsat eşitliği;
- Süreklilik
- Atatürk devrimleri ve ilkeleri ile Atatürk milliyetçiliği
- Demokratik eğitim
- Laiklik
- bilimsel
- plan
- Karma eğitim
- Eğitim kampüsleri, okullar ve aileler arasındaki işbirliği
- Her yerde eğitim

Türk eğitim sisteminin yapısına baktığımızda örgün eğitim ve yaygın eğitim olmak üzere iki bölümden oluştuğunu görebiliriz. Örgün eğitime zorunlu katılım esastır ve belirli yaş gruplarını kapsayan okul düzeyleri mevcuttur. Bunlar okul seviyesi. Okul öncesi eğitim; ilk, orta ve yüksek öğretimi kapsamaktadır. Yaygın eğitimde eğitim her yaş grubuna yöneliktir ve katılım zorunluluğu yoktur. 21. Amacı demokratik değerlere sahip, bilen, bildiğini kullanan, üretken ve yaratıcı düşünebilen, aynı zamanda eleştirel düşünebilen 21. yüzyıl bireyleri yetiştirmektir. Bu nitelikler aynı zamanda evrensel bilinç için de gereklidir.” (Oğuz, Oktay ve Aydın, 2010) Dünya çapında eğitimin iyileştirilmesi fikri konusunda fikir birliği olmasına rağmen uygulanması sorunlu olabilir, evet. Türkiye de bu durumla karşı karşıyadır. Türk eğitimciler, eğitim sisteminin iyileştirilmesinde uluslararası uyumun sağlanması için aktif olarak çalışmalıdır. Sonuç olarak ülkemizin eğitim sistemi sürekli olarak değişmektedir. Teknoloji ve bilgi gibi alanların hızla gelişmesiyle birlikte bu tür değişimlerin gelecekte de devam etmesi kaçınılmazdır.

### III. SONUÇ

Her ülkenin güçlü bir ulus olabilmesi için rekabet ortaya çıkar. Bir devletin bu gücü sürdürebilmesi için sahip olması gereken en temel gereksinim, ekonomik açıdan güçlü ve eğitim düzeyi yüksek bireylerden oluşan bir toplum olmasıdır.

Ülkelerin kendi eğitim sistemlerinde en iyi eğitimi elde edebilmeleri için, sistemlerindeki yeniliklere ve izlenecek politikalara karar vermeden önce temel gereksinimleri dikkatlice belirlemeleri gerekir. Uluslar arasındaki küresel değişim ve rekabetin çok yüksek boyutlara ulaştığı günümüzde, toplumların eğitim sistemleri de birbirlerini etkilemeye devam etmektedir. Uluslararası düzeyde yapılan sınavlar, hangi ülkelerin katıldığı ve hangi standartları kabul ettikleri, her ülkenin eğitiminin diğer ülkelerle karşılaştırıldığında değerini belirler. Türkiye'nin uluslararası sınavlardaki başarısı, ülkemizin eğitiminde daha yapılacak çok iş olduğunu gösteriyor. Çünkü son yıllarda ilerleme kaydedilmesine rağmen hâlâ ortalamaya çok yakın veya ortalamanın altında puan alıyorlar. Ne yapılacağı konusunda doğru karar verebilmek ve iyi bir strateji geliştirebilmek için eğitim kalitesi yüksek olan ülkelerin eğitim sistemlerini ve test sonuçlarını karşılaştırmak ve yargılamak gerekir. Bu durum karşılaştırmalı eğitim araştırmalarının önemini vurgulamaktadır ve 1817'den bu yana Avrupa'da bu yöntemle ilgili pek çok araştırmanın yapıldığı görülmektedir. Türkiye'de 1940'tan bu yana karşılaştırmalı eğitim araştırmaları yapıyor. Bugüne kadar bu alanda çok az araştırma yapılmıştır. Bu nedenle Türk eğitiminde yeniliğin temelini oluşturmak için hâlâ çok sayıda karşılaştırmalı eğitim araştırmasına ihtiyaç vardır. Bir ülkenin eğitim alanındaki gelişimi, ülke ekonomisini ve toplumun gelecekteki yaşam standardını, diğer bir deyişle ülkenin geleceğini belirler, dolayısıyla eğitim politikası ulusal bir mesele olarak görülmelidir. Bu nedenle eğitim politikası kararlarını alırken bakış açımızın siyasetin ötesine geçmesi gerekiyor. Gündelik siyasi çatışmalar ve beceriksiz yöneticilerin eğitim sistemini değiştirme kararları nedeniyle sürekli değişen eğitim anlayışı, topluma yıllara değil yüzyıllara mal olacaktır. Finlandiya gibi eğitimin önemini anlayan ülkelerde, hükümetler ve bakanlar değişse bile, eğitim politikası ve eğitim sistemi gündelik çatışmalardan uzak tutuluyor ve siyasete bulaşmıyor, bu da istikrarlı bir eğitim sağlıyor. Bununla başarıya ulaştık. Siyasetin Türkiye'nin eğitim sistemi üzerinde büyük etkisi olduğu görülüyor. Bir ülkenin hükümeti değiştiğinde, bazen aynı hükümetin döneminde bile olsa, eğitim sisteminde temeller atılmadan yenilikler getirildiğinden eğitimde istikrar sağlanamaz. Böyle bir durumun önlenmesi için Türkiye'de her türlü siyasi etkiden uzak, tarafsız bir üst kurulun kurulması gerekmektedir. Kurulacak teşkilatın asıl görevi, toplumun milli değerlerini ve manevi değerlerini dikkate alarak Türk eğitim sisteminde orta ve uzun vadeli eğitim politikalarının belirlenmesi olacaktır.

#### KAYNAKLAR

- [1] Archer, M. S. (2013). *Social origins of educational systems*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203584002>
- [2] Çelik, M. A. (2016). *Finlandiya ve Türkiye zorunlu eğitim sisteminin karşılaştırılması (Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İlköğretim Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi)*.
- [3] Drucker, P. (1994). *Post-capitalist society*. Reprint. Harperbusiness, USA, 1994, 3.8.
- [4] Roffe, I. (1999). *Innovation and creativity in organisations: a review of the implications for training and development*. *Journal of European industrial training*, 23(4/5), 224-241.

- [5] Quinn, J. B., Anderson, P., & Finkelstein, S. (1998). *Managing professional intellect: making the most of the best. The strategic Management of Intellectual capital*, 87100.
- [6] Goh, S. C. (1998). *Toward a learning organization: The strategic building blocks*. *SAM Advanced Management Journal*, 63, 15-22.
- [7] Nemli, E., Yazıcı, S., & Yanık, S. (2003). *Kurumsal Eğitim Ve Geliştirme Sürecinde Yeni Bir Yaklaşım: Elektronik Öğrenme. Öneri Dergisi*, 5(20), 109-117.
- [8] Salas, E., & Cannon-Bowers, J. A. (2001). *The science of training: A decade of progress. Annual review of psychology*, 52(1), 471-499.
- [9] Erçetin, Ş.Ş., (2019). *Türk Eğitim Sistemi ve Okul Yönetimi*. Nobel Yayınları. ISBN 978-605-033-029-8.
- [10] Göksoy, S., (2018). *Eğitimde Etkililiğinin Artırılabilmesi İçin Sistem Modelinin Okul Ve Öğrenme Ortamına Uyarlanabilirliği*. Volume: 3 Issue: 3, 1 - 15, <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijolt/issue/40659/489574>

# Examining and Evaluating Classification Algorithms Based on Decision Trees

M.A. QASIMI

Bakü, Azerbaijan, [q.mehrali@yahoo.com](mailto:q.mehrali@yahoo.com)

**Abstract** - Machine learning learns everything from the data we provide it, uses that data to predict future outcomes, and more. Machine Learning is the process by which computer work more accurately as it learns from the given data. The adoption of machine learning techniques is beneficial in all fields of research. There are many types of machine learning include unsupervised learning, reinforcement learning, and supervised learning. Classification is a part or type of supervised machine learning technique. These algorithms are used to identify and predict data in a variety of domains, including replacement statistical methods, search engine fields, and fields with medical certifications. One of the most popular approaches for representing classifiers in data classification is the use of decision tree classifiers. A decision tree classification is a machine learning technique that predicts or determines the classes of future data sets when the class labels are unknown by using the predetermined labels from previous known sets. Decision tree classifiers have been suggested for usage in many different disciplines, including medical disease analysis, text categorization, user smartphone classification, pictures, and many more. Numerous decision tree algorithms exist, and they are categorized according to how accurate and costly they are to use.

**Keywords** - Machine Learning, Decision Trees, Classification, Algorithm, Supervised Learning.

## I. INTRODUCTION

Today's technology is very advanced, particularly in the area of machine learning (ML), which helps to reduce the amount of labor that needs to be done by humans. Over the past three decades, machine learning has become more and more important in a number of areas [1]. Machine learning (ML) combines computer science and statistics to create algorithms for artificial intelligence that become increasingly effective when exposed to pertinent data instead of being given explicit instructions. ML is the study of computing methods that are automatically improved by experience, in addition to speech recognition, picture identification, text localization, etc. As a subset of artificial intelligence, it is recognized. ML algorithms build a model population based on a sample, known as "training data," which is ordered to generate prediction or judgment without being expressly designed to do so. in a variety of fields, including computer vision and email screening [2].

The purpose of classification is to make the most accurate prediction of the target class. The classification algorithm determines the relationship between the training process's input and output [3]. Huge volumes of data are collected in data mining environments. Using the decision tree method is best if the data set is correctly classified and has the fewest possible nodes. Assigning objects to categories with a wide range of applications is the work of classification.

Classification is a machine learning method which places objects in a collection into desired classes or categories. Predicting the target class for each occurrence in the data is the goal of classification. A classification model, for example can be used to categorize bank loan applications as safe or dangerous [4].

Classification uses attributes to forecast data instances. The process of classifying future data into known classes is known as classification. Typically, this methodology employs a training dataset to construct a model and a test dataset to verify its accuracy. Decision trees, Naïve Bayes, logistic regression, and other methods are commonly used in classification [5].

One of the most popular and useful techniques for inductive inference over supervised data is decision tree learning. A decision tree is a procedural representation of a classification process for categorical data based on many attributes. In addition, decision trees are useful in machine learning because they can process vast amounts of data [6]. There is no need for subject expertise or parameter setup when building decision trees. Hence, decision trees are both adequate and suitable for the exploratory process of discovering new information, and their tree-based representation of learned information is clear and simple to comprehend [4].

## II. DECISION TREE

Decision trees are tree structures that resemble flowcharts, with each internal node representing a test on an attribute, each branch representing a test result, and each leaf node (or terminal node) representing a class label. The decision tree is used to compare the attribute values of a given tuple, X. From the root node to a leaf node that contains the tuple's class prediction, a path is traced [7]. Translating decision trees into categorization rules is a simple process. Using a decision tree as a predictive model, decision tree learning links observations about an item to inferences about its intended value. It is among the methods for predictive modeling that are applied in data mining, machine learning, and statistics [8].

A distinct advantage of using decision trees (DT) is that provides the availability to the employer to conduct both supervised and unsupervised learning. Therefore, they are commonly used for knowledge discovery [9].

A typical tree has leaves, branches, and roots. Decision Tree follows the same structure. It is made up of leaf, branch, and root nodes. Every internal node is used for attribute testing; the branch is used for the test's conclusion, and the leaf node is used for the class label [10]. As its name implies, a root node is the highest node in a tree and is the parent of

all other nodes. A decision tree is a tree in which every leaf represents an outcome (continuous or categorical value), every link (branch) represents a choice (rule), and every node represents a feature (attribute). Decision trees make it easy to gather data and produce insightful interpretations since they closely resemble human thought processes [11].

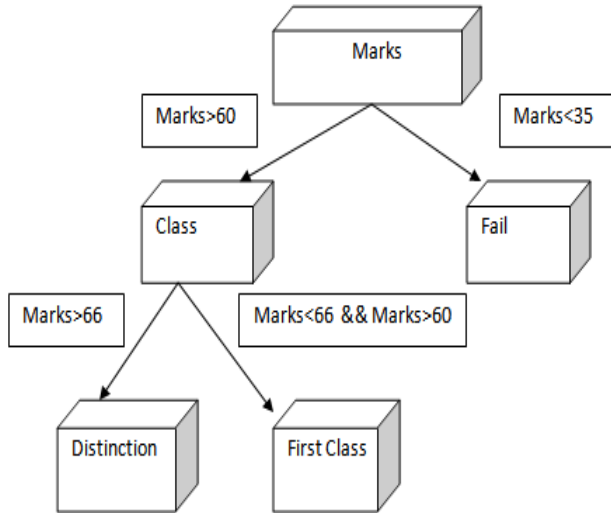


Figure 1: Example of Decision Tree [12].

In above example simple decision tree is used in student database. Here we can easily classify the different categories of student based on their result. Hence we obtain different classes of student and also can easily get the count for the number of students in each class.

### III. DECISION TREE ALGORITHMS

The attributes are divided using decision tree algorithms so that they may be tested at any node to see if splitting is "Best" for each class. Since the splitting criterion for each branch must be the same, the resulting partitioned is as PURE as possible [13].

There are various decision trees algorithms namely ID3(Iterative Dichotomiser 3), C4.5, CART (Classification and Regression Tree), CHAID (CHi- squared Automatic Interaction Detector), MARS. Out of these, we will be discussing the more popular ones are ID3, C4.5, CART [4].

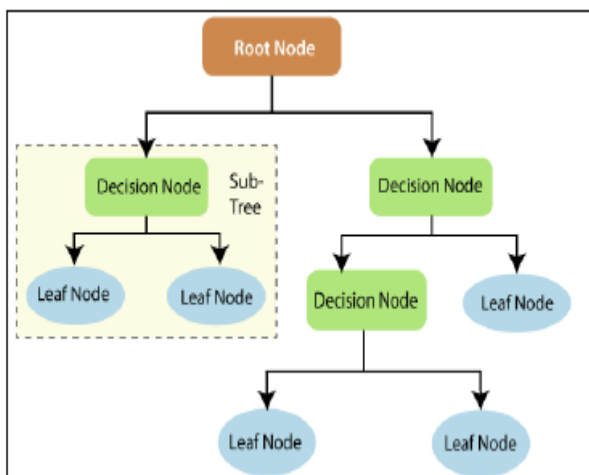


Figure – 2 Structure of Decision Tree [14].

#### A. ID3 Algorithm

Quinlan Ross first presented the straightforward decision tree learning algorithm Iterative Dichotomiser 3 in 1986. It utilizes Hunt's algorithm and is serially implemented. The fundamental idea behind the ID3 approach is to build the decision tree by testing each characteristic at each node of the tree using a top-down, greedy search over the supplied sets. The information gain technique is typically employed in the decision tree method to identify appropriate properties for each node of a decision tree that is constructed. Consequently, we can designate as the current node's test attribute the attribute with the biggest information gain (entropy reduction at the maximum level) [15]. This will result in the least amount of information required to classify the training sample subset that was obtained through subsequent partitioning. Therefore, the mixture degree of various types for all generated sample subsets will be minimized when this property is used to divide the sample set included in the present node. Therefore, the number of divisions needed for object categorization will be effectively decreased by using an information theory technique [11].

ID3 is an algorithm for supervised learning. Through a series of training examples from multiple classes, it is explicitly explained. Based on the hypothesis it develops, it forecasts an item's class. ID3 looks for characteristics (or attributes) that set one class of samples apart from another. ID3 demands that every feature be well-behaved, meaning that all potential values are known ahead of time, and that every feature be known beforehand [16].

ID3 only takes categorical attributes in order to construct a decision tree model. When there is noise and when ID3 is implemented serially, accurate results are not obtained. Thus, prior to building a decision tree, data is preprocessed. Information gain is determined for each attribute in order to construct a decision tree, with the attribute with the largest information gain serving as the root node. Arcs indicate the remaining possible values. Next, all potential outcome instances are analyzed to determine whether or not they are members of the same class. Instances of the same class are identified by a single name class; instances of different classes are categorized using splitting attributes [4].

#### B. C4.5

The decision tree-generating algorithm C4.5 was created by Ross Quinlan. The older ID3 algorithm by Quinlan is expanded upon in C4.5. Because C4.5 can produce decision trees that are useful for classification, the program is frequently referred to as a statistical classifier[11]. The C4.5 algorithm uses information gain as a splitting criterion. Both numerical and category data can be entered into it. In order to manage continuous values, a threshold is created. Attributes with values above the threshold and values equal to or below the threshold are then divided. Since the C4.5 methods does not use missing attribute values in gain calculations, it can handle missing values with ease [17].

It uses an improved technique for pruning trees, which lowers misclassification errors caused by noise and excessive information in the training set. To find the ideal splitting attribute, the data is sorted at each node of the tree, just like

in ID3. The splitting attribute is assessed using the gain ratio impurity approach [18].

In C4.5, a tree grows in three stages [19]:

- 1) C4.5 uses a technique akin to ID3 algorithms for dividing categorical attributes. Binary splits are always produced by continuous attributes.
- 2) Picking the attribute that has the maximum gain ratio.
- 3) These procedures are repeatedly applied to newly formed tree branches, and the tree's growth is halted upon verification of the stop criterion. Increased information biases the property with more values. Therefore, C4.5 use the less biased selection criterion of Gain Ratio.

### C. CART

The acronym CART represents Classification and Regression Trees. Breiman introduced it in 1984. It creates regression trees as well as classifications. Binary splitting of the characteristics forms the foundation of the CART classification tree generation process. CART is a serializable algorithm that is also based on Hunt's algorithm [20]. When choosing the dividing attribute, the splitting measure utilized is the Gini index. In contrast to other Hunt-based algorithms, CART is capable of doing regression analysis using regression trees. When predicting a dependent variable over a specified time period, a collection of predictor variables is provided. This is done using the regression analysis function. CARTS has an average processing speed and can handle nominal and continuous attribute data [11].

Unlike other Hunt-based algorithms, CART utilizes regression trees to facilitate regression analysis. Regression analysis is a tool that helps predict a dependent variable over a certain time period given a set of predictor factors [18].

The CART method functions as a binary tree, with each internal node having precisely two outbound edges. The produced tree is pruned using Cost-Complexity Pruning, and the splits are chosen according on the Towing Condition. The capability of CART to produce regression trees is a crucial feature [12].

TABLE 1: Comparisons between different Decision Tree Algorithms [11]

Features	ID3	C4.5	CART
Type of data	Categorical	Continuous and Categorical	continuous and nominal attributes data
Speed	Low	Faster than ID3	Average
Boosting	Not supported	Not supported	Supported
Pruning	No	Pre-pruning	Post pruning
Missing Values	Can't deal with	Can't deal with	Can deal with
Formula	Use information entropy and information Gain	Use split info and gain ratio	Use Gini diversity index

### IV. METRICS

The training data are divided into multiple subgroups based on the values of the splitting property. The algorithm continues iteratively until every instance in a subset in every Decision Tree belongs to the same class [21].

Table- 2: Splitting Criteria [13]

Metrics	Equation
Information Gain	$Information\ Gain = I(p, n) = - \left( \frac{p}{p+n} \right) \log_2 \left( \frac{p}{p+n} \right) - \left( \frac{n}{n+p} \right) \log_2 \left( \frac{n}{p+n} \right)$
Gain Ratio	$Gain\ Ratio = I(p, n) - E(A)$ <p><math>I(p, n) =</math> Information before splitting  <math>E(A) =</math> Information after splitting</p>
Gini Index	$Gini\ Index, G = \left( \frac{1}{2n^2 \mu} \right) \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m n_j n_k  y_j - y_k $

The primary disadvantage of information gain is that it is skewed toward multivariate characteristics. When data is split unevenly and one of the child nodes has more entries than the other, the gain ratio typically favors that. When there are more than two categories in the data set, the Gini Index produces negative results. These are the disadvantages of dividing standards [13].

### V. EVALUATION MECHANISM

A set is considered precise if the values are near to one another. The set is considered accurate if its average closely matches the actual value of the quantity being measured. One can only measure more than two terms if they are provided with a set of data points from many measurements of the same quantity [22].

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

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

TP = True positive, TN = True Negative

FP = False Positive, FN = False Negative

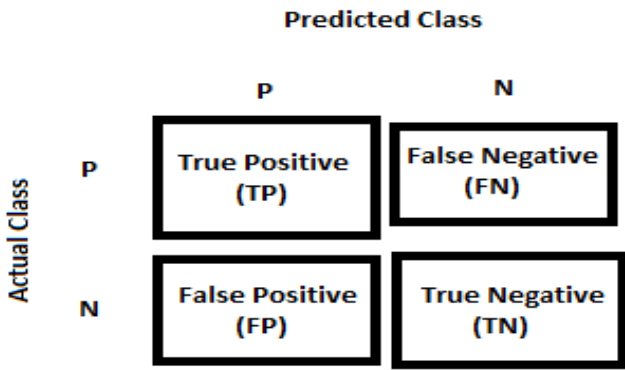


Fig. 3: Confusion Matrix sample in Decision Tree [13].

VI.DATASET DESCRIPTION

The automobile dataset is the one utilized in this experiment. by using this dataset with the ID3, C4.5, and CART decision tree algorithms. The description of the dataset is as follows.

There are two sections to the automobile dataset. Car acceptability is one, while technical characteristic is the other. Two aspects of car acceptability are total cost (purchasing) and maintenance cost (maintenance). the quantity of doors (doors), the number of people the automobile can hold (people), the size of the luggage boot (lug boot), and an assessment of the safety of the vehicle (safety).

**Number of Instances: 1728**

**Number of Attributes: 6**

**Missing Attributes Value: None**

TABLE 3: Attributes Value

Attribute	Attribute Values
Buying	v-high, high, med, low
Maint	v-high, high, med, low
Doors	2, 3, 4, 5-more
Persons	2, 4, more
Lug-boot	small, med, big
Safety	low, med, high

Table 4: Class Distribution (Number of instances per class)

Class	N	N [%]
Unacc	1210	70.023%
Acc	384	22.222%
good	69	3.993%
v-good	65	3.762%

VII.EXPERIMENT

With the WEKA tool, the experiment is simulated. WEKA is a collection of machine learning algorithms for data mining jobs. Weka has tools for pre-processing data, classifying data, regressing data, clustering data, associative rules, and visualizing data [23]. Weka is distributed under the GNU General Public License, making it open source software. It works well for creating novel machine learning systems as well. The algorithms can be called from your own Java code or applied straight to a dataset [11].

Table- 5: Theoretical results[11]

Algorithm	Attribute Type	Missing Value	Pruning Strategy	Outlier Detection
ID3	Only categorical values	No	No	Susceptible to outlier
CART	Categorical and Numerical both	Yes	Cost complexity pruning is used	Can handle
C4.5	Categorical and Numerical both	Yes	Error based pruning is used	Susceptible to outlier

This paper distributes the identical data sets on three distinct decision tree methods, such as ID3, C4.5, and CART, for the experiment. The results of all three algorithms in the terms time and accuracy with the help of the outcome from the below table [24]. The algorithm's division to get a better result is described in the splitting Criteria column. Details regarding the kinds of values the algorithm can handle are provided in the attribute type column. The algorithm's accuracy is determined by the result obtained from the Missing Value column, which indicates whether or not the algorithm detects the missing value.

Table- 6: Practical results

Algorithm	Time Taken (Seconds)	Accuracy (%)	Precision
ID3	0.02	89.35	0.964
CART	0.5	97.11	0.972

As we can see the above table is the practical result of three algorithms ID3, C4.5, and CART. One can notice that CART takes 0.5 seconds to execute an algorithm, ID3 takes 0.02 seconds and C4.5 takes 0.06 seconds. The slowest execution is of CART and fastest is ID3 [11].

