

MÜHENDİSLİK

ALANINDA ULUSLARARASI ARAŞTIRMALAR - I

Aralık 2022

EDİTÖRLER

PROF. DR. COŞKUN ÖZALP
DOÇ. DR. ERTAÇ HÜRDOĞAN

 SERÜVEN
YAYINEVİ

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Aralık 2022

ISBN • 978-625-6399-08-2

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla

çoğaltılamaz. The right to publish this book belongs to Serüven

Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in

any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Yalı Mahallesi İstikbal Caddesi No:6

Güzelbahçe / İZMİR

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruyenyayinevi.com

e-mail: seruyenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

Mühendislik Alanında Uluslararası Araştırmalar - I

Aralık 2022

Editörler

Prof. Dr. Coşkun ÖZALP
Doç. Dr. Ertaç HÜRDOĞAN

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

BİOPOLİSHİNG İŞLEMİNİN PAMUKLU ÖRME KUMAŞLARIN
RENK DEĞERLERİNE, HASLIKLARINA VE PİLLİNG
DERECESİNE ETKİSİ

Alev ERENLER..... 1

Bölüm 2

DÜNYA'DA ELEKTRİKLİ ARACA GEÇİŞ SENARYOLARI

Mehmet Murat Tezcan, Sümeyra Taşer 17

Bölüm 3

SALDIRI TESPİT SİSTEMLERİNDE ÇİZGE YERLEŞTİRME
TEMELLİ ÖZNİTELİK ÇIKARIMI VE MAKİNE ÖĞRENMESİ
UYGULAMASI

Bilal Aslan, Yılmaz Atay, Erdoğan Doğdu 37

Bölüm 4

İÇTEN YANMALI MOTORLARDA LPG DÖNÜŞÜMÜ:
DENEYSEL YAKLAŞIMLAR

Cemre POLAT..... 55

Bölüm 5

YAPAY ZEKÂNIN GÖRÜNTÜ İŞLEME ALANINDAKİ
UYGULAMALARI

Emre BENDEŞ, Uğur SORGUCU 69

Bölüm 6

KOMUT SETİ MİMARİLERİ (ISA) VE KARŞILAŞTIRMALI
ANALİZLERİ

Fatih TOPALOĞLU 95

Bölüm 7

ISM UYGULAMALARI İÇİN YENİ BİR YÜKSEK KAZANÇLI
TEKSTİL ANTEN TASARIMI

Sena Esen BAYER KESKİN, Cem GÜLER 111

Bölüm 8

BİR ENERJİ KAYNAĞI OLARAK BİYOKÖMÜRÜN ÜRETİMİ VE KULLANIM ALANLARI

Mehmet Ali BİBERCİ, Esma ÖZHÜNER..... 127

Bölüm 9

YAPAY DERİ VE ÜRETİMİ

Nuray Olcay IŞIK EMEKSİZ..... 143

Bölüm 10

MÜHENDİSLİK ALANINDA YAPAY ZEKA (YZ) İÇERİKLİ ARAŞTIRMALARDA YAKLAŞIMLAR

Ali ÇETİNKAYA..... 157

Bölüm 11

FOTOGRAMETRİ İLE ÜÇ BOYUTLU TARAMA- 3B FOTOGRAMETRİ

Hasan Kemal Sürmen 173

Bölüm 12

RADYAL FAN PERFORMANS ANALİZİ İÇİN AMCA 210 STANDARDINDA DÜZENEK KURULUMU VE DÜZELTİCİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Doruk Doğruoğlu, Alaattin Metin Kaya 197

Bölüm 13

LENFOSİT LÖSEMİ TARAMASI İÇİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ MİKROSKOP GÖRÜNTÜLEME SİSTEMİ

Murat SELEK, Ahmet ÖZCAN 213

Bölüm 14

GAZ TÜRBİNLİ KOJENERASYON SİSTEMLERİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ

Rabi KARAALİ, Arzu KEVEN..... 245

Bölüm 15

KATILIM HİSSE SENETLERİNDEN OLUŞTURULAN PORTFÖYLERDE RİSK YÖNETİMİ İÇİN DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

Yunus EROĞLU, Mehmet Alp SALTIKER 267

“

Bölüm 1

BIOPOLİSHİNG İŞLEMİNİN PAMUKLU ÖRME KUMAŞLARIN RENK DEĞERLERİNE, HASLIKLARINA VE PİLLİNG DERECESESİNE ETKİSİ¹

Alev ERENLER²

”

¹ Çalışma “Biyoenzimler ve Biyoenzimlerin Örme Kumaş Özelliklerine Etkisi” başlıklı Prof. Dr. R. Tuğrul OĞULATA Danışmanlığında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde hazırlanan Yüksek Lisans Tezinden üretilmiştir.

² Dr. Öğr. Üyesi, Sinop Üniversitesi Gerze Meslek Yüksekokulu Tekstil, Giyim, Ayakkabı ve Deri Bölümü, aerenler@sinop.edu.tr, Orcid: 0000-0002-4205-2066

1. GİRİŞ

Örme kumaş üretiminde kaliteye etki eden en önemli parametrelerden birisi boncuklanma yani pilling oluşumudur. Özellikle yumuşak bükümlü ipliklerle örülen pamuklu ve yünlü mamullerde büyük sorun teşkil eden boncuklanma, çeşitli mekanik etkiler sonucunda ipliklerin içerisinde kısa lif uçlarının kumaş yüzeyine çıkması ve daha sonra bu liflerin birbirlerine dolaşarak karmaşık lif demetleri oluşturması şeklinde tanımlanabilir (Erenler & Oğulata,2009). Örme kumaşlarda antipilling özelliği kazandırmada önterbiye aşamasında biopolishing işlemi uygulaması yaygın olarak yapılan bir uygulamadır. Selülozik liflerin biopolishing uygulamalarında selülaz enzimleri kullanılmaktadır. Ancak tekstil piyasasında biopolishing işleminde kullanılan çeşitli tiplerde çok sayıda selülaz enzimi mevcudiyeti tekstil terbiyecisinin yapmak istediği uygulama için en uygun ürünü seçebilmesini gittikçe zorlaştırmaktadır. Bu durum terbiyeciyi, uygulamalara en uygun enzimi seçebilmesi için yoğun araştırmalara sevk etmektedir (Alkış 2003).

Biopolishing işlemi üzerine yapılan ve bu araştırmada kaynak oluşturan çalışmalar genel olarak ;

- Önterbiye basamağında selülaz enzimi uygulamalarının çeşitli elyaftan üretilmiş kumaşların fiziksel özelliklerine etkisi (Ayaz, 200)(Maccloskey&Jump, 2005) (Özdil, Öktem & Özdoğan 2004) (Oğulata & Mavruz, 2008) (Stewart, 2005)

- Biyoparlatma uygulamalarındaki olası sorunlar (Alkış 2003)

- Selülaz enzimi uygulamalarının boyama ve baskı işlemlerine etkisi (Özgüney, Ekmekci & Duran, 2004)

şeklinde üç başlık altında toplanabilir.

Bu çalışma kapsamında, tekstil terbiyesinde konvansiyonel olarak antipilling amaçlı boyama öncesi uygulanan biopolishing işlemi incelenmiş, prosesin boyama sonrası uygulanması durumunda kumasın çeşitli performans kriterleri üzerine etkileri araştırılmıştır.

Çalışmada, boyama sonrası yapılan enzim uygulamasında enzim yapısı ve konsantrasyonu ile kumaş renk tonunun, kumasın antipilling, haslık ve CIELab değerlerine etkisi araştırılmıştır.

Çalışmada, sektörün önde gelen 3 firmasının ürettiği 3 farklı kimyasal yapıdaki selülaz enzimleri, 4 farklı konsantrasyonda, %100 Pamuk kumaşlara uygulanmıştır. Çalışmada biopolishing işlemine farklı bir perspektifle bakılarak, enzim uygulaması piyasada yaygın olarak uygulanan ön terbiye aşamasında değil, aynı rengin iki farklı tonuna boyanmış ku-

maşlara boyama sonrası (apre aşamasında) enzim uygulaması yapılarak aşağıdaki sorulara yanıtlar aranmıştır:

- Enzim uygulaması boyama sonrasında yapıldığında kumaş rengi ve haslıkları üzerinde etkili midir?

- Eğer etkiliyse bu, kumaşın renk tonu ile ilişkili midir?

- Eğer ilişkiliyse kumaşın rengi, dolayısıyla boyama reçetesinin içeriği ve kullanılan boyarmaddelerin derişimi (renk şiddeti) bu etkiyi nasıl değiştirmektedir?

- Uygulanan enzimin kimyasal yapısı renk ve haslıklar üzerinde etkili bir parametre midir?

- Uygulanan enzim konsantrasyonu renk ve haslıklar üzerinde etkili bir parametre midir?

- Kumaşın rengi, dolayısıyla boyama reçetesinin içeriği ve kullanılan boyarmaddelerin derişimi (renk şiddeti) pilling oluşumu üzerinde etkili midir?

- Uygulanan enzimin kimyasal yapısı, pilling oluşumu üzerinde etkili bir parametre midir?

- Uygulanan enzim konsantrasyonu pilling oluşumu üzerinde etkili bir parametre midir?

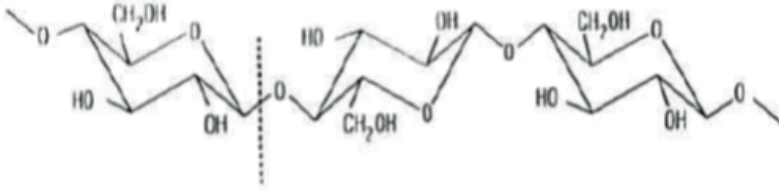
2. BIOPOLISHING

Selülozu hidrolize eden enzimlerin, kumaş yüzeyinden dışarı çıkan lif uçlarını uzaklaştırması işlemine biopolishing işlemi denir (Sarışık, 2001). Biopolishing işlemi sonrası mamul üzerinde sağlanan etkiler; boncuklanma eğiliminde azalma, mamul yüzeyi üzerinde minimum tüylenme, yumuşak bir tutum, dökümlülük ve mamul hidrofilitesinde artış şeklinde sıralanabilir (Kontart ve Yarbas, 2001). Biopolishing, özel bir selülaz enziminin kullanıldığı, tamamen biyolojik bir prosestir (Bahtiyari, 2005). Selülaz enzimleri, selülozu hidrolize etmekte ve selülozu daha kısa zincirli selüloz polimerlerine ve glikoza parçalamaktadır. Selülaz'ın kopardığı selülozdaki glikozidik bağlar şekil 2.1'de gösterilmiştir. Selülaz enzimleri, sinerjik olarak hareket eden en az üç enzim sisteminden meydana gelmektedir (Dervent, 2003).

1- Endo-Beta (1,4)-glukonaz: Doğal selülozdaki düşük kristaliniteye sahip bölgeleri hidrolize eder ve serbest zincir ucu meydana gelir. Yani endoglukonazlar selülozu amorf bölgede iken parçalamaya baslarlar.

2- Ekzo-Beta (1,4)-glukonaz: Selüloz zinciri sonundaki selülozu parçalar ve sellobiozları serbest hale getirir.

3- Beta-(1,4)-glukosidaz: Sellobioz gibi kısa zincirli selüloz oligomerlerini glikoza parçalar (Sarısık, 2000).



Sekil 2.1. Selülaz'ın Kopardığı Selülozdaki Glikozidik Bağlar (İçoğlu, 2006)

Ticari anlamda ise piyasada en az üç tip asit selülaz mevcuttur:

1- Konvansiyonel Asit Selülaz

2- Modifiye Asit Selülaz

3- Endo-Enriched (Endo-Zenginleştirilmiş) Asit Selülaz (Kontart ve Yarbas, 2001).

Konvansiyonel selülazlar, doğal olup modifiye edilmemiş selülaz komplekslerinden oluşmaktadır (Erenler,2009). Bu kompleksler, iki ana tipte komponent aktivitesi içeren selülazla ilişkili bir spektrumdan meydana gelmektedir ki bunlar endo-selülaz ve exo-selülaz aktivitesidir. Endoglukonazlar (EG) ya da Endo-selülazlar, selüloz polimerini rastgele ve zincirlerden hidrolize ederken tercihen polimerin iç bölgesine nüfuz etmektedirler. Sellobiohidrolazlar (CBH) veya Exo-selülazlar, polimer zincirlerinin sonlarına nüfuz ederek öncelikle sellobioz üretmektedir. Enzimle ilgili nüfuz edilen bölgelere çift bağlı olan exo-selülozlar, bölgesel kristalin selüloz yapısının yarılmak suretiyle, selülozun parçalanmasına neden olurken, bu kısımları Endo-selülazların hidrolizine karşı daha hassas bir hale getirmektedir. β -glukosidazlar ise sellobiohidrolazlar gibi küçük zincirli oligomerleri glikoza hidrolize etmektedir. Bu sinerjik etkiler tekstil uygulamalarında her zaman arzu edilmemektedir. Bu nedenledir ki, enzim üreticileri tarafından endo-enriched (endo kısmı zenginleştirilmiş) selülazlar geliştirilmiştir. Modifiye komponentli selülazların amacı, ürünlerdeki ilgili selülaz aktivitelerinin spektrumunu ya da spesifik selülaz komponentinin kompozisyonunu değiştirmektir. Modifiye komponentli selülazlar, genellikle bir ya da daha fazla selülaz aktivitesi içermektedir ve konvansiyonel selülazlara göre sahip oldukları performans, kompozisyonda ayrı ayrı bulunan selülaz aktivitesine bağlıdır (Ayaz, 2000).

3. MATERYAL VE METOT

Çalışmada %100 Pamuk ring ipliğinden Ribana örgü ile örülmüş kumaşlar kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan kumaşların kontrüktif özel-

likleri Tablo 3.1’de verilmiştir. Seçilen kumaş kasar işleminin ardından uygulamanın boyarmadde miktarına bağlı olarak etki derecesinin incelenbilmesi açısından iki farklı boyarmadde miktarı kullanılarak aynı reçete ile boyanmıştır. Kasar Reçetesi Tablo 3.2’de, Boyama Reçeteleri Tablo 3.3’de ve Boyama Grafiği ise Şekil 3.1.’de sunulmuştur.

Tablo 3.1. *Çalışmada Kullanılan Kumaşların Konstrüktif Özellikleri*

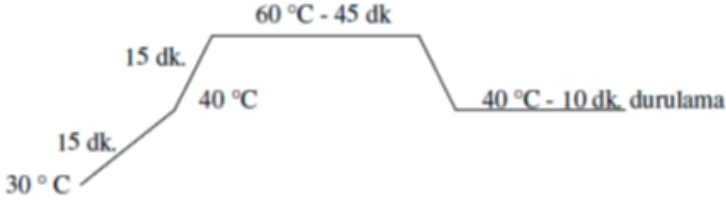
No	Özellik	Pamuk
1	Hammadde	% 100 Penye
2	İplik Numarası	Ne 30/1
3	Kumaş Örgüsü	Ribana
4	Kumaş Formu	Tüp
5	İlmek Sıra Sıklığı	18
6	İlmek Sütun Sıklığı	34
7	Gramaj	150

Tablo 3.2. *Kasar Reçetesi*

Kimyasal Madde	Miktar (g/lt)
Hidrojen Peroksit	2,0
Kostik Peroksit	3,0
Islatıcı	0,5
Đyon Tutucu	2,0
Yağ Sökücü	1,0
Asetik Asit	1,0
Anti-Peroksit	0,5

Tablo 3.3. *Boyama Reçeteleri*

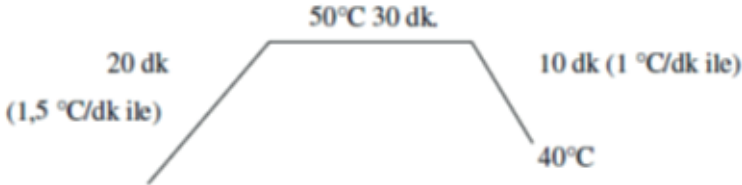
Kullanılan Boyarmadde /		
Yrd. Kimyasallar	Açık Renk (%)	Koyu Renk (%)
Remazol Red 3BS	% 1,54	% 3.08
Remazol Navy RGB	% 0,55	% 1,10
Remazol Yellow 3RSA	% 0,79	% 1,58
Tuz (Sülfat Tuzu)	80	80
Soda	10	10



Şekil 3.1. Boyama Grafiği

Boyama işleminin ardından 95°C'de sabunlu yıkamanın sonrasında 80° C ve 70° C'de yapılan durulama işlemi ile boyama prosesi tamamlanmıştır.

Boyama işlemi sonrasında elde edilmiş olan 2 farklı tondaki kumaşa laboratuvar Sartlarında enzim uygulaması yapılmıştır. Kumaşlara 3 farklı enzim 4 farklı konsantrasyonda (%0.5- %1.0- %1.5- %2.0) uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan enzim özellikleri Tablo 3.4'de verilmiştir. Tüm enzim uygulamaları IR ısıtma sistemine sahip 10 tüplü Ataç marka laboratuvar tipi boyama makinesinde Şekil 3.2.'de verilen grafik doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Enzim uygulamaları sonrasında enzim deaktivasyonu 90°C'de kaynar yıkama ile yapılmıştır. Kaynar yıkamanın ardından soğuk durulama yapılarak numuneler laboratuvar tipi germe makinesinde 100°C'de 2 dk kurutulduktan sonra ortam şartlarında 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra 48 saat kondisyonlama yapılarak testler uygulanmıştır.



Şekil 3.2. Enzim Prosesi

Tablo 3.4. Kullanılan Enzim Özellikleri

Enzim Kodu	Enzim Kimyasal Özelliği
S	Standart Asit Selüloz Enzimi
B	Modifiye Selüloz Enzimi
G	Endo Aktivitesi Artırılmış Selüloz Enzimi

Enzim uygulamaları sonucunda elde edilen 24 adet numuneye ait kodlar ve özellikler Tablo 3.5'de verilmiştir. Kodların başında yer alan P harfi Pamuklu kumaşı ifade etmektedir. A harfi Açık ton, K harfi ise koyu tonu ifade etmektedir.

Uygulamalar sonrasında elde edilen 24 numuneye renk ölçümü, sürtünme haslığı, yıkama haslığı, ışık haslığı, ter haslığı ve pilling testleri uygulanmıştır.

Çalışmada renk ölçümü için spektrofotometrik renk ölçümü tercih edilmiştir. Renk ölçümleri için MINOLTA marka, CM 3600 model spektrofotometre kullanılmıştır.

Numune Kumaşların pilling oluşumlarının tespit edilmesi ISO 12945-2 standardı esas alınarak Martindale Pilling cihazında (Sekil 9.4) yapılmıştır. Makine çalıştırıldıktan sonra 125, 500, 1000, 2000, 5000 ve 7000 devirlerde durdurulup üst deney parçaları çıkarılarak standart ışık kabiniinde değerlendirilmiştir. Her devir aralığı sonunda değerlendirme 1-5 aralığında değişen Empa standardı fotoğrafları referans alınarak yapılmıştır. Bu fotoğraf skalasında 1 en kötü, 5 ise en iyi olarak tanımlanmaktadır.

Numune kumaşların yıkama haslıklarının tespiti TS EN ISO 105-C06 standardı esas alınarak yapılmıştır. Numunelerin örme kumaş olmaları gözetilerek çalışmada A2S standardı uygulanmıştır.

Numune kumaşların yas ve kuru sürtünme haslıkları ISO 105-X12 esas alınarak “crockmetre” cihazında gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3.5. Numunelere Ait Kodlar ve Özellikler

Numune Kodu	Renk Tonu	Enzim	Konsantrasyon
PA	A: Açık	Enzimsiz Referans Numune	-
PAS 0,5	A: Açık	Standart Asit Selülaz Enzimi	0,5
PAS 1,0	A: Açık	Standart Asit Selülaz Enzimi	1,0
PAS 1,5	A: Açık	Standart Asit Selülaz Enzimi	1,5
PAS 2,0	A: Açık	Standart Asit Selülaz Enzimi	2,0
PAB 0,5	A: Açık	Modifiye Selülaz Enzimi	0,5
PAB 1,0	A: Açık	Modifiye Selülaz Enzimi	1,0
PAB 1,5	A: Açık	Modifiye Selülaz Enzimi	1,5
PAB 2,0	A: Açık	Modifiye Selülaz Enzimi	2,0
PAG 0,5	A: Açık	Endo Aktivitesi Artırılmış Selülaz Enzimi	0,5
PAG 1,0	A: Açık	Endo Aktivitesi Artırılmış Selülaz Enzimi	1,0
PAG 1,5	A: Açık	Endo Aktivitesi Artırılmış Selülaz Enzimi	1,5
PAG 2,0	A: Açık	Endo Aktivitesi Artırılmış Selülaz Enzimi	2,0
PKS 0,5	K: Koyu	Standart Asit Selülaz Enzimi	0,5
PKS 1,0	K: Koyu	Standart Asit Selülaz Enzimi	1,0
PKS 1,5	K: Koyu	Standart Asit Selülaz Enzimi	1,5

Numune Kodu	Renk Tonu	Enzim	Konsantrasyon
PKS 1,5	K: Koyu	Standart Asit Selülag Enzimi	1,5
PKS 2,0	K: Koyu	Standart Asit Selülag Enzimi	2,0
PKB 0,5	K: Koyu	Modifiye Selülag Enzimi	0,5
PKB 1,0	K: Koyu	Modifiye Selülag Enzimi	1,0
PKB 1,5	K: Koyu	Modifiye Selülag Enzimi	1,5
PKB 2,0	K: Koyu	Modifiye Selülag Enzimi	2,0
PKG 0,5	K: Koyu	Endo Aktivitesi Artırılmış Selülag Enzimi	0,5
PKG 1,0	K: Koyu	Endo Aktivitesi Artırılmış Selülag Enzimi	1,0
PKG 1,5	K: Koyu	Endo Aktivitesi Artırılmış Selülag Enzimi	1,5
PKG 2,0	K: Koyu	Endo Aktivitesi Artırılmış Selülag Enzimi	2,0

Numune kumaşlarda ter haslığının tespit edilmesi EN ISO 105-E04 standardı esas alınarak yapılmıştır. Ter oluştuğunda hafif asidiktir. Bakteri etkisiyle bazik hale gelir. Bu nedenle ter haslığı deneyi hem asidik, hem de bazik olarak uygulanır.