Though CART takes too much time or we can say it is the







# Finlandiya Modeli: Eğitimde Başarı Öyküsü ve Türkiye İçin Alınabilecek Dersler

## Finnish Model: Educational Success Story and Lessons for Türkiye

Dr H. AKROUM<sup>1</sup>, A.C. AĞAÇAYAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Algeria, Cezayir

<sup>2</sup> Konya Teknik Üniversitesi, Konya/Türkiye, acagacayak@ktun.edu.tr

**Özet** - Bilgi çeşitli kaynaklardan elde edilebilir, ancak eğitim bu bilgiyi topluma yaymanın en etkili yoludur. Her toplumun kültürel yapısı farklı olduğundan devlet, vatandaşlarına en uygun zorunlu eğitim sistemini oluşturmak için araştırma ve geliştirme çalışmaları yapmakta ve ulusal bütçenin önemli bir kısmını bu amaca ayırmaktadır. Bilginin nesiller arası aktarımında eğitim önemli bir rol oynamaktadır ve yenilik kaçınılmazdır. Eğitim sisteminde yapılan değişikliklerin sonuçlarını görmek için bir sürece ihtiyaç vardır.

Finlandiya gibi eğitimin önemini anlamış ülkelerde hükümetler ve bakanlar değişse de eğitim politikaları ve sistemleri günlük çatışmalardan uzak tutularak siyaset bulaştırılmamış, böylece eğitimde istikrar yakalayarak başarı sağlanmıştır. Finlandiya'da ise zorunlu eğitim süresi 9 yıl olmasına rağmen dünyanın en başarılı eğitim sistemine sahiptir. Fakat Finlandiya örneğinde olduğu gibi sadece eğitim süresinin uzunluğu eğitimde niteliği ve kaliteyi getirmemektedir. Finlandiya'nın eğitim sistemine etki eden yönetim incelendiğinde Finlandiya'nın olduğu 20 bölgede zorunlu eğitim sisteminde yerel yönetimlerin etkisinin oldukça fazla olduğu görülmektedir.

Böylece Finlandiya eğitim sistemi, eğitimde yerinde yönetim avantajını yakalayarak, eğitim ve okullardaki sorunları daha hızlı müdahale ederek çözebilmektedir.

**Anahtar Kelimeler** – Eğitim, Finlandiya eğitimi, Zorunlu eğitim.

**Abstract** - Information can be obtained from a variety of sources, but education is the most effective way to disseminate this information to society. Since the cultural structure of each society is different, the state conducts research and development studies to create the most suitable compulsory education system for its citizens and allocates a significant part of the national budget for this purpose. Education plays an important role in the intergenerational transfer of knowledge and innovation is inevitable. A process is needed to see the results of the changes made in the education system.

In countries that understand the importance of education, such as Finland, although governments and ministers change, education policies and systems are kept away from daily conflicts and politics is not involved, thus success is achieved by achieving stability in education. Although the compulsory education period is 9 years in Finland, it has the most successful education system in the world. However, as in the case of Finland, only the length of the education period does not bring quality and quality in education. When the management affecting the education system of Finland is examined, it is seen that the influence of local governments in the

compulsory education system in the 20 regions of Finland is quite high.

Thus, the Finnish education system can solve problems in education and schools by intervening more quickly by taking the advantage of on-site management in education.

**Keywords** - Education, Finnish education, Compulsory education.

### I. GİRİŞ

Bugün bilgi çağında yaşıyoruz. Bir toplum çağın ihtiyaçlarına cevap veremediği zaman zayıflama ve yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalır. Bu nedenle modern zamanlarda bilgiyi değerlendiren ve üreten toplumlar etkin bir güce sahiptir. Bilgiye pek çok kaynaktan ulaşılabilir, ancak eğitim, bu bilgiyi topluma yaymanın en etkili yoludur. Bu durum devletin eğitime bakış açısının önemini ortaya koymaktadır. Bir ülkenin eğitime önem veren eğitim anlayışı, bireylerin yüksek düzeyde eğitim ve vizyon sahibi olmasına, fikir üretmesine, alanında uzman, çevreye duyarlı insan kaynağı yetiştirmesine olanak sağlar. Bu bireylerin oluşturduğu bir toplum, kültürüne bağlı, yenilikçiliği ve demokrasiyi içselleştirmiş, sosyal temelleri güçlü ve her açıdan zengin bir toplum yaratılmasını mümkün kılmaktadır.

Her toplumun kültürel yapısı farklı olduğundan devletler vatandaşlarına en uygun zorunlu eğitim sistemini oluşturmak için araştırma ve geliştirme çalışmaları yapmakta ve ulusal bütçelerinin önemli bir kısmını bu amaca ayırmaktadırlar. Kalkınmamız ancak ülkemizin tüm bölgeleri arasındaki gelişmişlik farkının azaltılması ve eğitimde eşitlik ilkesine göre her bireyin belirli bir eğitime erişiminin sağlanmasıyla sağlanabilir. Toplum olarak bu amaca yönelik eğitim 1924 yılından itibaren zorunlu olmuştur. O günden bugüne zorunlu eğitim sistemimizde dünya ve ülkemiz şartlarına uygun olarak önemli değişiklikler ve yenilikler yaptık. Bu değişim ve yenilikleri başarılı kılmamızın temel yollarından biri, eğitim alanında başarı elde etmiş ve elde etmiş ülkelerin eğitim sistemlerini uluslararası platformda incelemek ve güçlü yönlerini birleştirerek geliştirerek sistemleri geliştirmek ve uyarlamakla ilgilidir. Bunları kendi eğitim sistemimize entegre ediyoruz. (Çelik, 2016).

Türk eğitim sisteminin tarihine baktığımızda özellikle

Cumhuriyetin ilanıyla birlikte Türk eğitim sisteminde pek çok yeniliğin yaşandığını görebiliriz. Çünkü küreselleşen dünyada her şey hızla değişiyor, bilgi de değişiyor. Bilginin nesiller arası aktarımında eğitim önemli bir rol oynamaktadır ve yenilik kaçınılmazdır. İçerik yöntem ve tekniklere dayalı ise bu yenilikler sorun yaratmaz ancak sık sık yapılan yenilikler ve sistemde köklü değişiklikler yapılması olumsuz sonuçlar doğurabilir. Eğitim sisteminde yapılan değişikliklerin sonuçlarını görmek için bir süreç gereklidir. Eğitim sisteminde yeniliklerin gerçekleştirilmesi için öncelikle bu yenilikler için gerekli altyapının oluşturulması ve bilimsel verilerden yararlanılması gerekmektedir. Dünyanın en başarılı ülkelerinin eğitim sistemlerinden yararlanarak ve onları yeniden düzenleyerek daha iyi sonuçlar elde edebiliriz. Bu gerçeklik karşılaştırmalı eğitim araştırmalarının önemini göstermektedir.

## II. FİNLANDIYA EĞİTİM MODELİ

### A. Araştırmacı Öğretmen

Birçok öğretmen, araştırmalarının günlük okul yaşamından çok uzak olduğunu, sorunlara doğrudan çözüm bulunmadığını veya araştırma bulgularını nasıl uygulamaya koyacaklarını bilmediklerini söylüyor. Ayrıca çoğu bilimsel yayın, araştırma bulgularının okullarda doğrudan nasıl uygulanması gerektiği konusunda bilgi vermemektedir. Çok az akademisyen okulda edindikleri bilimsel bilgiyi doğrudan uygulamaya ilgi duyuyor. Peki bilimsel bilgi eğitimin kalitesini nasıl artırıyor?Finlandiya'nın bu soruna çözümü bellidir. Öğretmenler kendi araştırmalarını yürütür ve sonuçları doğrudan öğretmen gelişiminde kullanır. Örneğin bazı öğrenciler ödevlerini yapmıyorlar. Öğretmenler öğrencilerin ödev motivasyonları hakkında sistematik olarak bilgi topladıklarında ödev problemlerini çözmek daha kolay hale gelir. Her ne kadar birçok öğretmen sınıfta sezgisel veya izlenime dayalı veriler toplasa da, bu verilerin sistematik olarak toplanması ve sistematik analizi önemlidir. Bu nedenle tüm öğretmenlerin de araştırmacı kimliğini geliştirmeleri gerekmektedir. Hangi öğrencinin hangi düzeyde ve nasıl başarılı olacağını bilmek her öğrenci için çok önemlidir. Bunların ne kadar önemli olduğunu biliyoruz. Ama onlar bunu uygulamaya koyuyorlar, biz ise yapmıyoruz (Sahlberg, 2018: 12). Öğretmenler ve eğitimsel değişim üzerine yapılan araştırmalar ve öğretmenlerin görev yaptıkları okullarda hizmet içi eğitim olarak aldıkları mesleki bilgi ve beceri geliştirme eğitimleri verimli olmamaktadır. Bu eğitimler müfredat ve öğretim yöntemlerine dayalıdır ve bunların yalnızca %10'u fiilen uygulanmaktadır. Akran koçluğu. İki veya daha fazla öğretmenin mesleklerinde kullandıkları ve uyguladıkları öğretim yöntemlerini karşılaştırmak, değerlendirmek, bir yıl boyunca bu yöntemleri araştırıp geliştirmek, fikir alışverişinde bulunmak ve birbirlerini teşvik etmek için birlikte çalışmasını içeren özel bir öğrenme ve katkıda bulunma sürecidir. Kendinizin ve okulunuzun gelişimine katkıda bulunun.

Geleneksel eğitim programları ve seminerler tek başına öğretmenlerin öğrenme süreci ve öğrencilere nasıl eğitim verecekleri hakkındaki düşüncelerini değiştirmeye yeterli değildir. Bunu göz önünde bulundurarak öğretmenlerin eğitim kurslarında öğrendiklerini yeni becerilerin uygulandığı güvenli bir ortam olan sınıfa aktarabilmeleri için bu yeni becerilerin

uzmanlardan ve meslektaşlardan alınan geri bildirimlerle tanıtılması, dolayısıyla bu yeni becerilerin öğrencilere kazandırılması gerekebilir. yeni beceriler tanıtın. Güvenli bir ortam, yeni becerilerin uygulanmasında kişisel gelişim için fırsatlar yaratır (Showers ve Joyce, 1996). Bu fikir 1980'lerin sonunda Finlandiya'da etkili oldu. Ayrıca bu dönemde eğitim reformunun bir parçası olarak öğretim kadrosunun çeşitlendirilmesinin gerekli olduğu kabul edildi. 1980'lerde Finlandiyalı bir eğitimci, dersleri planlayan, öğretim materyalleri geliştiren, sınıfta öğrencilerle etkileşimde olan meslektaşlarını gözlemleyen ve öğretim yöntemlerinin öğrencinin öğrenmesi üzerindeki etkinliğini değerlendiren bir öğretmen olarak tanımlanıyordu. Bu tanıma göre Finlandiya, öğretmenlerin okullarında akran koçluğunu kullanmalarına yardımcı olmak için bilimsel ve pratik kanıta dayalı eğitimler sağlamak ve müfredatını öğretmenlerin meslektaşlarıyla işbirliği yapmalarını sağlayacak şekilde düzenlemektedir. Pek çok Finlandiyalı eğitimci ve yönetici, Finlandiyalı öğretmenlerin çok güçlü bir profesyonellik ve işbirlikçi öğrenme ve öğretme kültürüne sahip olduğunu farkındadır. Bu kültürün toplumun kalkınmasında ve ülkenin kalkınmasında temel bir rol oynadığını kabul ediyorlar. Bu nedenle Finlandiya'da ve tüm yükseköğretim ülkelerinde öğretmenlik, dünyadaki birçok ülkeye kıyasla oldukça saygın bir meslek olarak kabul edilmektedir.

### B. Değişim Bilgisinin Aktarımı

Finlandiya'nın başarısı artık eğitimde dönüşüm için bir model olarak kullanılıyor. Finliler gibi pek çok insan iyi bir eğitim sisteminin nasıl kurulacağını öğrenmek istiyor. Finlandiya'nın eğitim başarısını anlamak için sosyokültürel, politik ve ekonomik boyutların farkına varmak gerekir. Finlandiya, diğer birçok ülkenin gelişigüzel girişimcilik çabalarının aksine, eğitim reformunun sistematik ve tutarlı olması gerektiğini göstermiştir. Okul kapasitesini geliştirmek, öğrencileri test etmekten çok daha önemlidir ve refah devletinin yapısıyla ilgili bazı ders dışı önlemlere kesinlikle ihtiyaç vardır. Finlandiya eğitimiyle ilgili yeni makalelerin çoğu, Finlandiya okullarını diğer okullardan ayıran en önemli faktörlerin güven, eğitim ve özel ihtiyaçları olan öğrencilere gösterilen ilgi olduğuna işaret ediyor. Finliler, eğitim politikalarının veriyeye dayalı bürokratik uygulamasına veya ayrıntılı hedeflenen reformlara güvenmek yerine yavaş yavaş okullarına güven duymaya başladı. Bunun sonucunda öğretmenlerin ve liderlerin mesleki sorumlulukları güçlendirildi ve eğitim sistemi kendini geliştiren bir organizasyon olarak işlemeye başladı. Finliler, öğrencilerin öğrenmesini iyileştirmek ve düşük performans gösteren okulları dönüştürmek için standart eğitimin ve ilgili testlerin son dakikada getirilebileceğine inanmamayı seçiyor. Tüm okulların, tüm öğrencilere en iyi öğrenme koşullarını sağlayabilecek nitelikli profesyoneller yetiştirmesini sağlamak için uzun yıllar boyunca sistematik olarak çalışmışlardır. Finlandiya'nın sosyal sistemi, tüm çocukların okulda başarılı olmaları için ihtiyaç duydukları güvenlik, sağlık, beslenme ve duygusal desteğe sahip olmalarını sağlar. Finlandiya'nın eğitim sisteminin fikirlerini benimserken diğer ülkelerin akıldta tutması gereken birkaç şey var.

1-Üstün eğitim performansı için teknik faktörler: Bu faktörler arasında çok programlı okullar, araştırmaya dayalı

öğretmen eğitimi, öğretmenlere yönelik profesyonel destek, hesap verebilirlik politikaları ve eğitimsel liderlik yer almaktadır.

2- Sosyokültürel faktörler: Bu faktörler arasında okuryazarlık ve eğitimin sosyal değerine olan uzun vadeli inançlar, meslek etiği, okullar dahil kamu kurumlarına duyulan güven ve refah devleti anlayışı çerçevesinde devlet desteği yer almaktadır.

3-Diğer kamu sektörleriyle bağlantılar: Bir sektörün başarısı diğer sektörlerin başarısına bağlıdır. Bu nedenle iyi eğitim sonuçları yalnızca sağlık, gençlik ve istihdam gibi diğer kamu politikalarını da içeren daha geniş politikalarla açıklanabilir.

Sürdürülebilir eğitim gelişiminin temel unsurları olarak tercihi, rekabeti ve özelleştirmeyi teşvik eden eğitim politikalarını yeniden düşünmemiz gerekiyor. Günümüzün mükemmel eğitim sistemlerinin hiçbiri öncelikle bu yönergelere dayanmamaktadır. Aslında Finlandiya'nın deneyimi, seçim ve rekabet yerine eşitlik ve ortak sorumluluğa odaklanmanın, tüm çocukların eskisinden daha iyi öğrendiği bir eğitim sistemini mümkün kıldığını göstermektedir. Öğretmenlere kamu tarafından finanse edilen lisansüstü eğitim sağlayan, mesleki çalışmalarını daha iyi destekleyen ve öğretmenliği saygın bir meslek haline getiren eğitim politikasını yeniden düşünmemiz gerekiyor. Öğretmenlerin çalışmalarına güvenilmediğinde ve öğretmenlere profesyonel olarak saygı gösterilmediğinde, birçok yetenekli genç için öğretmenliği hayatlarının işi olarak görmek zordur. Öğretmen olmayı seçseniz bile, saygılı ve profesyonel bir ortamın olmaması, öğretmenlik mesleğini hızla bırakmanıza neden olabilir. Finlandiya'nın ve diğer başarılı eğitim sistemlerinin deneyimi bu gerçeği açıkça göstermektedir. Son olarak, uluslararası öğrencileri ve eğitim göstergelerini değerlendiren araştırmalar sayesinde, yüksek performanslı eğitim sistemleri ile başarılı olmayı hedefleyenler arasındaki fark giderek daha açık hale geliyor. Finlandiya'nın istikrarlı gelişiminin ve yüksek eğitim etkinliğinin sırrı, ulusal geleneklerin ve yabancı etkilerin ustaca birleştirilmesinin sonucudur (Sahlberg, 2021: 246).

### C. Konu Değil Kavram

Çocuklara bir konuyu basitçe açıklamak başarılı bir öğrenme sağlamayacaktır. Önemli olan kavramdır. Çünkü bir konunun derinine inmek zor ama bir kavramın derinine inmek kolaydır. Örneğin, tema Birinci Dünya Savaşı ise, çocuklar onu sadece ezberler (Sahlberg, 2018: 13). Ama aynı konu bağımsızlık, sömürgecilik, savaş, çatışma başlıkları altında ele alınırsa savaşla ilgili tüm konular anlam kazanacaktır. Kavramları öğrenmek bilginin yapılandırılmasını içerir ve öğrenme aşamasında kavramlar diğer kavramlarla ilişkilendirilebilmelidir. Bir kavramı öğretirken, kavramı en iyi temsil edebilecek örnekler kullanılmalıdır. Kavram temelli eğitime geçiş yaşam boyu öğrenmede etkili olacaktır (www.güncelsorular.com: 23.07.2023).

### D. Tek Değil Muhtelif Zekâlar

Finlandiyalı eğitimciler ve otoriteler okullarda kullanılan IQ testlerinin ve standart değerlendirme yöntemlerinin genellikle mantık ve dil becerilerine odaklandığının farkına varmışlardır. Çoğu öğrencinin bununla ilgili büyük bir sorunu olmamasına rağmen bazıları için durum tam tersi olabilmektedir. 1980'lerde ve 1990'larda yeni eğitim sistemini tanıtmaya çalışan

Finlandiyalı eğitimciler ve yöneticiler, Howard Gardner'ın, 1980'lerin başında yeni bir insan zihni teorisi geliştirmeye çalıştığı teorisinin yeni ve gelişmekte olan Finlandiya eğitim sistemine mükemmel şekilde uygun olduğu sonucuna varmışlardır.

Gardner'in teorisine göre, çocuklarda farklı zekâ türleri geliştirmek ve böylece onların benzersiz zekâ çeşitliliklerine karşılık gelen profesyonel ve akademik hedeflere ulaşmalarını sağlamaktır. Gardner, bu şekilde öğretilen öğrencilerin kendilerini daha motive ve yetkin hissettikleri ve dolayısıyla topluma daha yapıcı katkılarda bulunma olasılıklarının daha yüksek olduğu kanaatindeydi. Dünya çapında büyük ilgi gören bu fikir, halen bugün de Finlandiyalı öğretmenler ve öğrenciler arasında oldukça popülerdir (Gardner, 1983).

Daha geniş bir eğitim perspektifinin öğrencilere daha fazla fayda sağladığı ilkesinden hareketle, öğretmenlerin çeşitli öğretim yöntemleri, pedagojik teoriler ve etkinliklerle sadece gelişmiş mantıksal ve dilsel zekâyâ sahip öğrencileri değil, aynı zamanda tüm öğrencileri etkilemesi planlanmıştır. Fin öğretmen eğitimi de bu çoklu zekâ teorisine göre yeniden düzenlendi. Bu eğitimi alan öğretmenler, belirli öğrencilerin belirli konuları öğrenmelerini sağlamanın yollarını bulmakla görevlendirildi. Finlandiya okullarındaki temel eğitim felsefesinin unsurları şu şekilde sıralanabilir; her öğrenci için öğrenme süreçleri tasarlamak, karmaşık bilgi ve becerileri farklı şekillerde ve farklı öğretim yöntemleriyle iletmek ve herkesin yapabileceğini benimsemek, doğru yöntemler ve öğrenme yardımcıları mevcutsa her şeyin öğrenilebilir olduğunu kabul etmek. Gardner'ın çalışmaları ve etkisi olmasaydı, Finlandiya'nın uluslararası eğitim başarıları muhtemelen mümkün olmazdı (Sahlberg, 2018: 27).

### E. İşbirlikçi Öğrenme

İşbirlikçi öğrenme, eğitimci John Dewey tarafından başlatılan ilerici eğitim hareketinin bir mirası olarak kabul edilir. Bu görüş, çocukların büyük bir sınıfta öğretmeni dinlemek yerine küçük gruplar halinde gerçek dünya sorunları hakkında düşünerek daha iyi öğrendikleri bulgusuna dayanmaktadır. Farklı eğitim teorileri ve öğretim yöntemlerinden oluşan ve pedagojiye yeni bir yaklaşım getiren işbirlikçi öğrenmenin temel amacı, okul ve sınıf etkinliklerini akademik ve sosyal öğrenme deneyimleri olarak düzenlemektir. Elbette bu durum, işbirlikçi öğrenmenin sadece öğrencileri küçük gruplara ayıran bir yaklaşım olduğu sonucunu doğurmamalıdır. İşbirlikçi öğrenme, küçük gruplar içinde aktif karşılıklı bağımlılığı gerektirir. Bu, grup üyelerinin ya birlikte başarılı oldukları ya da birlikte başarısız oldukları anlamına gelir (Sharan, 1999). İşbirlikçi öğrenme 1980'lerin ortalarında Finlandiya'da tanıtıldı. O dönemde, Finlandiyalı öğretmenlere ve öğretmen yetiştiricilerine bu yenilikçi yaklaşımın ilke ve yöntemlerini öğretmeleri için farklı ülkelere araştırma davet edilmişti. Finlandiyalı eğitimciler ve yöneticiler, bir eğitim yaklaşımı olarak işbirlikçi öğrenmenin her türden öğrenci için faydalı olduğuna ve çok çeşitli konu alanlarına uygulanabileceğine inanmaktadır. 1990'ların başında, Finlandiya Ulusal Eğitim Reformu Ajansı, işbirlikçi öğrenmenin okulların iyileştirilmesine yardımcı olabileceğine ikna oldu ve bunu temel eğitim ilkelerinden biri olarak tanıttı ve ardından ulusal müfredatın ayrılmaz bir parçası haline getirdi. Bunu, tüm

öğretmenlere yönelik eğitim ve gelişim programlarının merkezi bir parçası haline getirdiler. Finlandiyalı öğretmenlerin çoğu artık işbirlikçi öğrenme yaklaşımlarının Finlandiya okullarını verimli öğrenme ortamları haline getirmede önemli bir rol oynadığı konusunda hemfikirdir (Sahlberg, 2018: 29).

#### F. Teneffüsler

Çoğu okul lideri için zaman en önemli faktörlerden biridir. Eğitime harcanan zaman sınırlı fakat yenilenebilir bir kaynaktır. Okulda bir şeye daha fazla, diğerine daha az zaman harcamak yaygındır. Öğrenme ve öğretme süresinin dolması nedeniyle ek faaliyetlere zaman ayırmak zorlaşıyor. Daha fazla öğretim çabası veya öğretim süresi, öğrenme sonuçlarını mutlaka iyileştirmez. Bilişsel işlem becerileri ve akademik performans, yoğun sınıf etkinlikleri sırasındaki düzenli molalara bağlıdır. Bu hem gençler hem de küçük çocuklar için geçerlidir. Etkili olabilmesi için molaların sık olması ve öğrencilerin zihinsel olarak rahatlamasına olanak sağlayacak kadar uzun olması gerekir (Sahlberg, 2018: 37). Okul süresini düzenleyen Finlandiya Eğitim Yasası, her ders süresinin en az 45 dakikasının eğitime ayrılması gerektiğini şart koşuyor. Gerçekte her 45 dakikalık dersten sonra 15 dakikalık ara verilmektedir. Okulların okul saatlerini uzatmaya karar vermesi durumunda teneffüs süreleri de buna göre uzatılmalıdır. Belediyeler ve okullar günlük yaşamı düzenleme konusunda tam özgürlüğe sahiptir. Bu nedenle Finlandiya'daki tüm okullarda günlük ders ve teneffüs saatlerini belirleyen ortak bir ders programı bulunmamaktadır. Söz konusu yasa, tüm öğrencilere dinlenme hakkı tanıyan genel bir düzenleme niteliğindedir. Şekil 1, Finlandiya'daki beşinci sınıf öğrencileri (11-12 yaş) için bir okul gününün örneğini göstermektedir (OECD2016a, 2016b). Finlandiya'daki ilkökul öğrencileri, hava nasıl olursa olsun teneffüslerde daima dışarı çıkarlar. Şekil 1'deki örnek günlük programa baktığımızda beşinci sınıf öğrencilerinin her gün en az 60 dakika teneffüs yaptığını görebilirsiniz. Birçok okulda teneffüslerde çocuklara ücretsiz ders veriliyor. Ne yapacağınıza siz karar verin. Kimisi arkadaşlarıyla bahçede geziyor, kimisi futbol ya da başka sporlarla ilgileniyor. Elbette bazı öğrenciler arkadaşlarıyla sohbet etmeyi ya da yalnız vakit geçirerek düşüncelerini ve duygularını toplamayı tercih ediyor. Tüm okulların, genellikle çocuklar ve ebeveynlerle mutabakata varılan veya yalnızca son dakikada onaya sunulan açık mola kuralları vardır. Teneffüs sırasında çocukları izlemek için bahçede en az iki nöbetçi öğretmen bulunmalıdır. Finlandiya okullarında molalar zaman kaybı olarak değil, önemli öğrenme zamanı olarak görülüyor. Gerçek öğrenme genellikle dışarıdayken, egzersiz yaparken ve başkalarıyla konuşurken gerçekleşir. Veya size durup sınıfta öğrendikleriniz üzerinde düşünme fırsatı verildiğinde, yani ara verilmiştir (Doyle, 2017; Howei ve Pate, 2012).

Tablo 1. Finlandiya'da beşinci sınıf öğrencilerinin örnek bir okul günü (Sahlberg, 2018: 44).



Teneffüs olmayan birçok okulda, öğrenci güvenliği öğretmenler ve müdürler için en önemli endişe kaynağıdır. Finlandiya'daki birçok okulda öğretmenler, öğrenciler oyun oynarken veya fiziksel aktiviteye katılırken bir miktar risk üstlenirler. Gerekli güvenliği sağladıklarını söylüyorlar ancak çocuklar oynarken herhangi bir önlem alınması gerektiğini kabul etmiyorlar. Açık havada oyun oynamanın ve fiziksel aktivitenin çocukların genel sağlığı ve öğrenmesi açısından önemi Finlandiya'nın her yerinde kabul edilmektedir. Birçok insanın düşünebilmesi için harekete geçmesi gerekir. Bilişsel dikkat ve düşünme gerektiren dersten önce veya sonra dışarıda koşmak veya oynamak, öğrenmeyi geliştirmenin en iyi yoludur. Araştırmalar, egzersizin çocuklarda beyin fonksiyonlarını iyileştirdiğini gösteriyor. Bu, öğrencilerin yalnızca çalışmalarına odaklanmalarına değil, aynı zamanda tartışmalara, sosyalleşmeye, ekip oluşturmaya ve arkadaşlık kurmaya daha etkili bir şekilde katılmalarına da olanak tanır. Çok sayıda çalışma açık havada oyun ve fiziksel aktivitenin çocukların refahı, fiziksel ve zihinsel sağlığı ve akademik performansı üzerinde olumlu etkisi olduğunu doğrulamıştır (Syvaaja vd., 2012; Sahlberg, 2018: 46).

### G. Eşitlik Yetmez, Hakkaniyet Önemli

Öğretmenlerin ve yöneticilerin okulları için oluşturdukları müfredatın temel amacı, tüm öğrencilerin ihtiyaç duydukları anda mükemmel eğitim ve kişiselleştirilmiş destek almalarını sağlamaktır.

Eğitimde fırsat eşitliği, 1970'lerden beri Finlandiya eğitim politikasının ve ulusal eğitim reformunun merkezinde yer almaktadır. 1970'li yıllarda nispeten fakir bir tarım ülkesi olan Finlandiya'da toplumsal uyumu, demokrasiyi ve refahı sağlamanın en iyi yolu, tüm çocuklara eşit ve uygun eğitim sağlamaktır. Aileleri, sosyal ve kişisel koşulları ne olursa olsun, tüm bölgelerdeki tüm çocuklar için iyi okullar bulunmalıdır. Finlandiya'da iyi eğitilmiş personele sahip iyi ilkokullara erişimin sağlanması, hem insan hakları hem de ekonomik sorunların ele alınmasında önemli bir adımdır (Shalberg, 2015). Çocukların eğitim yolculuklarını ve geleceğe yönelik beklentilerini olumlu bir şekilde şekillendirmek için okulların, çocukların her gün evden okula taşıdığı eşitsizlikleri giderebilmesi gerekir. Tüm okullar, sosyo-ekonomik koşullardan ve öğrencilerin bireysel sağlık, beslenme ve refahından kaynaklanan eğitimsel eşitsizlikleri sistematik olarak ele almalıdır (Shalberg, 2015). Eğitimde eşitlik genel olarak ya tüm insanların kaliteli bir eğitim alma hakkı ya da kız ve erkek çocuklarına eşit muamele edilmesi anlamına gelir. Ancak konu eğitim olduğunda eşitlik ve katılım fikirlerinin yanı sıra eşitlik olgusunu da dikkate almamız gerekiyor. adalet; cinsiyet, etnik köken veya aile durumu gibi kişisel veya sosyal koşulların eğitime engel olmaması anlamına gelir. Bu nedenle kaynaştırma, bir okuldaki tüm öğrencilerin en azından belirli bir düzeyde temel bilgi ve becerilere ulaşmasını sağlar. Başka bir deyişle, daha eşitlikçi eğitim, zenginlik, gelir, statü, varlık ve barınma koşullarındaki farklılıkların eğitim avantajında farklılıklara yol açmaması anlamına gelir. Uluslararası öğrencilerin değerlendirilmesindeki adillik, öğrencinin okuma, matematik ve fen alanlarındaki performansı ile evdeki durumu arasındaki ilişkinin gücü ölçülerek belirlenir. Finli öğrenciler okuma, matematik ve fen alanlarında en iyi performansı gösterirler ve Finlandiya, öğrenmenin sosyo-ekonomik durumdan en az etkilendiği ülkelerden biridir (Hammerness ve diğerleri, 2017).

Yıllar boyunca Finlandiya eğitim sisteminde eşitliği artıran iki ana strateji vardır. Birincisi öğretmenler tarafından oluşturulan okul temelli müfredattır. Okul temelli müfredat, öğretmenlerin ve yöneticilerin kendi okul değerlerini, hedeflerini ve genel eğitim hedeflerini belirlemelerine olanak tanır. Öğretmenler ve yöneticiler kendi mesleki yargılarına, ebeveynlerin ve kamuoyunun girdilerine ve anket ve araştırma sonuçlarına güvenirlir.

Eğitim sürecinin temel amacı her çocuğa başarılı olma şansı vermek ve her öğrencinin kaliteli bir eğitime erişmesini sağlamaktır. Eğitimde fırsat eşitliğine vurgu, Finlandiya okullarının misyon beyanının bir ön koşuludur. Bu, öğrencilerin ailelerinin ve yaşam koşullarının akademik performanslarını etkilememesini sağlamanın Finli öğretmenler ve yöneticiler için en önemli öncelik olduğu anlamına gelir. Bu bağlamda okul temelli müfredat, sistem düzeyindeki eşitlik politikalarının okulların somut politikalarına ve yapılarına dönüştürülmesinde uygulanabilecek en önemli stratejilerden biri olarak ortaya

çıkıştır (Hardgreaves ve Fullan, 2012). Diğer bir strateji ise: Öğretmenlere ve yöneticilere mesleki öğrenim ve gelişime sürekli erişim sağlayın. Mesleki eğitime ve ileri eğitime kesintisiz erişim, okul eşitliği hedeflerine büyük ölçüde katkıda bulunur. Doktorlar ve mühendisler gibi eğitimcilerin de kariyerleri boyunca bilgi ve becerilerini güncellemeleri ve mesleki sermayelerini geliştirmeleri gerekmektedir (Hardgreaves ve Fullan, 2012).

1990'ların başlarından bu yana, mesleki eğitim ve becerilerin geliştirilmesi Finlandiya hükümetinin en önemli politika önceliklerinden biri olmuştur. Federal bütçe, öğretmenlere ve yöneticilere mesleki gelişim için yılda 30 milyon dolar sağlıyor. Yerel yönetimler, okullara sağlanan kaynakların çoğunluğunu sağlamanın yanı sıra, kendi sorumlulukları altındaki okullarda yürütülen sürekli iyileştirme tedbirlerini de finanse etmektedir. Mesleki gelişim ve iyileştirme stratejileri okulun istek ve ihtiyaçlarına dayanmaktadır, dolayısıyla asıl odak noktası okulun kendi müfredatının uygulanmasıdır. Adalet okullarda yerini aldığı okul performansı farklı bir anlam kazanır (Sahlberg, 2018: 75). Standartlaştırılmış testler birçok ülkede akademik başarıyı değerlendirmenin en yaygın yöntemidir. Bu denetimler dış otoritelerin rehberliğinde yapılmakta ve elde edilen verilere göre denetime dayalı kontrol mekanizmaları hayata geçirilmektedir. Öğretmenler ve yöneticiler bu verilere dayanarak öğrenci eğitimi ve performansına ilişkin raporlar oluşturur.

Finlandiya'da kullanılan yöntem farklıdır. Standartlaştırılmış testler bulunmadığından okullar öğrenci performansını ölçmekten sorumludur. Finlandiya'da bir okul, tüm öğrencilerinin beklentilerin üzerinde performans göstermesi durumunda yüksek performanslı bir okul olarak kabul edilir. Elbette bu beklentiler öğrenciden öğrenciye değişmektedir. Başka bir deyişle Finlandiya okulları adil ve hoşgörülü bir kültüre sahip oldukları sürece iyi okullar olarak değerlendirilmektedir. Eşitliğe saygı duyulan ve öğrencilerin başarılı olduğu bir eğitim sistemi, büyük ekonomik ve sosyal eşitsizliklerin etkilerini ortadan kaldıracaktır. Finlandiya'da eğitim eşitliği çok önemlidir. Eğitim sistemi eşitliği sağlayamıyorsa öğrencilerin kişisel ve bilişsel potansiyellerinin tamamından yararlanılamaz (Sahlberg, 2018: 80). Okulları daha eşitlikçi ve daha kaliteli hale getirmek için atılabilecek adımlar konusunda Finlandiya uygulama ve politikasından ilham alan bazı somut önlemlerden bahsetmek faydalı olacaktır. Maliye politikası ve okul bütçeleri belirlenirken israfın önlenmesi için kaynakların adil dağıtımına ve kullanımına dikkat edilmelidir. Okullara ayrılan bütçe, öğrenci sayısına veya öğrencilerin hane gelirine göre değil, okulun yetiştirdiği çocuk türlerine göre belirlenmelidir (Abrams, 2016).

Nitelikli ve deneyimli öğretmenlerin risk altındaki ve özel dikkat gerektiren okullarda çalışmasını teşvik edecek kılavuzlar geliştirilmelidir. Kaynakların daha çeşitli öğrenci ve aile profillerine sahip özel eğitim okullarına tahsis edilmesi, hem finansman hem de personel açısından bir öncelik olmalıdır. Öğrencilerin okuldan ayrılmadan seçim yapabilmeleri için ortaöğretime eşdeğer mesleki eğitim fırsatları sağlanmalıdır. Tüm okullarda zihinsel ve fiziksel sağlık hizmetleri iyileştirilmelidir. Hizmete ihtiyaç duyan tüm çocukların okulda her gün bu hizmetlere erişimi olmalıdır. Başta sosyo-ekonomik durumu zor olan ailelerden gelenler olmak üzere, tüm çocuklara

kaliteli erken çocukluk eğitimi ve bakımı sağlamak amacıyla, diğer yetkililer ve sivil toplum temsilcileriyle birlikte çalışarak etkili bir eğitim sunmalıyız. Ortaklaşa işbirliği platformları oluşturmamız gerekiyor (Sahlberg, 2018) . :85). Öğretmenler ve eğitim ekipleri, her öğrencinin ihtiyaçlarını anlamalı ve öğrencilerin fiziksel ve zihinsel sağlığı, gelişimi ve öğrenme ilerlemesinin her zaman dikkate alınması için öğretim stillerini farklılaştırmanın yeni yollarını bulmalıdır. Bütün bunlar zaman, bilgi ve kaynak gerektirir. Küçük miktarlardaki verileri sistematik olarak kullanmanızı ve standart testlerin rolünü en aza indirmenizi öneririz.

Öğrencilerin sınıftaki performanslarının izlenmesinden küçük yaşta kaçınılmalıdır. Herkesin kapsayıcılığı güçlendirmeyi, erken müdahaleyi ve önlemeyi okulun temel stratejik unsurları olarak görmesini sağlamak önemlidir. Okullarda yeterli sayıda özel eğitim öğretmenin bulunmasını sağlamamız gerekiyor. Tüm öğrencilerin sağlıklı, güvenli, ilgili, desteklenmiş ve sınıfta ve okulda çaba göstermeye teşvik edildiğinden emin olmalıyız (Adamson ve diğerleri, 2016). Meslektaşlar, sanat, müzik, fiziksel aktivite ve sosyal bilimler de dahil olmak üzere tüm konulara eşit önem veren daha kapsamlı bir müfredat oluşturmak için birlikte çalışmalıdır. Yetenek ve başarının farklı şekillerde ortaya çıktığını anlamak için öğrencilere çoklu zeka teorisinin öğretilmesi gerekir. Sınıflar işbirlikçi öğrenme yöntemlerini kullanmalıdır. Bu stratejiler her türden öğrencinin aktif olmasını, aidiyet duygusunu geliştirmesini, daha ilgili ve ilgili olmasını sağlayan çeşitli unsurları içermektedir (Sahlberg, 2018: 88).

#### *H. Müfredatlar*

2014 yılında uygulamaya konulan yeni temel eğitim müfredatı, çocukların yılın belirli dönemlerinde daha genel dersler almasına olanak tanımaktadır. Bu nedenle amaç dil, coğrafya, doğa bilimleri ve ekonomi gibi farklı alanlarda disiplinler arası modüller geliştirmektir. Finlandiya eğitim sisteminin iki temel özelliği vardır. İlk özellik, eğitim kurumlarının yerinden yönetiminin, Finlandiya'nın 311 yerel yönetimine kendi bölgelerindeki koşullara göre eğitimi özgürce organize etmelerine olanak sağlamasıdır. İlgili yasaları düzenlemek, yerel okul finansmanını desteklemek ve okulların neyi, nasıl öğretmesi gerektiğine ilişkin bir çerçeve oluşturmak merkezi hükümetin görevidir. Bahsedilmesi gereken ikinci özellik ise Finlandiya'nın milli eğitim programıdır. 2014 yılında başlatılan müfredat, okullarda ve topluluklarda müfredat planlamasına rehberlik edecek esnek bir ortak standart olarak hizmet ediyor. Bu nedenle eğitimciler, tüm öğrencilerin öğrenmesini sağlamak için kendi öğretim yöntemlerini etkili bir şekilde denemekte özgürdür. Sonuç olarak, okuldan okula farklı uygulamalar genellikle yerel bağlamlara ve ihtiyaçlara göre uyarlanmaktadır (Finlandiya Ulusal Eğitim Kurulu; 2016). Ulusal Eğitim Müfredatı 2014, genel eğitim hedeflerini belirleyen, öğretme ve öğrenme ilkelerini tanımlayan ve okullarda özel eğitim, fiziksel ve zihinsel sağlık, destek hizmetleri ve öğrenci değerlendirmesini açıklayan yetkili bir belgedir. Okullarda bireysel konuların öğretilmesi yerine disiplinler arası konuların dahil edilmesini ifade eden kanıta dayalı eğitim kavramı artık Finlandiya'da yaygınlaşmış durumda. Ancak probleme dayalı öğrenme ve proje tabanlı eğitim kavramlarına değinmek daha doğru olacaktır. Bunlar

Finlandiya'nın konuları entegre etme konusundaki kararlılığını temsil eder, gerçek hayata dayalıdır, anlaşılması kolaydır ve uluslararası terminolojiye dayanmaktadır (Sellar ve diğerleri, 2017). Derslerin entegrasyonu ve öğretme ve öğrenmeye bütünsel bir yaklaşım Finlandiya'da yeni bir şey değil. Bu yaklaşım 1980'lerden bu yana Finlandiya okullarında çeşitli şekillerde denenmiş ve o zamandan beri Finlandiya eğitim kültürünün ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bu son reform, ortaokul öğretmenlerinin çalışma şeklini daha da değiştirdi; artık okuldaki meslektaşlarıyla işbirliği yapmak yerine genellikle kendi uzmanlık alanlarına odaklanıyorlar. 2016 yılında tüm okullarda yeni müfredatın uygulamaya konulmasıyla birlikte, 7-16 yaş arası öğrencilere hizmet veren okulların artık yılda en az bir kez disiplinler arası probleme dayalı öğretim ve öğrenmeye zaman ayırması zorunlu hale gelecek. Bu sürenin süresi okul tarafından veya yerel eğitim yetkilisine danışılarak belirlenir. Ülkenin en büyük okul sistemine sahip olan başkent Helsinki, kentteki tüm okul ve öğrenciler için tüm konularda iki dönem zorunlu eğitim uygulama kararı aldı. Finlandiya'nın diğer bölgelerindeki çok programlı okulların çoğunda, öğrenciler büyük olasılıkla bir yandan çeşitli temel konuları bir bütün olarak çalışırken projeler üzerinde de çalışırlar (Garner, 2015). Probleme dayalı öğrenmeyi tüm okullarda tanıtmak ve tüm öğrenci ve öğretmenlerin etkili bir şekilde katılımını sağlamak oldukça karmaşık bir iştir. Finlandiya eğitim kurumlarının ayırt edici özelliği olan merkezi olmayan model sayesinde, tüm okulların tek bir eğitim modeli tanımlamasına gerek kalmıyor. Okullar ve topluluklar yeni ulusal müfredatı uygulamanın farklı yollarını geliştirebilecektir (Sahlberg, 2018: 94-96).

#### *İ. Başarıda Öğrencinin İhtiyaçlarına Odaklanmak*

Pek çok Finli, Finlandiya'daki gençlerin gerçek dünya meseleleri hakkında daha kapsamlı bilgi ve becerilere ihtiyaç duyduğunu söylüyor. Uzun yıllardır bütünsel, probleme dayalı bir yaklaşımı benimseyen okullardan edinilen deneyimler, bu yaklaşımın okuldaki öğretmenler arasındaki işbirliğini geliştirdiğini ve öğrenmeyi öğrenciler için daha anlamlı hale getirdiğini göstermiştir. 2014 yılında yürürlüğe giren yeni ulusal müfredat, öğrencilerin probleme dayalı öğrenme aşamalarının planlanmasına katılmasını ve bu aşamalarda öğrendiklerinin değerlendirilmesinde söz sahibi olmalarını gerektirmektedir (Harmmerness vd., 2017). . PISA dahil tüm uluslararası sınavların önemi yadsınamaz ancak birçok ülkede sınavlara gereğinden fazla önem verenler öncelikle bakanlar ve eğitim otoriteleridir. PISA'yı geçmek Finlandiya'da hiçbir zaman siyasi bir hedef olmadı. Finlandiya'nın eğitim politikası, tüm okullarda öğrencilerin bu sınavlar hakkında endişelenmek yerine sanata, müziğe ve fiziksel aktivitelere olan ilgisini teşvik etmeyi amaçlamaktadır. Bunun öğrencilerin okula aidiyet duygusunu güçlendirdiğine inanılmaktadır (OECD, 2016b). 2016 yılında tüm okulların tüm öğrencilere günde bir saat fiziksel aktivite sağlaması zorunlu kılındı. Üstelik hem okul içinde hem de okul dışında oyun oynamaya zaman ayırmanın sadece fiziksel ve zihinsel sağlık açısından değil aynı zamanda öğrenme süreci açısından da önemli olduğu defalarca vurgulanıyor. Finlandiya eğitiminin odak noktası okuma, matematik ve fen gibi konulardan uzaklaşıp bütünsel, probleme dayalı öğrenmeye doğru ilerlemektir. Her halükarda

bir ülkenin eğitim sistemini birebir kopyalamak doğru değildir. Diğer eğitim sistemleri hakkındaki popüler inanışlara dayalı bir eğitim sistemi oluşturmak, vahim sonuçlar doğurabilir. Finlandiya'nın gerçek uygulama ve politikalarından esinlenerek sistem yöneticileri ve okul yöneticileri için bir bütün olarak somut fikirlerden bahsedebiliriz. Hekimlerin Hipokrat Yemini'ne benzer bir etik yemin etmelerini sağlamak, aldıkları eğitimin mesleki değerini artırabilir. Böyle bir yemin, öğretmenlerin sosyal statülerini güçlendirecek ve mesleklerinin önemini anlamalarına yardımcı olacak şekilde tasarlanmalıdır (Sahlberg, 2018: 97). Bu taahhüt, öğretmenlerin bireysel ve kolektif olarak dürüstlüğü, eşitliği, saygınlığı ve profesyonelliği her düzeyde desteklemesi, okullarda etik standartları yükseltmesi ve diğer önemli fikirlerin uygulanmasına yardımcı olması çağrısında bulunuyor. Ayrıca yılın bir gününü devamsızlık günü olarak ilan edebilirsiniz. Yıllık programlar risk almayı, yaratıcılığı ve yeniliği öğreten günleri içerebilir. Girişimciler, işletmeler ve bilim insanları, öğrencilerle deneyimleri ve hatalardan ders çıkarmanın önemi hakkında konuşmak üzere okullara davet edilebilir. Öğrenciler başarısızlığın kaçınılmaz olduğunu ancak başarılı bir öğrenme sürecinin parçası olduğunu anlayabilirler. Bu günün planlanması ve uygulanmasında tüm öğrencilerin katılımının sağlanması önemlidir (Sahlberg, 2018: 98-100).