ISO 105B 02 test standardına göre ışıık haslığı testi uygulanmıştır.

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

4.1. CIELab Renk Farkı Sonuçları

Numunelere ait CIELab renk farkı değerleri Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de verilmiştir. Veriler incelendiğinde her 3 enzim uygulaması yapılan 2 farklı tondaki kumaşta da a* değeri (kırmızılık-yeşillik değeri) açısından tüm konsantrasyonlardaki enzim uygulamalarının kumaş rengini kırmızıya kaydırıldığı gözlenmiştir. Bu durumun uygulanan enzimlerin mavi ve sarı boyarmaddeye ilgilerinin kırmızı boyarmaddeye olan ilgilerinden daha yüksek olması sebebiyle olduğu yani enzim uygulamalarının mavi ve sarı boyarmaddeleri kumaştan kırmızı boyarmaddeye nazaran daha fazla uzaklaştırdığı için gerçekleştiği düşünülmektedir.

b* değeri (mavilik - sarılık değeri) açısından ise yine tüm konsantrasyonlardaki enzim uygulamalarının kumaş rengini sarıya kaydırıldığı gözlenmiştir. Bu durumun uygulanan enzimlerin mavi boyarmaddeye ilgilerinin sarı boyarmaddeye olan ilgilerinden daha yüksek olması sebebiyle olduğu yani enzim uygulamalarının mavi boyarmaddeyi kumaştan sarı boyarmaddeye nazaran daha fazla uzaklaştırdığı için gerçekleştiği düşünülmektedir.

Enzimlerin b.m.lere ilgisi sıralanacak olursa;

Kırmızı < Sarı < Mavi 'dir.

Tablo 4.1. Açık Ton Kumaşın Enzim Uygulaması Sonrası CIELab Değerleri

Numune	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE	L^*	a^*	b^*	C^*	h
PA	0	0	0	0	0	0	40.44	15.84	-5.18	16.67	341.90
PAS 0,5	0.12	0.55	0.47	0.39	0.61	0.73	40.56	16.39	-4.71	17.05	343.98
PAS 1,0	-0.11	0.43	0.37	0.30	0.48	0.58	40.33	16.27	-4.81	16.97	343.53
PAS 1,5	0.17	0.28	0.55	0.10	0.61	0.64	40.61	16.12	-4.63	16.77	343.99
PAS 2,0	0.00	0.19	0.37	0.07	0.41	0.41	40.44	16.03	-4.81	16.74	343.30
PAB 0,5	-0.10	0.33	0.11	0.28	0.21	0.36	40.34	16.18	-5.06	16.95	342.62
PAB 1,0	0.05	0.31	0.47	0.15	0.54	0.56	40.49	16.15	-4.71	16.82	343.74
PAB 1,5	-0.01	0.46	0.51	0.29	0.62	0.69	40.43	16.30	-4.66	16.95	344.03
PAB 2,0	0.20	0.38	0.55	0.20	0.63	0.69	40.64	16.22	-4.63	16.87	344.06
PAG 0,5	0.34	0.34	0.60	0.15	0.67	0.77	40.78	16.18	-4.58	16.81	344.21
PAG 1,0	0.51	0.28	0.61	0.09	0.67	0.84	40.95	16.12	-4.57	16.75	344.18
PAG 1,5	0.24	0.31	0.49	0.15	0.56	0.63	40.68	16.16	-4.68	16.82	343.83
PAG 2,0	0.37	0.29	0.47	0.13	0.54	0.67	40.81	16.13	-4.70	16.80	343.74

Tablo 4.2. Koyu Ton Kumaşın Enzim Uygulaması Sonrası CIELab Değerleri

Numune	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔC^*	ΔH^*	ΔE	L^*	a^*	b^*	C^*	h
PK	0	0	0	0	0	0	29.86	15.13	-5.06	15.95	341.50
PKS 0,5	-0.67	0.37	0.55	0.19	0.64	0.94	29.19	15.50	-4.51	16.14	343.78
PKS 1,0	-0.44	0.37	0.52	0.20	0.61	0.77	29.42	15.50	-4.54	16.15	343.66
PKS 1,5	-0.51	0.29	0.66	0.08	0.72	0.89	29.34	15.42	-4.40	16.03	344.07
PKS 2,0	-0.76	0.21	0.55	0.04	0.59	0.96	29.10	15.34	-4.51	15.99	343.62
PKB 0,5	-0.62	0.28	0.28	0.18	0.35	0.73	29.24	15.40	-4.78	16.13	342.76
PKB 1,0	0.62	0.36	0.56	0.17	0.64	0.90	29.24	15.48	-4.50	16.12	343.78
PKB 1,5	-0.59	0.45	0.65	0.24	0.75	0.99	29.27	15.57	-4.41	16.19	344.19
PKB 2,0	-0.41	0.30	0.60	0.11	0.66	0.78	29.45	15.43	-4.47	16.06	343.85
PKG 0,5	-0.31	0.35	0.73	0.12	0.80	0.86	29.55	15.47	-4.33	16.07	344.35
PKG 1,0	-0.22	0.34	0.70	0.12	0.77	0.81	29.63	15.47	-4.37	16.07	344.24
PKG 1,5	-0.21	0.33	0.58	0.14	0.65	0.69	29.65	15.45	-4.49	16.09	343.81
PKG 2,0	-0.52	0.28	0.56	0.10	0.62	0.82	29.34	15.41	-4.50	16.05	343.72

Numunelerin açık-koyu ton karşılaştırmalarında ΔL^* (açıklık-koyuluk) ekseninde bakıldığında 3 enzim uygulamasının da kumaş rengini açık ton kumaşa koyu ton kumaşa nazaran daha fazla açtığı gözlenmiştir. ΔE toplam renk farkı açısından bakıldığında ise her iki kumaş tonunda da enzim uygulamaları ΔE değerini artırmıştır. Yani koyu ton kumaştaki toplam renk farkı açık ton kumaştakinden daha fazla olmuştur.

4.2. Martindale Pilling Test Sonuçları

Numune kumaşlara uygulanan pilling testi sonuçları Tablo 4.3 ve Tablo 4.4'da verilmiştir. Yukarıda da anlatıldığı üzere Biopolishing işlemi kumaşların pillinglenme derecesini azaltmak yani diğer bir deyişle anti-pilling özelliklerini artırmak için uygulanan bir işlemdir. Sonuçlar ince-

lendiğinde enzim uygulamalarının boyama işlemi sonrasında yapılması durumunda da uygulamaların kumaşların antipilling özelliğini artırdığı ortaya konmuştur. Numunelerin hem açık hem de koyu tonunda antipilling derecesi açısından en iyi sonucu beklediği üzere Endo Aktivitesi Artırılmış Selüloz Enzimi (G) uygulamasının verdiği gözlenmiştir.

Tablo 4.3. Açık Ton Kumaşın Pilling Değerleri

Numune No	Devir Sayısı					
	125	500	1000	2000	5000	7000
PA	3-4	3	2-3	2-3	2	2
PAS 0,5	4-5	4-5	4	4	3-4	3
PAS 1,0	5	4-5	4-5	4	4	3-4
PAS 1,5	5	4-5	4-5	4	4	3-4
PAS 2,0	5	4-5	4-5	4	4	3-4
PAB 0,5	4	3-4	3-4	3	2-3	2
PAB 1,0	4-5	4	4	3-4	2-3	2-3
PAB 1,5	4-5	4-5	4	3-4	3	3
PAB 2,0	5	5	4-5	4-5	4	3-4
PAG 0,5	4-5	4	3-4	3-4	3	2-3
PAG 1,0	4-5	4	3-4	3-4	3	2-3
PAG 1,5	4-5	4	3-4	3-4	3	3
PAG 2,0	5	5	5	4-5	4	4

Tablo 4.4. Koyu Ton Kumaşın Pilling Değerleri

Numune No	Devir Sayısı					
	125	500	1000	2000	5000	7000
PK	4	4	3-4	3-4	3	2-3
PKS 0,5	4-5	4-5	4	4	3-4	3
PKS 1,0	4-5	4-5	4	3-4	3-4	3
PKS 1,5	4-5	4-5	4	3-4	3-4	3
PKS 2,0	5	4-5	4-5	4	3-4	3
PKB 0,5	4	3-4	3-4	3-4	2-3	2
PKB 1,0	5	4-5	4	4	3-4	3
PKB 1,5	5	4-5	4-5	4	3-4	3
PKB 2,0	5	5	4-5	4-5	4	4
PKG 0,5	4-5	4	3-4	3	2-3	2-3
PKG 1,0	5	5	4-5	4-5	4	3-4
PKG 1,5	5	5	4-5	4-5	4	3-4
PKG 2,0	5	5	5	5	4-5	4

4.3. Yıkama Hashlı Test Sonuçları

Numune kumaşlara uygulanan yıkama testi sonuçları Tablo 4.5 ve Tablo 4.6'de verilmiştir. Tablolar incelendiğinde enzim uygulamalarının

her iki tonda da kumaşların yıkama haslıkları üzerine anlamlı bir etkisi olmadığı görülmektedir.

Tablo 4.5. Açık Ton Kumaşın Yıkama Haslığı Değerleri

Numune No	Test Sonuçları						
	Solma	Akma					
		Asetat	Pamuk	Naylon	Poliester	Akrilik	Yün
PA	4-5	5	5	5	5	5	5
PAS 0,5	4-5	5	5	5	5	5	5
PAS 1,0	5	5	5	5	5	5	5
PAS 1,5	4-5	5	5	5	5	5	5
PAS 2,0	4-5	5	5	5	5	5	5
PAB 0,5	4-5	5	4-5	5	5	5	5
PAB 1,0	4-5	5	4-5	5	5	5	5
PAB 1,5	5	5	4-5	5	5	5	5
PAB 2,0	4-5	5	4-5	5	5	5	5
PAG 0,5	5	5	5	5	5	5	5
PAG 1,0	5	5	4-5	5	5	5	5
PAG 1,5	4-5	5	4-5	5	5	5	5
PAG 2,0	5	5	4-5	5	5	5	5

Tablo 4.6. Koyu Ton Kumaşın Yıkama Haslığı Değerleri

Numune No	Test Sonuçları						
	Solma	Akma					
		Asetat	Pamuk	Naylon	Poliester	Akrilik	Yün
PK	4-5	5	5	5	5	5	5
PKS 0,5	4-5	5	4-5	5	5	5	5
PKS 1,0	5	5	5	5	5	5	5
PKS 1,5	4-5	5	5	5	5	5	5
PKS 2,0	4-5	5	5	5	5	5	5
PKB 0,5	5	5	4-5	5	5	5	5
PKB 1,0	4-5	5	4-5	5	5	5	5
PKB 1,5	4-5	5	5	5	5	5	5
PKB 2,0	5	5	4-5	5	5	5	5
PKG 0,5	5	5	5	5	5	5	5
PKG 1,0	5	5	4-5	5	5	5	5
PKG 1,5	5	5	4-5	5	5	5	5
PKG 2,0	5	5	4-5	5	5	5	5

4.4. Ter Haslığı Test Sonuçları

4.4.1. Asidik Ter Haslığı Sonuçları

Numune kumaşlara uygulanan asidik ter haslığı testi sonuçları Tablo 4.7 ve Tablo 4.8’de verilmiştir. Test sonuçları incelendiğinde açık ton kumaş üzerine enzim uygulamasının anlamlı bir etkisi olmadığı, koyu tonda ise Modifiye Selüloz Enziminin yüksek konsantrasyonlardaki uygulamalarının kumaş haslığını iyileştirdiği, Endo Aktivitesi Artırılmış Selüloz enziminin ise tüm konsantrasyonlardaki uygulamalarının kumaş haslığını iyileştirdiği görülmüştür.

Tablo 4.7. Açık Ton Kumaşın Asidik Ter Haslığı Değerleri

Numune No	Test Sonuçları						
	Solma	Akma					
		Asetat	Pamuk	Naylon	Poliester	Akrilik	Yün
PA	5	5	5	5	5	5	5
PAS 0,5	4-5	5	4-5	5	5	5	5
PAS 1,0	5	5	4-5	5	5	5	5
PAS 1,5	4-5	5	4-5	5	5	5	5
PAS 2,0	4-5	5	5	5	5	5	5
PAB 0,5	5	5	4-5	5	5	5	5
PAB 1,0	5	5	4-5	5	5	5	5
PAB 1,5	5	5	4-5	5	5	5	5
PAB 2,0	5	5	4-5	5	5	5	5
PAG 0,5	5	5	5	5	5	5	5
PAG 1,0	5	5	4-5	5	5	5	5
PAG 1,5	5	5	4-5	5	5	5	5
PAG 2,0	5	5	4-5	5	5	5	5

Tablo 4.8. Koyu Ton Kumaşın Asidik Ter Haslığı Değerleri

Numune No	Test Sonuçları						
	Solma	Akma					
		Asetat	Pamuk	Naylon	Poliester	Akrilik	Yün
PK	4-5	5	4-5	5	5	5	5
PKS 0,5	4-5	5	4-5	5	5	5	5
PKS 1,0	5	5	4-5	5	5	5	5
PKS 1,5	4-5	5	5	5	5	5	5
PKS 2,0	5	5	4-5	5	5	5	5
PKB 0,5	4-5	5	4	5	5	5	5
PKB 1,0	4-5	5	4-5	5	5	5	5
PKB 1,5	5	5	4-5	5	5	5	5
PKB 2,0	5	5	4-5	5	5	5	5
PKG 0,5	5	5	4-5	5	5	5	5
PKG 1,0	5	5	4-5	5	5	5	5
PKG 1,5	5	5	4-5	5	5	5	5
PKG 2,0	5	4-5	4	5	5	5	5

4.4.2.Bazik Ter Haslığı Sonuçları

Numune kumaşlara uygulanan bazik ter haslığı testi sonuçları Tablo 4.9 ve Tablo 4.10'de verilmiştir. Test sonuçları incelendiğinde numune kumaşların her iki tonu üzerinde de enzim uygulamasının anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Tablo 4.9. Açık Ton Kumaşın Bazik Ter Haslığı Değerleri

Numune No	Test Sonuçları						
	Solma	Akma					
		Asetat	Pamuk	Naylon	Poliester	Akrilik	Yün
PA	5	5	4-5	5	5	5	5
PAS 0,5	4-5	4-5	4-5	5	5	5	5
PAS 1,0	5	5	4-5	5	5	5	5
PAS 1,5	5	5	4-5	5	5	5	5
PAS 2,0	4-5	5	4-5	5	5	5	5
PAB 0,5	5	5	4-5	5	5	5	5
PAB 1,0	5	5	4-5	5	5	5	5
PAB 1,5	5	5	4	5	5	5	5
PAB 2,0	5	4-5	4-5	5	5	5	5
PAG 0,5	5	5	4	5	5	5	5
PAG 1,0	5	5	4-5	5	5	5	5
PAG 1,5	5	5	4-5	5	5	5	5
PAG 2,0	5	5	4-5	5	5	5	5

Tablo 4.10. Koyu Ton Kumaşın Bazik Ter Haslığı Değerleri

Numune No	Test Sonuçları						
	Solma	Akma					
		Asetat	Pamuk	Naylon	Poliester	Akrilik	Yün
PK	4-5	4-5	4	5	5	5	5
PKS 0,5	5	5	4-5	5	5	5	5
PKS 1,0	5	4-5	4	5	5	5	5
PKS 1,5	5	5	4-5	5	5	5	5
PKS 2,0	5	4-5	4	5	5	5	5
PKB 0,5	4-5	4-5	4	5	5	5	5
PKB 1,0	4-5	4-5	4	5	5	5	5
PKB 1,5	5	4-5	4	5	5	5	5
PKB 2,0	5	4-5	4	5	5	5	5
PKG 0,5	5	4-5	4	5	5	5	5
PKG 1,0	5	4-5	4	5	5	5	5
PKG 1,5	5	4-5	4	5	5	5	5
PKG 2,0	5	4-5	4	5	5	5	5

4.5. Sürtünme Haslığı Test Sonuçları

Sürtünme Haslığı testi hem kuru hem de yaş olarak uygulanmıştır. Numune kumaşlara uygulanan sürtünme haslığı testi sonuçları Tablo 4.11 ve Tablo 4.12’de verilmiştir. Test sonuçları incelendiğinde numune kumaşların her iki tonunda da hem kuru hem yaş haslıklar üzerinde enzim uygulamasının anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Tablo 4.11. Açık Ton Kumaşın Sürtünme Haslığı Değerleri

Numune	YAŞ	KURU
PA	4	5
PAS 0,5	4	5
PAS 1,0	4	5
PAS 1,5	4	5
PAS 2,0	4	5
PAB 0,5	4	5
PAB 1,0	4	5
PAB 1,5	3-4	5
PAB 2,0	4	5
PAG 0,5	4	5
PAG 1,0	4	5
PAG 1,5	4	5
PAG 2,0	4	5

Tablo 4.12. Koyu Ton Kumaşın Sürtünme Haslığı Değerleri

Numune	YAŞ	KURU
PK	3-4	4-5
PKS 0,5	3-4	5
PKS 1,0	3-4	5
PKS 1,5	3-4	5
PKS 2,0	3-4	5
PKB 0,5	3	4-5
PKB 1,0	3	4-5
PKB 1,5	3-4	4-5
PKB 2,0	3-4	5
PKG 0,5	3-4	5
PKG 1,0	3-4	5
PKG 1,5	3-4	5
PKG 2,0	3-4	5

4.6. Işık Haslığı Test Sonuçları

Numune kumaşlara uygulanan Işık haslığı testi sonuçları Tablo 4.13 ve Tablo 4.14’da verilmiştir. Numune kumaşlarda enzim uygulamalarının genel olarak ışık haslığını düşürdüğü gözlenmiştir. Modifiye Selüloz Enzimi (B) ve Endo Aktivitesi Artırılmış Selüloz (G) enzimlerinde enzim uygulamalarının koyu tonda ışık haslığı açısından bir etkisi olmamakla beraber açık tonda enzim konsantrasyonuna bağlı olmaksızın haslığın bir derece düştüğü gözlenmiştir. Enzim konsantrasyonunun ise standart selüloz enzimi (S) hariç bir etkisi görülmemiştir. Standart Asit Selüloz Enziminde (S) ise enzim konsantrasyonundaki artış numunelerin ışık haslığını ya etkilememiş ya da bir derece düşürmüştür. Açık - koyu ton karşılaştırmasında ise ışık haslığı açısından açık rengin koyu renge nazaran daha fazla etkilendiği gözlenmiştir.