#### J. Farklı Olabilmek

Finlandiya'nın bir ulus olarak başarısı, değişiklik yapma cesaretine bağlıdır. Finlandiya eşitliğe değer verirken, diğer ülkeler bireysel mükemmelliğe değer veriyor. Birçok ülkede herkesin öğretmen olma hakkı vardır, ancak Finlandiya'da öğretmenlerin daha yüksek düzeyde profesyonelliğe sahip olmaları gerekmektedir. Finlandiya öğretme ve öğrenmeye odaklanırken diğer ülkeler eğitimle ilgili pahalı veri sistemlerine yatırım yapıyor. Finlandiya eğitim reformunun ilkeleri, katı, bürokratik, kanıta dayalı politikaların uygulanması yerine, eğitimcilerin mesleki sorumluluğunun geliştirilmesine ve öğretmenler ile okullar arasında öğrenmenin teşvik edilmesine dayanmaktadır. Bu nedenle, çok değişkenli öğrenci değerlendirmeleri, okulların tematik değerlendirmeleri, öğretmenlerin hazırladığı öz değerlendirme formları ve yaratıcı öğrenmeye yapılan vurgu, Finlandiya eğitim sisteminde karşılıklı güven ve saygı kültürü yaratmıştır. Finlandiya'da lise eğitiminin sonuna kadar öğrencinin geleceğini belirleyecek bir sınav bulunmamaktadır. Öğretmenler denetime tabi değildir ve okulun tek yol gösterici ilkesi esnek öğretme ve öğrenme standartlarıdır. Finlandiya'daki öğretmenler düzenli sınavlar, diğer okullarla rekabet veya hükümet tarafından belirlenen performans hedefleriyle yükümlü değildir. Bu uygulamalar öğretmenlerin sıklıkla tekrarlanan testler ve okul sıralamalarıyla uğraşmak yerine öğrenmeye odaklanmalarına olanak sağlar (Laukanen, 1998). Eleştirmenler, Finlandiya'nın diğer ülkeler kadar çeşitli etnik nüfusa sahip olmaması nedeniyle Finlandiya okullarının daha iyi performans gösterdiğini savunuyor. Bazıları Finli öğrencilerin üstün eğitim performansının düşük yoksulluk ve toplumdaki düşük sosyal uyum ile açıklanabileceğini ileri sürüyor. Ancak Finlandiya'daki tüm çocuklara yönelik evrensel erken çocukluk eğitimi ve bakımıyla ve okulların öğrenme ve bakım merkezleri haline gelmesiyle, öğretmenler en önemli ve en iyi yaptıkları şeyi yapıyor: çocukların öğrenmesine yardımcı oluyorlar

(Laukanen, 2008). 1990'ların başından bu yana Finlandiya okulları, eğitim otoriteleri tarafından kendi öğrenme anlayışlarını keşfetmeleri, öğrenme teorilerini gerçeğe dönüştüren öğrenme yöntemlerini geliştirip uygulamaları ve tüm öğrencilerin ihtiyaçlarını karşılayan eğitim ortamları yaratmaları konusunda sistematik olarak teşvik edilmektedir. inşa etmek. Finli öğrencilerin tüm okullarda başarılı olmalarının nedeni budur. Finlandiya'nın eğitim politikası, rekabet ve seçimden ziyade işbirliğini ve dostça rekabeti teşvik eder. Finlandiya pek çok sivil toplum kuruluşunun mevcut ve aktif olduğu bir ülkedir. Finlandiya'da toplam 15 milyon üyeye sahip sivil toplum kuruluşları kayıtlıdır. Ortalama olarak her vatandaş üç kuruluşa veya kulübe üyedir. Finlandiyalı gençler aynı zamanda açık eğitim hedefleri ve ilkeleri olan spor ve gençlik organizasyonlarına da aktif olarak katılmaktadır. Bu kulüplerde öğrenciler aktif olarak sosyal, problem çözme ve liderlik becerilerini öğrenirler. Finlandiya'da bu kuruluşların okullar tarafından sağlanan örgün eğitime değer kattığı yaygın olarak kabul edilmektedir. Finlandiya'nın tüm öğrenciler için öğrenmeyi geliştirmeye yönelik tarifi diğer birçok ülkeden farklıdır (Sahlberg, 2021: 234).

1. Herkesin iyi bir kamu eğitimi alması için eşit fırsat sağlanması.

2- Öğretmenin profesyonelliğini ve güvenini güçlendirin.

3- Öğretmenler ve okul liderleri, müfredat, değerlendirme ve politika da dahil olmak üzere eğitimin planlanması, uygulanması ve değerlendirilmesinin tüm aşamalarına katılırlar.

4- Okullar, STK'lar ve yerel topluluklarla iletişime dayalı olarak okul gelişimini teşvik edin.

En büyük sorun, rekabetin yoğun olduğu bir ortamda eğitimdeki büyük çelişkidir. Kamu sektöründeki mevcut endişe verici hesap verebilirlik kültürü, güven oluşturmaktan ziyade zarar veriyor ve okulların ve toplulukların sosyal sermayesini tehdit ediyor. Şeffaflık ve hesap verebilirlik duygusu ebeveynleri ve politikacıları daha bilgili hale getirebilir, ancak şüpheyi besleyen düşük moral ve mesleki şüphecilik kaçınılmaz olarak norm haline gelecektir (O'Neill, 2002).

### III. SONUÇ

Bir ülkenin eğitim alanındaki gelişmişliği o ülkenin ekonomisini ve toplumun ilerideki yaşam standartlarını kısacası ülkenin geleceğini belirlediği için eğitim politikası bir milli mesele olarak ele alınmalıdır. Dolayısıyla eğitim politikasını belirlerken bakış açımız siyaset üstü olmalıdır. Siyasetin günlük çatışmaları ile sürekli değişen bir eğitim anlayışı, eğitim sistemi üzerindeki değişikliklere liyakatsiz yöneticiler tarafından karar verilmesi, topluma sadece birkaç yıl değil, birkaç asır kaybettirecektir. Finlandiya gibi eğitimin önemini anlamış ülkelerde hükümetler ve bakanlar değişse de eğitim politikaları ve sistemleri günlük çatışmalardan uzak tutularak siyaset bulaştırılmamış, böylece eğitimde istikrar yakalayarak başarı sağlanmıştır.

Finlandiya'da ise zorunlu eğitim süresi 9 yıl olmasına rağmen dünyanın en başarılı eğitim sistemine sahiptir. Zorunlu eğitim süresinin uzun olmasının toplumun eğitim ve kültür seviyesinde artış sağlayacağı kesindir. Fakat Finlandiya örneğinde olduğu gibi sadece eğitim süresinin uzunluğu eğitimde niteliği ve



kaliteyi getirmemektedir. Önemli olan bu süreyi nitelikli bir eğitimle en verimli bir şekilde değerlendirmektir. Finlandiya'nın eğitim sistemine etki eden yönetim incelendiğinde Finlandiya'nın olduğu 20 bölgede zorunlu eğitim sisteminde yerel yönetimlerin etkisinin oldukça fazla olduğu görülmektedir. Okulların idari ve mali yönetimine kadar her konu, bu 20 bölgede bulunan yerel yönetimlerin yetkisi ve sorumlulukları altında bulunmaktadır. Böylece Finlandiya eğitim sistemi, eğitimde yerinde yönetim avantajını yakalayarak, eğitim ve okullardaki sorunları daha hızlı müdahale ederek çözebilmektedir.

Finlandiya'da seçmeli ders kültürü tam anlamıyla oturmuştur. Mesleki dersler olan ev ekonomisi, ahşap ve metal işleri gibi dersler zorunlu eğitimin önemli bir parçasını oluşturmaktadır.

Finlandiya'da okul mimarileri sanatsal olarak inşa edilmektedir. Okulların kantinleri modern kafeterya şeklinde, sınıflar, atölyeler, laboratuvarlar ve spor salonları işlevsel olarak inşa edilmektedir. Temel anlayış olarak öğrencilerin eğitim hayatlarında günlük yaşantılarının büyük bir kısmını okulda geçiriyor olmaları nedeniyle öğrenciler okulu severlerse başarılı olacakları prensibini benimsemektedirler. Türkiye'de ise okullar genellikle bir ideoloji gözetmeksizin düz bir mimari şeklinde okullar yapılmaktadır.

- [14] Sellar, S., Thompson, G. Ve Rutkowski, D. (2017) The globaleducation race: Taking the measure of PISA and international testing. Brush Education Press.
- [15] Laukkanen, R. (1998). Accountability and Evaluation: decision-making structures and the utilization of evaluation in Finland. Scandinavian Journal of Educational Research, 42(2), 123-133.
- [16] Laukkanen, R. (2008). Finnish strategy for high-level education for all. Governance and performance of education systems, 305-324.
- [17] O'Neill, O. (2002). A question of trust: The BBC Reith Lectures 2002. Cambridge University Press.

## REFERENCES

- [1] Çelik, M. A. (2016). Finlandiya ve Türkiye zorunlu eğitim sisteminin karşılaştırılması (Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İlköğretim Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi).
- [2] Sahlberg, P., (2018). FinnishED Leadership: Four big, inexpensive ideas to transform education. Metropolis. ISBN 978-605-66693-5-4.
- [3] Sahlberg, P., (2021). Finnish Lessons 2.0: What can the World Learn from Educational Change in Finland?. Sola Unitas-Sola Kidz. ISBN 978-605-7628-02-2.
- [4] Showers, B., & Joyce, B. (1996). The evolution of peer coaching. Educational leadership, 53, 12-16.
- [5] Doyle, W. (2017). Action plan report for global education brand Finland. Ministry of Education and Culture, Helsinki.
- [6] OECD (2016a) Education at a glance 2016, OECD Publishing.
- [7] OECD (2016a) PISA 2015 result: Excellence and equity in education, OECD Publishing.
- [8] Hammerness, K., Ahtiainen, R., & Sahlberg, P. (2017). Empowered educators in Finland: How high-performing systems shape teaching quality. John Wiley & Sons.
- [9] Hargreaves, A., & Fullan, M. (2015). Professional capital: Transforming teaching in every school. Teachers College Press.
- [10] Syväoja, H., Kantomaa, M., Laine, K., Jaakkola, T., Pyhältö, K., & Tammelin, T.
- [11] (2012). Liikunta ja oppiminen. Helsinki: Opetushallitus.H. Poor, *An Introduction to Signal Detection and Estimation*. New York: Springer-Verlag, 1985.
- [12] Abrams, S. E. (2016). Education and the commercial mindset. Harvard University Press.
- [13] Garner, R. (2015). Finland schools: Subjects scrapped and replaced with 'topics' as country reforms its education system. Retrieved 22.03. 2015, 2015.

# Hava Savunma Sistemlerinde Tehdit Değerlendirmesine Genel Bakış

## Overview of Threat Assessment in Air Defense Systems

M. ÖZTÜRK<sup>1</sup> and H. TERZİOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Selcuk University, Konya/Turkey, mozturk2216@gmail.com

<sup>2</sup> Selcuk University, Konya/Turkey, hterzioglu@selcuk.edu.tr

**Özet** - Hava savunma harekâtında savunma sistemlerini kullanan personelin taktik durumu gerçek zamanlı olarak değerlendirilmesi ve mevcut silah sistemlerini hava tehditlerini imha etme üzere yönlendirerek savunulan varlıkları düşman tehditlerine karşı koruması en önemli görevidir. Başarılılamaması durumunda hava sahası üstünlüğünü de kaybetmek anlamına gelecek olan bu kritik görev, ağır stres koşulları altında hızlı operasyonel planlama ve rasyonel karar vermeyi gerektirmektedir. En büyük tehdidi oluşturan hedefin belirlenerek ilk önce bu tehdidin ortadan kaldırılması beklenmektedir. Bu süreç hava savunma harekâtında hedef tehdit değerlendirilmesi olarak adlandırılmakta, bu işlem adımlarının en doğru şekilde yapılabilmesi ve personel hatalarını en aza indirebilmek amacıyla karar destek sistemleri üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bu makalenin amacı, hava savunma sistemlerinde bu tür bir tehdit değerlendirme ve hedef önceliklendirme karar destek sürecinin son durumunu, bu alanda yapılan çalışmaları genel olarak incelemek ve derlemekdir.

**Anahtar Kelimeler** – Hava Savunma, Tehdit Değerlendirme, Hedef Önceliklendirme, Karar Destek Sistemleri

**Abstract** - In air defense operations, the most important duty of personnel using defense systems is to evaluate the tactical situation in real time and protect defended assets against enemy threats by directing existing weapon systems to destroy air threats. This critical mission, which will mean losing airspace superiority if it is not achieved, requires rapid operational planning and rational decision-making under heavy stress conditions. It is expected that the target that poses the greatest threat will be identified and this threat will be eliminated first. This process is called target threat assessment in air defense operations, and studies are carried out on decision support systems in order to carry out these process steps in the most accurate way and to minimize personnel errors. The purpose of this article is to generally examine and compile the current state of this type of threat assessment and target prioritization decision support process in air defense systems and the studies carried out in this field.

**Keywords** – Air Defense, Threat Assessment, Target Prioritization, Decision Support Systems

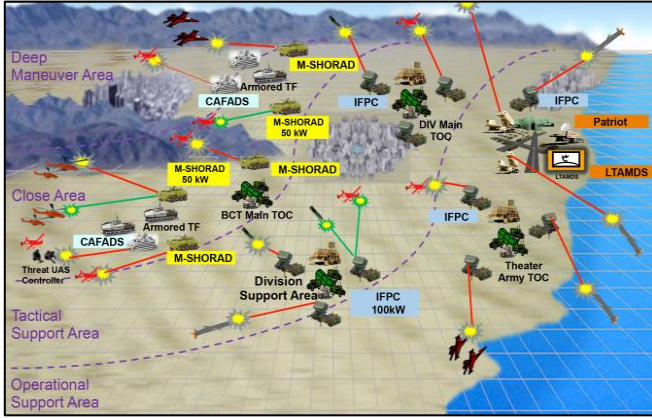
### I. GİRİŞ

Hava savunma, bir ulusun vatan savunması ve egemenliği için temel ihtiyacı olarak kabul edilmektedir. Herhangi bir ülkenin korunmasında önemli bir rol oynamaktadır. Hava savunması, hava savunma uçakları ve yerde konuşlu hava savunma sistemlerinden oluşmaktadır. Hava savunmanın temel amacı düşmanı saldırıdan caydırmaktır. Silah ve teçhizat teknolojisinin hızla gelişmesi ve yeni havacılık ekipmanlarının geniş çapta uygulanması, modern hava muharebesinin karşılıklarını ve karmaşıklığını daha da artırmıştır. Askeri personele bilimsel olarak karar vermede yardımcı olmak için muharebe sahası hedef tespit bilgilerinin nasıl etkili bir şekilde kullanılacağı bir araştırma noktası haline gelmiştir [1]. O halde, Şekil 1'deki gibi karmaşık bir hava muharebesi durumu karşısında, düşman hedeflerinin makul bir tehdit değerlendirilmesi, beka kabiliyetini artırmak ve muharebe sahasında inisiyatif kazanmak için esastır.

Yerde konuşlu hava savunma sistemleri düşman hava tehditleri tarafından saldırıya karşı hassastır ve yüksek değerli varlıkları koruması nedeniyle dikkatli bir şekilde planlanmalıdır. Hava savunma sisteminin temel özellikleri; kısa zaman içinde yüksek hazırlık, yüksek ateş gücü, düşük insan/personel ve kısa reaksiyon süresidir. Hava savunma temel

harekatı genel olarak gözetleme (tehditleri tanımlamak ve en uygun kararı vermek), komuta ve kontrol ve tehditlerin potansiyel etkisini azaltmak için önleyici tedbirler ve ilave olarak pasif savunmadan oluşmaktadır [2]. Düşmanın hava saldırısında kullanması muhtemel silahlarının menzili dışında kalarak hava savunma görevini yerine getirmek her zaman mümkün değildir [3]. Bu saldırılara karşı hayatta kalmak ve koruma görevi verilen kritik noktaların bekasını sağlamak yalnızca iyi bir silah sistemi ile değil aynı zamanda iyi yetişmiş, doğru kararları alabilen personel ile de ilgilidir. Düşman tarafından kasıtlı ve planlı yapılan saldırının amacı maksimum

ekonomik kayba, can kaybına ve olumsuz sosyal etkilere neden olmaktadır. Bu nedenle, kasıtlı saldırılar basit rastgele saldırılar olarak değerlendirilemez ve beklenen kaybı en aza indirmek için stratejiler önceden formüle edilmelidir [4].

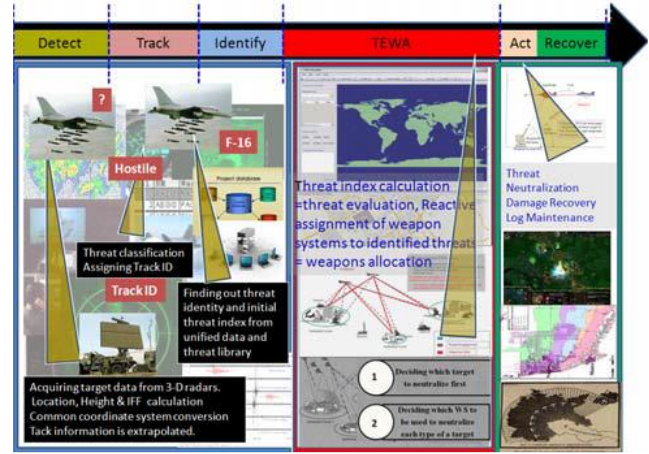


Şekil 1: Hava Sahası Harekât Ortamı [5]

Tehdit Değerlendirme ve Silah Atama (TEWA), hava savunma hareketinin temelini oluşturmaktadır. Tehdit değerlendirmede tehditlerin sıralanması söz konusudur. Hedef sıralaması en uygun çözümün bulunmasında önemli bir rol oynamaktadır [6]. Tehdit değerlendirmenin amacı, tespit edilen hava araçlarını savunulan varlık (DA) açısından tehdit edici davranışlarına göre değerlemeye tabi tutmaktır. Teorik olarak, TE sürecinin karar desteği sağladığı (komuta ve kontrolün yanı sıra durum farkındalığını da geliştiren) ve hava savunma sistemlerini kullanan personelin operasyonel temposunu geliştirmeye yönelik olduğu görülmektedir.

## II. TEHDİT DEĞERLENDİRME VE KARAR DESTEK SİSTEMİ

Tehdit değerlendirmesinde amaç, düşman hava unsurlarının savunulan varlıklar için oluşturduğu tehdit seviyesini tahmin etmektir. Biçimsel olarak, her bir savunulan varlık ve düşman hedef bazında, o tehdidin korunan varlık için oluşturduğu düşünülen tehdit seviyesini gösteren bir tehdit değeriyle eşleştiren bir fonksiyona ihtiyaç vardır. Tipik olarak belirsizlikle ilişkilendirilen karmaşık çok değişkenli bir problem olmasının yanı sıra, tehdit değerlendirmesi genellikle karar seçimine ve gelecekteki duruma ilişkin belirsizliğe bağlı olarak büyük maliyetlerle karşılaşma olasılığı anlamında bir tür risk (yani olumsuz etki) ile birleştirilmektedir [7]. Nihayetinde tüm süreç, seçilen kararların uygulanmasından sorumlu olan ve teknik desteğin ortamdaki tehditlerin sıralanmış listeleri şeklinde sağlandığı operator personel tarafından yürütülmektedir. Söz konusu süreç hava savunma hareketinin, tespit ile başlayarak hedefin tahrip edildiğinin onaylanması ile sona eren ve içerisinde TEWA'nın en kritik basamak olduğu ve Şekil 1'de ifade edilen safhalardan oluşmaktadır [8].



Şekil 2: Hava Savunma Harekâtının Safhaları

Etki analizi problemlerinin karmaşıklığı nedeniyle, operatörlerin duruma ilgili farkındalıklarını artırmak ve böylece daha iyi ve daha bilgili kararlar almalarını sağlamak için kullanabilecekleri destek sistemlerine ihtiyaç vardır. Karar destek sistemleri büyük miktarda verinin toplanması ve analiz edilmesinin yanı sıra verilerden sonuçlar çıkarılması ve eylem ya da karar önerileri üretilmesi için de kullanılabilir. Ancak operatörlerin otomatik olarak oluşturulan bu tavsiyelerin arkasındaki mantığı anlayabilmeleri son derece önemlidir [9].

TEWA, dinamik hava sahası ortamıyla sürekli etkileşimi sürdüren karmaşık bir sistemdir. Gerçek zamanlı olarak ve ortamda meydana gelen çeşitli olaylara yanıt olarak silah tahsisi ile birlikte sürekli tehdit tespiti, tanımlaması ve değerlendirmesini içermektedir. Tehditlerin sayısı arttığında durum daha karmaşık bir hal almaktadır. TEWA, Tehdit Değerlendirme (TE) ve Silah Atama (WA) olmak üzere iki alt sürece ayrılabilir. Tehdit ve bunlar için yapılacak atış sayısı çok olduğunda en iyi şekilde çözmek daha da zor olmakta, çünkü çözümün hesaplama süresi problemin büyüklüğü ile hızla artmaktadır. Etkin bir TEWA sistemi için silah sistemlerinin kullanılabilirliği ve etkinliği arasında bir denge oluşturulması gerekmektedir. Bu çalışmanın inceleme konusu olan TE, tehditlerin etkisiz hale getirilmesi için gereken sıraya karar vermek amacıyla en tehditkardan en az tehditkâr hedefe doğru hedeflerin sıralanmasıyla ilgilidir. Tanımlanabilir hedefler için tehdit oluşturabilecek her şeyi tespit etmek, değerlendirmek ve yönetmek için tasarlanmış çok sayıda sistematik ve operasyonel faaliyetten oluşmaktadır [10].

Geleneksel olarak operator personel, süreçleri değerlendirirken deneyim, gözlem, durumu anlama ve zihinsel durum gibi sınırlamaları nedeniyle en iyiyi kavrayamaz. İnsanların özellikle stresli koşullarda hataya eğilimli olduğu bilinen bir gerçektir. Sonuç olarak, askeri sahada, gerçek bir saldırı senaryosuyla karşı karşıya kalan bir operatör, hedefleri etkisiz hale getirmek için en uygun stratejiyi bulmakta başarısız olabilmektedir [8]. Tehdit olmayan bir unsurun tehdit olarak yanlış sınıflandırılmasının trajik sonuçlara yol açtığı iyi bilinen bir örnek, 1980'lerin sonunda USS Vincennes hava savunma sistemlerinin İran'a ait bir ticari uçağı düşürerek sivil insanların ölümüne sebep olmasıdır [11]. Bu nedenle hem nitel hem de

nicel faktörlerin sıkça birlikte sentezlenerek değerlendirildiği, kısa zaman ve yüksek sorumluluğun yarattığı baskı altında doğru angajman kararları alınabilmesi için karar destek sistemine ihtiyaç duyulmakta olup bu alandaki çalışmalar yaygınlaşmaktadır.

### III. TE ÇALIŞMALARININ İNCELENMESİ

Tehdit değerlendirmesinin temel amacı, çok hedefli senaryolarla ilgili temel bir kritik hususa, yani tehditlerin hangi sırayla etkisiz hale getirilmesi gerektiğine karar verilmesine dayanmaktadır. TE, tanımlanabilir hedefler için tehdit oluşturabilecek her şeyi tanımlamak, değerlendirmek ve yönetmek için tasarlanmış tüm analitik ve operasyonel faaliyetlerden oluşmaktadır [10]. TE, mevcut verilerle (savunulan varlıkların konumu ve silah sistemlerinin nitelikleri) birlikte yerleşik durumsal resme, yani hedefin mevcut durum tahminlerine büyük ölçüde bağlıdır [12]. Literatürde yer alan çalışmalara genel olarak bakıldığında, TE devam eden iki aşamalı bir süreç olarak görülebilir; ilk aşamada, bir varlığın savunma sistemlerine ve onların koruduğu noktalara zarar vermeyi amaçlayıp amaçlamadığı belirlenmekte, ikinci aşamada ise hedefler oluşturdukları tehdit seviyesine göre sıralanmaktadır [7].

Genel olarak tehdit değerlendirmesi, kabiliyete dayalı TE modeli (hedefleri kabiliyetlerine yani zarar verme yeteneğine göre sıralayan modeller) ve niyete dayalı TE modeli (tehdit seviyesini hesaplamak için bir hedefin niyetini tahmin eden modeller) olarak görülmektedir. Niyet, bir hedefin zarar verme isteğini ifade eder. Niyet ve kabiliyeti birleştirildiğinde bir model elde edilir. Bu, TE'ye hibrit bir yaklaşım, yani tehdit endeksini hesaplamak için ağırlıklı parametrik denklemler şeklinde niyet ve kabiliyet parametrelerini birlikte kullanan TE modelini getirmektedir [13].

Makalenin bu bölümünde, tehdit değeri hesaplaması için genellikle hangi parametrelerin kullanıldığına ve literatürde ne tür tehdit değerlendirme modellerinin tanımlandığına dair bir sınıflandırma yapılmaktadır.