Tablo 4.13. Açık Ton Kumaşın Işık Haslığı Değerleri

Numune	Sonuç
PA	3
PAS 0,5	2-3
PAS 1,0	2-3
PAS 1,5	2
PAS 2,0	2
PAB 0,5	2-3
PAB 1,0	2-3
PAB 1,5	2-3
PAB 2,0	2-3
PAG 0,5	2-3
PAG 1,0	2-3
PAG 1,5	2-3
PAG 2,0	2-3

Tablo 4.14. Koyu Ton Kumaşın Işık Haslığı Değerleri

Numune	Sonuç
PK	2-3
PKS 0,5	2-3
PKS 1,0	2-3
PKS 1,5	2
PKS 2,0	2
PKB 0,5	2-3
PKB 1,0	2-3
PKB 1,5	2-3
PKB 2,0	2-3
PKG 0,5	2-3
PKG 1,0	2-3
PKG 1,5	2-3
PKG 2,0	2-3

REFERANSLAR

- ALKIŞ, M., 2003. Biyo-Parlatma Yöntemi İle Pamuklu Kumaşların Yüzey Düzlüğünün Sağlanması Olası Sorunlar. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 90s.
- AYAZ, Ö.Y., 2000. Selülozların Rejenere Selüloz Liflerine Etkilerinin Sistematik Araştırılması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 213s.
- BAHTİYARİ, M.İ., 2005. Viskon Kumaşlarda Farklı Tip Enzimlerle Pilling Probleminin Önlenmesi ve Elde Edilen Etkilerin Karşılaştırılması. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 178s.
- DERVENT, N., 2003. Tekstil Terbiyesinde Enzimler ve Selüloz Enzimleri, Tekstil & Teknik, Mart, 205-210s.
- ERENLER, A., 2009. Biyoenzimler ve Biyoenzimlerin Örmeye Kumaş Özelliklerine Etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana, 100s.
- ERENLER, A. & OĞULATA R.T., 2009. Selüloz Enzim Uygulamalarının Pamuk/Viskon Karışımı Örmeye Kumaşların Rengine ve Pilling Derecesine Etkisi, Tekstil & Teknik, Eylül, 78-82s.
- İÇOĞLU, H.İ., 2006. Pamuklu Dokunmuş Kumaşların Reaktif Boyarmaddelerle Boyanması ve Uygulama Yöntemlerinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Adana, 187s.
- KONTART, O. ve YARBAS, T., 2001. Selülozik Kumaşlarda Biyo-Parlatma İşlemi ve Enzim Seçimi, Tekstil & Teknik, Ağustos, 127-130s.
- MACCLOSKEY, S.G. & JUMP, J.M., 2005. Bio-Polishing of Polyester and Polyester/Cotton Fabric, Textile Research Journal, 75(6), 480-484s.
- OĞULATA, R.T. & MAVRUZ, S., 2008. Tekstil Terbiyesinde Biyoparlatma Uygulamaları ve Pamuklu Örmeye Kumaşların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkisi, Tekstil ve Mühendis Dergisi, sayı 66, 15-22s.
- ÖZDİL, N., ÖKTEM, T. ve ÖZDOĞAN, E., 2004. Viskon ve Farklı Pamuklu Örmeye Kumaşlarda Biyo-Parlatma İşleminin Fiziksel Özelliklere Etkisi, Tekstil ve Konfeksiyon, 1/2004, 51-55s.
- ÖZGUNEY, A.T., EKMEKÇİ, A. ve DURAN, K., 2004. Pamuklu Kumaşlarda Biyoparlatmanın Boyama ve Baskı İşlemlerine Etkisi, Tekstil ve Konfeksiyon, 1/2004, 47-50s.
- ÖZGUNEY, A.T., EKMEKÇİ, A. ve DURAN, K., 2004. Pamuklu Kumaşlarda Biyoparlatmanın Reaktif Baskıya Etkisi, Tekstil ve Konfeksiyon, 2/2004, 113-115s.
- SARIISIK, M., 2001. Tekstil Terbiye İşlemlerinde Enzimler, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir, 190s.
- STEWART, M.A., 2005. Biopolishing Cellulosic Nonwovens. North Carolina State University, Carolina, 143s.

“

Bölüm 2

DÜNYA’DA ELEKTRİKLİ ARACA GEÇİŞ SENARYOLARI

Mehmet Murat Tezcan¹

Sümeyra Taşer²

”

¹ Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

ORCID ID: 0000-0002-5390-4527, murat.tezcan@dpu.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-0477-5714, sumeyratsr@gmail.com

1) Giriş:

Küreselleşen dünyada refah düzeyinde yaşanan artış ve ulaşım yöntemlerinde meydana gelen değişimler sonucunda ulaşım sektöründe muazzam büyüme gerçekleşmiş ve enerji ihtiyacı büyük oranda artmıştır. İçten yanmalı motorlu araçların verimi %30-40 civarında iken elektrikli araçların verimi %100'e yakındır (Abo-Khalil vs., 2022). Bu oranlara bakıldığında elektrikli araçların veriminin içten yanmalı motorlu araçların veriminden yaklaşık olarak 3 kat daha fazla olduğu görülmektedir.

Avrupa Çevre Ajansı raporuna göre, Avrupa'da yayılan sera gazlarının %19'unun kara yolu taşımacılığından olmak üzere, %24'ünün ulaşımdan kaynaklandığı tahmin edilmektedir. ABD'de 2011 yılında yayılan sera gazlarının %41,2'si binek araçlardan olmak üzere, %26,33'ünün ulaşımdan kaynaklandığı tahmin edilmektedir (Gordić, M. Vs., 2017). Paris İklim Değişikliği Konferansında katılan ülkeler arasında küresel ısınmanın sınırlandırılmasına ilişkin anlaşma Kasım 2015'te kabul edilmiştir. Paris İklim Değişikliği İklim Anlaşması ile 21. yüzyılın ikinci yarısına kadar küresel ortalama sıcaklıklarındaki artışın sanayi öncesi döneme kıyasla 2 °C'nin altında sınırlı kalacağı öngörülmektedir (Gordić, M. vs., 2017).

Ulaşımda fosil yakıt kullanımının azaltılması, CO2 emisyonlarını düşürmenin en etkili yöntemi olarak görülmektedir. Fosil yakıtlı araçlara alternatif olarak elektrikli araçlar gösterilmektedir. Elektrikli araçlarda yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, çevreye zararlı gaz salınımının olmaması, enerji verimliliğinin daha yüksek olması gibi avantajlara sahiptir. Elektrikli araçların fosil yakıtlı araçlara göre emisyon oranı daha düşüktür.

Elektrikli araçların, fosil yakıtlı araçlara göre bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlar menzil, batarya ve yüksek maliyet gibi sorunlardır. Menzil sorunu ve batarya sorunlarının çözülmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Elektrikli araçların alımının artması yeni iş fırsatları, gelişmiş yakıt güvenliği sunmakta ve enerji arzını dengelemeye yardımcı olmaktadır. Elektrikli araçların fabrikadan alımında hem maliyet yüksek olmakta hem de tüketiciye az seçenek sunulmaktadır. Yüksek maliyet sorununa çözüm olarak içten yanmalı motorlu araçların elektrikli araca dönüşümü gerçekleştirilmektedir. Dönüşüm işleminin gerçekleştirilmesinin birçok avantajı vardır. Bu avantajlar: içten yanmalı motorlu aracın hurdaya gönderilmesi yerine dönüştürülmesi ile ülke ekonomisine katkıda bulunulması, şehir sanayilerindeki küçük otomotiv tamir atölyelerinin de dönüşümüne katkı yapması, tüketicinin istediği aracı elektrikli araca çevirebilmesi olanağı, dönüşüm işleminin araç satın alınmasından daha düşük maliyette olmasıdır. Aşağıda Tablo 1'de elektrikli araç ve fosil yakıtlı aracın karşılaştırılması verilmiştir.

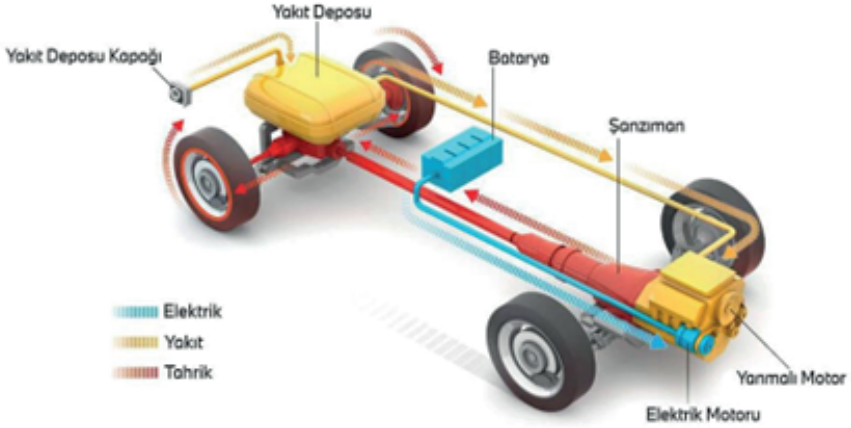
Tablo 1: Elektrikli Araç ve Fosil Yakıtlı Aracın Karşılaştırılması

Elektrikli Araç	Fosil Yakıtlı Araç
Elektrik enerjisini bataryadan alır.	Enerjisini fosil yakıtlardan alır.
Elektrikli motor	İçten yanmalı motor
Yüksek verim	Düşük verim
Fren yaparken motor jeneratör gibi görev yapar ve kinetik enerji bataryalarda depo edilir.	Fren yaparken kinetik enerji ısı enerjisi ile kaybedilir.
Bakım maliyeti düşük	Bakım maliyeti yüksek
Haraketli parçası az	Hareketli parçası çok
Bakımı kolay	Bakımı zor
Yüksek alış fiyatı	Düşük alış fiyatı

2) Elektrikli Araçlar:

Elektrikli araçlar gücünü elektrik motorundan sağlayan araçlardır. Elektrikli araçlarda elektrik motorları kullanılmaktadır. Elektrik motorları, yeni nesil bataryalar aracılığıyla çalışmaktadır. Elektrikli araçlar Tam Elektrikli Araç (BEV), Hibrid Elektrikli Araç (HEV) ve Plug-in Hibrid Elektrikli Araç (PHEV) olarak üçe ayrılmaktadır.

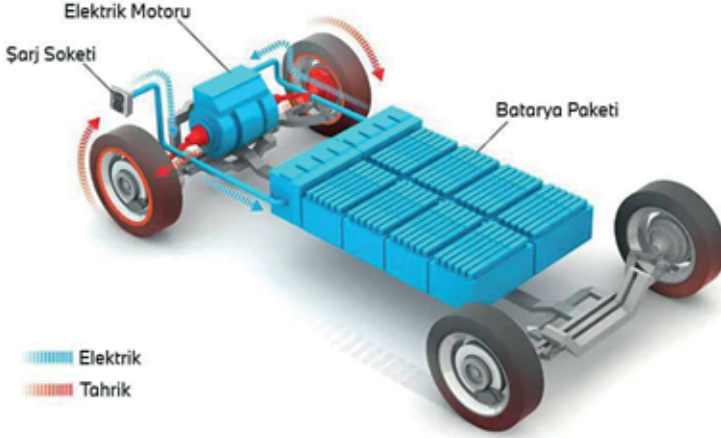
2.1) Hibrid Elektrikli Araç (HEV):

**Şekil 1:** Hibrid Elektrikli Araç (HEV) (BMW, 2021)

Hibrid elektrikli araçlarda iki veya daha fazla enerji kaynağı kullanılarak aracın gücü sağlanmaktadır (Özbay vs., 2017). Hibrid elektrikli araçlar içten yanmalı motor ve elektrik motoru arasında geçiş yapabilirler ya da bu iki motoru aynı anda kullanılabirler. Hibrid elektrikli araçların, diğer elektrikli araçlardan farkı, şarj edilmesine gerek olmamasıdır. Hibrid elektrikli araçlarda bataryayı şarj etmek için rejeneratif frenleme sistemi kullanılmaktadır.

Hibrid elektrikli araçlar seri hibrid elektrikli araç, paralel hibrid elektrikli araç ve seri-paralel hibrid elektrikli araç olarak üçe ayrılmaktadır. Paralel hibrid elektrikli araçlar en yaygın hibrid türü araçlardır. Paralel hibrid elektrikli araçlarda, güç sağlamak için içten yanmalı motor ve elektrik motoru araca paralel bağlanarak birlikte çalışmaktadırlar. Bu tür araçlarda içten yanmalı motorlar elektrik motorundan destek almaktadır. Paralel hibrid elektrikli araçta, kullanılan iki motor güçlerini birleştirir. Bu durumda paralel hibrid elektrikli araçlarda içten yanmalı motor ve elektrik motoru mekanik olarak birbirlerine bağlıdır. Elektrikli motor ve içten yanmalı motorun güçleri tork dönüştürücülerle birleştirilir. Paralel hibrid elektrikli aracın özelliği güçlerin aktarımının paralel bir şekilde sağlanmasıdır (Otomotivlab, 2018). Seri hibrid elektrikli araçlarda tekerler ve içten yanmalı motor mekanik olarak birbirine bağlı değildir. Seri hibrid elektrikli araçlarda aracın hareketini elektrik motoru sağlamaktadır. Bu araçlarda elektrik motoru enerjisini içten yanmalı motordan almaktadır. Seri hibrid elektrikli araçlarda motorlar gücü aktarmak için seri olarak bağlanmaktadır. Seri hibrid elektrikli araçlarda güç, jeneratör aracılığıyla içten yanmalı motordan bataryaya, oradan da tekerlekleri döndürmek amacıyla elektrik motoruna iletilmektedir. Seri hibrid elektrikli araçlarda içten yanmalı motor ve elektrik motoru arasında fiziksel bağlantı bulunmamaktadır. Bu durumda içten yanmalı motor ve elektrik motoru arasında bağlantı bulunmadığından dolayı aracın üzerinde herhangi bir yere konulabilmektedir (Otomotivlab, 2018). Seri hibrit araçlarda elektrik motoru aracı direkt olarak harekete geçirdiği için bu tür araçlarda çoğunlukla tek kademeli dişli kutusunun kullanılması yeterli olmaktadır (Randall, 2021). Seri – paralel hibrid araçlar paralel hibrid elektrikli ve seri hibrid elektrikli araçların birleşiminden oluşmaktadırlar. Bu türdeki araçlar sadece elektrikle, sadece yakıtla ya da her ikisi ile çalışabilmektedir. Bu araçlar hem paralel hem de seri hibrid elektrikli araçların sunduğu özellikleri bir arada sunmaktadır. Bu türdeki araçlarda içten yanmalı motor, jeneratör ve elektrik motoru vardır. Seri-paralel hibrid elektrikli araçlarda bu üç bileşen birbirine mekanik olarak bağlıdır (Randall, 2021).

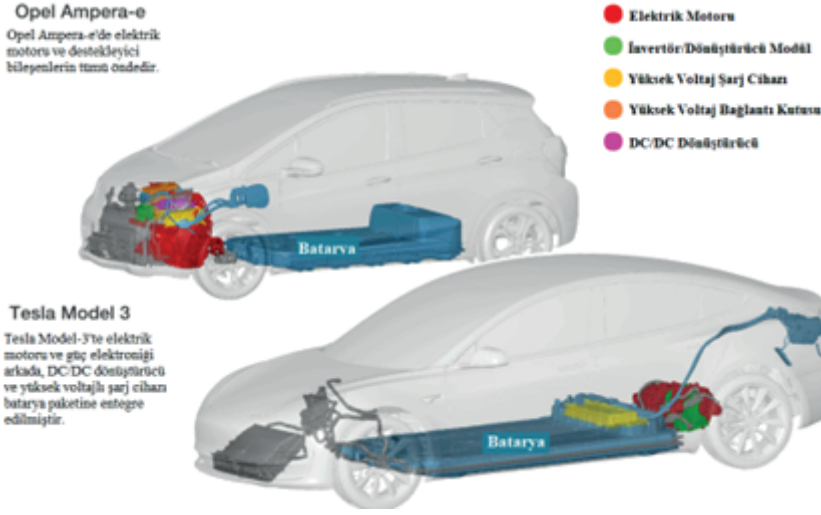
2.2) Tam Elektrikli Araç (BEV):



Şekil 2: Tam Elektrikli Araç (BEV) (BMW, 2021)

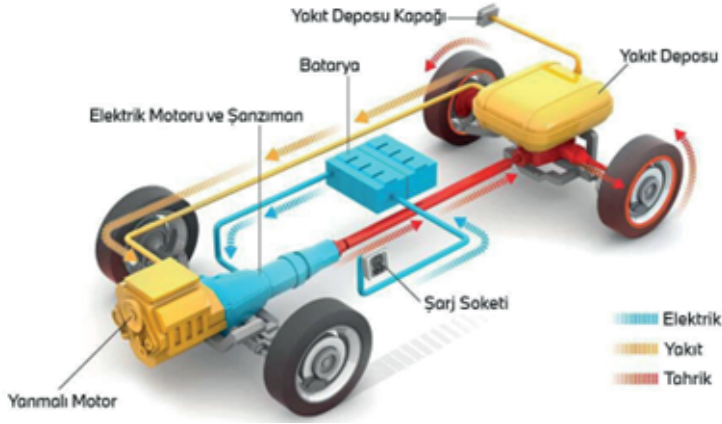
Tam elektrikli araçlar, bataryasında yüklü olan enerjiyi kullanarak elektrik motoruna güç vermekte ve tekerlekleri döndürmektedir. Tam elektrikli araçlar, elektrik hatları üzerinden şarj edilen tamamen elektrikli ve gücü yüksek kapasiteli bataryalardan gelen aktarma organlarına sahiptir (Setiawan, 2019). Tam elektrikli araçların bataryasındaki enerji tamamen tükendiği zaman, şarj ünitesi veya duvar prizi kullanılarak batarya tekrar doldurulmaktadır. Bu türdeki araçlar %100 elektrikle çalışmaktadır. Tam elektrikli araçlarda; içten yanmalı motor, yakıt deposu ve egzoz sistemi bulunmamaktadır. Tam elektrikli araçlarda daha büyük bir yerleşik batarya ile çalışan bir veya daha fazla elektrik motoruna bulunmaktadır (Aptiv, 2021). Elektrikli araçların genel yapısı itibari elektrikli araçta bulunması gereken aktarma organları vardır. Bu aktarma organları içinde elektrik motoru, invertör, dönüştürücü, batarya ve yüksek voltaj şarj cihazı yer almaktadır. Elektrikli araçtaki bu aktarma organlarının yeri elektrikli aracın modeline, markasına göre farklılık gösterdiği bilinmektedir. Elektrikli araç aktarma organı mimarisi, en yeni modeller arasında bile değişiklik göstermektedir. Şekil 3'te 2 farklı elektrikli araç mimarisi ile ilgili örnek resim bulunmaktadır.

Tam elektrikli araçlar gücü kilovat (kW) olarak ifade edilen bir elektrik motoru tarafından tahrik edilir. Tam elektrikli araçlarda elektrik motorunun araca güç vermesi için bataryalara (genellikle lityum iyon) ihtiyaç duyulmaktadır. VW ID3, Tesla Model Y, Nissan Note ve Renault Zoe tam elektrikli araç modelleri dünya çapında en çok satılan elektrikli araçlar içinde yer almaktadır (Aptiv, 2021).



Şekil 3: Farklı Elektrikli Araç Modellerinde Aktarma Organları Mimarisi (MCKinsey, 2018)

2.3) Plug-in Hibrid Elektrikli Araç (PHEV):



Şekil 4: Plug-in Hibrid Elektrikli Araç (PEV) (BMW, 2021)

Plug-in hibrid elektrikli araçlar, şarj girişi ve akaryakıt girişi bulunan elektrikli hibrid araç türleridir. Plug-in hibrid elektrikli araçlarda içten yanmalı motor ve elektrik motoru birbirlerinden bağımsız olarak çalışmaktadır. Ancak bu motorlar sürüş sırasında birbiri ile dönüşümlü bir şekilde devreye girmektedir. Plug-in hibrid elektrikli araçların çalışma modu hibrid elektrikli araçlara göre farklılık göstermektedir. Hibrid elektrikli araçlar benzine bağımlıdır, yani aküden gelen enerji ve jeneratör kısmen motora yardımcı olur. Plug-in hibrid elektrikli araçlarda, yakıt motoru yardımcı tahrik ünitesi olarak korunurken, şarj edilebilir pilden gelen elektrik öncü bir rol oynayacaktır (Ding vs., 2017).

3) Dünya’da Elektrikli Araç Satın Alımının Artırılması İçin Yapılanlar

Elektrikli araç kullanımı, elektrikli araç satın alımı ya da fosil yakıtlı aracın elektrikli araca dönüşümü ile birlikte dünya çapında sürekli olarak artmaktadır. Her ne kadar elektrikli araç kullanımında artış olsa da hedeflenen sıfır emisyonlu çevre için bu artış miktarı yeterli değildir. Elektrikli araç kullanımında artış olması için yapılan çalışmalar:

1. Elektrikli araç teknolojisine geçiş ile ilgilenen mevcut elektrikli araç sahiplerinin ve tüketicilerin özelliklerini anlamak ana araştırma alanıdır. Yapılan bu tür araştırmalar ile elde edilen kanıtlar ve bulgular elektrikli araçların ulaşım ve elektrik ağları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesine izin vererek, elektrikli araç tüketicilerinin davranışları ve sosyo-demografik özellikleri hakkında fikir vermektedir. Ayrıca bu tür araştırmalar daha küçük yerleşik pazarlarda elektrikli araç alımını hızlandırmak ve elektrik kullanımını dengeleyen şarj modellerini teşvik etmek için politika ve stratejilerin geliştirilmesini kolaylaştırırlar (Lavieri ve Domenech ,2021)

2. Mevcut olan ve gelecekteki elektrikli araç tüketicilerinin kimler olduğu ve elektrikli araçların benimsenmesinin nasıl artırılacağı ve nasıl destekleneceğinin araştırılmasıdır.

3. Şu anda tercih edilen şarj modellerinin neler olduğu, en iyi şarj yönteminin hangisi olduğu ve şarj sisteminin en iyi şekilde nasıl yönetileceğinin araştırılmasıdır.

4. Dünya çapındaki bütün ülkelerde devletlerin elektrikli araç satın alımı ve dönüşümü desteklemesi ve elektrikli araç kullanımı teşvikinin artırılması gerekmektedir.

4)Ülkelerde Elektrikli Araç Kullanımı için Hükümet Teşvikleri

Günümüzde ülkelerin çoğu, vatandaşlarının fosil yakıtlı araçlar yerine elektrikli araları tercih etmesi için teşvik çalışmaları yapmaktadır. Bu teşvikler; elektrikli araç satın alımlarında tüketiciye destek, elektrikli araçların parçalarında vergi indirimi, elektrikli araçlara vergi indirimi, şarj istasyonlarının yaygınlaşması için Ar-Ge çalışmaları ve destekleri gibi çalışmaları içermektedir. Çalışmamızda Hindistan, Avustralya, Türkiye, Amerika Birleşik Devletleri ve Çin’in elektrikli araç kullanımına teşvik için politikalarından kısaca bahsedilmiştir.

4.1) Hindistan’da Elektrikli Araç Kullanımı için Hükümet Politikası ve Teşvikleri

Hindistan Hükümeti elektrikli araçların pazar payını artırmak için çeşitli reform önerileri sunmaktadır. Üreticileri elektrikli araçların ve ilgi-

li altyapının Ar-Ge'sine yatırım yapmaya motive etmek için ve elektrikli araçlara olan talebi artırmak için hükümet tarafından çeşitli planlar ve teşvikler başlatılmıştır. Hindistan hükümeti şimdiye kadar FAME-II, PLI SCHEME ve Pil Değişirme Politikası, Özel Elektrikli Hareketlilik Bölgesi, Elektrikli Araçlarda Vergi İndirimi gibi politikaları yürürlüğe sokmuştur. Elektrikli Araçlarda Vergi İndirimi, elektrikli araçlarda kullanılan lityum iyon bataryaların hayati bir parçası olan Nikel cevheri üzerindeki gümrük vergilerinin %5'ten %0'a, Nikel Oksit'in %10'dan %0'a, Ferro Nikel'in %15'ten %2.5'e düşürülmesine yönelik bir teklif içermektedir (Evehicleinfo, 2022).

4.2) Avustralya'da Elektrikli Araç Kullanımı için Hükümet Politikası ve Teşvikleri

Yeni Güney Galler (Avustralya'nın güneydoğusunda eyalet, NSW) Hükümeti, elektrikli araç satışlarını 2030-2031'e kadar %52'ye çıkarmayı ve Yeni Güney Galler'in 2050'ye kadar net sıfır emisyon elde etmesini amaçlamaktadır (NSWGovernment, 2022). Yeni Güney Galler Hükümetinin Elektrikli Araç Teşvikleri için yaptıkları çalışmalar aşağıda maddeler halinde gösterilmektedir.

1. Yeni elektrikli araç alımları için indim yapılmaktadır.
2. Elektrikli araç alımlarında damga vergisi kaldırılmaktadır.
3. Birinci sınıf bir elektrikli araç şarj ağı oluşturmak için yatırımlar yapılmaktadır.

4.3) Türkiye'de Elektrikli Araç Kullanımı için Hükümet Politikası ve Teşvikleri

Türkiye'de elektrikli araçlara göre Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) oranları 3471 sayılı Cumhurbaşkanlığı kararnamesi ile resmi gazetede yayımlanmıştır.

4.4) Amerika'da Elektrikli Araç Kullanımı için Hükümet Politikası ve Teşvikleri

2030 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde satılan tüm yeni araçların yarısının sıfır emisyonlu araçlar olması için elektrikli araç şarj istasyonlarının yeni finansmanını içeren, elektrikli araç şarj altyapısını ek federal finansman programları için uygun hale getiren ve Altyapı Yatırımı ve İstihdam Yasası olarak da anılan İki Taraflı Altyapı Yasası imzalanmıştır.

4.5) Çin'de Elektrikli Araç Kullanımı için Hükümet Politikası ve Teşvikleri

Çin'de elektrikli araç altyapısına yatırım yapılmaktadır. Elektrikli araçlar için vergi muafiyeti getirilmektedir.

Bu çalışmaların yanında, sistemdeki fosil yakıtlı araçların da ilerleyen zamanda kullanımına devam edilmesi için bazı reaksiyonlar da gösterilmektedir. Bu reaksiyonların en başında da dönüşüm gelmektedir.

5) Dönüşüm Neden Yapılmalı ve Dönüşüm Nasıl Yapılır?

Elektrikli araca sahip olmayı daha ekonomik hale getirmenin yollarından biri de dönüşüm gerçekleştirmektir. Dönüşümü yapılacak bir araçta istenmeyen özellikler ve yüksek maliyetten kaçınmak için dönüşüme başlamadan optimizasyon sürecinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Dönüşüm işlemi ile elektrikli arabaya sahip olma maliyeti en aza indirilerek eski araba hala kullanılabilir. Ayrıca elektrikli araçlar daha yeşil bir yaşam tarzını, dolayısıyla daha sağlıklı bir çevre oluşturmaktadır. İstenilen özelliklerde, modelde ve renkte araçlara daha uygun fiyatlarda sahip olunabilmesi için elektrikli araç dönüşüm işlemi yapılması günümüzde en uygun seçenektir.

Elektrikli araç dönüşümü yapmak isteyen tüketiciler dönüşüm geçmiş olan bir profesyonele danışabilirler ya da kendileri bu dönüşümü gerçekleştirebilirler. Dönüşüm için gereken bileşenleri tek tek tedarik etmek yerine daha uygun fiyatlı dönüşüm kitlerini kullanabilirler. Dönüşüm işlemini gerçekleştiren ve kit bulunan şirketler içinde en iyileri Flash Drive Motors, Zero Labs, Zelectric Motors, Electric GT, EV West'dir. Bu şirketler içinde önerilen şirket Flash Drive Motors şirkettir (Kuchta, 2022).

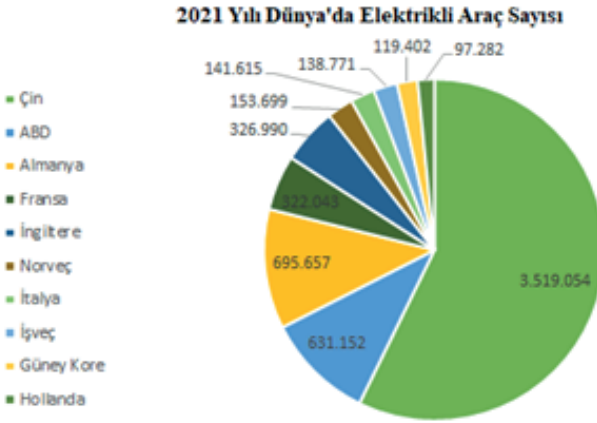
İçten yanmalı motorlu bir arabayı elektrikli araca dönüştürmek için içten yanmalı motor, radyatör, yakıt deposu, distribütör, karbüratör, alternatör, egzoz borusu gibi parçaların araçtan çıkarılması gerekmektedir. Çıkarılan parçaların yerine aracımızı elektrikli araç haline getirmek için aktarma organları monte edilmelidir. Bu aktarma organları elektrik motoru, invertör, kontrolör, batarya, soğutma sistemi ve pompası, sigorta ve kontaktör gibi parçalardır. Aslında piyasada her bir parça için birden fazla ürün seçeneği bulunmaktadır. O yüzden, parçalar kullanıcının ihtiyacı doğrultusunda istenen elektrikli araç türüne göre dikkatli bir şekilde seçilmelidir (Kuchta, 2022). İçten yanmalı motorlu araçtan ihtiyacımız olmayan parçalar çıkarıldıktan sonra elektrikli araç için gereken parçaları araca eklememiz gerekmektedir.

Elektrik motorunun seçimi, elektrikli araçların güç, tork, devir gibi önemli performans parametrelerini direkt olarak etkilemektedir (Özbay vs., 2017). Elektrik motorunun seçimi bu durumdan dolayı, çok önemlidir. İyi bir araç kontrolü elde edilmesi için özellikle en büyük kütleye sahip olan akü başta olmak üzere, dönüştürme bileşenlerinin kütlesi araçta eşit olarak dağıtılmalıdır. Akü, kullanılan araca göre çeşitli ağırlık merkezlerine dağıtılabilir. Bu aşamada önemli olan dengenin sağlanmasıdır. Batarya seçimi; dönüşümü gerçekleştirilen araca, aracın kullanılacağı yere bağlı

olarak aracı kullanacak kişinin araçtan beklentilerini sağlayacak şekilde yapılmalıdır. Dönüştürülen araca elektrik motoru, invertör, kontrolör, batarya, DC/DC dönüştürücü, soğutma sistemi ve pompası, sigorta, kontaktör bileşenleri monte edildikten sonra, yapılması gereken işlem kablolamadır. İlk olarak güç kablosunun montajı gerçekleştirilmektedir. Güç kabloları seri devrede akü kutupları, motor kontrol cihazına giden batarya kutupları ve yüksek akım kullanan yardımcı bileşenler gibi bölümlerde kullanılmaktadır. Bataryalarının şarj durumları kontrol edilmekte ve batarya araçta uygun yere konulmaktadır.

6) 2021'de Dünya'da Elektrikli Araç Sayısı

Dünya'da elektrikli araç satış oranlarının 2019 yılında bir önceki yıldaki satış oranlarıyla aynı kaldığı gözlemlenmiştir. 2020 yılında 2019 yılına göre elektrikli araç satış oranlarında %38, 2021 yılında ise 2020 yılına oranla 2 kattan fazla artış meydana geldiği bilinmektedir. Aşağıda Şekil 5'te 2021 yılında Çin, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Almanya, Fransa, İngiltere, Norveç, İtalya, İsveç, Güney Kore ve Hollanda'da 2021 yılında elektrikli araç sayısı oranları verilmiştir.



Şekil 5: 2021 Yılında Dünya'da Elektrikli Araç Sayısının Grafik ile Gösterimi (Bhutada, 2022)

7) Elektrikli Araçların ve Fosil Yakıtlı Araçların Bakım İhtiyaçlarının Karşılaştırılması

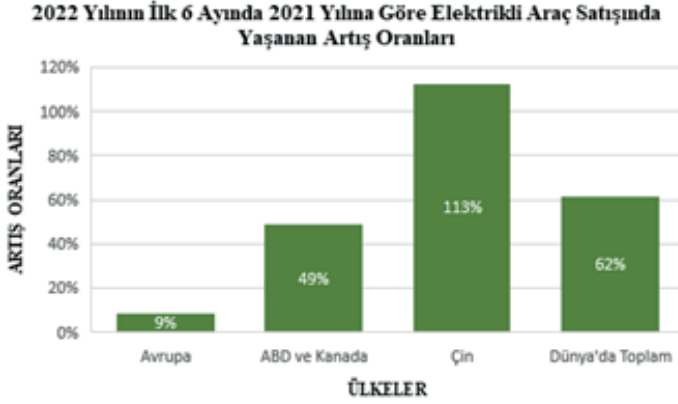
Fosil yakıtlı araçlar kadar sık olmasa da elektrikli araçlarda belirli aralıklarla bakıma ihtiyaç duymaktadırlar. Belirli kullanım süresi sonrasında elektrikli araçlarda bataryasına bağlı olarak yavaşlama meydana gelmektedir. Elektrikli araçlarda en az 5 yıldan sonra bakım ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Ancak elektrikli araç kullanıcılarının 30 bin kilometreden

sonra ilk periyodik bakımlarını yaptırmaları tavsiye edilmektedir. Plug-in hibrid ve hibrid elektrikli araçlarda içten yanmalı motor bulunduğu için bakım ihtiyaçları tam elektrikli araçların bakım ihtiyaçlarından daha sık aralıklarla yapılmalıdır. Fosil yakıtlı araçların bakımı genellikle 8-10 bin kilometre katedildikten sonra gerekirken, plug-in hibrid ve hibrid elektrikli araçlarda 15 bin kilometreden sonra bakım ihtiyacı gerekmektedir. Fosil yakıtlı araçlarda kullanılan fosil yakıtın yanması ile belirli bileşenlerde ısınmaya bağlı problemler ortaya çıkmaktadır. Elektrikli araçlarda bu problem olmadığı için kısa ve uzun vadede bu tür problemler yaşanmamaktadır (Hedefilo, 2022).

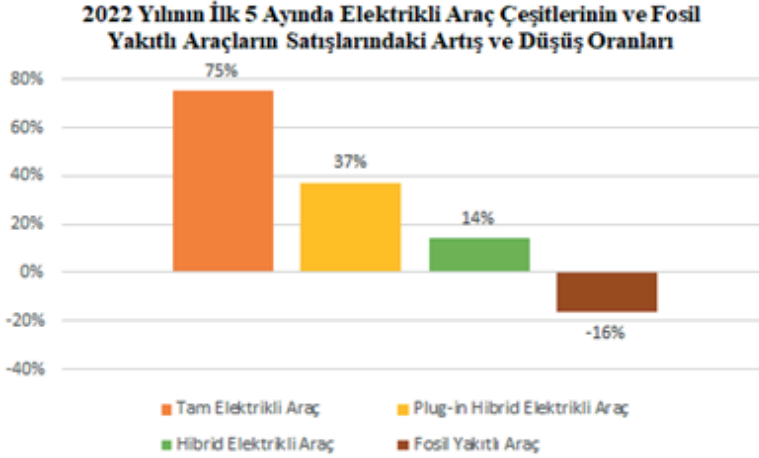
Elektrikli araç lastiklerinde aynı yol koşulları nedeni ile diğer araç türlerinden bir farkı bulunmamaktadır. Elektrikli araç üreticileri bataryaların ömrünün 8-10 yıl olduğunu garanti etmektedirler. Filtreler, fren sistemi elektrikli araçlarda rutin bakımı yapılması gereken parçalardır. Araç bakım maliyetleri bakımı yapılan araca ve bakımı yapılan parçalara göre farklılık göstermektedir. Fosil yakıtlı araçlarda parçaların fazla olması nedeniyle bakımın sık yapılması gerekmektedir. Elektrikli araçlar az parçadan oluşması, bakım esnasında yenilenmesi gereken yağ gibi ihtiyaçlarının olmaması ve bakım sıklığının az olması nedeniyle fosil yakıtlı araçlara göre daha avantajlıdır. Sonuç olarak elektrikli araçlar daha az parçanın seyrek sıklıkla bakım ihtiyacı olması nedeniyle fosil yakıtlı araçlara göre çok daha uygun maliyetlidir.

8) 2022'nin İlk 6 Ayı İçin Dünya'da Elektrikli Araç Satışları

Dünya'da elektrikli araç satışları gün geçtikçe artmaktadır. 2022 yılının ilk 6 ayında bir önceki yılın ilk 6 ayına oranlandığında %62 artışla toplamda 4,3 milyon tam elektrikli araç ve plug-in hibrid elektrikli araç satışı gerçekleşmiştir. Bu artış dünyadaki toplam artış miktarıdır. Artış oranları ülkelere göre farklılık göstermektedir. 2022 yılının ilk 6 ayında 2021 yılının ilk 6 ayına kıyasla Avrupa'da %9'luk, ABD ve Kanada'da %49'luk, Çin' %113'lük artış oranları meydana gelmiştir. 2022 yılının ilk 5 ayında tam elektrikli araçların satışında %75, plug-in hibrid elektrikli araçların satışında %37, hibrid araçların satışında %14 artış olurken, içten yanmalı motorlu araçların satışında %16 azalma meydana gelmiştir. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)'na göre, 2022 yılında elektrikli araç satışları en yüksek seviyeye ulaşacağı tahmin edilmektedir. Aşağıda Şekil 6'da 2022 Yılı'nın İlk 6 Ayında 2021 Yılı'na Göre Elektrikli Araç Satışında Yaşanan Artış Oranları gösterilmektedir (EVVolumes, 2022).



Şekil 6: 2022 Yılı'nın İlk 6 Ayında 2021 Yılına Göre Elektrikli Araç Satışında Yaşanan Artış Oranlarının Grafik ile Gösterimi



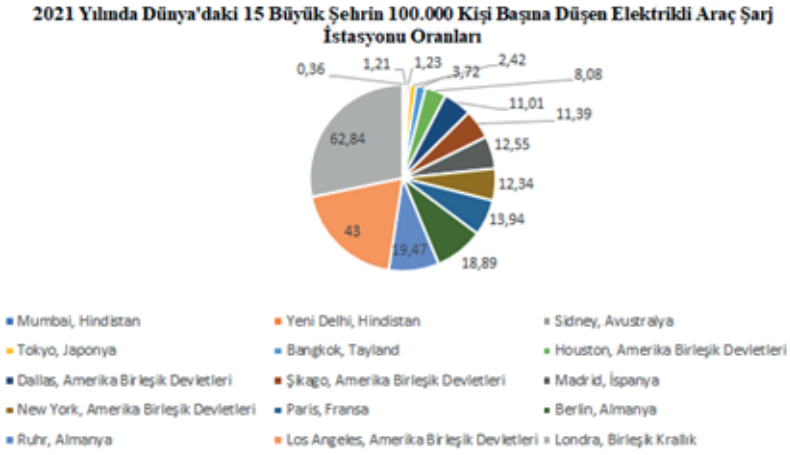
Şekil 7: 2022 Yılı'nın İlk 5 Ayında Elektrikli Araç Çeşitlerinin ve Fosil Yakıtlı Araçların Satışlarındaki Artış ve Düşüş Oranlarının Grafik ile Gösterimi

9) Dünya'da Şarj İstasyonu Yoğunluğu

Dünya çapında halka açık şarj istasyonu sayısı 1,8 milyona yaklaşmaktadır. 2021'de halka açık şarj istasyonu sayısı %37 artarak 500.000 adet şarj istasyonu kurulduğu bilinmektedir. 2021'deki bu büyüme oranının 2020'deki büyüme oranının %45'in altında kaldığı gözlenmektedir. Önceki yıllarda olduğu gibi Çin'in halka açık şarj istasyonları sayısında dünya lideri olduğu görülmektedir. Çin hızlı şarj cihazlarının yaklaşık %85'ini ve yavaş şarj cihazlarının %55'ini oluşturmaktadır. Bu, Çin'in elektrikli araç sektöründe gösterdiği liderliği ve çok yoğun nüfuslu kent- sel özelliklerini yansıtmaktadır. 2021'de Çin'de kurulu yavaş şarj istasyonları %35 artarak halka açık şarj istasyonu sayısı yaklaşık 680.000

adete ulaştığı bilinmektedir. Bu büyüme oranının 2018'de mevcut olan yavaş şarj istasyonlarının sayısının 4 katından fazla olduğu gözlenmektedir (Dickson, 2022).

Avrupa, 2021'de yıllık %30 artışla 300.000'den fazla yavaş şarj istasyonu ile ikinci sırada yer almaktadır. Hollanda, 80.000'den fazla yavaş şarj istasyonu ile Avrupa'da birinci, 50.000 adet yavaş şarj istasyonu sayısı ile ardından Fransa gelmektedir. Almanya'da 40.000 adet, Birleşik Krallık'ta 30.000 adet ve İtalya'da 20.000 adet yavaş şarj istasyonu olduğu bilinmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki yavaş şarj istasyonu 2021'de %12 artarak 92.000'e, Kore'de yaklaşık %70 artarak 90.000'in üzerine çıktığı gözlemlenmektedir (Dickson, 2022).



Şekil 8: Dünya'da 100.000 Kişi Başına Düşen Şarj İstasyonu Oranlarının Grafik ile Gösterimi (Dickson, 2022)

10)2022 Yılı'nın İlk 9 Ayının Üreticiye, Elektrikli Araç Modeline Göre Amerika Birleşik Devletleri'nde Elektrikli Araç Satışlarının Karşılaştırılması

Amerika Birleşik Devletleri, 2022 yılının ilk 3 ayında 200 binden fazla elektrikli araç satışı ile fosil yakıtlı araç satışını geride bırakmıştır. Tesla, Nisan, Mayıs, Haziran aylarında %66 Pazar payı ile ilk 3 aydaki %75'lik pazar payını %64'e düşürmüştür. Bu düşüşe rağmen Tesla hala lider olmaya devam etmektedir. Günümüzde elektrikli araçlara artan talebi karşılamak için araç üreticisi şirketler yarışmaktadır. Hyundai IONIQ 5, Chevy Bolt EV ve Mustang Mach-E gibi popüler elektrikli araç modellerini üreten ölçeklendiren Ford, GM ve Hyundai markaları da lider konumdadır. Elektrikli araç fiyatları yüksek olmasına rağmen, Amerika Birleşik Devletleri'nde elektrikli araç satın alımı artmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nin 2030 yılı hedefi %50'lik elektrik Pazar payına ulaşmaktır

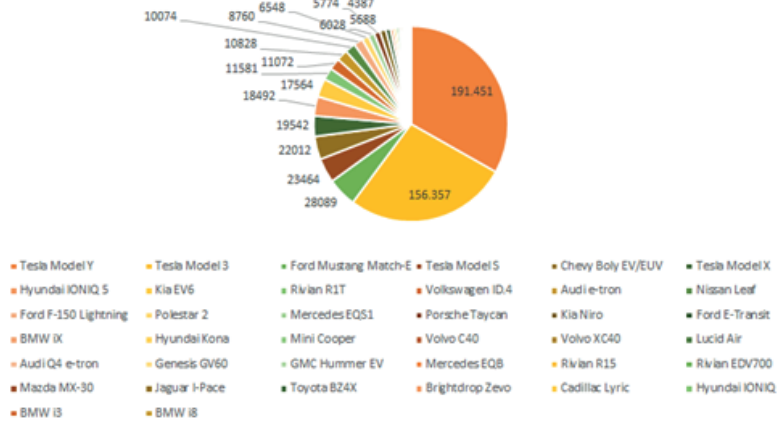
(IEA, 2022). 2022 yılı itibariyle bu Pazar payında %6'lık kısım aşılmıştır. Dünyada en çok elektrikli araç satışını Tesla gerçekleştirmiştir. Tesla, global olarak elektrikli araç üretimi gerçekleştirmektedir. Tesla, global olarak elektrikli araç üreten ilk firmadır.