#### A. Hedef Parametreleri

Bir hedefin savunulan bir varlık üzerinde oluşturduğu tehdidi değerlendirmek için, bir hedef-savunulan varlık çifti göz önüne alındığında tehdit değerini kontrol eden parametrelerin belirlenmesine ihtiyaç vardır [14]. Literatürde tehdit değerinin hesaplanması için çok sayıda farklı parametre önerilmiştir. Ancak bunların birçoğu birbiriyle yakından ilişkilidir. Tehdit değerlendirmesi ile ilgili çalışmalar üzerinde yapılan kapsamlı bir literatür araştırmasına dayanarak, parametreler genellikle aşağıdaki gibi sınıflandırılmıştır.

- Yakınlık Parametreleri: Hedef-savunulan varlık çiftlerine tehdit değerleri atamak için önemli bir parametre sınıfı yakınlık parametreleridir. Hedefin savunulan varlığa yakınlığını ölçen parametrelerdir. Bunun bir türü olarak birçok tehdit değeri değerlendirme tekniğinde kullanılan önemli bir parametre, savunulan varlığın en yakın yaklaşma noktasına (CPA) olan uzaklığıdır [15]. CPA, mevcut iz hareketleri göz önüne alındığında, hedefin nihayetinde savunulan varlığa en yakın olacağı noktadır. Sabit (hareket etmeyen) savunulan varlıklar

varsayıldığında, bu savunulan varlığın konumunun hedefin hız vektörünün uzantısı üzerindeki ortogonal izdüşümüdür. Savunulan varlığın konumu ile CPA arasındaki mesafe tehdit seviyesinin bir ölçüsüdür. Mesafe ne kadar büyükse tehdit o kadar az olacaktır. Savunulan varlığın CPA'ya olan mesafesiyle yakından ilgili olan parametreler CPA'ya kadar geçen/kalan süre (TCPA) olarak tanımlanmaktadır. Aynı türden iki hedef aynı CPA'ya ancak farklı TCPA'ya sahipse, en düşük TCPA'ya sahip olan muhtemelen o anda savunulan varlık için daha büyük bir tehdit oluşturacaktır. TCPA, CPA ile hedefin mevcut konumu arasındaki mesafenin, hedefin mevcut hızına bölünmesiyle hesaplanır. Literatürde önerilen diğer yakınlık parametreleri, hedef ile savunulan varlık arasındaki mesafe ve bunun değişim oranıdır. Okello and Thoms [14]'a göre, çok uzaktaki bir hedefin oluşturduğu tehdit minimuma yakın olmalı ve ardından hedef savunulan varlığa yaklaştığında kademeli olarak artmalıdır.

- Kabiliyet Parametreleri: Tehdit değerlendirmesi için bir sonraki parametre sınıfı kabiliyet parametreleridir. Bu parametreler, hedefin savunulan varlığı tehdit etme kabiliyetini ifade etmektedir. Buradaki merkezi parametre, IFF sorgulamasına cevap, elektronik destek önlemleri, hız vb. gibi diğer parametrelerden tanımlanabilen hedef tipidir. Hedef tipi bilindiğinde, hedefin silah taşıdığı göz önüne alındığında, silah tipi ve silah zarfı gibi parametreler çıkarılabilir. Bu parametreler hedefin ölümcüllüğü ile ilgilidir ve açıkça yakınlık parametreleri ile ilişkilidir, çünkü bir hedef silah kabiliyetini savunulan bir varlığın üzerinde efektif hale getirebiliyorsa, silah sistemlerinin menzili dışında olmasına göre daha tehditkardır [14]. Yakıt kapasitesi de yakınlıkla ilgili bir başka kabiliyet parametresidir. Belirlenmiş bir hedef türü göz önüne alındığında, yakıt kapasitesine ilişkin önceden bilgi sahibi olmak mümkün olabilmektedir. Bu tür bilgiler hedefin azami harekât yarıçapı hakkında fikir yürütmek için kullanılabilir. Oxenham [16]'a göre tehdit değerlendirmesi için en önemli parametreler hedefin silah kapasitesi, hedefin savunulan varlığa yakınlığı ve hedefin silah zarfının savunulan varlığa göre durumudur.

- Niyet Parametreleri: Niyet parametreleri, hedefin niyeti hakkında bir şeyler ortaya çıkarabilecek parametreleri içeren geniş bir kategoridir. Bunun bir örneği hedefin kinematığıdır. Oxenham [16]'a göre, hedefin hızı (yani hızı ve yönü) irtifası ile birlikte hedefin savunulan bir varlığa saldırma niyetinin iyi bir göstergesi olabilmektedir. Kullanılabilecek bir başka kinematik parametre de yaptığı manevraların sayısıdır [11]. Ticari bir uçuş olarak sınıflandırılan ve aniden bir havayolu rotasını takip etmek için duran bir hedef muhtemelen daha yakından incelenmeye değer olabilmektedir. Bu nedenle, havayolu rotasını takip etme parametresi hava hedeflerinin tehdit sıralaması için önemli olabilmektedir. Bir diğer niyet parametresi de koordineli faaliyetlerdir [17]. Hedefin diğer hedefler veya hava sahası kontrol unsurları ile irtibatlı olup olmadığını göstermektedir. Düşmanca niyete işaret edebilecek diğer parametreler elektronik karıştırma ve aldatmanın yapılması ile saldırgan hedefin atış kontrol radarının açık olup olmamasıdır. Son olarak, siyasi iklimle dayalı uluslararası ilişkiler de düşmanca bir niyet olasılığını belirlemede faydalı olabilmektedir [18].

### B. Tehdit Değerlendirme Modelleri

Hava savunma harekâtında karar vericilere yardımcı olmak için güvenilir tehdit değerlendirme algoritmaları geliştirmek, bu alanda uzun zamandır ulaşılmaması hedeflenen en önemli ürün olarak kabul edilmektedir [19]. Liebhaber and Smith [17]'e göre, hava savunma karar vericilerinin hedef değerlerini nasıl tahmin ettikleri iyi anlaşılmamış ve belgelenememiştir. Benavoli, et al. [18]'e göre de bu ilk girişimlerdeki temel sorun, belirsiz alan bilgisi ile bunları yorumlamanın eksikliğidir.

Liebhaber and Feher [11] çalışmasında ABD subaylarıyla yapılan bir dizi deney gerçekleştirmiş, insan olarak hava savunma operatörlerinin manuel tehdit değerlendirmesini nasıl yapabilecekleri incelenmiştir. Çalışmalarından elde ettikleri bulgularda, askeri personelin hava hedeflerinin oluşturduğu tehdidi, başlangıçta hedefin özel türüne karşılık gelen bir şablonu etkinleştirerek değerlendirdikleri öne sürülmektedir. Etkinleştirilen şablon, hedef için bir temel tehdit derecesi (yani bir hedef değeri) belirlemek için kullanılmaktadır. Aktif şablonla ilgili parametreler daha sonra değerlendirilmekte ve aktif şablon için beklenen değerlerle karşılaştırılmaktadır. Bir parametrenin gerçek değeri ile beklenen değeri arasındaki eşleşme derecesine bağlı olarak, hedef için mevcut tehdit derecesi yukarı veya aşağı olacak şekilde ayarlanmaktadır. Liebhaber and Smith [17]'in çalışmasında jeopolitik durumun beklenen değerlerden ve sapmalara karşı toleransı etkilediğinden bahsedilmektedir. Beklenmedik bir veri olmaması durumunda, en önemli parametreler değerlendirildikten sonra süreç durdurulmaktadır. Aksi takdirde tahmin puanı negatif olmakta ve değerlendirme süreci daha fazla parametre ile devam etmektedir. İşlenecek parametre kalmayana kadar ya da beklenen değerler ile parametre değerlerinin uyumu yeterince iyi olana kadar süreç devam etmektedir. Bu doğal modelden tehdit değerlendirmesi için kural tabanlı bir algoritma geliştirilmiştir [11]. Aynı algoritmayı Liebhaber and Feher [20] diğer çalışmasında hedeflerin tehdit değerlendirmesi için kullanmıştır. Kural tabanlı algoritmanın bir açıklaması Şekil 3'de gösterilmektedir.

```

1: Exception Score ← 0
2: Threat ← ID Threat Rating + Platform Threat Rating
3: for all critical parameters do
4:   Get Value and Weight for current parameter
5:   Threat ← Threat ± Threat Change Rating
6:   if Value is an exception then
7:     Exception Score ← Exception Score - Weight
8:   end if
9: end for
10: while Exception Score < 0 and more parameters exist do
11:   Get Value and Weight for the current parameter
12:   Threat ← Threat ± Threat Change Rating
13:   if Value is an exception then
14:     Exception Score ← Exception Score - Weight
15:   else
16:     Exception Score ← Exception Score + Weight
17:   end if
18: end while

```

Şekil 3: Kural Tabanlı Algoritma

Runqvist [21] tarafından yapılan çalışmada, bir hava savunma sistemi tehdit değerlendirme modülü açıklanmaktadır. Savunulan bir varlık için, savunulan bir alan (bir daire olarak temsil edilir) tanımlanmalıdır. Bu, operatörün savunulan

varlığın konumunu, önceliği ve savunulan alanın yarıçapını belirtmesi ile gerçekleştirilir. Sistemde tehdit değerlendirmesi için kullanılan parametreler zaman, yön, irtifa, IFF sorgusu, hız, boyut ve uçak tipidir. Zaman parametresi hedefin savunulan bölgeye ulaşması için geçecek minimum süreyi (sabit hız varsayımıyla), kimlik parametresi ise hedefin düşman olarak tanımlanıp tanımlandığını belirtmektedir. Operatör her parametre için kurallar belirlemekte ve parametrenin gerçek değerine bağlı olarak bir dizi tehdit puanı atamaktadır. Belirtilebilecek bir kural örneği şöyledir:

```
IF Time < 1 THEN Points = Points + 15.
```

Şekil 4: Örnek Kural

Her bir hedef-savunulan varlık çifti için ayrı parametrelerden alınan puanlar toplanmakta ve ardından savunulan varlığın önceliğine bağlı bir ağırlıkla çarpılmaktadır. Son olarak, bu değer maksimum puan sayısına bölünerek hedef-savunulan varlık çiftine atanan 0 ile 1 arasında normalleştirilmiş bir tehdit değeri elde edilmektedir [21].

Bir başka kural tabanlı algoritma Liang [22] tarafından önerilmiştir. Bu algortmada bulanık mantık kuralları, irtifa, hız, CPA ve menzil parametreleri ile sentezlenerek hava hedeflerinin oluşturduğu tehdit seviyesini hesaplamak için kullanılmaktadır. Her bir girdi parametresi için üç üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. Üyelik fonksiyonları kullanılarak, girdinin çıktı parametresi tehdit derecesini nasıl etkilemesi gerektiğine dair bulanık mantık kuralları tanımlanmıştır. Bu algoritmanın bir versiyonu Şekil 5'te sunulmuştur. Bulanık çıkarım sisteminin amacı, ilgili hedef-savunulan varlık çifti için bir tehdit değeri hesaplamaktır, böylece sistemin çıktısı bir bulanık tehdit kümesidir.

Şekil 5'te gösterilen her kural için parantez içindeki sayı kuralın ağırlığını göstermektedir. Yetenek ve niyet değişkenleri burada açıkça kullanılmamakta, bunun yerine hedef tipi tehdit değeri üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olarak modellenmektedir. Ayrıca, hız ve mesafe kombinasyonunun tehdit seviyesi üzerinde karşılıklı bir etkiye sahip olduğu düşünülmüştür, böylece yakın bir mesafe ile birlikte yüksek bir hız, bir hedefin çok uygun bir tehdit olduğunun göstergesidir.

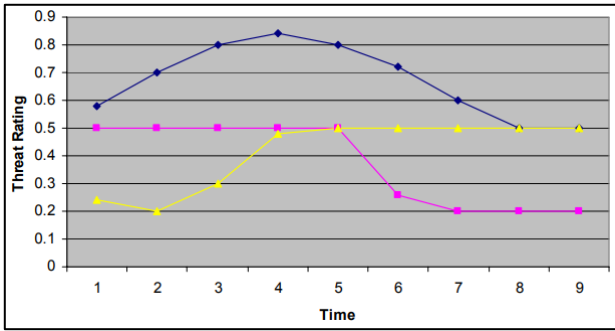
```

TargetType == F16 --> Threat = high (1)
TargetType == Mig21 --> Threat = med (1)
TargetType == B2 --> Threat = high (1)
TargetType == B747 --> Threat = low (1)
TBH == short --> Threat = high (1)
TBH == med --> Threat = med (1)
TBH == long --> Threat = low (1)
Speed == low AND Distance == far --> Threat = low (1)
Speed == med AND Distance == med --> Threat = med (1)
Speed == high AND Distance == close --> Threat = high (1)
Distance == far --> Threat = low (0.25)
Distance == med --> Threat = med (0.25)
Distance == close --> Threat = high (0.25)

```

Şekil 5: Bulanık Mantık Algoritması

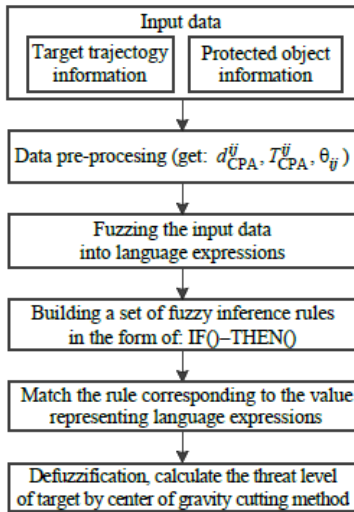
Diğer değişkenler bulanık kümeler kullanılarak modellenmiştir. Kullanılan mesafe, tehdit, hız ve zaman için üyelik fonksiyonları kullanılarak Şekil 6'da gösterilen zamana bağlı 3 hedefli tehdit değerlemesi sonuç ekranı elde edilmiştir [22].



Şekil 6: Tehdit Değerlendirme Puanlaması

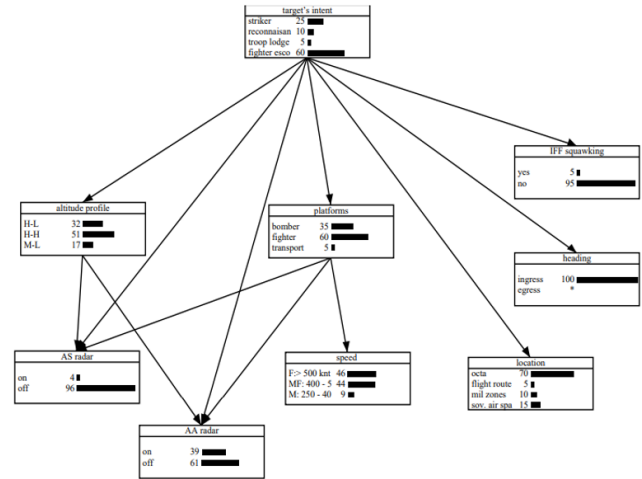
Bir başka bulanık mantık tabanlı tehdit değerlendirme modeli de Truong, et al. [23] tarafından yapılmıştır. Yaklaşım, hedef parametrelerini temsil eden çoklu girdilere ve hedef tehdit değerini temsil eden tek bir çıktıya sahip olan Sugeno bulanık modeline dayanmaktadır. Bir hedefin tehdit değerini hesaplamak için bulanık model kullanılarak bir algoritma modeli geliştirilmiştir. Model, ayrıntılı bir uygulama süreci ile desteklenen ve Şekil 7’de verilen bir akış şeması şeklinde sunulmuştur. Önerilen algoritmanın doğruluğu MATLAB’daki mevcut araç seti kullanılarak gözlemlenmiştir. Önerilen bulanık modelin etkinliği, farklı parametrelere sahip 10 hedef yörünge kümesi üzerinde MATLAB araçları kullanılarak simülasyon ve test yoluyla Şekil 7’deki gibi değerlendirilmiştir. Önerilen bulanık modelin, korunan nesneye göre her bir hedefin tehdit değerini verimli bir şekilde hesaplayabildiği görülmüştür.

Changwen and You [24] çok kriterli karar verme yöntemlerine dayanarak yaptıkları tehdit değerlendirme çalışmasında hedef önceliklendirmesini TOPSIS yöntemi ile gerçekleştirmişlerdir. Bulanık mantıktan da faydalanılan bu çalışmada kriter olarak hedefin hızı, mesafesi, tipi, yaklaşma açısı kullanılmış ancak elektronik karıştırma kabiliyeti ve IFF sorgulaması sonucunda elde edilen dost/düşman ayrımı hususunda bir değerlendirme yapılmamıştır. Senaryosunda hedef tipleri olarak çok sayıda uçak ve bir tipte füzeyle yer vermiştir.



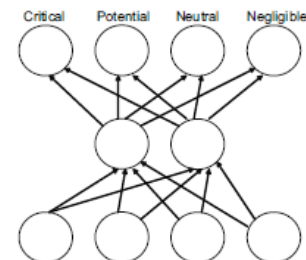
Şekil 7: Uygulanan Bulanık Model Diyagramı

Literatürdeki bir başka tehdit değerlendirme algoritma ailesi grafik modeller olarak adlandırılmaktadır. Nguyen [25] bir hedefin savunulan bir varlığa oluşturduğu tehdidi değerlendirmek için hedef durum tahminlerinin kullanıldığı Bayes ağ tabanlı bir algoritma sunmaktadır. Bayes ağı, verilerin yanı sıra mevcut uzman bilgisini de işleyebilmektedir. Sadece somut parametreler dikkate alınmaktadır. Parametreler; irtifa profili, hız, istikamet, konum, IFF durumu, havadan karaya veya havadan havaya radar durumu ve olası platform tiplerini içermektedir. Çevresel ve politik faktörler gibi diğer somut olmayan kanıtlar dikkate alınmamaktadır. Bir hedefin davranışının görevine göre değişmesi mantığından hareketle Hugin modelleme yazılımı kullanılarak, bu çalışmadaki Bayes ağı söz konusu görev tahmin problemini Şekil 8’te gösterildiği gibi modellemektedir.



Şekil 8: Tehdidi Değerlendirmek için Kullanılan Bayes ağı

Dong and Qing [26]’nın çalışmasında ise tehdit değerlendirmesi için bir makine öğrenme modeli olan yapay sinir ağı yaklaşımı önerilmektedir. Yapay sinir ağlarının avantaj olarak öne sürülen bir özelliği, uzman bilgisinden oluşturulmak yerine eğitim verilerinden öğrenilmeleridir. Kullanılan sinir ağı türü, bir girdi düğümleri katmanı, bir gizli katman ve hesaplanan tehdidin çıktı olarak verildiği bir çıktı katmanından oluşan çok katmanlı ileri beslemeli bir ağıdır. Ağda kullanılan girdi parametreleri hedef ile savunulan varlık arasındaki mesafe, hedefin hızı ve hedefin rotasıdır. Benzer bir mimari Şekil 9’da gösterildiği gibi Azak and Bayrak [27] tarafından kullanılmış olup, burada dört giriş düğümünden (iki düğüm çeşitli mesafe ölçümlerine, diğer ikisi ise hedefin hızına ve yönüne karşılık gelmektedir) oluşan ileri beslemeli bir ağ kullanılmıştır.





- [3] O. Karasakal, "Air defense missile-target allocation models for a naval task group," *Computers & Operations Research*, vol. 35, no. 6, pp. 1759-1770, 2008.
- [4] H. Xiaofeng and S. Shifei, "Study on the resource allocation in urban defense engineering with intentional threats," *Systems Engineering Procedia*, vol. 5, pp. 198-206, 2012.
- [5] USASMDC. "Air and Missile Defense Vision 2028." USASMDC. [https://www.smdc.army.mil/Portals/38/Documents/Publications/Publications/SMDC\\_0120\\_AMD-BOOK\\_Finalv2.pdf](https://www.smdc.army.mil/Portals/38/Documents/Publications/Publications/SMDC_0120_AMD-BOOK_Finalv2.pdf) (accessed 13 Kasım 2023).
- [6] W. Yun-feng, S. Zhang-song, and W. Zhong-hong, "A research on the threat sequencing of ship-self-defense," *Procedia Engineering*, vol. 15, pp. 4967-4972, 2011.
- [7] S. Paradis, A. Benaskeur, M. Oxenham, and P. Cutler, "Threat evaluation and weapons allocation in network-centric warfare," in *2005 7th international conference on information fusion*, 2005, vol. 2: IEEE, p. 8 pp.
- [8] H. Naeem, A. Masood, M. Hussain, and S. A. Khan, "A Novel Two-Stage Decision Support based Threat Evaluation and Weapon Assignment Algorithm, Asset-based Dynamic Weapon Scheduling using Artificial Intelligence Techniques," *arXiv preprint arXiv:0907.0067*, 2009.
- [9] A. Dahlbom and T. Helldin, "Supporting threat evaluation through visual analytics," in *2013 IEEE International Multi-Disciplinary Conference on Cognitive Methods in Situation Awareness and Decision Support (CogSIMA)*, 2013: IEEE, pp. 155-162.
- [10] R. Borum, R. Fein, B. Vossekuil, and J. Berglund, "Threat assessment: Defining an approach for evaluating risk of targeted violence," *Behavioral Sciences & the Law*, vol. 17, no. 3, pp. 323-337, 1999.
- [11] M. J. Liebhaber and B. Feher, "Air threat assessment: Research, model, and display guidelines," in *Proceedings of the 2002 Command and Control Research and Technology Symposium*, 2002, pp. 90-93.
- [12] J. N. Roux and J. H. Van Vuuren, "Threat evaluation and weapon assignment decision support: A review of the state of the art," *ORiON*, vol. 23, no. 2, pp. 151-187, 2007.
- [13] H. Naeem, A. Masood, M. Hussain, and S. A. Khan, "A semi-automated dynamic approach to threat evaluation and optimal defensive resource allocation," in *Emerging Intelligent Computing Technology and Applications: 5th International Conference on Intelligent Computing, ICIC 2009, Ulsan, South Korea, September 16-19, 2009. Proceedings 5*, 2009: Springer, pp. 8-17.
- [14] N. Okello and G. Thoms, "Threat assessment using Bayesian networks," in *Proceedings of the 6th International Conference on Information fusion*, 2003, pp. 1102-1109.
- [15] J. Roy, S. Paradis, and M. Allouche, "Threat evaluation for impact assessment in situation analysis systems," *Signal processing, sensor fusion, and target recognition XI*, vol. 4729, pp. 329-341, 2002.
- [16] M. G. Oxenham, "Enhancing situation awareness for air defence via automated threat analysis," in *Sixth International Conference of Information Fusion, 2003. Proceedings of the*, 2003, vol. 2: IEEE, pp. 1086-1093.
- [17] M. J. Liebhaber and C. Smith, "Naval air defense threat assessment: Cognitive factors and model," in *Command and Control Research and Technology Symposium, 2000: PACIFIC SCIENCE AND ENGINEERING GROUP INC SAN DIEGO CA*, pp. 26-28.
- [18] A. Benavoli, B. Ristic, A. Farina, M. Oxenham, and L. Chisci, "An approach to threat assessment based on evidential networks," in *2007 10th International Conference on Information Fusion*, 2007: IEEE, pp. 1-8.
- [19] M. St John, D. Manes, H. Smallman, B. Feher, and J. Morrison, "An intelligent threat assessment tool for decluttering naval air defense displays," *Space and Naval Warfare Systems Center San Diego Ca*, 2004.
- [20] M. J. Liebhaber and B. Feher, "Surface warfare threat assessment: Requirements definition," *SSC San Diego, San Diego, CA*, 2002.
- [21] A. Runqvist, "Threat evaluation. An application for air surveillance systems," *Master's thesis, Uppsala University*, 2004.
- [22] Y. Liang, "An approximate reasoning model for situation and threat assessment," in *Fourth International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD 2007)*, 2007, vol. 4: IEEE, pp. 246-250.
- [23] N. X. Truong, P. K. Phuong, D. Q. Hieu, H. V. Xung, and T. V. Hoa, "A Target Threat Assessment Method for Application in Air Defense Command and Control Systems," *Известия высших учебных заведений России. Радиоэлектроника*, vol. 26, no. 3, pp. 90-98, 2023.
- [24] Q. Changwen and H. You, "A method of threat assessment using multiple attribute decision making," in *6th International Conference on Signal Processing, 2002.*, 2002, vol. 2: IEEE, pp. 1091-1095.
- [25] X. T. Nguyen, "Threat assessment in tactical airborne environments," in *Proceedings of the Fifth International Conference on Information Fusion. FUSION 2002.(IEEE Cat. No. 02EX5997)*, 2002, vol. 2: IEEE, pp. 1300-1307.
- [26] A. X. Dong and L. G. Qing, "Application of neural network in the field of target threat evaluation," in *IJCNN'99. International Joint Conference on Neural Networks. Proceedings (Cat. No. 99CH36339)*, 1999, vol. 6: IEEE, pp. 4237-4240.
- [27] M. Azak and A. E. Bayrak, "A new approach for Threat Evaluation and Weapon Assignment problem, hybrid learning with multi-agent coordination," in *2008 23rd International Symposium on Computer and Information Sciences*, 2008: IEEE, pp. 1-6.
- [28] S.-l. Zhang, T. Zhang, and X.-m. Xu, "Threat Estimation of Aerial Target Based on Extreme Learning Machine," in *2019 Chinese Control Conference (CCC)*, 2019: IEEE, pp. 7233-7238.
- [29] H. Liu, Z. Ma, X. Deng, and W. Jiang, "A new method to air target threat evaluation based on Dempster-Shafer evidence theory," in *2018 Chinese Control And Decision Conference (CCDC)*, 2018: IEEE, pp. 2504-2508.
- [30] W. Jiang and J. Zhan, "A modified combination rule in generalized evidence theory," *Applied Intelligence*, vol. 46, pp. 630-640, 2017.