2022 yılında sene başından beri Amerika Birleşik Devletleri'nde Audi e-tron, Audi Q4 e-tron, BMW i3, BMW i8, BMW iX, Brightdrop Zevo, Cadillac Lyric, Chevy Boly EV/EUV, Ford E-Transit, Ford F-150 Lightning, Ford Mustang Match-E, Genesis GV60, GMC Hummer EV, Hyundai IONIQ, Hyundai IONIQ 5, Hyundai Kona, Jaguar I-Pace, Kia EV6, Kia Niro, Lucid Air, Mazda MX-30, Mercedes EQB, Mercedes EQS1, Mini Cooper, Nissan Leaf, Polestar 2, Porsche Taycan, Rivian EDV700, Rivian R15, Rivian R1T, Tesla Model 3, Tesla Model S, Tesla Model X, Tesla Model Y, Toyota BZ4X, Volvo C40, Volvo XC40, Volkswagen ID.4 elektrikli araç markaları satılmıştır. Bu elektrikli araç modelleri içinde en fazla satış oranı Tesla Model Y, Tesla Model 3'te gerçekleşmiştir. Aşağıda Tablo 2'de 2022 Yılı Amerika Birleşik Devletleri Elektrikli Araç Markalarının Elektrikli Araç Satış Sayısı gösterilmektedir.

Tablo 2: 2022 Yılı Amerika Birleşik Devletleri Elektrikli Araç Markalarının Elektrikli Araç Satış Sayısı (IEA, 2022)

Tesla Model Y	191,451
Tesla Model 3	156,357
Ford Mustang Match-E	28,089
Tesla Model S	23,464
Chevy Boly EV/EUV	22,012
Tesla Model X	19,542
Hyundai IONIQ 5	18,492
Kia EV6	17,564
Rivian R1T	11,581
Volkswagen ID.4	11,072
Audi e-tron	10,828
Nissan Leaf	10,074
Ford F-150 Lightning	8760
Polestar 2	6548
Mercedes EQS1	6028
Porsche Taycan	5774
Kia Niro	5688
Ford E-Transit	4387
BMW iX	3155
Hyundai Kona	2800
Mini Cooper	2615
Volvo C40	2138
Volvo XC40	2127
Lucid Air	1596
Audi Q4 e-tron	1112
Genesis GV60	1040
GMC Hummer EV	782
Mercedes EQB	739
Rivian R1S	354
Rivian EDV700	346
Mazda MX-30	324
Jaguar I-Pace	290
Toyota BZ4X	232
Brightdrop Zevo	155
Cadillac Lyric	36
Hyundai IONIQ	18
BMW i3	9
BMW i8	5

2022 Yılı Amerika Birleşik Devletleri Elektrikli Araç Markalarının Elektrikli Araç Satış Sayısı



Şekil 9: 2022 Yılı Amerika Birleşik Devletleri Elektrikli Araç Markalarının Elektrikli Araç Satış Sayısının Grafik ile Gösterimi

11) 2022 Yılında Dünya’da En Çok Elektrikli Araç Satışının Gerçekleştiği Ülke

2022 yılı nüfus verilerine göre Çin 1,425,853,009 nüfusu ile dünyada en fazla nüfusa sahip ülkedir. Çin, nüfusunun fazla olması nedeniyle küresel kirliliği önemli ölçüde etkilemektedir. Çin, küresel kirliliği önemli ölçüde etkilediğinin farkındadır ve oluşan bu kirliliği azaltmak için önemli adımlar atmaktadır. Çin hükümeti insanları benzinli araç yerine elektrikli araç alması için teşvik etmektedir. Çin dünyadaki en fazla nüfusa sahip olduğu için en fazla elektrikli araç satışının gerçekleştiği ülkedir (Johnson, 2022). 2021 yılı içerisinde Çin’de 6 milyona yakın elektrikli araç satışının gerçekleştiği tahmin edilmektedir. Dünyanın en ünlü elektrikli araç üreticisi Tesla, Amerika Birleşik Devletleri merkezli olsa da en fazla elektrikli araç Çin’de satılmıştır.

12) Dünya’da Elektrikli Araca Geçiş İçin Yapılanlar

Önümüzdeki birkaç yıl içinde elektrikli araç vergi kredisi, enflasyon düşürme gibi devlet teşvikleri ile ABD’de elektrikli araç satışının daha fazla artması beklenmektedir. Dünya’da Flash Drive Motors, Zero Labs, Zelectric Motor, Elevctric GT ve EV West gibi firmalar bulunmaktadır (WorldPopulationReview, 2022). Bu firmalar uzman kadroları ile tüketicilerin araçlarının elektrikli araca dönüşümünü gerçekleştirmektedir ya da dönüşümü kendi gerçekleştirmek isteye tüketicilere dönüşüm kiti satmaktadır.

Elektrikli araçların dönüşüm işlemlerinin yanında elektrikli araçlara geçişleri hızlandırmak için dünya üzerinde bazı ülkeler içten yanmalı motorlu araçların kullanımını yasaklama kararı almıştır. Yaklaşık 60 ülke içten yanmalı motorlu araçların satışını yasaklamayı planlamaktadır. ABD’de en az 12 eyalette içten yanmalı motorlu araçların satışının yasaklanması beklenmektedir (Juliussen, 2022). Çin, 2035’te içten yanmalı motorlu araçların satışını yasaklamayı planlamaktadır. Aşağıda Tablo 3’te bazı ülkelerin içten yanmalı araç kullanımını yasaklamayı planladıkları yıllar gösterilmektedir.

Tablo 3: Bazı Ülkelerin İçten Yanmalı Motorlu Araç Kullanımını Yasaklanacağı Yıllar (Juliussen, 2022)

Ülkeler	Şehirlerin İçten Yanmalı Motorlu Araçları Yasaklama Yılları
Belçika	Anvers (2030) ve Brussels (2030)
Kanada	Quebec (2035) ve Vancouver (2030)
Çin	Hainan (2030)
Danimarka	Kopenhag (2030)
Ekvador	Quito (2025)
Fransa	Paris (2035)
Yunanistan	Atina (2025)
İtalya	Milano (2030) ve Roma (2024)
Meksika	Mexico City (2025)
Hollanda	Amsterdam (2030), Eindhoven (2030) ve Lahey (2030)
Yeni Zelanda	Auckland (2030)
Norveç	Oslo (2030)
Güney Afrika	Cape Town (2030)
İspanya	Barselona (2030) ve Madrid (2025)
İngiltere	Londra (2030) ve Oxford (2035)
Amerika Birleşik Devletleri	Los Angeles (2030) ve Seattle (2030)

13) Sonuç:

Elektrikli araçlar günümüzde fosil yakıtlı araçlara göre daha pahalıdır. Elektrikli araçlar; bataryaların pahalı olması, piyasada fosil yakıtlara oranla çok daha az olması, elektrikli araçların lüks özellikler içermesi gibi nedenlerden dolayı pahalı olmaktadır. Elektrikli araç üretimi gerçekleştiren şirket sayısının çoğalması ile piyasada daha fazla seçenek olacaktır. Seçeneklerin artması rekabet ortamını beraberinde getirecektir ve bu durum elektrikli araç fiyatlarının düşmesine katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Elektrikli araçlar gelecekte kullanılacak alternatif araçlar olarak görülmektedir. Elektrikli araçlar hem yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması hem de karbondioksit emisyonun sıfır olması özellikleri sayesinde çevre dostudur. Tüketicilerin elektrikli araçlara rağbeti gün geçtikçe artmaktadır. Çeşit azlığı ve ekonomik koşullar tüketicilerin fabrikadan sıfır elektrikli araç almasını zorlaştırmaktadır. Elektrikli araç dönüşümü bu duruma çözüm olarak gösterilmektedir. Dönüşüm işleminin gerçekleştirilmesi ile artık kullanılmayan içten yanmalı motorlu araçlar hurdalıkta bekleyerek çevreye zarar vermeyecek, elektrikli araç için gereken malzemelerin çoğunluğunun yurtdışından sipariş edilmesi yerine eski araçlardan alınması maliyeti düşürecektir.

KAYNAKÇA

- [1] Abo-Khalil, A. G., Abdelkareem, M. A., Sayed, E. T., Maghrabie, H. M., Radwan, A., Rezk, H., ve Olabi, A. G. “Electric Vehicle Impact on Energy Industry, Policy, Technical barriers, and Power Systems” International Journal of Thermofluids, 2022, 100134.
- [2] Gordić, M., Stamenković, D., Popović, V., Muždeka, S., & Mićović, A. (2017). Electric vehicle conversion: optimisation of parameters in the design process. Tehnički vjesnik, 24(4), 1213-1219.
- [3] BMW, Elektrikli Otomobil Türleri, 20.12.2022 tarihinde <https://www.bmw.com.tr/tr/topics/fascination-bmw/bmw-i-ve-e-mobilite/elektrikli-otomobil-turleri.html> adresinden alındı.
- [4] Özbay, H., Közkurt, C., DALCALI, A., & Tektaş, M. (2017). Geleceğin ulaşım tercihi: Elektrikli araçlar. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 3(1), 34-50.
- [5] Otomotivlab, Hibrid Araç Çeşitleri ve Çalışma Prensipleri, 8.12.2022 tarihinde <https://otomotivlab.net/hibrit-arac-cesitleri-ve-calisma-prensipleri/> adresinden alındı.
- [6] Randall Carolyn J., (2021), Advantages Disadvantages Series Hybrid Designs, 8.12.2022 tarihinde <http://homeguides.sfgate.com/advantages-disadvantages-series-hybrid-designs-78758.html> adresinden alındı.
- [7] Setiawan, I. C. (2019). Policy simulation of electricity-based vehicle utilization in Indonesia (electrified vehicle-HEV, PHEV, BEV and FCEV). Automotive Experiences, 2(1), 1-8.
- [8] Aptiv, (2021) , Bev Phev or Hev The Differences Affect The Architecture, 8.12.2022 tarihinde <https://www.aptiv.com/en/insights/article/bev-phaev-or-hev-the-differences-affect-the-architecture> adresinden alındı.
- [9] MCKinsey, (2018), Elektroautos Trends in Electric Vehicle Design, 20.12.2022 tarihinde <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/what-a-teardown-of-the-latest-electric-vehicles-reveals-about-the-future-of-mass-market-evs/de-DE> adresinden alındı.
- [10] Ding, N., Prasad, K., & Lie, T. T. (2017). The electric vehicle: a review. International Journal of Electric and Hybrid Vehicles, 9(1), 49-66.
- [11] Lavieri, P., & Domenech, C. B. (2021). Electric Vehicle Uptake and Charging. The University of Melbourne: Melbourne, Australia.]
- [12] Evehicleinfo, 2022, Government Policies and Incentives for Electric Vehicles in India, 20.12.202 tarihinde <https://e-vehicleinfo.com/government-policies-and-incentives-for-electric-vehicles-in-india/> adresinden alındı.
- [13] NSWGOVERNMENT, NSW Electric Vehical Strategy, 20.12.2022 tarihinde <https://www.energy.nsw.gov.au/nsw-plans-and-progress/gover>

nment-strategies-and-frameworks/electric-vehicle-strategy adresinden alındı.

- [15]Kuchta David M., (2022) Electric Vehicle EV Conversion Company, 8.12.2022 tarihinde <https://www.treehugger.com/electric-vehicle-ev-conversion-companies-85249> adresinden alındı.
- [16]Bhutada Govind, (2022), 10 Years of Global EV Sales by COUNTRY, 12.12.2022 tarihinde <https://www.visualcapitalist.com/visualizing-10-years-of-global-ev-sales-by-country/> adresinden alındı.
- [16] Kaleb, S., Huda, N., Hapid, A., & Kurnia, M. R. (2014, October). Performing an electric vehicle conversion. In Proceeding of 2nd International Conference on Sustainable Energy Engineering and Application (pp. 39-48).
- [17]HEDEFFİLO, Elektrikli Araç Bakımı Nedir?, 20.12.2022 tarihinde <https://ev.hedeffilo.com/ev-gundem/blog/elektrikli-arac-bakimi-nedir-bakimi-onemli-parcalar-nelerdir> adresinden alındı.
- [18]EVVolumes, Total World Plug-in Vehicle Volumes, 12.12.2022 tarihinde <https://www.ev-volumes.com/country/total-world-plug-in-vehicle-volumes/> adresinden alındı.
- [19] Dickson Ian, (2022), Here, 20.12.2022 tarihinde <https://www.here.com/learn/blog/ev-charging-infrastructure-worldwide> adresinden alındı.
- [20]IEA, (2022) Global EV Outlook 2022, 20.12.2022 tarihinde <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2022/trends-in-charging-infrastructure> adresinden alındı.
- [21] Johnson Peter, (2022), 12.12.2022 tarihinde <https://electrek.co/2022/10/18/us-electric-vehicle-sales-by-maker-and-ev-model-through-q3-2022/> adresinden alındı.
- [22]WorldPopulationReview, (2022), Country Rankings, 12.12.2022 tarihinde <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/ev-sales-by-country> adresinden alındı.
- [23] Juliussen Egil, (2022), EETIMES, Many Countries Eye 2035 For Serious EV Conversion, 12.12.2022 tarihinde <https://www.eetimes.com/many-countries-eye-2035-for-serious-ev-conversion/> adresinden alındı

“

Bölüm 3

**SALDIRI TESPİT SİSTEMLERİNDE
ÇİZGE YERLEŞTİRME TEMELLİ
ÖZNİTELİK ÇIKARIMI VE MAKİNE
ÖĞRENMESİ UYGULAMASI**

Bilal Aslan¹

Yılmaz Atay²

Erdoğan Doğdu³

”

¹ Kurum: Gazi Üniversitesi, E-mail: aslan89@outlook.com

² Kurum: Gazi Üniversitesi, E-mail: yilmazatay@gazi.edu.tr

³ Kurum: Angelo State University, E-mail: erdogan.dogdu@angelo.edu

Giriş

Veri güvenliği bilginin kayıt altına alınması ile başlayan bir ihtiyaç olmuştur ve günümüzde Nesnelerin İnterneti (IOT), 5G altyapısındaki gelişmeler ve büyük veri teknolojilerindeki ilerlemeler neticesinde bu ihtiyaç giderek kritik bir hal almaktadır. Bu sebeple araştırmacılar her gün gelişen tehditlere karşı yeni güvenlik sistemleri araştırmakta veya mevcut sistemlerin verimliliğini arttırmaya çalışmaktadır. Güvenlik tehditlerinin saptanabilmesi ve etki azaltma aksiyonlarının alınabilmesi ilk olarak 1980 yılında IDS (Intrusion Detection System - Saldırı Tespit Sistemi) sistemi önerilmiştir ve o günden beri teknolojiyle paralel olarak gelişmektedir [1].

IDS sistemleri güvenlik tehditlerini dört farklı aşamada tespit edebilmektedir. İlk aşama hedef hakkında bilgi edinmek için yapılan ve ağ komutlarının kullanıldığı aşamadır. İkinci aşama hedefte kıymetli veri içerebilecek sistemlerin ve bu sistemlerin güvenlik zafiyetlerinin bulunduğu aşamadır. Üçüncü aşama hedef sistemin uzaktan ele geçirilmesi ve hedefte bazı kontrol komutlarının çalıştırılabildiği aşamadır. Son aşama ise saldırganın hedef sisteme giriş yapabildiği ve yetkilerini arttırabildiği aşamadır, bu aşamada saldırgan zararlı aksiyonlar alabilecek kapasiteye erişmiş bulunmaktadır. IDS sistemlerinin başarı performansı bu dört aşama tamamlanıp saldırgan zararlı aksiyon almadan önce saldırıların tespit edilebilmesiyle ölçülmektedir [2].

IDS sistemleri internete bağlı her alanda yazılımsal ya da donanımsal olarak yer alabilmekte ve kuruldukları cihazların portları üzerinden akan internet paketlerini (IP) saldırı olup olmadığına göre sınıflandırmaktadır. Kullanılan sınıflandırma metodolojileri anomali tabanlı, imza tabanlı ve hibrit olarak üçe ayrılmaktadır. Anomali tabanlı metodolojide sistem normal ve saldırı girdilerine göre paket akışını istatistiksel ve matematiksel olarak öğrenmekte ve farklı anomali durumlarının saldırı olabileceğini öngörmektedir. İmza tabanlı saldırı tespitinde ise bilinen saldırı imza veri tabanlarına göre sistem eğitilmekte ve aynı imzayı taşıyan paketlerin saldırı olabileceği öngörülmektedir. Hibrit yöntemde ise imza ve anomali tabanlı saldırı tespiti birlikte yapılarak etkin bir saldırı saptama süreci kurgulanabilmektedir [3]. İmza tabanlı IDS sistemlerinde saptanan saldırı ihtimallerinin gerçekten saldırı olma olasılığı fazla iken, saldırı olmasına rağmen saptayamadığı paket sayısı da fazladır. Bunun sebebi de imza veri tabanında olmayan saldırıları sistemin tanıyamaması ve saldırı olarak sınıflandıramamasıdır. Aksi şekilde anomali tabanlı IDS sistemlerinde saldırı olmayan paketlerin saldırı olarak sınıflandırma olasılığı bulunmaktadır, ancak bu yaklaşımda kullanılan matematiksel ve istatistiksel yaklaşım sayesinde imza veri tabanlarında olmayan yeni saldırıların saptanması daha olasıdır. Anomali tabanlı sistemler matematiksel ve istatistiksel yaklaşım ile çalıştıklarından çok fazla nitelik değerine ihtiyaç

duymaktadırlar, imza tabanlı sistemler ise belirli nitelikleri kullanılarak yapılandırılabilirler.

IDS sistemleri saldırı sınıflandırması yaptıktan sonraki aksiyonuna göre aktif ve pasif olarak ikiye ayrılmaktadır. Aktif IDS sistemleri saptadıkları saldırılar karşısında ilgili IP paketlerini engellemek gibi çeşitli engelleyici aksiyonlar alabilirken, pasif IDS sistemleri herhangi bir aksiyon almamakta sadece önceden belirlenmiş yöntemlerle ikaz sürecini işletmektedir.

IDS sistemleri kurulum yerlerine göre ise uç nokta temelli ve ağ temelli olarak ikiye ayrılmaktadır. Uç nokta temelli IDS sistemlerinde sistem uç noktalara kurulmakta ve kuruldukları cihazlardaki işletim sistemi logları ya da uygulama logları üzerinde çalışmaktadır. Uç nokta temelli IDS sistemlerinin cihazdaki işletim sistemi ile uyumlu olması gerektiğinden kurulumu zor ve zahmetlidir. Ağ temelli IDS sistemleri ise ağ üzerindeki cihazlara konumlandırılarak akan trafiği denetlemektedir ve işletim sistemi bağımsız olduklarından kurulumları daha kolaydır. Başarı performansı açısından uç nokta temelli IDS sistemleri başarılı olamayabilmektedir, çünkü çok fazla sayıda ve farklı tiplerdeki log kayıtlarını incelemeleri gerekmektedir, ancak ağ temelli IDS sistemleri anlık olarak çalışmakta ve standart IP paketleri üzerinde başarılı bir performans sergilemektedir. İlişkilendirme yönetimi açısından uç nokta temelli IDS sistemlerinde sistem logları üzerinden saldırılar ilişkilendirilmektedir, ağ temelli IDS sistemlerinde ise IP adresleri ve tarih ikilisi üzerinden saldırılar ilişkilendirilebilmektedir. Uç nokta temelli IDS sistemleri genel olarak ağın durumunu analiz edememektedir. Ağ temelli IDS sistemleri ise kuruldukları cihaz üzerinden akan trafiğin durumunu analiz edebilmektedir.

Veri kaynağı olarak uç nokta temelli sistemler işletim sistemi ya da uygulamaların loglarını kullanmaktadır. Ağ temelli IDS sistemleri ise internet haberleşme protokollerindeki paket içeriklerini kullanmaktadır. Paketler başlık ve yükten oluşmaktadır. Başlık kısmında paketin internet ağı boyunca iletilmesi için gerekli konfigürasyonlar bulunmaktadır. Yük kısmında ise paketin gönderilme amacı olan iki uç nokta arasındaki iletişimin verisi bulunmaktadır. IDS sistemleri paketin işlenmesine göre paket ve akış bazlı olarak ikiye ayrılmaktadır. Paket bazlıda tüm paket içeriği incelenirken, akış bazlıda paketin yük kısmındaki veri incelenmemektedir. Akış bazlı paketin yük kısmı ile işlem yapmadığından daha performanslı çalışabilmektedir, ancak tüm paketi işlediğinden paket bazlı IDS sistemleri daha güvenilir olabilir olabilmektedir.

Pek çok IDS sistemi paket bazlı çalıştığı için çoğu paketi kendi özelinde değerlendirmekte, paketin diğer paketlerle olan ilişkisini(bağlamını) göz ardı etmektedir. 2017 yılında Aleroud tarafından yapılan çalışmada bu

konu incelenmiş ve IDS sistemlerinin aşağıdaki beş farklı şekilde ilişki temelli hale getirilebileceği ortaya konulmuştur [4]. İlişkisellik paketlerin gelme zamanının üzerinden elde edilebilmektedir, örneğin bir IP adresi üzerinden son bir saat içinde gelen saldırılar olduysa bu şablonun devam etme olasılığı fazladır. İlişkiselliğin bir başka boyutu da lokasyon bilgisidir, örneğin çok fazla saldırı paketinin çıktığı ülkelerden çıkan paketlerin saldırı olma olasılığı diğer ülkelere göre fazla olabilmektedir. Üçüncü ilişkisellik ise paketlerin kendi aralarında olan ilişkilerdir, bu maddeye de bir adresten başka bir adrese sıklıkla saldırı paketi gitmekte ise yeni paketlerin de saldırı olma ihtimali artacaktır. Dördüncü ilişkisellik ise paketleri diğer paketlerden ayıran niteliklerdir. İnternette her ne kadar pek çok saldırı olsa da akan paketler büyük oranda saldırı değildir. Bu sebeple paketler arasında farklılık içeren nitelik değerlerine sahip olan paketlerin saldırı olma ihtimali yüksek olmaktadır. Son ilişkisellik ise uç sistemlerdeki paket alımı ya da gönderimi sonrasındaki aktivitelerdir. Bu aktiviteleri ağ temelli IDS sistemleri izleyememektedir, ancak uç temelli IDS sistemleri bu aksiyonları izleyerek aynı aksiyon gerçekleşmesine sahip olan paketlerin aynı sınıfa sahip olma olasılığını saptayabilmektedir.

Bu çalışmada paketler arası ilişki üzerinde çalışılarak IDS sisteminin performansının artırılmasına yönelik yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemde paketler arası ilişkilerin verimli bir şekilde ele alınabilmesi için GraphSage algoritması ile çizge yerleştirme (graph embedding) yapılarak nitelik çıkarımı ile zenginleştirilmiş nitelikler elde edilmiştir. Buna göre edinilen yeni niteliklerle saldırı tespit sistemlerinin makine öğrenimi performansına yönelik geliştirmelere odaklanılmıştır.

IDS Sistemlerinde Makine Öğrenmesi

Makine öğrenmesi belirli bir görevi yapabilmek için geçmiş veri üzerinden matematiksel ve istatistiksel modeller oluşturularak bilgisayarın herhangi bir yazılım olmadan öğrenme kabiliyeti kazanmasıdır. Makine öğrenmesi pek çok alanda kullanılmaktadır, bu çalışma kapsamında işleneceği gibi IDS sistemlerinde de sıklıkla kullanılmaktadır. IDS sistemlerinde makine öğrenmesinin sıklıkla yapılmasının iki sebebi bulunmaktadır. İlki internetin doğası gereği oldukça veriye sahip olmasıdır. İkinci sebep ise internet protokol paketlerinin başlık kısımlarının standart olmasıdır. Kendi içinde standart olan büyük verinin olduğu her yerde makine öğrenmesi en iyi seçeneklerden biri olmaktadır.

Makine öğrenmesi genel anlamda denetimli, denetimsiz ve yarı-denetimli olarak üçe ayrılmaktadır. Denetimli öğrenmede kullanılan veri bir çıktı sınıfı içermektedir ve kullanılan modeller bu çıktı sınıfına göre adapte edilmektedir. Denetimsiz makine öğrenmesinde bir çıktı sınıfı yer almamakta ve makine öğrenmesi algoritması veri içindeki saklı şablonları

analiz etmektedir. Bu işlem gruplandırma, ilişki analizi veya boyut azaltma ile elde edilmektedir. Yarı-denetimli öğrenmede ise her iki öğrenme tipi kullanılarak ikisinin de iyi yanlarından faydalanılmaktadır.

IDS sistemlerinde kullanılan geleneksel denetimli makine öğrenmesi algoritmaları Karar Ağaçları, Yapay Sinir Ağları, Destek Vektör Makineleri, K-En Yakın Komşu, Naive Baye ve Lojistik Regresyon olarak belirtilmektedir. Bu algoritmalar hibrit olarak birlikte kullanılarak farklı teknikler de oluşturulabilmektedir [5]. Geleneksel algoritmaların dışında derin öğrenme modelleri de bulunmaktadır. Ancak yapılan araştırmalar verinin çok olduğu durumlarda geleneksel makine öğrenmesi algoritmalarının daha iyi sonuç verebildiğini ortaya koymuştur [6]. Bu sebeple IDS sistemlerindeki geleneksel makine öğrenmesi yöntemleri bu çalışmada ele alınacaktır. Aşağıda geleneksel makine öğrenmesi algoritmaları hakkında bazı detaylar aşağıda listelenmiştir.

Karar Ağacı: Verinin sıralı kurallara göre sınıflandırılmasına dayanmaktadır. Veri homojen gruplara ayrılarak ağaç tipinde kırımlı bir şekilde bölümlenmektedir. Ağacın en alt yaprakları sınıfları içermektedir ve bilinmeyen çıktıya sahip girdilerin sınıf değeri ağacın en üstünden başlayarak en alt yapraklara kadar inilerek bulunmaktadır. Karar ağacı kurulurken faydasız nitelikler otomatik olarak ağaç kapsamı dışında kalmaktadır. Ağaç oluşturulurken ilk olarak nitelik seçimi yapılmakta, sonra ağaç oluşturulmakta ve son olarak budama işlemi yapılmaktadır. Olumsuz yön olarak hangi çıktı sınıfı fazla ise algoritma o yönde eğilime sahip olmaktadır [7].

Yapay Sinir Ağı: Beynin çalışma mantığı esas alınarak hazırlanan bu algoritma; girdi, çıktı ve gizli ara katmanlara sahiptir. Bitişik katmanlar birbiri ile ilişkilidir. Doğrusal olmayan fonksiyonlara uyum sağlama yönü kuvvetlidir, ancak bu durum modele fazla uyum sağlama (overfitting) riskini de beraberinde getirmektedir. Model eğitimi karmaşık olduğundan zaman ve kaynak harcaması oldukça yüksektir [8].

Destek Vektör Makinesi: n boyutlu nitelik uzayında maksimum hyperplane ayırımını kullanan bir algoritmadır. Ayırım sürecinde az sayıda destek vektörü kullanıldığından az sayıda veri içeren veri setlerinde kullanılabilir, büyük veri setlerinde ise performansı düşmektedir. Hyperplane ayırımı doğrusal problemlerde başarılıdır, ancak doğrusal olmayan problemlerde gürültüden çok etkilenmekte ve beklenen performans alınamamaktadır. Bunu önlemek için ise kernel fonksiyonu kullanılarak orijinal uzay, yeni bir uzaya taşınarak gürültü uzaydan uzaklaştırılmaktadır. Ancak kernel parametreleri doğru seçilmezse gürültü uzaklaştırılamamaktadır, sonuç olarak genel performans kernel parametrelerine bağlı olmaktadır [9].

K-En Yakın Komşu: Yeni örneğin en yakın komşularının sınıf değerine sahip olma olasılığının yüksek olması ihtimaline dayanan bir algoritmadır. Algoritmanın adında geçen K kaç komşunun sınıf değerine bakılacağını belirtmektedir. K değeri 3 alınırsa örneğin sınıf değeri en yakın üç komşunun sınıf değerlerine göre belirlenmektedir. Sınıf değeri sadece K sayıdaki en yakın komşusu üzerinden belirlendiği için K algoritmanın performansını oldukça etkilemektedir. K küçük olursa model karmaşıklaşmakta ve modele fazla uyum sağlama(overfitting) riski olmaktadır. K büyük olursa model basitleşmekte ancak performans düşmektedir. Bu algoritmanın iyi yönleri; büyük veri setlerinde performansının iyi olması, gürültüye dayanıklı olması, doğrusal olmayan veriye uygun olması, sadece komşu veriyi kullandığından eğitim süresinin kısa olmasıdır. Kötü yönü ise eğitim verisinde az geçen sınıflar için performansının düşük olması, test süresinin uzun olması ve K parametresine çok bağımlı olmasıdır [10].

Naive Bayes: Nitelik bağımsızlığı hipotezine dayalı bir algoritmadır. Nitelik temelli veri setlerinde diğer algoritmalarla kıyasla daha başarısız olabilmektedir. Ancak gürültüden az etkilenmesi ve aşamalı öğrenim yapabilmesi çeşitli uygulamalarda kullanımına olanak sağlamaktadır [11].

Lojistik Regresyon: Doğrusal veri setleri üzerinde kullanılabilen bir algoritmadır. Doğrusal olmayan veri setleri üzerinde iyi performans sergileyememektedir. Modelin eğitimi oldukça kolaydır ve ölçeklenebilirdir, ancak sadece lineer veri setlerinde kullanılabildiğinden kullanım alanı kısıtlıdır. Olumsuz yön olarak modele fazla uyum sağlamaya(overfitting) yatkın bir algoritmadır [12].

Makine öğrenmesi algoritmalarının performansları bazı metrikler ile ölçülmektedir. Bu şekilde ilgili problem için hangi modelin daha doğru sonuç verdiği ölçülebilmektedir. Bu çalışmada Doğruluk, Kesinlik, Duyarlılık ve F1-Skor metrikleri kullanılmıştır ve bu metriklerin hesaplanmasında kullanılan elemanlar Tablo 1’de bulunurken; denklemler Tablo 2’de bulunmaktadır.

Tablo 1. Performans Metrik Elemanları

Karışıklık Matrisi (Confusion Matrix)		Tahmin Edilen	
		Saldırı	Normal
Gerçekleşen işlem/olay	Saldırı	DP: Doğru Pozitif Esas sınıf ve tahmin edilen sınıf aynı değere sahip, ikisi de saldırı	YN: Yanlış Negatif Esas sınıf saldırı ancak hesaplanan değer sınıf Normal
	Normal	YP: Yanlış Pozitif Esas sınıf normal ancak hesaplanan sınıf saldırı	DN: Doğru Negatif Esas sınıf ve hesaplanan sınıf aynı değere sahip, ikisi de normal

Tablo 2. Performans Metrikleri

Doğruluk	$\frac{D P + D N}{+ Y P + D N + Y N}$
Kesinlik	$\frac{D P}{+ Y P}$
Duyarlılık	$\frac{D P}{+ Y N}$
F1-Skor	$2 \times \frac{K e s i n l i k \times D u y a r l ı l ı k}{+ D u y a r l ı l ı k}$

Makine Öğrenmesinde Nitelik Çıkarımı ve Seçimi

IDS makine öğrenmesi algoritmalarının beklenen başarı düzeyinde ve performansında çalışabilmesi için veri boyutunun ve karmaşıklığının belirli bir düzeyde kalması gerekmektedir. Aksi takdirde bir paketin saldırı olup olmadığının tespit edilebilmesi için çok fazla nitelik inceleneceğinden çok fazla işlemci gücü harcanması gerekecek ve IDS sistemlerinin gerçek hayatta işlevsel hale gelmesi mümkün olmayacaktır. IDS sistemlerinin başarısı için niteliklerin sayısı ve önemi sınıflandırma sonucunu doğrudan etkilemektedir. Bu sebeple doğru nitelikler seçilerek IDS sistemlerinin hem performansı artırılabilir hem de başarı oranı artırılabilir. IDS sistemlerinin doğru nitelikler ile kurgulanabilmesi nitelik çıkarımı ve nitelik seçimi olarak iki ayrı yöntem bulunmaktadır.

Nitelik çıkarımı mevcut veri setindeki nitelikler kullanılarak yeni ve daha faydalı bir nitelik elde etme sürecidir. Nitelik çıkarımı uygulanma tekniğine göre denetimli ve denetimsiz olarak ikiye ayrılmaktadır. Denetimsiz nitelik çıkarımında verinin sınıfı kullanılmadan sadece verideki

dağılımlar ve şablonlar kullanılmaktadır. Kullanılan yöntemler; Principal Component Analysis, Dual Principal Component Analysis, Kernel Principal Component Analysis, Multidimensional Scaling, Isomap, Locally Linear Embedding, Laplacian Eigenmap, Maximum Variance Unfolding, Autoencoders & Neural Networks, Distributed Stochastic Neighbor Embedding olarak sıralanabilmektedir. Denetimli nitelik çıkarımında ise verinin sınıfı baz alınmaktadır. Kullanılan yöntemler; Fisher Linear Discriminant Analysis, Kernel Fisher Linear Discriminant Analysis, Supervised Principal Component Analysis, Metric Learning olarak sıralanmaktadır [13].

Nitelik seçimi mevcut veri üzerindeki en iyi performansı ve en iyi doğruluğun elde edilmesine yarayacak en iyi alt nitelik kümesinin elde edilmesidir. IDS sistemlerinde paket başlıklarındaki alanların sistem performansı için en faydalı olabileceklerinin tespit edilmesinde kullanılmaktadır. Genellikle information gain (IG) ve genetik algoritma (GA) metodları kullanılmaktadır [14].

Bu çalışmada mevcut nitelik çıkarımı yöntemlerinden farklı olarak çizge yerleştirme temelli nitelik çıkarımı yöntemi önerilmektedir. Bu yöntemle IDS sistemlerindeki makine öğrenimi algoritmalarının performansının artırılması ve IDS sistemlerinin daha güvenilir hale getirilmesi hedeflenmektedir.

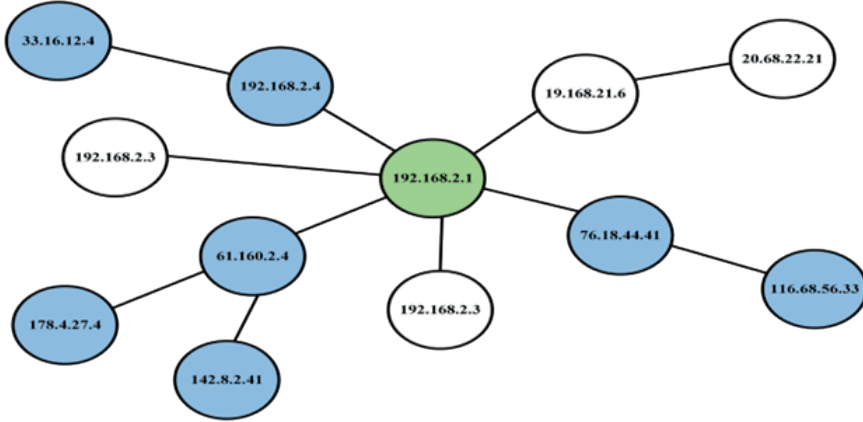
Çizge ve Çizge Yerleştirme (Graph Embedding)

Verilerin kendi arasında ilişkili olması durumunda bu ilişkiselliği en iyi yansıtabilecek yapı çizge yapısıdır. Bu sebeple dil bilimi gibi ađ yapısı üzerinden şekillendirilebilen alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Çizgelerde düğüm ve ilişkiler yer almaktadır. Düğüm aktarılan verinin ana bileşenini içermektedir. Düğüm arasındaki entegrasyonlar ise ilişki olarak isimlendirilmektedir. Her düğüm ve ilişki kendi içinde çeşitli tanımlayıcı nitelik değerleri tutabilmektedir. İki düğüm arasında benzerlik ilişki içinde yer alan ağırlık ile tanımlanmaktadır. Çizge sıklıkla düğüm arasındaki olası ilişkilerin ortaya çıkarılmasında kullanılmaktadır, bu kullanıma örnek olarak sosyal medya bilgilerinden yeni bağlantı önerileri sunmak ya da müşteri satın alma geçmişinden müşteriye yeni ürünler önerilmesi gösterilebilmektedir. Çizge sistemlerin bir diğer kullanım örneği de düğümün sınıf değeridir, çizge ortama aktarılan yeni bir düğüm diğer düğümün esas alınarak olası sınıf değeri elde edilebilmektedir. İlave olarak gruplandırma işlemlerinde de kullanılabilmektedir, çizge ortamdaki veri diğer düğümle olan ilişkisine göre kendi aralarında gruplanabilmektedir. Bu çalışmada da kullanılacak iki kullanım alanı ise görselleştirme ve çizge yerleştirmedir. Görselleştirme ile çizge ortama aktarılan verilerin ilişkiselliği çizge ortamda daha net görülebilmekte ve analiz edilebilmek-

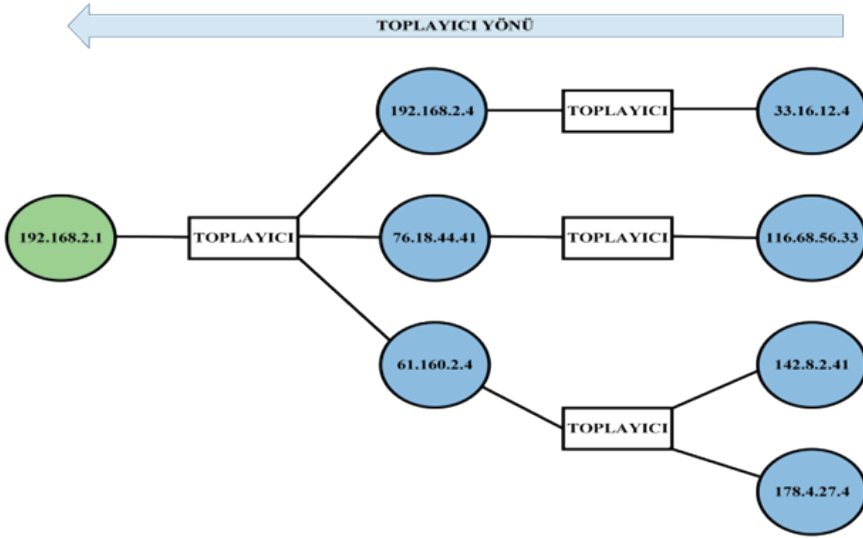
tedir. Çizge yerleştirme ile düğümün diğer düğümlere göre matematiksel karşılığı elde edilmektedir.

IDS sistemleri temelde haberleşme protokol paketlerini incelemektedir ve bu paketler bir kaynak IP adresinden hedef IP adresine gitmektedir. IP adresleri arasındaki bu paket hareketleri IDS sistemlerini çok ilişkili veriler ile çalışmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada IDS sisteminin kullandığı veri setindeki IP adresleri düğüm, IP paketlerinin diğer içeriği ilişki ve ilişki nitelikleri olarak tanımlanarak veri setinin çizge ortamdaki karşılığı elde edilecektir. Elde edilen çizge veri tabanında görsel analizler yapılabilecek ve ağ üzerinde kontrol arttırılacaktır. Sonrasında her düğüm yani IP adresi için çizge yerleştirme yapılacaktır. Çizge yerleştirme her düğüm için diğer düğümler ile olan ilişkilerin korunarak düğümün vektörel eşleniğinin elde edilmesidir. Düğümleri matematiksel olarak ifade edebildiği için makine öğrenmesi dahil pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu özellikleri sebebiyle çizge yerleştirme bu çalışma kapsamında IDS sisteminin ilişkiselliğinin veri setine eklenmesi için kullanılacaktır. Çizge yerleştirme yöntem kategorileri Faktörizasyon, Random Walk, Derin Öğrenme olarak üçe ayrılmaktadır. Faktörizasyon altında LLE, Laplacian Eigenmaps, Graph Factorization, GraRep, Hope metotları bulunmaktadır. Random Walk altında DeepWalk, node2vec ve GraphSage bulunmaktadır. Derin öğrenme altında ise SDNE, DNGR ve GCN algoritmaları bulunmaktadır [15]. Bu çalışmada kullanılacak olan GraphSage algoritması ile zengin öznitelik değerine sahip düğümlerin vektörel karşılığı komşuları ile ilişkisine göre örneklenip toplanarak elde edilmektedir [16].

GraphSage algoritmasının ismi “Graph Sample and aggreGatE” kısaltmasından gelmektedir. Tanımda “Sample” olarak ifade edilen kısım tüm düğümler için değil seçilen örnek düğümler üzerinden çalışmasını ifade etmektedir. Şekil 1’de örnek bir IDS sisteminin çizge ortamdaki karşılığı gösterilmiştir. Vektörel karşılığı elde edilmek istenen düğümün 192.168.2.1 olduğu durumda iki derinlik değeri için seçilen örnek komşu düğümler ve onların ilişkili düğümleri mavi renkle gösterilmiştir. Derinlik olarak ifade edilen değer esas düğümden kaç düğüm geri gidileceğini ifade etmektedir, çok büyük bir derinlik seçilirse çok fazla düğüm sürece dahil olacağından tüm düğüm vektörleri çok yakın değerler alabilmektedir. Bu sebeple derinlik değeri genellikle 2 ya da 3 alınmaktadır. Örneklem adımları tamamlandıktan sonra kısaltmada yer alan “aggreGatE” kısmı başlamaktadır. Şekil 2’de gösterildiği üzere en alt düğümlerden başlanarak her düğümün değeri elde edilmekte ve Toplayıcı fonksiyonu üzerinden alt düğümlerin değerleri tekilleştirilerek üst düğüme aktarılmaktadır. Bu şekilde vektörel değeri elde edilmeye çalışılan esas düğümün değeri alt düğümlerin değerlerinin toplamından elde edilebilmektedir. Bu şekilde de ilişkisellik sağlanmaktadır.



Şekil 1. GraphSage komşu düğüm örnek seçimi



Şekil 2. GraphSage - 2 derinlikli toplayıcı vektör hesaplama

Literatür Taraması

Yapılan literatür taramasının sonuçları Tablo 3'te paylaşılmıştır. Bu alanda yapılan çalışmalar incelendiğinde performansa yönelik bilimsel çalışmaların sağlanmasına gereksinim duyulduğu anlaşılmaktadır.