# İlaç Taşıma Robotu

## Drug Delivery Robot

M.AYMAN ALOBAID<sup>1</sup>, M. E. SÖYLER<sup>2</sup>, E. HASHASH<sup>3</sup> ve E. BAJOH<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mısır, [a.ayman05514@gmail.com](mailto:a.ayman05514@gmail.com)

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Konya/ Türkiye, [203312025@selcuk.edu.tr](mailto:203312025@selcuk.edu.tr)

<sup>3</sup>Suriye-Halep

<sup>4</sup>Yemen

**Özet-** Bu makale, çizgi izleyerek ilerleyen, kendi lift sistemi olan, işi bittiğinde ilk yerine gelebilen bir ilaç taşıma robotu tasarımını anlatmaktadır. Bu robot, Arduino Uno mikrokontrolcü kartı, L298N motor sürücü, DC motorlar, dişli motor, IR sensörler, Bluetooth modülü, pil, platform, mıknatıs, tekerlekler, kablo, ekmek tahtası, ilaç kutusu, servo motor ve çizgi bant kullanılarak yapılmıştır. Robotun çalışma prensibi, ilaç isteği geldiğinde, ilacı platforma alarak çizgiyi takip edip hasta bireye ulaştırmak ve sonra merkeze geri dönmek şeklindedir.

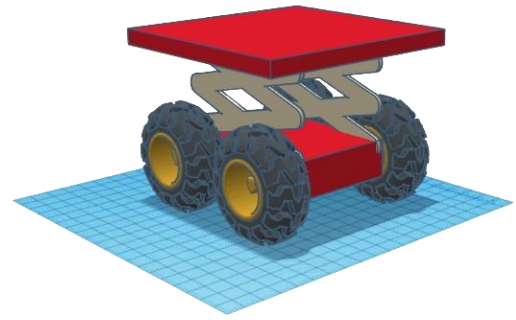
**Anahtar kelimeler** – ilaç taşıma robotu, çizgi izleyen robot, Arduino uno,Bluetooth kontrollü robot.

### I. GİRİŞ

Robotlar, insanların yapamadığı veya yapmak istemediği işleri yapmak için tasarlanmıştır. Robotların birçok avantajı vardır, örneğin: İnsanlardan daha hızlı, daha doğru ve daha verimli çalışabilirler. İnsanlara zarar verebilecek tehlikeli veya zorlu ortamlarda çalışabilirler. İnsanlara zaman, enerji ve maliyet tasarrufu sağlayabilirler. Robotik alanında, çizgi izleyen robotlar, en yaygın ve basit robot türlerinden biridir. Çizgi izleyen robotlar, zemin üzerinde belirlenmiş bir çizgiyi takip ederek hareket eden robotlardır. Çizgi izleyen robotlar, pek çok farklı amaç için kullanılabilir, örneğin: Fabrikalarda malzeme taşıma Eğitim ve öğretim amaçlı Eğlence ve yarışma amaçlı Sağlık ve bakım amaçlı Bu makalede, sağlık ve bakım amaçlı kullanılan bir çizgi izleyen robot tasarımı anlatılacaktır. Bu robot, ilaç taşıma robotu olarak adlandırılacaktır

### II. KULLANIM ALANLARI VE ROBOTUN YAPIMI

İlaç taşıma robotu, hastanelerde veya evlerde hasta bireylerle ilaç ulaştırmak için kullanılabilir. İlaç taşıma robotu, aşağıdaki özelliklere sahiptir: Kendi lift sistemi olan bir platform üzerinde hareket eder. İşini bitirdiğinde ilk yerine geri döner. İlk geldiği yerde bir merkez bulunur ve merkezde ilacı aracın üstüne düşüren bir sistem vardır. Merkeze sinyali Bluetooth ile verir ve ilaç aracın üstüne düştüğü zaman, araç harekete geçer. Hasta bireyin yanına çizgiyi izleyerek gider ve ilacı verir. Bu makalede, ilaç taşıma robotunun tasarımı, yapımı ve çalışma prensibi anlatılacaktır. Ayrıca, ilaç taşıma robotunun avantajları ve dezavantajları da değerlendirilecektir. Tasarım İlaç taşıma robotunun tasarımı, şematik olarak Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1: İlaç taşıma robotunun şematik tasarımı

### III. ÇALIŞMA PRENSİBİ

İlaç taşıma robotu, şu ana bileşenlerden oluşur: Arduino Uno: Mikrokontrolcü kartı olarak kullanılır. Robotun hareketini, sensörlerin okumasını ve Bluetooth modülünün iletişimini kontrol eder.

L298N Motor Sürücü: DC motorların hızını ve yönünü kontrol etmek için kullanılır. Arduino Uno ile bağlantılıdır. DC Motorlar: Robotun hareketini sağlayan motorlardır. Robotun altında dört adet tekerlekli motor bulunur. Ayrıca, lift sisteminin çalışmasını sağlayan bir adet dişli motor da bulunur.

IR Sensörler: Robotun zemin üzerindeki çizgiyi algılamasını sağlayan sensörlerdir. Robotun altında beş adet IR sensör bulunur. Bu sensörler, zeminin renk değişimine göre farklı voltaj değerleri üretirler. Böylece, robot çizginin üzerinde mi yoksa dışında mı olduğunu anlayabilir.

Bluetooth Modülü: Robotun merkez ile kablosuz iletişimini sağlayan modüldür. Arduino Uno ile bağlantılıdır. Robot, merkezden ilaç isteği geldiğinde, Bluetooth modülü aracılığıyla sinyal alır. Robot, ilacı teslim ettikten sonra, merkeze geri döndüğünü bildirmek için Bluetooth modülü aracılığıyla sinyal gönderir.

Pil: Robotun enerji kaynağıdır. Robotun üzerinde bir adet 9V pil bulunur. Bu pil, Arduino Uno’yu besler. Ayrıca, robotun üzerinde bir adet 12V pil bulunur. Bu pil, motor sürücüyü ve motorları besler.

Platform: Robotun üzerinde bulunan ve ilacı taşıyan bölümdür. Platform, dişli motorun hareketiyle yukarı ve aşağı inebilen bir lift sistemine sahiptir.

Merkez: Robotun ilk geldiği ve ilacı aldığı yerdir. Merkez, bir adet Bluetooth modülü, bir adet servo motor ve bir adet ilaç kutusu içerir. Bluetooth modülü, robot ile iletişim kurmak için kullanılır. Servo motor, ilaç kutusunun kapağını açıp kapamak için kullanılır.

Çalışma sırası ise şu şekildedir:

- Robot, merkezde beklerken, Bluetooth modülü aracılığıyla ilaç isteği gelip gelmediğini kontrol eder.
- İlaç kutusunun kapağı açıldığında, ilaç, mıknatısın çekimiyle platforma yapışır.
- Robot, servo motorun ilaç kutusunun kapağını kapatmasını sağlar.
- Robot, IR sensörlerin okumasına göre, çizgiyi takip ederek ilacı teslim etmek istediği yere gider.
- Robot, ilacı teslim etmek istediği yere geldiğinde, dişli motorun platformu yukarı kaldırmasını sağlar.
- Platform yukarı kalktığında, ilaç, mıknatısın etkisinden kurtulur ve hasta bireye verilir.
- Robot, dişli motorun platformu aşağı indirmesini sağlar.
- Robot, IR sensörlerin okumasına göre, çizgiyi takip ederek merkeze geri döner.
- Robot, merkeze geri döndüğünde, Bluetooth modülü aracılığıyla işini bitirdiğini bildirir.

#### IV. İLAÇ TAŞIMA ROBOTUNUN AVANTAJLARI

- Hasta bireylere ilaç ulaştırılması konusunda kolaylık sağlar.
- İnsan hatasını ve unutkanlığını önler.
- İla.ların güvenli ve hijyenik bir şekilde taşınmasına olanak sağlar.
- Zaman, enerji ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır.

#### V. İLAÇ TAŞIMA ROBOTUNUN DEZAVANTAJLARI

- Çizgi bantın kopması veya kayması durumunda robotun yönünü kaybetmesi riski vardır.
- Bluetooth modülünün sinyal alamaması veya kesilmesi durumunda robotun iletişim kuramaması riski vardır.
- Pilin bitmesi veya arızalanması durumunda robotun çalışmaması riski vardır.
- Robotun arızalanması veya bozulması durumunda tamir veya bakım gerektirir.

#### SONUÇ

Bu makalede, çizgi izleyerek ilerleyen, kendi lift sistemi olan, işi bittiğinde ilk yerine gelebilen bir ilaç taşıma robotu tasarımı anlatılmıştır. Bu robot, Arduino Uno mikrokontrolcü kartı, L298N motor sürücü, DC motorlar, dişli motor, IR sensörler, Bluetooth modülü, pil, platform, mıknatıs, tekerlekler, kablo, ekmek tahtası, ilaç kutusu, servo motor ve çizgi bant kullanılarak yapılmıştır. Robotun çalışma prensibi, ilaç isteği geldiğinde, ilacı platforma alarak çizgiyi takip edip

hasta bireye ulaştırmak ve sonra merkeze geri dönmek şeklindedir. Robotun avantajları, ilaç ulaştırmada kolaylık, insan hatasını ve unutkanlığı önleme, ilaçların güvenli ve hijyenik taşınması, zaman, enerji ve maliyet tasarrufu sağlamasıdır. Robotun dezavantajları ise, çizgi bantın kopması veya kayması, Bluetooth modülünün sinyal alamaması veya kesilmesi, pilin bitmesi veya arızalanması, robotun arızalanması veya bozulması riskleridir. Bu robot, sağlık ve bakım alanında kullanılabilecek faydalı ve pratik bir robot örneğidir. Bu robotun daha da geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması, bu alanda pek çok sorunu çözebilir ve insan hayatını kolaylaştırabilir.

#### KAYNAKÇA

- [1] <https://portal.saglikiturkiye.org/ilac-tasima-robotlari-yayginlasacak-mikroskopla-gorunmeyenler-gorunecek/>
- [2] <http://www.rivosem.com.tr/medikal-urunlerimiz/robotik-kemoterapi-ilac-hazirlama-sistemleri/>
- [3] <https://maker.robotistan.com/cizgi-izleyen-robot/>
- [4] <https://maker.robotistan.com/cizgi-izleyen-robot-2/>

# Deep Learning DNN based MPPT Control of 250 W Stand Alone Solar PV System

U. YOUNAS<sup>1</sup> and A. A. KULAKSIZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Konya Technical University, Konya, Türkiye, umair.ciitad@gmail.com,

<sup>2</sup>Konya Technical University, Konya, Türkiye, aakulaksiz@ktun.edu.tr

**Abstract** - With rising energy demand and environmental concerns, solar photovoltaic (PV) systems are gaining prominence as sustainable power solutions. However, variable operating conditions substantially impact PV output, necessitating real-time maximum power point tracking (MPPT) control for extracting maximum power. Conventional and intelligent MPPT techniques have reduced responsiveness and complexity limitations. Shallow machine learning models also have generalization concerns. This research proposes a Deep Learning-based MPPT controller using a deep neural network (DNN) with Levenberg-Marquardt training. The 2-hidden layer (20-10 neurons) deep architecture enhances representational learning capability over single layer networks to capture intricate PV power dynamics for fast, accurate MPPT. The total 10,000 data samples are considered, 70% of the data is used for the training and rest of the 30% is used for the testing and validation. MATLAB/Simulink simulation and testing validate the DNN-MPPT controller's improved power harvesting adaptability to operating condition fluctuations. By learning directly from data patterns, this deep learning powered MPPT approach promises to effectively maximize solar energy extraction under real-world variability.

**Keywords** – Artificial Intelligence; Deep Learning; Deep Neural Network; Solar PV System; Maximum Power point Tracking.

## I. INTRODUCTION

The global rising energy demand is largely met by traditional fossil fuels, resulting in alarming levels of greenhouse gas emissions [1]. As a result, the focus has shifted to utilizing clean, renewable, and renewable energy sources to mitigate climate change while ensuring sustainable development. In recent years, solar energy has experienced significant growth as the most favored option due to its abundant sunlight, zero emissions, low land and water consumption, low maintenance requirements and noiseless operation. As technology advances, the cost of solar power continues to fall significantly, and its quiet and environmentally friendly nature aligns perfectly with the need to optimize renewable energy production [2]. However, the output power of solar Photovoltaic (PV) systems is continuously changing due to variable Irradiance (G) and Temperature (T). Hence, the advanced and efficient MPPT controllers are required to get maximum power from PV panel during varying G and T parameters [3].

MPPT is an important technique for dynamic optimization of power generation in PV systems under fluctuating weather conditions. Traditional techniques such as open-circuit voltage [4], short-circuit current [5], perturb and optimization [6], and

incremental conductance [7] are simple, but lead to tracking delays, oscillations, and low efficiency during rapid variations in G and T. Intelligent controls using fuzzy logic [8], particle swarm optimization [9] and genetic algorithms [10] have been investigated to improve response speed, but require complex modelling and parameter tuning. Previous research on MPPT using Machine Learning (ML) has evaluated shallow artificial neural networks (ANNs) with hidden layers [11]. These networks are highly scalable but have limited generalizability and cannot provide accurate control over a wide range of processes. In contrast, the proposed MPPT approach based on a deep neural network (DNN) for a 250 W off-grid solar power system shows faster and more accurate monitoring and better efficiency as it learns complex models of how the solar array responds to power under varying weather conditions: Multilayer hierarchy and direct regression in the M. Levenberg-Marquardt DNN learning network play an important role in better capturing the complex dynamics of PV system [12].

The remainder of the paper is structured as follows. Section 2 describes the PV system model and explains the structure of the PV system, the boost converter and the DNN MPPT controller. Section 3 presents simulation results to analyze the training, testing, tracking accuracy and performance of DNN MPPT for PV power generation under different conditions. Section 4 concludes the effectiveness of the proposed MPPT method in optimizing and maximizing PV power generation with deep learning which is followed by the references.

## II. MODEL DESIGN AND FORMULATION

The The model developed in this research work includes a standalone PV system with DL empowered DNN-MPPT control. The main components that make up the proposed model are (a) the PV system that converts sunlight into electrical energy, (b) a DC-DC converter that increases the system output voltage to the required level, and (c) an MPPT controller based on a trained DNN that continuously monitors the maximum power point of the PV system to maximize energy harvesting under varying operating conditions as the schematic is shown in **Figure 1**. In the following subsections, the design methodology and operating principles of each of these basic model components are described in more detail. The application of deep learning for the MPPT controller distinguishes this model from conventional PV system architectures.

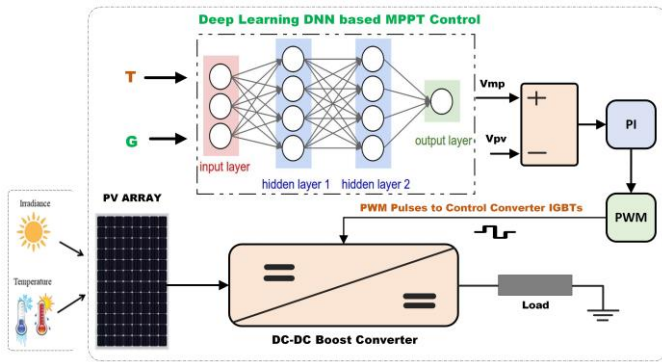


Figure 1: Overview of the proposed research model

A. Solar PV Array

The operation of a solar photovoltaic (PV) cell can be easily modelled with a diode model that includes components such as a photocurrent ( $I_{ph}$ ) representing the cell current generated by sunlight, a diode current ( $I_d$ ) simulating a p-n junction, and shunt parallel resistors ( $R_{sh}$ ) and series resistors ( $R_s$ ), as shown in **Figure 2** [13], [14]. The model describes the behavior of a cell based on the photovoltaic effect: photons from sunlight are absorbed and form electron-hole pairs, and current  $I_{ph}$  flows when the cell is connected to a load. Individual cells have  $R_s$  losses and  $R_{sh}$  losses.

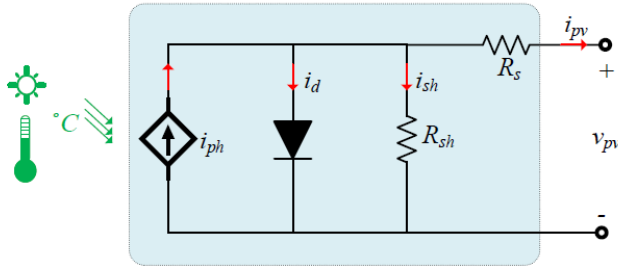


Figure 2: Single diode model of a PV cell

To produce higher voltage and power, the cells are combined into interconnected modules. The interconnected modules form arrays, which are then combined to form a PV array, a complete power generation unit as shown in **Figure 3**. The power output of the array depends on the response of the individual cells in the module to ambient  $G$  and  $T$  and is determined by the single diode model, which describes the operation and losses of the individual cells .

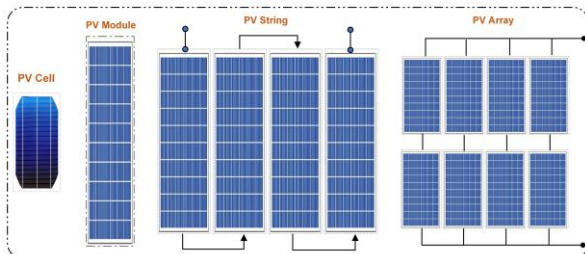


Figure 3: Series and parallel combination categories of solar PV

B. DC-DC Boost Converter

Step-up DC-DC converters are used to boost the voltage of PV panels to a level suitable for powering both the standalone and the grid connected PV systems. The power output of a PV array may be insufficient under certain conditions due to

variability in  $G$  and  $T$ . This problem can be solved by using a boost converter. As shown in **Figure 4**, the main components are inductors, switching transistors (IGBT, MOSFETs), diodes, and output capacitors. The switch on time ( $T_{on}$ ) and off time ( $T_{off}$ ) forms a loop. The ratio ( $D = T_{on}/T_{off}$ ) is the duty cycle. By changing  $D$ , it is possible to control the output voltage to be higher than the input voltage [15]. When the switch is closed ( $T_{on}$ ), current flows in the energy storage inductor. When the switch is open ( $T_{off}$ ), the inductor transfers the load to the output.

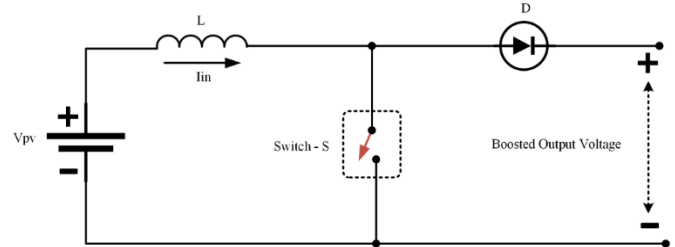


Figure 4: DC-DC boost converter design model

The high output value is maintained by pulse width modulation (PWM) of the switch. However, due to fluctuations in PV output power, the  $D$  of the boost converter is adjusted accordingly to maximize the solar PV output power. This is achieved by an MPPT algorithm that precisely modulates the pulse width of the switch.

C. MPPT Controller

MPPT control is important in solar PV systems because the output power of the PV array varies nonlinearly with weather conditions (e.g.,  $G$  and  $T$ ) as shown in the I-V curves in **Figure 5**. The output power of the PV array is directly proportional to the value of  $G$  level and inversely proportional to the value of  $T$  of the PV cell [16].

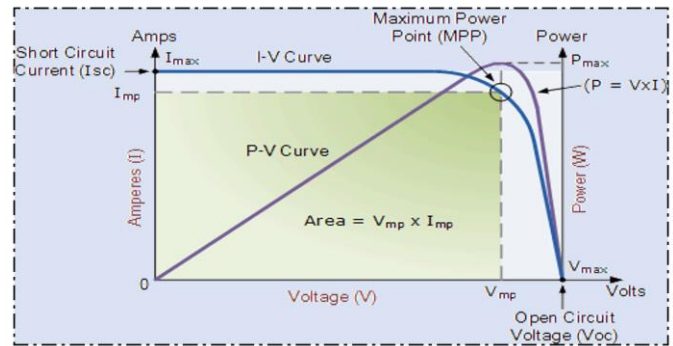


Figure 5: PV and IV characteristics of a PV cell

The MPPT controller dynamically extracts the maximum available power from the PV panels by appropriately adjusting the boost converter duty cycle to maintain the PV voltage and current values corresponding to the maximum power point (MPP). Techniques such as P&O and IC face control limitations under rapidly changing conditions. Intelligent controllers using swarm optimization techniques are also complex and slow to respond. Similarly, single layer ANN based Machine learning (ML) models are less accurate than multi-hidden layer ANN models known as DNN [17]. The proposed 2 hidden layer (20 neurons and 10 neurons) deep neural network (DNN) model for MPPT has a higher representativeness than the single hidden

layer ANN, so it can more accurately learn the complex nonlinear relationship between operating conditions and maximum power point voltage. The proposed DNN-based MPPT is effective in adapting to nonlinear I-V curves under different G and T conditions [18].

In this study, 250 watts at Standard Test Conditions (STC) 1000 Wb/m<sup>2</sup> and T = 25 °C solar panel is considered and tested in varying environmental conditions (T=25 °C, G=100 to 1000 Wb/m<sup>2</sup>). 250 watts is the maximum power at 1000 Wb/m<sup>2</sup>, and 31.2 is the voltage at the maximum power point as listed in the Table. The IV and PV curve of the solar panel at different radiation levels as shown in **Figure 6**.