Tablo 3. Literatür Taraması

Çalışma Kaynağı	Yıl	Önem
[4]	2017	Saldırı tespit sistemlerinde bağlamın önemini vurgulayan, neden çizge kullanılması gerekliliğini ön plana çıkaran detaylı bir literatür taraması
[17]	2021	Mevcut makine öğrenmesi algoritmalarının sadece paket bazlı işlediği, tüm veri seti üzerinde ilişkileri temsil etmediği anlatılmıştır. Bu durumu önlemek için ise çizge üzerinden makine öğrenmesi sürecine destek olunması anlatılmıştır.
[18]	2021	GAT ve GraphSage algoritmalarına eklemeler yapılarak E-GraphSAGE ve E-ResGAT algoritmalarının türetilmesi ve IDS üzerinden çalışması
[19]	2021	Çizge yerleştirme ile IDS sistemi yöntemi önerilmesi
[20]	2021	Çizge üzerinde zafiyet içeren düğümlerin tespit edilmesine dayalı IDS
[21]	2022	GraphSage algoritması kullanılarak IDS uygulama yöntemi
[22]	2022	IDS sisteminin çizge üzerinden ilişkisel kabiliyetler kazanması ile öğrenim sürecindeki verimin artırılması

Yapılan literatür çalışmasında GraphSage algoritmasının IDS sistemlerinde kullanım örnekleri bulunmuştur. Ancak GraphSage algoritmasının çıktısının alınarak bir vektör elde edilip nitelik çıkarımı yapılarak geleneksel makine öğrenimi algoritmalarının performanslarının iyileştirilmeye çalışılmasının örneği saptanamamıştır. Bu çalışmada literatüre GraphSage algoritmasının nitelik çıkarımında kullanımı incelenerek katkı sağlanacaktır ve yeni bir yöntem önerilecektir.

Veri Seti

Çalışmada Avustralya Siber Güvenlik Merkezi'nin Siber Menzil Laboratuvarındaki IXIA PerfectStorm aracı kullanılarak üretilen UNSW_NB15 veri seti kullanılmıştır [23]. Bu veri setinde olan ve çizge ortamda düğüm oluşturma aşamasında kullanılan nitelikler Tablo 4'teki gibidir. Veri setindeki Tablo 5'te yer alan diğer nitelikler düğümler arası ilişkilere ilişkin niteliği olarak eklenmektedir. Pakette yer alan niteliklerin bir kısmı paketin protokol yöntemi ile alakalı olduğundan bu niteliklerin düğüme eklenmesi durumunda düğüm sayısı katlanarak artacaktır ve yönetilemez olacaktır, bu sebeple düğüm olarak değerlendirilmesi uygun olmayan tüm nitelikler ilişkiye ilişkin niteliği olarak eklenmektedir.

Tablo 4. *Veri setindeki düğüm oluşumunda kullanılan nitelikler*

Nitelik Adı	Açıklama
IPV4_SRC_ADDR	Kaynak IP adresi
IPV4_DST_ADDR	Hedef IP adresi
Label (etiket)	0 ya da 1, saldırı olup olmama durumu

Tablo 5. *Veri setindeki ilişkilerin oluşumundaki nitelikler*

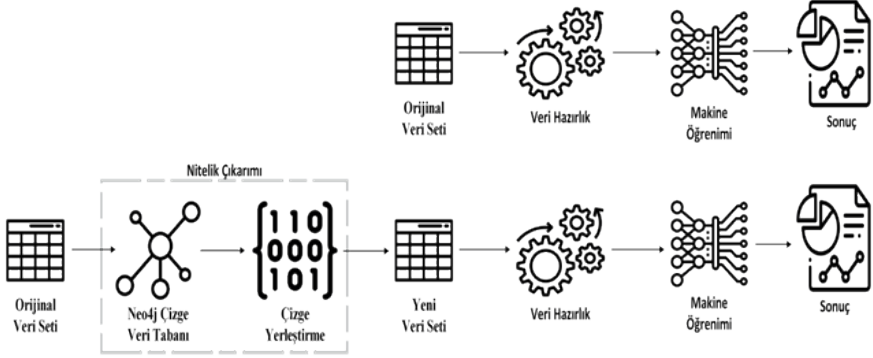
sport	Dpkts	tcprtt
dsport	swin	synack
proto	dwin	ackdat
state	stcpb	is_sm_ips_ports
dur	dtepb	ct_state_ttl
sbytes	smeansz	ct_flw_http_mthd
dbytes	dmeansz	is_ftp_login
sttl	trans_depth	ct_ftp_cmd
dttl	res_bdy_len	ct_srv_src
sloss	Sjit	ct_srv_dst
dloss	Djit	ct_dst_ltm
service	Stime	ct_src_ltm
Sload	Ltime	ct_src_dport_ltm
Dload	Sintpkt	ct_dst_sport_ltm
Spkts	Dintpkt	ct_dst_src_ltm

IDS Sistemlerinde Çizge Yerleştirme ile Nitelik Çıkarımı Yöntemi

Bu çalışma önerilen yöntemle ilk olarak IDS sisteminin çizge veri tabanında karşılığı elde edilecektir. Bunun için ilk olarak veri setinde bulunan hedef ve kaynak IP adres kolonlarında yer alan her eşsiz IP adres değeri için çizge veri tabanlarında bir düğüm oluşturulacaktır. Oluşturulan düğümlere ne kadar sayıda saldırı paketiyle ilişkili olduklarının sayısı ağırlık niteliği olarak atanacaktır. Sonrasında veri setindeki her bir paket için kaynak IP adresinden hedef IP adresine bir ilişki oluşturulmaktadır. IP paketi eğer veri setinde saldırı sınıfına sahip ise oluşturulan ilişki de saldırı tipinde etiketlenilmektedir, aksi durumda normal ilişki olarak etiketlenilmektedir. Pakette yer alan diğer nitelikler ilişkiye ilişkin nitelikleri olarak eklenmektedir. Bu işlemler sonrasında IDS sisteminin çizge eşleniği elde edilmiş olmaktadır.

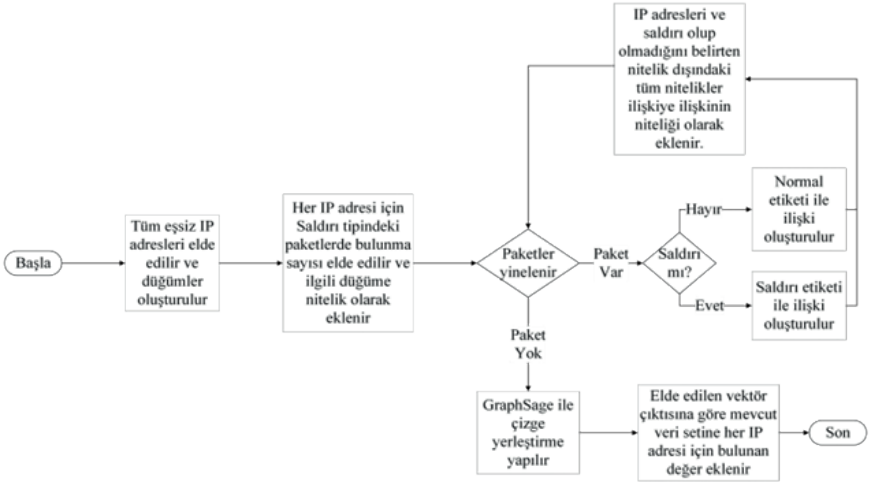
Yöntemin ikinci adımında her düğümün vektörel eşdeğerinin elde edilmesi için çizge yerleştirme algoritmalarından GraphSage algoritması kullanılarak düğümlerin yani IP adreslerinin 1 boyutlu vektörel karşılıkları elde edilmektedir. Her IP adresi için elde edilen bu değer normali-

ze edilmekte ve orijinal veri setine eklenen ek kolona IP adres bazında yazılmaktadır. Şekil 3'te önerilen yöntemin ve standart yöntemin akışı gösterilmektedir.



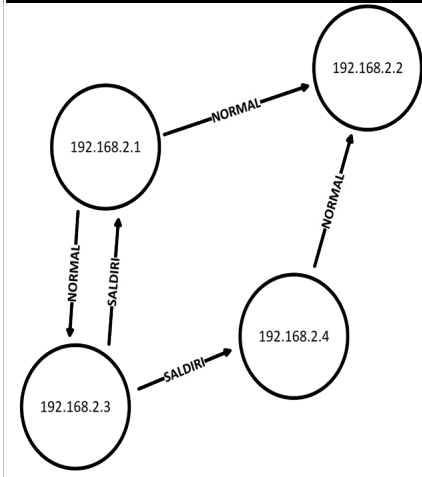
Şekil 3. Önerilen yöntem akış süreci (üstteki standart yaklaşım, alttaki önerilen yöntem)

Şekil 3'te yer alan "Nitelik Çıkarımı" [24] modülünün detaylı akış şeması Şekil 4'teki gibidir.

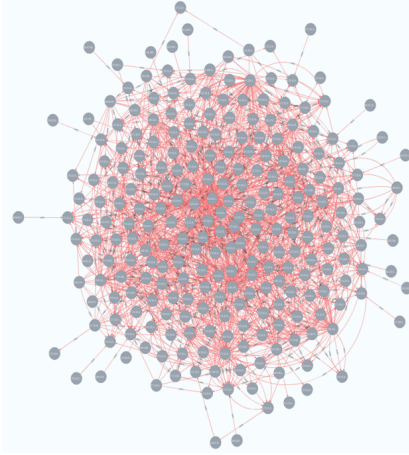


Şekil 4. Nitelik çıkarımı süreci

Neo4j [25] çizge veri tabanına aktarılan veriler IP adreslerini betimleyen düğümler ve bu düğümler arasındaki saldırı ya da normal paket akışlarını içeren ilişkileri içermektedir. Aktarılan verilerin Neo4j ortamındaki temsili görünümü Şekil 5'teki gibi olmaktadır. Neo4j veri tabanındaki gerçek görüntü ise Şekil 6'daki gibidir. Bu görüntü sayesinde ağın görsel eşleniği elde edilebilmekte ve güvenlik analizlerinin daha görsel ve verimli bir şekilde ele alınması sağlanmaktadır.



Şekil 5. Çizge IDS yapısı



Şekil 6. Neo4j çizge görüntüsü

Nitelik çıkarımı sonucunda her IP değeri için bir çizge yerleştirme vektör değeri elde edilmiştir ve bu değer veri setine hedef IP adresine göre eşleştirilerek “EMBEDDED_VALUE” adında yeni bir nitelik olarak eklenmiştir. Son durumda Tablo 5 ve Tablo 6’daki niteliklere ek olarak “EMBEDDED_VALUE” niteliği de veri setine eklenmiş olmaktadır. Yeni elde edilen niteliğin makine öğrenmesi sürecine katkısının değerlendirilebilmesi için orijinal veri seti ve nitelik çıkarımı uygulanmış veri seti Naive Bayes, Karar Ağacı, K-En Yakın Komşu ve Lojistik Regresyon algoritmaları ile sınanmıştır [26]. Tablo 6’da orijinal veri seti ile yapılan makine öğrenmesi algoritmalarının performans metrikleri bulunmaktadır. Tablo 7’de ise nitelik çıkarımı ile yeni nitelik eklenen veri seti ile yapılan makine öğrenmesi yöntemlerinin performans metrikleri bulunmaktadır.

Tablo 6. Orijinal veri seti makine öğrenmesi sonuçları

Algoritma	Saldırı (1) Normal (0)	Kesinlik	Duyarlılık	F1-Skor	Doğruluk
Naive Bayes	0	1.00	0.97	0.98	0.9723
	1	0.82	0.99	0.90	
Karar Ağacı	0	1.00	1.00	1.00	1.0
	1	1.00	1.00	1.00	
K-En Yakın Komşu	0	0.95	0.99	0.97	0.9376
	1	0.86	0.59	0.70	
Lojistik Regresyon	0	1.00	1.00	1.00	0.9983
	1	0.99	0.99	0.99	

Tablo 7. Önerilen yöntem ile elde edilen veri seti makine öğrenmesi sonuçları

Algoritma	Saldırı (1) Normal (0)	Kesinlik	Duyarlılık	F1-Skor	Doğruluk
Naive Bayes	0	1.00	0.97	0.98	0.9723
	1	0.82	0.99	0.90	
Karar Ağacı	0	1.00	1.00	1.00	1.00
	1	1.00	1.00	1.00	
K-En Yakın Komşu	0	0.95	0.99	0.97	0.9376
	1	0.86	0.59	0.70	
Lojistik Regresyon	0	1.00	1.00	1.00	0.9984
	1	1.00	0.99	0.99	

Yapılan çizge yerleştirme temelli nitelik çıkarımı metodu sonucunda Lojistik Regresyon algoritmasının doğruluğu 0.99'dan 1.00'a arttığı anlaşılmıştır. Diğer algoritmalarda ise aynı sonuçlar elde edilmiştir. Bunun sebebi diğer algoritmaların mevcut veri seti ile yüksek performans ile çalışabilmesi olarak değerlendirilmektedir. Daha kapsamlı analizlerle farklı nitelikteki veri setleri üzerinde yapılabilecek çalışmalarda algoritmaların performanslarının beklenen düzeyde artırılabilceği vurgulanmıştır.

Sonuç

Bu çalışmada geleneksel IDS sistemlerinin makine öğrenimi performansının artırılması kapsamında çizge yerleştirme temelli nitelik çıkarımı yöntemi önerilmiş ve önerilen bu yöntem UNSW_NB15 veri seti üzerinde dört farklı makine öğrenimi algoritmasıyla test edilmiştir. Çalışma neticesinde Lojistik Regresyon algoritmasında performansın artırıldığı saptanmıştır. Bu sonuç sayesinde çizge yerleştirme temelli nitelik çıkarımı algoritmalarının saldırı tespit sistemleri kullanımında performans artırıcı bir etken olarak kullanılabileceği ve böylece güvenliğin artırılabilceği ortaya konulmuştur. Ayrıca çizge ortama aktarılan IDS veri seti üzerinde ağ durumunun grafiksel olarak incelenebileceği ve bu şekilde güvenlik analizlerinin görsel tekniklerle yapılabileceği saptanmıştır. Gelecekte odaklanılması planlanan çalışmalarda, farklı mekanizmalar sunan makine öğrenimi/derin öğrenme algoritmaları ile daha geniş ölçekte veri setleri üzerinde kapsamlı analizlerin yapılması ve bu yaklaşımın daha detaylı değerlendirilmesi sağlanabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Anderson, J. P. Computer Security Threat Monitoring and Surveillance; Technical Report; James P. 1980, Anderson Company: Philadelphia, PA, USA.
2. S. Aljawarneh, M. Aldwairi, and M. B. Yassein, 2018, Anomaly-based intrusion detection system through feature selection analysis and building hybrid efficient model”, Journal of Computational Science, 25, 152-160.
3. Mohiuddin Ahmed, Abdun Naser Mahmood, Jiankun Hu, A survey of network anomaly detection techniques, Journal of Network and Computer Applications, 2016.
4. Ahmed Aleroud, George Karabatis, Contextual information fusion for intrusion detection: a survey and taxonomy, Knowledge Information System 52:563-619, 2017.
5. Hongyu Liu, Bo Lang, 2019, Machine Learning and Deep Learning Methods for Intrusion Detection Systems: A survey , Applied Sciences.
6. Michele Banko, Eric Brill, 2001, Scaling to Very Very Large Corpora for Natural Language Disambiguation, Microsoft Research.
7. Kajal Rai, M. Syamala Devi, Ajay Guleria, 2015, Decision Tree Based Algorithm for Intrusion Detection, Advanced Networking and Applications.
8. Bhavin Shah, Bhushan H Trivedi, 2012, Artificial Neural Network based Intrusion Detection System: A Survey, International Journal of Computer Applications.
9. Manjiri V. Kotpalliwar, Rakhi Wajgi, 2015, Classification of Attacks Using Support Vector Machine (SVM) on KDDCUP'99 IDS Database, Fifth International Conference on Communication Systems and Network Technologies.
10. Yihua Liao, V. Rao Vemuri, 2002, Use of K-Nearest Neighbor classifier for intrusion detection, Computers & Security.
11. Mrutyunjaya Panda, Manas Ranjan Patra, 2007, Network Intrusion Detection Using Naive Bayes, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, v.7, no.12.
12. Elham Besharati, Marjan Naderan, Ehsan Namjoo, 2018, LR-HIDS: logistic regression host-based intrusion detection system for cloud environments, Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing.
13. Rizgar R. Zebari, Diyar Zeebaree, Adnan Mohsin Abdulazeez, Dilovan Zebari, 2020, A Comprehensive Review of Dimensionality Reduction Techniques for Feature Selection and Feature Extraction, Journal of Applied Science and Technology Trends.

14. J. R. Vergara, P. A. Estevez, 2014, A review of feature selection methods based on mutual information, *Neural Computing and Applications*, vol. 24, no. 1, pp. 175-186.
15. P. Goyal, E. Ferrara, 2018, Graph embedding techniques, applications, and performance: A survey, *Knowledge-Based System*.
16. William L. Hamilton, Rex Ying, Jure Leskovec, 2018, Inductive Representation Learning on Large Graphs, 31st Conference on Neural Information Processing Systems.
17. David Pujol-Perich, Jose Suarez-Varela, Albert Cabellos-Aparicio, Pere Barlet-Ros, Unveiling the potential of Graph Neural Networks for robust Intrusion Detection, *Public. History*, 2021.
18. Liyan Chang, Paula Branco , 2021, Graph-based Solutions with Residuals for Intrusion Detection: the Modified E-GraphSAGE and E-ResGAT Algorithms, arXiv:2111.13597.
19. Zhichao Hu, Likun Liu, Haining Yu, Xiangzhan Yu, 2021, Using Graph Representation in Host-Based Intrusion Detection, *Artificial Intelligence for Cyberspace Security*.
20. Xiaokang Zhou, Wei Liang, Weimin Li, Ke Yan, Kevin I-Kai Wang, Shohei Shimizu, 2021, Hierarchical Adversarial Attacks Against Graph, *IEEE Internet of Things Journal* (v.9, i.12).
21. Wai Weng Lo, Siamak Layeghy, Mohanad Sarhan, Marcus Gallagher, 2022, E-GraphSAGE: A Graph Neural Network based Intrusion Detection System for IoT, *International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN)*.
22. Xiuzhang Yang, Guojun Peng, Dongni Zhang, Yangqi Lv, 2022, An Enhanced Intrusion Detection System for IoT Networks Based on Deep Learning and Knowledge Graph, *Security, Trust, and Privacy in Machine Learning and Internet of Things*.
23. <https://github.com/aslan89/IDS-Datasets>, Erişim tarihi: 5 Aralık 2022.
24. <https://github.com/aslan89/Graph-Embedding-Feature-Extraction-with-Python-for-Machine-Learning-Neo4j>.
25. Neo4j Graph Data Platform, <https://neo4j.com>.
26. <https://github.com/aslan89/Intrusion-Detection-System-for-9-Different-Machine-Learning-Algorithm>, 2022.

“

Bölüm 4

İÇTEN YANMALI MOTORLARDA LPG DÖNÜŞÜMÜ: DENEYSEL YAKLAŞIMLAR

Cemre POLAT¹

”

¹ Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Düziçi Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojisi Bölümü Düziçi, Osmaniye, TÜRKİYE
E-mail: cemrepolat@osmaniye.edu.tr

1. GİRİŞ:

LPG ("Otogaz" olarak da bilinir), esas olarak Propan, bütan ve diğer hafif hidrokarbonlardan oluşan, petrolün rafine edilme işlemi sırasında elde edilen, gaz halinde olan, ısıtma, kullanım ve taşımacılık için günümüzde sıklıkla tüketilen bir yakıt türüdür. Yaygın olarak basınç altında sıvılaştırılmış olarak kullanılır. LPG, benzin ve dizelden sonra içten yanmalı motorlar için en yaygın yakıt türüdür (Raslavičius vd., 2014). LPG, benzine benzer performans ve verimlilik sağlayabilen, temiz yanan ve nispeten ucuz bir yakıttır.

LPG kullanımı, içten yanmalı motorlarda benzin ve dizel motorların yerine LPG ile çalışan motorların kullanılmasını veya benzin ve dizel motorlarına ek olarak LPG ile çalışan bir sistemin eklenmesini gerektirir. İlk yöntem, LPG ile çalışan motorların kullanılmasını gerektirir ve bu tip motorlar sadece LPG ile çalışabilir. İkinci yöntem ise, benzin veya dizel motorlarına ek olarak LPG ile çalışan bir sistem eklenmesini gerektirir. Bu tip sistemler, motorların benzin veya dizel ile çalıştırılmasına da izin verir ve bu sayede motor sadece LPG ile değil, aynı zamanda benzin veya dizel ile de çalıştırılabilir.

LPG'nin araçlarda kullanımı, 1910'lu yılların başında az sayıda araçta başlamıştır. Başlangıçta, gaz yakıtlar içten yanmalı motorlarda öncelikli bir yakıt türü olarak kullanılmıştır. LPG, "çift yakıtlı" motor teknolojilerinin benimsenmeye başladığı 1950'lerin ortalarından bu yana daha popüler hale gelmiştir (Liu vd., 1997).