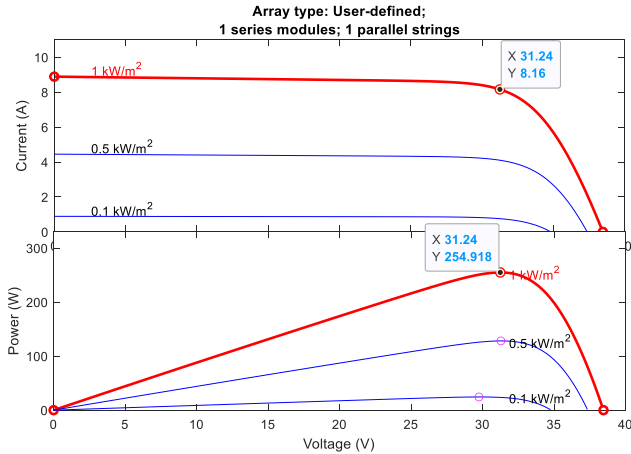


Figure 6: PV and IV characteristics of the proposed PV array

The implementation of DNN based MPPT controllers requires a large amount of data for optimization training to accurately learn the relationship between operating conditions and peak power points.

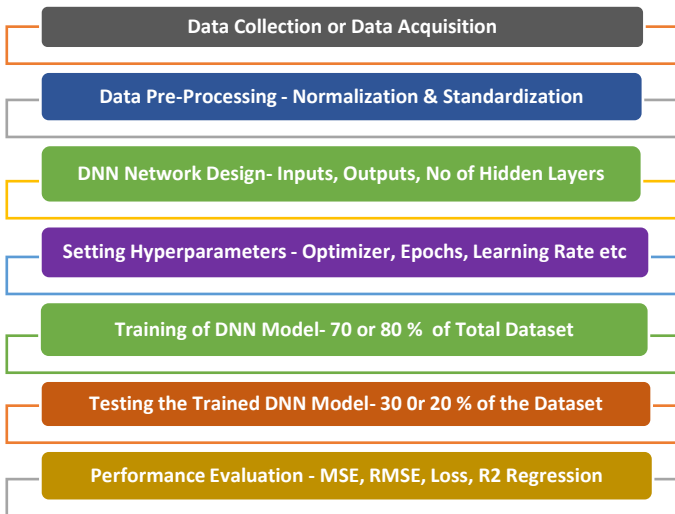


Figure 7: Steps involved in training of ML and DL algorithms

First, G, T and  $V_{mp}$  data is collected which is followed by the pre-processing steps using standardization and z-score normalization to remove anomalies and formatted as DNN inputs [19]. Then, traditionally, the data is split into a training dataset and a test dataset in a 70:30 ratio for model development

and evaluation. The DNN was trained using the training data to predict the peak voltage of the array based on the G and T inputs. Model training took 50 epochs and performance was evaluated using mean square error (MSE) loss reduction and other metrics including RMSE, R2 etc. Finally, the DNN trained model with the lowest MSE loss was tested on the remaining 30% unseen data. All the steps explained above are highlighted in **Figure 7**. To confirm the accuracy of the model, evaluations were performed using basic statistical performance metrics such as RMSE, MSE, R-square [20]. The whole workflow provides data driven DNN models optimized for MPPT control. In the next section, the results of the MPPT control of the 250-kW stand-alone PV system are presented.

### III. RESULTS AND DISCUSSION

#### A. Complete Dataset

The dataset consists of 10,000 data points of modelled PV system power profiles under different operating conditions. The DNN is trained with 7,000 data samples to learn the nonlinear relationship between input and output  $V_{mp}$ . MPPT was used to measure the predicted performance, which was evaluated using the remaining 3,000 test samples not used for training. The proposed MPPT controller with DNN is simulated in MATLAB R2023©. The DNN design consists of two inputs (G and T) and one output ( $V_{mp}$ ) and have two hidden layers with 20 and 10 neurons respectively, as shown in **Figure 8**. The basic hyperparameters used are the Adam optimization algorithm, 32 batches, 0.05 learning rate and 50 training epochs.

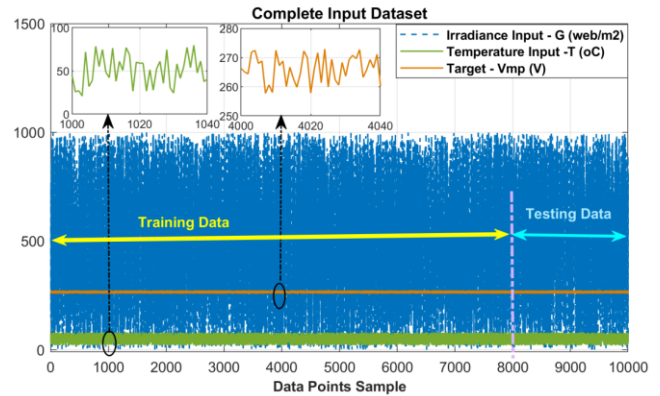


Figure 8: Depiction of complete inputs (G, T) and target ( $V_{mp}$ ) dataset

The The DNN model developed for MPPT control is implemented in MATLAB Simulink (see **Figure 9**). It is coupled to the PV system model to obtain the highest performance. The pseudo code shows a series of steps to generate the optimized DNN MPPT controller:

- Generation of PV system data covering the operating conditions
- Pre-processing of data and creation of training and test sets
- Defining the DNN architecture
- Training the DNN on 70% of the data until convergence is achieved.

- Testing the trained DNN on the remaining 30 per cent of the data
- Evaluate the results using the MSE, RMSE and R-square metrics.
- Check the accuracy of the DNN model.
- Use the trained DNN model for MPPT control.

250 W maximum power point for 1000 W/m<sup>2</sup> irradiance as shown in **Figure 11** [21].

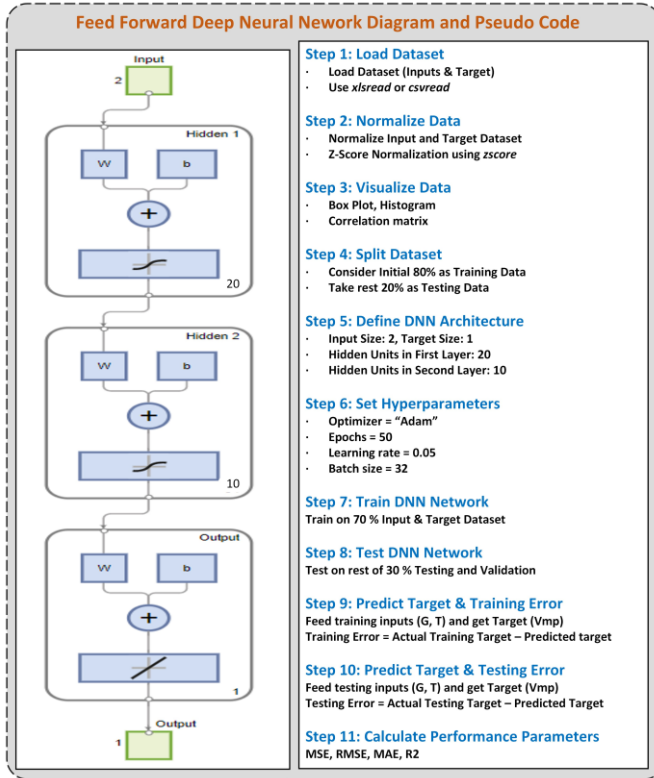


Figure 9: Simulink model and Pseudo code of DNN Model

Through this systematic workflow as shown in **Figure 9**, through rigorous data-driven training, testing and validation of model performance, an accurate DNN-based MPPT is obtained, which is then used in the test bed of the PV system model for MPPT control simulation.

### B. Training Performance of DNN Network

The DNN is trained using the Adam optimizer algorithm to accurately predict the electrical behavior of the system under different operating conditions. Rigorous tests with unused data for the training process showed that the mean square error between the predictions of the ANN model and the actual performance of the PV system is very low at 0.0021. More importantly, regression tests showed an R value of 1 (R=1) between the output of the DNN model and the target of the test data in the full validation dataset as shown in **Figure 10**.

### C. MPP Extraction using DNN MPPT Controller

Since the DNN MPPT controller model shows very low error (RMSE=0.0021) and very high accuracy during the training process and shows excellent correlation between the predictions and the actual PV output data (R=1), the optimized model is imported into Simulink to stand-alone PV model. The DNN modelled MPPT controller effectively monitors the MPP as the irradiance changes and sets the PV array voltage to 31 V at the

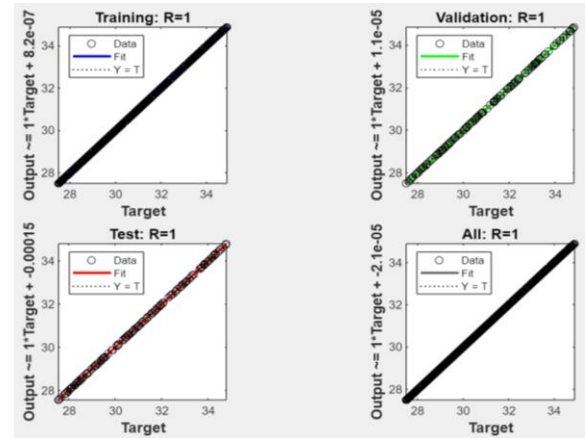


Figure 10: Training progress of DNN Network

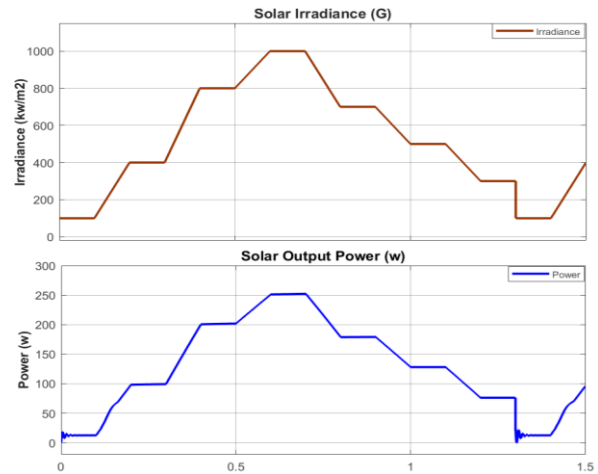


Figure 11: MPP extraction of PV system using DNN MPPT

### D. DNN-MPPT Controlled Boost Converter

The boost converter switches are controlled by DNN-MPPT.

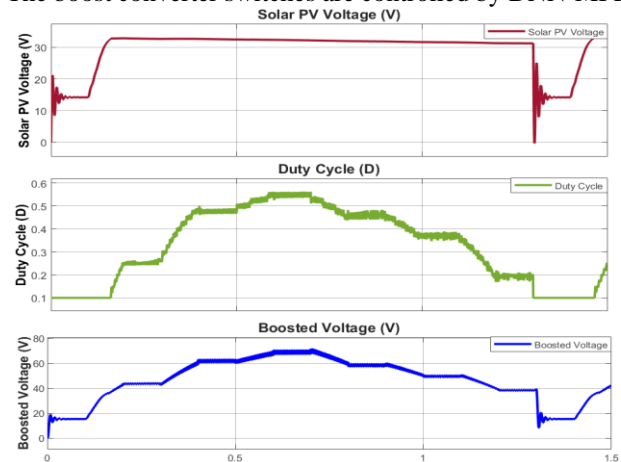


Figure 12: DNN MPPT controlled boost converter

Since the PV voltage varies with respect to the variations in the G and T parameter values. Hence, the DNN-MPT will boost the level of voltage accordingly. For example, the 32V PV voltage is therefore stepped up to 62 V and varies depending on

the input voltage of the step-up converter (solar PV voltage) as shown in **Figure 12**. This voltage is also referred to as the DC link voltage and needs to be regulated by the appropriate inverter droop controller. In this study, DC voltage regulation is not considered since we only focus on stand-alone PV systems.

In this way, the proposed DNN-MPPT utilizes the features of advanced DL algorithms and effectively provides the control scheme that continuously matches the field voltage with the boost converter to optimize the PV generation under varying conditions.

In this study, the standalone PV system is considered, which specifically focuses on the extraction of MPP from the solar PV array in the presence of varying G and T conditions. In future work, the grid connected PV systems can be considered where the DC link voltage control and power transfer to the grid are the key control parameters.

#### IV. CONCLUSION

This paper presents a data-driven deep learning approach for real-time maximum power point tracking of PV systems using a Levenberg-Marquardt deep neural network. The proposed MPPT controller precisely predicts the  $V_{mp}$  (maximum power point voltage of the PV array) then compare it to the PV voltage, and the error signal is given to PI controller, the output of PI is then converted to pulses to control the IGBT switch of the boost converter. The average absolute error is 0.0021 and the correlation coefficient is close to unity, confirming the accuracy of the MPPT control. The direct modelling capability of the deep network has improved the matching accuracy over the entire range of the study. This study confirms that MPPT controllers with deep neural networks can optimize the use of renewable energy in PV systems in dynamic environments.

#### REFERENCES

- [1] A. Rahman, O. Farrok, and M. M. Haque, "Environmental impact of renewable energy source based electrical power plants: Solar, wind, hydroelectric, biomass, geothermal, tidal, ocean, and osmotic," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 161. Elsevier Ltd, Jun. 01, 2022, doi: 10.1016/j.rser.2022.112279.
- [2] M. Çeçen, C. Yavuz, C. A. Tirmikçi, S. Sarkaya, and E. Yanıkoğlu, "Analysis and evaluation of distributed photovoltaic generation in electrical energy production and related regulations of Turkey," *Clean Technologies and Environmental Policy*, vol. 24, no. 5. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, pp. 1321–1336, Jul. 01, 2022, doi: 10.1007/s10098-021-02247-0.
- [3] H. J. El-Khozondar, R. J. El-Khozondar, K. Matter, and T. Suntio, "A review study of photovoltaic array maximum power tracking algorithms," *Renewables Wind. Water, Sol.*, vol. 3, no. 1, p. 3, 2016, doi: 10.1186/s40807-016-0022-8.
- [4] P. Das, "Maximum Power Tracking Based Open Circuit Voltage Method for PV System," *Energy Procedia*, vol. 90, no. December 2015, pp. 2–13, 2016, doi: 10.1016/j.egypro.2016.11.165.

- [5] H. A. Sher, A. F. Murtaza, A. Noman, K. E. Addoweesh, and M. Chiaberge, "An intelligent control strategy of fractional short circuit current maximum power point tracking technique for photovoltaic applications," *J. Renew. Sustain. Energy*, vol. 7, no. 1, 2015, doi: 10.1063/1.4906982.
- [6] R. John, S. S. Mohammed, and R. Zachariah, "Variable step size Perturb and observe MPPT algorithm for standalone solar photovoltaic system," *Proc. 2017 IEEE Int. Conf. Intell. Tech. Control. Optim. Signal Process. INCOS 2017*, vol. 2018-Febru, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/ITCOSP.2017.8303163.
- [7] R. I. Putri, S. Wibowo, and M. Rifa'i, "Maximum power point tracking for photovoltaic using incremental conductance method," in *Energy Procedia*, Apr. 2015, vol. 68, pp. 22–30, doi: 10.1016/j.egypro.2015.03.228.
- [8] B. Bendib, F. Krim, H. Belmili, M. F. Almi, and S. Boulouma, "Advanced fuzzy MPPT controller for a stand-alone PV system," in *Energy Procedia*, 2014, vol. 50, pp. 383–392, doi: 10.1016/j.egypro.2014.06.046.
- [9] K. Ishaque, Z. Salam, M. Amjad, and S. Mekhilef, "An improved particle swarm optimization (PSO)-based MPPT for PV with reduced steady-state oscillation," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 27, no. 8, pp. 3627–3638, 2012, doi: 10.1109/TPEL.2012.2185713.
- [10] S. Hadji, J. P. Gaubert, and F. Krim, "Real-time Genetic Algorithms-based MPPT: Study and comparison (theoretical and experimental) with conventional methods," *Energies*, vol. 11, no. 2, 2018, doi: 10.3390/en11020459.
- [11] R. Sharmin, S. S. Chowdhury, F. Abedin, and K. M. Rahman, "Implementation of an MPPT technique of a solar module with supervised machine learning," *Front. Energy Res.*, vol. 10, no. August, pp. 1–15, 2022, doi: 10.3389/fenrg.2022.932653.
- [12] M. S. KARABİNAOĞLU, B. ÇAKIR, M. E. BAŞOĞLU, A. KAZDALOĞLU, and A. GÜNEROĞLU, "Comparison of deep learning and regression-based MPPT algorithms in PV systems," *Turkish J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 30, no. 6, pp. 2319–2338, Jan. 2022, doi: 10.55730/1300-0632.3941.
- [13] X. H. Nguyen and M. P. Nguyen, "Mathematical modeling of photovoltaic cell/module/arrays with tags in Matlab/Simulink," *Environ. Syst. Res.*, vol. 4, no. 1, 2015, doi: 10.1186/s40068-015-0047-9.
- [14] N. Anani and H. Ibrahim, "Adjusting the single-diode model parameters of a photovoltaic module with irradiance and temperature," *Energies*, vol. 13, no. 12, Jun. 2020, doi: 10.3390/en13123226.
- [15] H. A. Mohamed, H. A. Khattab, A. Mobarka, and G. A. Morsy, "Design, control and performance analysis of DC-DC boost converter for stand-alone PV system," *2016 18th Int. Middle-East Power Syst. Conf. MEPCON 2016 - Proc.*, pp. 101–106, 2017, doi: 10.1109/MEPCON.2016.7836878.
- [16] S. Senthilkumar *et al.*, "A REVIEW ON MPPT ALGORITHMS FOR SOLAR PV SYSTEMS," *Int. J. Res. -GRANTHAALAYAH*, vol. 11, no. 3, 2023, doi: 10.29121/granthaalayah.v11.i3.2023.5086.
- [17] A. Alzahrani, P. Shamsi, C. Dagli, and M. Ferdowsi, "Solar Irradiance Forecasting Using Deep Neural Networks," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 114, pp. 304–313, 2017, doi: 10.1016/j.procs.2017.09.045.
- [18] R. Indrakumari, T. Poongodi, and K. Singh, "Introduction to Deep Learning," in *EAI/Springer Innovations in Communication and Computing*, 2021.
- [19] A. Aresh, "Normalization and Bias in Time Series Data," in *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2022, vol. 440 LNNS, doi: 10.1007/978-3-031-11432-8\_8.
- [20] M. Azarafza, M. Hajjalilue Bonab, and R. Derakhshani, "A Deep Learning Method for the Prediction of the Index Mechanical Properties and Strength Parameters of Marlstone," *Materials (Basel)*, vol. 15, no. 19, 2022, doi: 10.3390/ma15196899.
- [21] D. Chicco, M. J. Warrens, and G. Jurman, "The coefficient of determination R-squared is more informative than SMAPE, MAE, MAPE, MSE and RMSE in regression analysis evaluation," *PeerJ Comput. Sci.*, vol. 7, 2021, doi: 10.7717/PEERJ-CS.623.





## Düşük Maliyetli Bir Flyback Dönüştürücü Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

### Design and Implementation of a Low-Cost Flyback Converter

Muhammet Mustafa Arslan<sup>1</sup>, Ahmet Yasin Bilici<sup>1</sup>, Hulusi Karaca<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aketroniks Ltd. Şti.

[mmarslan42@gmail.com](mailto:mmarslan42@gmail.com), [ahmet.yasin.bilici@gmail.com](mailto:ahmet.yasin.bilici@gmail.com)

<sup>2</sup>Elektrik Elektronik Bölümü

Selçuk Üniversitesi

[hkaraca@selcuk.edu.tr](mailto:hkaraca@selcuk.edu.tr)

### Özet

Günümüzde yüksek teknolojiye sahip ürünlerin ve işlemci kullanımının artması, düşük güçlü, verimli, az yer kaplayan ve izolasyonlu anahtarlamalı dönüştürücülere olan ihtiyacı artırmaktadır. Kullanılan ek komponentlerin sayısının azlığı, tasarım kolaylığı ve en önemlisi düşük maliyetinden dolayı flyback dönüştürücüler en fazla tercih edilen topolojilerdendir. Bu çalışmada, düşük maliyetli flyback dönüştürücünün tasarım aşamaları ele alınmış ve yüksek performanslı işlemcileri beslemek için 3W gücünde bir prototip üretimi yapılmıştır. Gerçekleştirilen deneysel sonuçlar ile çıkışın kalitesini etkileyen faktörler ortaya konmuştur.

### Abstract

Nowadays, the intensification in the use of high-tech products and processors increases the need for low-power, efficient, compact, and isolated switched-mode converters. Flyback Converters are preferred in the first place due to the low number of additional components used, ease of design and most importantly, low cost. In this study, the design stages of a low-cost flyback converter were discussed and a 3W prototype was produced to feed high-performance processors. The experimental results and the factors affecting the quality of the output have been revealed.

### 1. Giriş

21. yüzyılda teknoloji bakımından gelmiş olduğumuz seviye bizi daha kompakt, daha düşük maliyetli, enerji verimliliği açısından daha performanslı teknolojilerine yönlendirmektedir [1]. Anahtarlamalı güç kaynakları (SMPS), doğrusal güç kaynaklarına göre yüksek verimliliklerinden dolayı daha fazla tercih edilmektedir.

Anahtarlamalı güç kaynakları, giriş ve çıkış arasındaki izolasyon bakımından ikiye ayrılmaktadır. İzolasyonsuz güç kaynakları enerji aktarımı için bir endüktansa ihtiyaç duyarken, izolasyonlu güç kaynakları bir transformatöre ihtiyaç duymaktadır. Birçok uygulamada, güvenlik bakımından elektriksel izolasyonlu topolojiler kullanmak gerekmektedir. İzolasyonlu anahtarlamalı güç kaynakları birçok alt topolojiye ayrılmakla beraber bunları temelde; düşürücü, yükseltici ve düşürücü-yükseltici olarak sınıflandırabiliriz [2].

Düşürücü-yükseltici topolojisine sahip flyback dönüştürücüler, kontrollerinin kolay olması, nispeten daha az komponentin gerekmesi, izolasyona sahip olması ve düşük maliyetinden dolayı ilgi çekmektedir [1]. Flyback dönüştürücüler 80-90 yıldır

kullanılan, 1950'lerde ticari televizyonun piyasaya çıkmasıyla ilgi odağı haline gelmiş bir dönüştürücü yapısıdır.

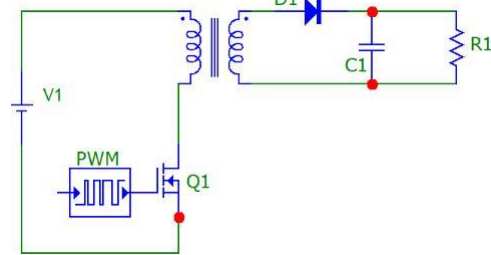
Flyback dönüştürücülerde trafo enerji depolamak amacıyla kullanılır. Manyetik ferit nüvelerin kısıtlamalarından dolayı yüksek güçlerde üretmek zordur. Bundan dolayı 150 W'a kadar güçlerde kullanımı uygundur [3]. Birçok uygulama alanı vardır. Başlıca [4]:

- Taşınabilir cihazların beslemelerinde
- Eski tip tüplü televizyonlar için yüksek gerilim sağlamak için
- İzolasyon gerektiren alt birimlerde

Bu çalışmada, süresiz akım modunda (DCM) çalışan bir flyback dönüştürücünün tasarım adımları anlatılmıştır. Micro-Cap simülasyon programında analizi yapılmış ve 3W gücünde düşük maliyetli bir prototip üretimi yapılmıştır. MOSFET'in kapı direncinin, transformatörün izole iki GND ucu arasındaki kondansatörün, bastırma devresinin ve çıkıştaki LC filtrenin çıkışı etkisi incelenmiştir.

### 2. Flyback Dönüştürücü Tasarımı ve Analizi

Şekil 1'de flyback dönüştürücünün temel yapısı verilmiştir. Bir flyback dönüştürücü, her bir anahtarlama periyodunda, primer taraftaki güç anahtarı kapatıldığında güç kaynağından transformatöre enerji depolar. Anahtar açıldığında, transformatör voltajı ters döner ve çıkış diyotunu ilettime sokarak enerjii çıkışı iletir. Çıkış pozitif veya negatif olabilir (transformatörün çıkış sargısının yönü değiştirilerek ayarlanabilir).



Şekil 1: Flyback Dönüştürücünün Temel Yapısı

Çalışmanın iki temel enerji transfer modu vardır. Birincisi sürekli akım modudur (CCM), flyback trafosunda depolanan enerjinin bir kısmı MOSFET'in kesimde olduğu OFF periyodunda çıkışı aktarılırken bir kısmı trafoda kalır. İkinci mod, trafoda depolanan tüm enerjinin MOSFET'in kesimde olduğu OFF periyodu boyunca yükte aktarıldığı süresiz akım modudur (DCM).

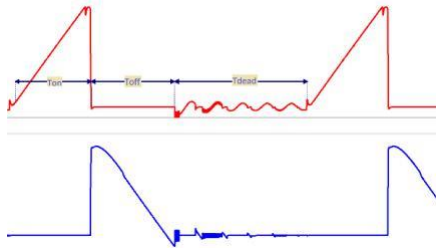
DCM modun avantajları şunlardır [5]:

- Diyot ters kurtarma kaybı yok.
- Eğim telafisi gerekli değil (Slope Compensation).
- Daha düşük endüktans, daha küçük transformatör boyutuna izin verebilir.
- Sabit anahtarlama frekansında çalışır.
- Sağ-yarım-düzlem-sıfır (RHPZ) noktası yoktur.
- Geçici durumlara daha stabil yanıt verir.

Bu avantajlardan dolayı genellikle DCM mod tercih edilmektedir.

### 2.1. Temel Çalışma Prensipleri (DCM)

Q1 iletme geçtiğinde, doğrultucu diyot kesime geçer ve çıkış yük akımı çıkış kapasitelerinden sağlanır. Transformator, saf bir endüktans gibi davranır ve primerden geçen akım, tepe akım değerine kadar doğrusal olarak artar. Q1 kesime geçtiğinde, trafoda depolanan enerjiden kaynaklı tüm sargılar geri dönüş eylemi gerçekleştirir ve gerilim yönleri ters döner. Çıkış diyotu iletme geçer ve primer sargıda depolanan enerji, yük akımını sağlamak ve çıkış kapasitelerindeki yükü (kaybettikleri yükü) yenilemek için çıkışa iletilir. D1 akımı, Q1'in bir sonraki iletim periyodu başlamadan önce sıfıra düşerse devre süresizdir.



Şekil 2: Flyback Trafosu Akımları (Kırmızı Q1, Mavi D1)

T anahtarlama periyodunu (s), anahtarın iletimde kalma süresini (s), transformatorün sekonder akımının sıfıra ulaşması için geçen süreyi (s), T<sub>dead</sub> herhangi bir enerji aktarımının olmadığı süreyi (s) ifade etmektedir.

$$= ++ \quad (1)$$

### 2.2. Tasarım Adımları

Tasarım aşamasına geçmeden önce dikkat edilmesi gereken bir husus vardır. Q1 iletimdeyken, yalnızca birincil sargı iletkenidir. Aslında Q1, bir endüktans sürmektedir. Q1 kesimdeyken, sadece ikincil sargılar iletimdedir. İşlevsel olarak sözde flyback trafosu, gerçekte birkaç sargılı bir endüktans olarak işlev görür. Dolayısıyla, Flyback “transformatörleri” aslında endüktans olarak çalışır ve bu şekilde tasarlanmaları gerekir.

#### 2.2.1. Trafo Dönüşüm Oranının Belirlenmesi

En uygun tasarım için sistematik bir tasarım prosedürünün takip edilmesi gerekir.

İlk önce güç gereksinimi karşılamak için bir nüve boyutu seçilir. Ardından, transformatorün dönüşüm oranı belirlenir. Böylece kaçak endüktansın olmadığı durum için Q1 anahtarı üzerindeki maksimum gerilim ( ) aşağıdaki gibi hesaplanır [3].

$$= + \quad (2)$$

Kaçak endüktansdan dolayı oluşan gerilim stresi ( ) giriş geriliminin 0.3'ü kadar belirlenebilir.

$$= -1,3 \quad (3)$$

Ayrıca MOSFET'in dayanma gerilimi için yaklaşık %25 emniyet payı koyulması tavsiye edilir.

$$= 1,25 \quad (4)$$

, seçtiğimiz MOSFET'in drain-source dayanma gerilimini göstermektedir.

#### 2.2.2. Süresiz Modda Kaldığından Emin Olma

Dönüştürücünün süresiz modda kaldığından emin olmak için anahtarın maksimum iletim süresi denklem (5) ile bulunabilir [3].

$$= \frac{C \cdot (V_{in} - V_{out})}{I_{out}} \quad (5)$$

Burada transformatorün sekonder akımının sıfıra ulaşması için geçen süreyi ifade etmektedir. süresi aşılmadığı takdirde dönüştürücü kesintili modda çalışıyor demektir.

#### 2.2.3. Primer Endüktans Değerinin Belirlenmesi

Trafonun primer endüktansı giriş geriliminin minimum değerine, anahtarın iletim süresine ve girişten çekilen güç bağlıdır [6].

$$= \frac{L \cdot I_{in}^2}{2} \quad (6)$$

primer endüktansı (H), giriş gücünü (W), η sistemin tahmini verimini ifade etmektedir.

#### 2.2.4. Trafonun Primer Sargı Sayısını Bulma

Trafo nüvesinin doyuma girmemesi için, nüvenin içinden geçen manyetik akı, nüvenin bilgi kağıdındaki (Tesla) değerini geçmemelidir [7].

$$\geq \frac{W}{A \cdot l} \quad (7)$$

trafonun primer sargısını, trafo nüvesinin efektif kesit alanını ( ) ifade etmektedir.

#### 2.2.5. Mosfetin Tepe Akımını ve Dayanma Gerilimini Kontrol Etme

Seçilen MOSFET'in hesaplanan değerine dayanabileceğinden emin olmak gerekir [7].

$$= \frac{I_{peak}}{I_{max}} \quad (8)$$

Denklem (2)'de hesaplanan ( ) değerinin MOSFET'in değerini aşmadığı kontrol edilmelidir.

#### 2.2.6. Primer Akımın RMS Değerinin Hesaplanması

Kullanılan MOSFET'in dayanması gereken efektif akım değeri aşağıdaki gibi hesaplanabilir [3].

$$= \frac{I_{peak}}{\sqrt{2}} \cdot \sqrt{\frac{D}{1-D}} \quad (9)$$

Flyback trafosu tasarlanırken tellerin kesit alanları bu akım değerine göre belirlenmelidir.

### 2.2.7. Çıkış Kondansatör Değerini Belirleme

Çıkış kapasitesinin minimum değerini belirlerken denklem (10) kullanılabilir. İfadesi çıkıştaki izin verilen gerilim düşümünü ifade etmektedir.

$$= \frac{248 \cdot 3}{41,29} = 18,11 \quad (10)$$

### 2.3. 3W Örnek Flyback Tasarımı

Bu çalışmada 3W'lık bir flyback dönüştürücünün prototipi deneysel olarak gerçekleştirilmiştir. Tablo 1'de örnek tasarım gereksinimleri verilmiştir.

Çizelge 1 : Örnek Tasarım Gereksinimleri

	12 Volt
	3 W
	250 mA
	373 V
	248 V
Anahtarlama Frekansı	80 kHz

değerleri, 220 V değerine sahip şebekenin tepe değerinin %20 toleransına göre hesaplanmıştır.

#### 2.3.1. Temel Komponentlerin Seçilmesi

İlk olarak güç anahtarının gerilim seviyesi ( ) belirlenir.

Şebekeden beslenen flyback dönüştürücülerde genellikle 600-650 Voltluk MOSFET'ler kullanılmaktadır. Örnek tasarımda, 700V gerilim dayanımına ve 7A akım kapasitesine sahip olduğundan UTC firmasının 7NM70G MOSFET'i seçildi. Akım değeri ihtiyacın çok üstünde olmasına karşın fiyat olarak uygun bir MOSFET olduğu için tercih edilmiştir. %23,9'lık emniyet payı seçilerek (700V/1.239=565V) MOSFET'in maruz kalacağı maksimum gerilim ( ) 565V olarak sınırlanmıştır. Denklem (3) kullanılarak flyback transformatörün dönüşüm oranı bulunabilir.

$$= \frac{565 - 1,2 \cdot 373}{248} = 6,16 \quad (11)$$

TDK firmasının uygulama notunda frekansa ve güce bağlı olarak önerdiği nüve boyutları mevcuttur. EE13/7/4 boyutlarındaki ferrit nüve ihtiyacı karşılayacak özelliktedir. Daha düşük boyutlardaki ferrit nüveler de yeterli olabilecek olsa da üretimde daha küçük nüvelerin işçiliğinin zorluğundan dolayı fiyatı artmaktadır.

Dönüştürücünün süresiz modda kalması için süresi, denklem (4) kullanılarak hesaplanabilir.

$$= \frac{248 \cdot 3}{2 \cdot 12,5} = 30,24 \quad (12)$$

Primer endüktansın maksimum değeri, dönüştürücünün tahmini verimi %80 alınarak denklem (6) ile bulunabilir.

$$= \frac{248 \cdot 3}{2 \cdot 0,8 \cdot 12,5} = 36,29 \quad (13)$$

Kullanılacak trafonun primer endüktansı, tolerans bırakılarak, 5,1mH olarak belirlenmiştir.

EE13/7/4 ferrit nüvenin bilgi

minimum sarım sayısı belirlenir.

$$= \frac{248 \cdot 3}{5,1} = 146,86 \quad (14)$$

Bu çalışmada

Tasarlanacak trafonun tel kalınlıklarını belirlemek ve MOSFET'in maruz kalacağı akıma dayanıp dayanamayacağını kontrol etmek için primer sargıdan geçecek tepe akımı denklem (8) ile, RMS akımı ise denklem (9) ile bulunur.

$$= \frac{248 \cdot 3}{41,29} = 18,11 \quad (15)$$

$$= \frac{248 \cdot 3}{\sqrt{2} \cdot 41,29} = 41,29 \quad (16)$$

Görüldüğü gibi tasarım için seçilen MOSFET (7NM70G) akım yönünden rahat bir şekilde yetecektir. Flyback trafosunun primer sargı teli hesaplanırken düşük güçlü trafolar için akım yoğunluğu 5A/mm<sup>2</sup> civarında alınabilir. Trafonun gücü arttıkça, ısınma problemlerinden dolayı akım yoğunluğunu azaltmak gerekmektedir.

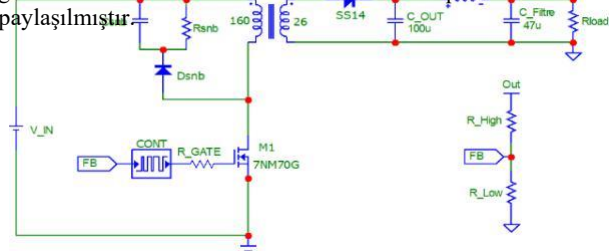
Çıkış kapasitesi (10) ile bulunabilir. değeri, çıkışın %1 olacak şekilde seçilebilir.

$$= \frac{250 \cdot 12,5}{26,042} = 117,12 \quad (17)$$

Örnek tasarımda çıkış kapasitesi 100µF olarak seçilmiştir.

#### 2.3.2. Genel Şema ve Komponentler

Şekil 3'te tasarlanan Flyback dönüştürücünün genel şeması görülmektedir. Tablo 2'de ise kullanılacak komponentlerin listesi paylaşılmıştır.



Şekil 3: Tasarlanan Flyback Dönüştürücünün Genel Şeması

Çizelge 2: Örnek Tasarım için Seçilen Elemanlar

	100 35V
	7NM70G
µ	13/7/4 N87
µ [8]	UC3845
	10µF 400V

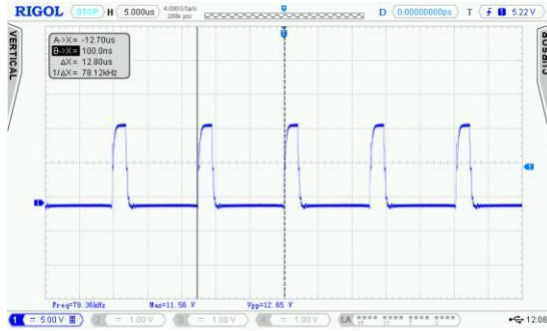
## 2.4. Prototip Sonuçları ve Karşılaştırılması

UC3845 akım modlu entegre ile 3W gücünde şebekeden çalışan bir dönüştürücü prototipi yapılmıştır. Dönüştürücü 80 kHz anahtarlama frekansına sahiptir.

Prototipten elde edilen sonuçlar aşağıda paylaşılmıştır. Ayrıca çıkışın salınım ve parazit oranını etkileyen faktörler de incelenmiş ve sonuçları paylaşılmıştır.

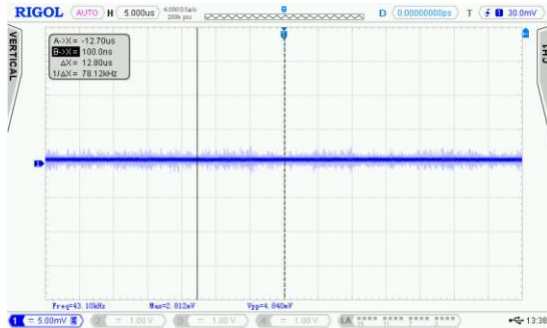
### 2.4.1. Deneysel Sonuçlar

Öncelikle MOSFET'in uygun şekilde sürüldüğünden emin olmak gerekir. Şekil 4'te MOSFET'in kapısına gelen gerilimin osiloskop görüntüsü verilmiştir. Anahtarlama frekansının kullanılan ideal olmayan elemanlar nedeniyle 78,12 kHz olduğu görülmektedir. Gerilim seviyesi ise 11,56V'dir. Bu değer MOSFET'i sürmek için yeterli bir seviyedir.



Şekil 4: Mosfet Kapı Sinyali

Çıkışın dönüştürücüden kaynaklanan parazitlerini ölçmeden önce, dönüştürücü çalışmazken osiloskop üzerindeki görüntüyü kaydetmek karşılaştırmaların sağlıklı olması açısından önemlidir.



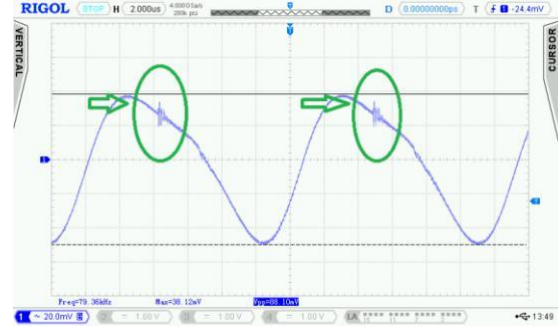
Şekil 5: Dönüştürücü Çalışmazken İken Havadaki Gürültü

Dönüştürücüde herhangi bir enerji yokken osiloskopta 5mV genişliğinde bir parazit görülmektedir.

Şekil 6'da flyback dönüştürücünün en uygun elemanlar kullanıldığında elde edilen çıkış geriliminin şekli verilmiştir. En uygun elemanların değerleri aşağıdaki değerlerde seçilmiştir.

- $R_{gate} = 120\Omega$  takılıdır.
- X1Y2 kapasitesi (2.2nF) takılıdır.
- Çıkışında 3,3uH endüktans ( $L_{filtre}$ ) takılıdır.
- RCD bastırma hücresi ( $R=110k\Omega$ ,  $C=20nF$ ) takılıdır.

Yapılacak değişikliklerin çıkış etkisi araştırılırken bu devre referans alınacaktır. Şekil 6'da görülen yüksek frekanslı parazitler (yeşil renk ile işaretlenmiştir) MOSFET'in kesim anında kaçak endüktansdan kaynaklanan gürültüdür [9,10].



Şekil 7: Temel Modelin Çıkışındaki Salınım ve Parazit Şekilleri

### 2.4.2. İzole İki Ground Arasına Konan Kapasitörün Çıkış Etkisi

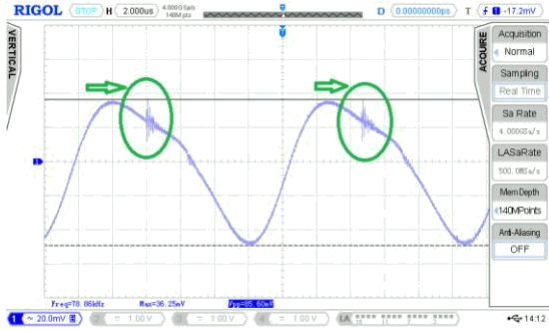
X1Y2 güvenlik kapasitörü olarak tanınan seramik disk kapasitörleri, özellikle yüksek voltajlı AC uygulamalar için üretilmiştir. X1Y2 güvenlik kapasitörleri hem faz-toprak arasına hem de fazlar arasına güvenle kullanılabilir. Bu kapasitörler, dünya çapında güvenlik standartlarını oluşturan kuruluşların güvenlik gereksinimlerini karşılamak için kullanılırlar. Yüksek frekanslı anahtarlama dönüştürücülerde izole iki ucu arasına konan bu kapasitörler çıkış açısından çok önem arz etmektedir. Şekil 7'de, X1Y2 kapasitörü sökülüp çıkıştaki parazit ölçülmüştür. Çıkış parazit değeri 88mV değerinden 837mV değerine çıktığı görülmüştür.



Şekil 8: X1Y2 Kapasitesi Yokken Çıkıştaki Parazit

### 2.4.3. Mosfetin Kapısını Sürmek için Kullanılan Direncin Değerinin Çıkış Etkisi

Bu bölümde MOSFET'in sürme direnci olarak 50Ω direnc kullanıldığında elde edilen çıkış gerilimi incelenmiştir. Şekil 6'daki 120Ω'luk sürme direnci kullanıldığında elde edilen çıkış gerilim grafiği ile karşılaştırıldığında, 50Ω kullanılınc temel frekansta kayda değer bir değişiklik gözlenmemiştir. Buna karşılık MOSFET'in kesime girdiği anlarda, 120Ω'luk sürme direnci varken 15mV olan parazit, 50Ω durumunda 30mV değerine çıkmıştır.

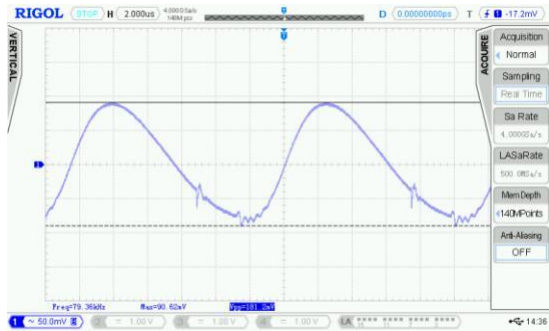


Şekil 9:  $R_{kapı}=50\Omega$  iken Çıkış Paraziti

#### 2.4.4. Çıkışa Konan LC Filtrenin Çıkış Gerilimine Etkisi

Flyback dönüştürücülerde çıkışa filtre için endüktans koyulmasına gerek olmamakla birlikte, mikroişlemci gibi hassas alt birimlerde çıkışın daha temiz olması istenmektedir. Bunun için çıkışa harici olarak LC filtre konmaktadır.

Temel devrede LC filtre olarak 3,3 endüktans ve 22 kapasitör kullanılmıştır. Bu bölümde 3,3 endüktans kısa devre edilip çıkış incelenmiştir.

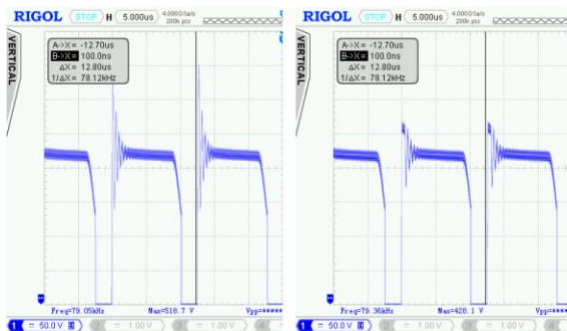


Şekil 9: Çıkışta L Filtre Kısa Devreyken Çıkış Salınımı

Çıkıştaki 3,3 endüktans iptal edilince 98mV olan salınımı 181mV değerine çıktığı gözlemlenmiştir.

#### 2.4.5. Giriş Tarafındaki RCD Bastırma Hücresinin Mosfet Üzerindeki Etkisi

Kaçak endüktansdan meydana gelen gerilim piklerini bastırmak için kullanılan RCD bastırma hücresinin MOSFET üzerindeki gerilim stresini önemli ölçüde azalttığı görülmüştür.



Şekil 10: RCD Bastırma Hücresi Yokken (Solda), RCD Bastırma Hücresi Varken (Sağda) MOSFET'in Gerilim Stresi

RCD bastırma devresi varken MOSFET'in maruz kaldığı maksimum gerilimin 518V değerinden 428V değerine düştüğü görülmektedir.

### 3. Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada bir flyback tasarımının temelleri ve nelere dikkat edilmesi gerektiği anlatılmıştır. 3W gücünde bir adet deneysel prototip üretimi yapılmıştır. İzole groundlar arasına konan kapasitenin, çıkışa konan ek LC filtrenin ve MOSFET'in sürme direncinin değerinin çıkış kalitesine etkisi incelenmiştir. RCD bastırma devresinin MOSFET'teki gerilimi stresine etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre transformatörün izole uçları arasına kapasite konulması, bir RCD bastırma devresinin kullanılması, çıkışa bir LC filtrenin eklenmesi ve MOSFET'in sürme direnci değerinin uygun şekilde seçilmesi çıkış geriliminin kalitesi için hayati önem arz etmektedir.

### 4. Kaynaklar

- [1] Bektaş, E., "İki Çıkışlı Flyback Dönüştürücü Tasarımı ve Analizi", Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 30.3, 2018, 51-57.
- [2] Bodur, H. "Güç Elektroniği", Birsen Yayınevi, İstanbul, 2010.
- [3] Pressman, I. ve Billings K., "Switching Power Supply Design", McGraw-Hill, United State, 2009.
- [4] Hashjin, S., "Çok Çıkışlı Yalıtılmış Flyback Dönüştürücü Tasarımı ve Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2017.
- [5] Çoruh, N., ve Erfidan, T., "Flyback Dönüştürücü Tasarımı ve Analizi", Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2018.
- [6] Özen, M., "Flyback Tip Da-Da Dönüştürücü Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2021.
- [7] Semerciyan, A. "Güç Elektroniği Dönüştürücülerinde Endüktans Tasarımı ve Optimizasyonu ", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
- [8] Onsemi, "UC3844/45 Datasheet", 2006. Link: <https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/uc3844-d.pdf>
- [9] Picard, J., "Under the Hood of Flyback SMPS Designs," in Texas Instruments Power Supply Design Seminar, SEM1900, 2010.
- [10] Cohen, I., ve Keogh, B., "Flyback transformer design considerations for efficiency and EMI," Texas Instruments Power Supply Design Seminar 2016 SEM2200, slup338, 2016. Link: [www.ti.com/lit/slup338](http://www.ti.com/lit/slup338).



SELÇUK UNIVERSITY 2<sup>nd</sup> INTERNATIONAL  
**TECHNOLOGY AND INNOVATION**  
*STUDENT SYMPOSIUM*  
7-10 DECEMBER 2023 KONYA



Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Kampüs - KONYA  
Selçuk Üniversitesi Müze Binası Kampüs - KONYA  
Selçuk Üniversitesi Akşehir Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi - Akşehir/KONYA



[sutis.selcuk.edu.tr](http://sutis.selcuk.edu.tr)