LPG kullanımı, araçlarda birçok avantaj sağlar. Öncelikle, LPG daha ucuz bir yakıt seçeneğidir ve bu sayede araç sahipleri benzin ve dizel gibi diğer yakıtlara göre daha az harcama yapar. Ayrıca, LPG daha çevreci bir seçenektir ve bu sayede araç sahipleri karbon emisyonlarını azaltmak noktasında LPG'yi daha sürdürülebilir bir seçenek olarak tercih ederler. Bu nedenle, LPG kullanımı, küresel ısınma ve diğer çevresel sorunların azaltılması için önemli bir adımdır. Yapılan araştırmalar sonucu birçok araştırmacı, LPG'nin NOx ve hidrokarbon emisyonlarını önemli ölçüde azaltma potansiyeline sahip olduğunu ve LPG'nin içeriğinde benzin veya motorine kıyasla çok az zararlı metal bileşik bulunduğunu öne sürmüştür (Sahoo vd., 2009; Sulaiman vd., 2013).

Bu kitap bölümünde literatürdeki başlıca LPG dönüşümü hakkında yapılmış çalışmalar, çalışmaların içeriği ve bunların sonucunda elde edilmiş sonuçlardan bahsedilmiş, LPG dönüşümünün avantajlarına, dezavantajlarına ve yeni gerçekleştirilecek olan çalışmalar için farklı bakış açılarına değinilmiştir.

2. LPG Dönüşümü

Benzinle çalışan içten yanmalı bir motorun LPG ile çalışacak şekilde dönüşümü genellikle, yakıtı depolamak için bir tank, LPG'nin motora akışını kontrol etmek için bir regülatör ve LPG'yi yanma odasına iletmek için bir enjeksiyon sisteminin kurulmasından ibarettir. Benzine kıyasla LPG'nin farklı kimyasal özelliklerine uyum sağlamak için motorun ateşleme sisteminin değiştirilmesi veya mevcuttaki ateşleme sisteminde donanımsal veya yazılımsal birtakım değişiklikler gerekebilir (Masi, 2012).

LPG yakıt sistemi kurulduktan ve motor uygun şekilde ayarlandıktan sonra araç, mevcut yakıtı bağlı olarak benzin veya LPG ile çalışabilir. Bu, aracın LPG'nin hazır olmadığı zamanlarda benzin kullanmaya devam etmesini sağlarken, daha düşük yakıt maliyetleri ve daha düşük emisyonlar için LPG'yi kullanabilme seçeneği sunar.

3. Literatürdeki çalışmalar:

Bu bölümde literatürde LPG dönüşümü hakkında yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmalar, tek silindirli motorların dönüşümü ve günümüzde trafikte mevcut olan araç örneklerinin LPG dönüşümü olarak gruplandırılmıştır.

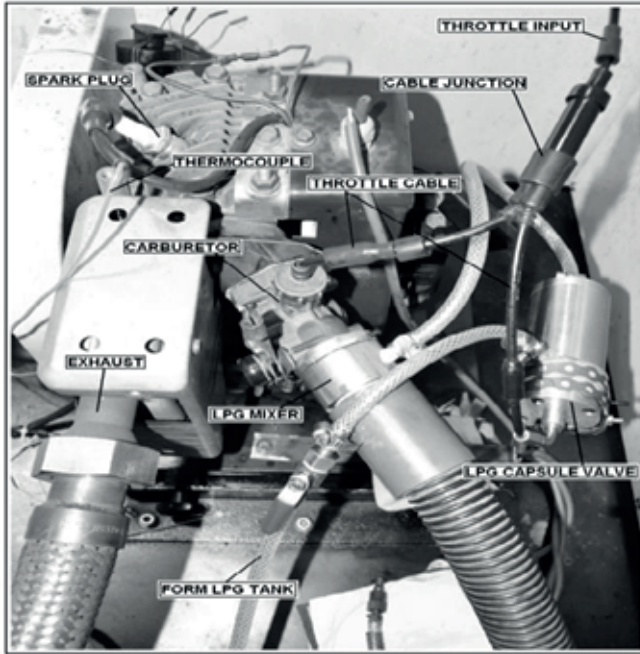
3.1. Tek silindirli motorlar için yapılmış çalışmalar:

Tek silindirli motorlar, tek bir silindir üzerinde çalışan ve genellikle küçük ve hafif araçlar için kullanılan motorlardır. Bu tip motorlar, genellikle motosikletler, scooterler, çalıştırıcı gruplar, jeneratörler gibi küçük taşıtlar ve makinalar için kullanılır. Tek silindirli motorlar, düşük maliyetleri ve küçük boyutları nedeniyle popülerdir. Tek silindirli motorların çalışma prensibi, diğer motorlara benzerdir. Bir silindir üzerinde bir piston hareket ettirilir ve bu hareket, bir krank mili aracılığıyla çıkış şaftına aktarılır.

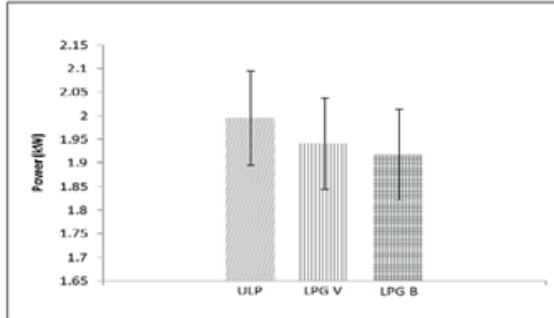
Küçük boyutları nedeniyle, tek silindirli motorlar genellikle düşük güç üretebilirler ancak bu tip motorların güç verimliliği yüksektir. Tek silindirli motorların bir diğer avantajı, kolay ve ucuz bir şekilde bakımının yapılmasıdır. Bu tip motorların yapısı daha basittir ve genellikle diğer motorlara göre daha az parça içerirler. Bunun sonucunda, bakım ve onarım işlemleri daha hızlı ve daha ucuz bir şekilde gerçekleştirilebilir. Tek silindirli motorların bir dezavantajı ise, titreşimlerdir. Tek silindirli motorların titreşimleri, diğer motorlardaki gibi düzenli değildir ve bu titreşimler, araçta rahatsızlık verebilir. Bunun yanı sıra, tek silindirli motorların çalışma sırasında daha fazla gürültü üretebilirler. Bu nedenlerden dolayı, tek silindirli motorlar genellikle sadece küçük taşıtlar için kullanılır.

Bu motor tipinin basitliği sayesinde tek silindirli motorlar LPG dönüşümü bakımından birçok araştırmaya konu olmuştur.

(Sulaiman vd., 2013) tarafından dört zamanlı tek silindirli 148 cm³ silindir hacmine sahip Briggs & Stratton tipi karbüratörlü bir motorun, biri LPG buharlaştırıcı sistem ile, diğeri ise 0.5mm çapında bir deliğe sahip LPG kapsül valfi olmak üzere iki farklı konfigürasyonda dinamometre üzerinde deneysel olarak incelenmesi yapılmıştır. Motor gücü, motor torku, özgül yakıt tüketimi ve elde edilen enerjinin fiyatı gibi parametrelerin incelendiği bu çalışmada, LPG yakıtlı tek silindirli dört zamanlı küçük ölçekli bir motorun performansları deneysel olarak değerlendirilmiştir. Deney düzeneğine ait görsel Şekil 1’de, 2600 d/d’de gaz keleşği tam açık konumda motorun elde ettiğı güç Şekil 2’de verilmiştir.



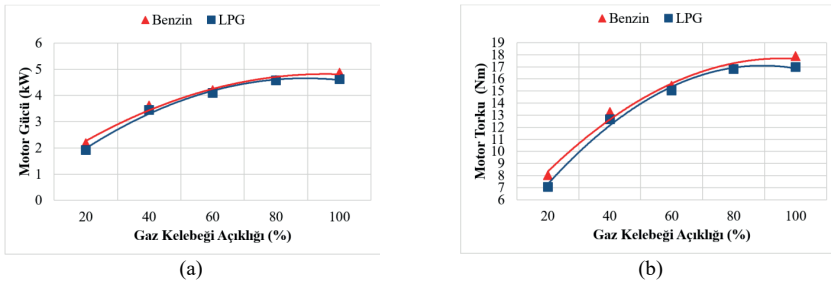
Şekil 1. Tek silindirli bir motorun deney düzeneğı (Sulaiman vd., 2013)



Şekil 2. Briggs & Stratton tipi tek silindirli motora yapılan LPG dönüşümüne ait güç grafiği (ULP: Kurşunsuz benzin, LPG V: buharlaştırıcı sistem, LPG B: LPG kapsül valfi) (Sulaiman vd., 2013)

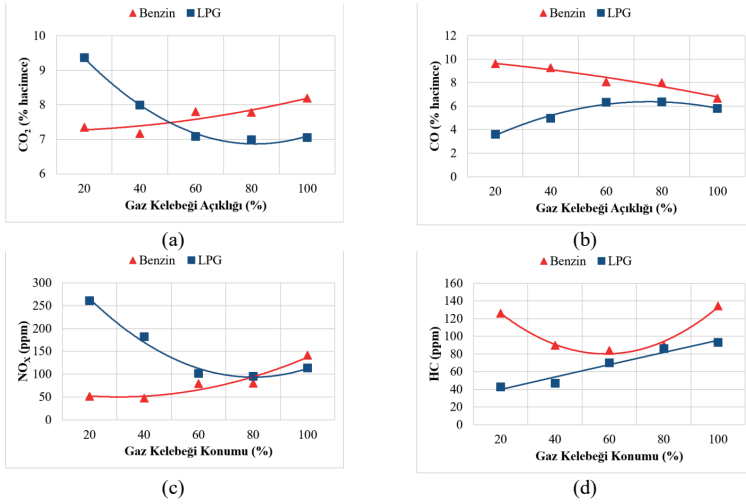
Bu çalışma sonucunda LPG için, geleneksel sıvı yakıtlara göre bazı avantaj ve dezavantajlara katkıda bulunan ortak bir özelliğe sahip olduğu belirtilmiştir. Benzinli motorda LPG dönüşümünün, düşük hacimsel verimler ve motorun değiştirilmemiş ateşleme zamanlaması nedeniyle genellikle hafif bir güç çıkışı düşüşüne maruz kaldığı, ancak LPG yakıtlı motorların, benzin yakıtlı motorla aynı gücü üretmek için daha az yakıt tükettiği öne sürülmüştür. Ayrıca LPG yakıtlı motorların birim enerji üretimi için, konvansiyonel yakıt olan benzine göre daha az yakıt masrafına sahip olduğu ve yüksek performans elde etmek için motorun sadece LPG ile çalışacak şekilde tasarlanması ve içten yanmalı motorlar için çift yakıtlı sistem kullanmanın faydasını elde etmek için bazı performans parametrelerinden fedakârlık edilmesi gerektiği önerilmiştir. Çalışmada ek olarak LPG'nin yüksek oktanlı olması avantajından faydalanmak için sıkıştırma oranının artırılması, değişken sübap zamanlaması, aşırı besleme gibi uygulamaların LPG uygulamalarında verimliliği arttıracığının altı çizilmiştir.

(Kunt vd., 2019) tarafından yapılan çalışmada 338cm³'lük Lombardini LGA 340 OHC tipi tek silindirli hava soğutmalı bir benzin motorunun LPG dönüşümü altındaki performansı ve CO, CO₂, NO_x emisyonları, 2600 devir/dakika motor hızında, %20-%100 gaz kelebeği açıklığında %20 aralıklarla gerçekleştirilmiştir. Karbüratör ile hava – yakıt karışımının ayarlandığı bu çalışmada motorun ürettiği ortalama gücün LPG tükettiği şartlarda %4.15 azalma gösterdiği tespit edilmiştir. Bu azalmanın LPG'nin gaz fazda motor yanma odasına girmesi, dolayısı ile havanın kütlelerinin azalarak volümetrik verimde düşüşe sebebiyet vermesinden kaynaklandığı belirtilmiştir. Farklı gaz kelebeği konumlarında motor gücü ve torkunu gösteren grafik Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Farklı gaz kelebeği konumlarında benzin ve LPG yakıtlarında a) motorun ürettiği güç ve b) tork grafiği (Kunt vd., 2019)

Motorun çevreye yaydığı emisyonların da incelendiği bu çalışmada emisyon değerleri gaz keleşeğı açıklığına göre ölçülmüş, LPG kullanımında ortalama CO emisyonunun %35 oranında, ortalama CO₂ emisyonunun %2.5, ortalama hidrokarbon emisyonunun %35.36 oranında azaldığı, ortalama NO_x emisyonunun ise %88 oranında artış gösterdiği tespit edilmiştir. NO_x emisyonunun artışıdaki sebebin, motor LPG ile çalışırken düşük gaz keleşek açıklıklarında (%20-70 arası) volümetrik verimin düşük olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Farklı gaz keleşeğı pozisyonlarına ait emisyon grafikleri Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Farklı gaz keleşeğı konumlarında benzin ve LPG yakıtlarında motorun ürettiği emisyonların grafiğı (a: CO₂, b: CO, c: NO_x, d: HC) (Kunt vd., 2019)

Ticari olarak örnekleri çok sık görülmese de akademik açıdan LPG yakıtının dizel yakıt ile birlikte kullanılabilirliği araştırılmaktadır. Tek silindirli motorlar özelinde (Aliustaoğlu & Ayhan, 2019) tarafından yapılan çalışmada direkt enjeksiyonlu tek silindirli su soğutmalı Süper Star tipi 920cm³ silindir hacmine sahip bir dizel motorun %20 LPG - %80 dizel yakıt karışımı ile çalıştırılarak yakıt tüketiminin ve is emisyonlarının deneysel olarak incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda açığa çıkan is miktarında ortalama olarak %40 oranında azalma, özgül yakıt tüketiminde ise ortalama %1.45 oranında iyileşme görülmüştür. Özellikle ağır hizmet endüstrisi, toplu yük ve yolcu taşıma faaliyetlerinde kullanılan dizel motorların bu uygulama ile kayda değer bir maliyet ve emisyon avantajı elde edebileceğı önerilmiştir.

İçten yanmalı motorlarda sıkıştırma oranı arttıkça, termal verimlilik artar. LPG'nin oktan oranı daha yüksektir ve bu nedenle motor nispeten yüksek sıkıştırma oranlarında vuruntu olmadan etkin bir şekilde çalışabilir. LPG motorun özgül yakıt tüketimini artırır. LPG motorun hacimsel

verimini ve dolayısıyla motor efektif gücünü düşürür. Ayrıca hacimsel verimdeki azalma motor efektif verimini de düşürmekte ve dolayısıyla özgül yakıt tüketimini arttırmaktadır. LPG'nin farklı sıkıştırma oranlarında gösterdiği performans ve emisyon karakteristikleri (Yousufuddin, 2008) tarafından incelenmiştir. Kirloskar AV-1 tipi 625cm³ silindir hacmine sahip tek silindirli bir motor kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmada sabit motor devrinde 7:1 ve 10:1 sıkıştırma oranları kullanılmıştır. Çalışma sonucu olarak sıkıştırma oranındaki artışın, LPG ile benzin arasındaki güç düşüşü farkını azalttığı, emisyon açısından ise aynı sıkıştırma oranında benzin ile LPG arasında önemli bir iyileştirme sağladığı belirtilmiştir.

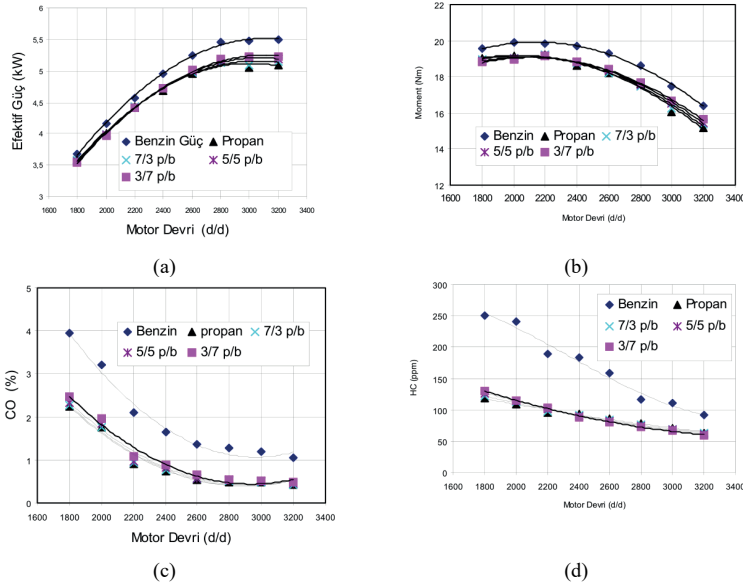
Ülkemizde LPG, ticari olarak genellikle %30 oranında bütan, %70 oranında propan gazlarının karışımı olarak satışa sunulmaktadır (Aygaz A.Ş., 2022). Şekil 5'te Propan, bütan ve benzinin fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir.

ÖZELLİKLER	BÜTAN	PROPAN	BENZİN
Formül	C ₄ H ₁₀	C ₃ H ₈	C ₈ H ₁₈
Molekül ağırlığı(kg/mol)	58,12	44,10	114
Donma noktası(°C)	-138,3	-187,8	-
Kaynama noktası(°C)	-0,5	-42,3	30-225
Buhar basıncı(20°C, kg/cm ²)	1,2	8,93	0,49-0,81
Buhar basıncı(50°C, kg/cm ²)	4,85	20,18	-
Sıvı yoğunluğu(15°C, kg/m ³)	582	504	735
Sıvının özgül ısı(15°C, kJ/kg)	1,276	1,464	-
1 lt sıvının gaz hacmi(15°C, m ³)	0,235	0,271	-
1 kg sıvının gaz hacmi(15°C, m ³)	0,410	0,539	-
Özgül ağırlık(gr/cm ³)	0,582	0,504	0,735
İzafi yoğunluk(hava=1)	2,09	1,55	-
Parlama noktası(°C)	-60	-105	200
Tutuşma noktası(havada °C)	482-538	493-549	-
Alev sıcaklığı(havada °C)	2008	1980	1977
Isıl değeri(kJ/kg)	45600	46400	44000
Yanma limitleri	%1,9-8,5	%2,4-9,5	5-16
Stokiyometrik karışımı tutuşturma enerjisi (kJ, NŞA)	0,3	0,3	1
Stokiyometrik karışımın kimyasal enerjisi (kJ/m ³)	3490	3450	3580
Hava/yakıt oranı	15,1/1	15/1	14,6/1
Fiziksel hal (NŞA)	gaz	gaz	Sıvı
Maksimum laminar yanma hızı (m/s)	0,4	0,4	0,35
Motor oktan sayısı	97	92	90

Şekil 5. Propan, bütan ve benzinin fiziksel ve kimyasal özellikleri. (İçingür & Dost, 2006)

(İçingür & Dost, 2006) tarafından yapılan bir çalışmada 392cm³ silindir hacmine sahip tek silindirli Briggs & Stratton tipi hava soğutmalı bir motorun farklı propan – bütan oranlarında gösterdiği performans ve emisyon değerleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda genel olarak benzin

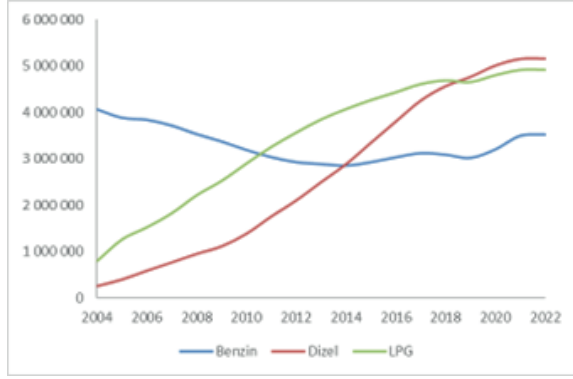
ile kıyaslandığında farklı karışımlar kullanımının motor gücünde %3.6-%7 aralığında bir düşüşe sebep olduğu, farklı karışım oranlarının birbirine yakın oranlarda sonuç verdiği, ancak motor ateşleme avansı, sıkıştırma oranı gibi değerler optimum aralıklarda ayarlandığında propan kullanımının daha avantajlı bir hale geleceği araştırmacılar tarafından önerilmiştir. Farklı karışım oranlarının motor gücü ve torkuna ve emisyon değerlerine olan etkisi Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Farklı karışım oranlarının motor gücü ve torkuna ve emisyon değerlerine olan etkisi a) Motor Gücü, b) Motor Torku, c) CO emisyonu, d) HC emisyonu (İçingür & Dost, 2006)

3.2. Yolcu taşımacılığı için kullanılan araçlarda LPG dönüşümü:

Ülkemizde 2022 Ocak ayı itibariyle 25.321.937 adet trafiğe kayıtlı toplam taşıt vardır. Bunlardan 13.747.672'si otomobildir. Gelişen teknoloji ile beraber otomobillerde LPG sistemlerinin kullanımı yaygınlaşmış, hatta 2011 yılından itibaren ülkemiz genelindeki LPG dönüşümü yapılmış araçların sayısı benzinli araç sayısını geçmiştir (TÜİK, 2022). Yıllara göre araçların yakıt tipinin dağılımı Şekil 7'de verilmiştir. LPG yakıtı, benzine alternatif bir yakıt olma yolunda ilerlerken, buji ateşlemeli motorlarda önemli bir değişiklik yapılmadan kullanılabilir. Tüm bunlara ek olarak ekonomik olması otomotiv sektöründe LPG yakıtına olan talebi artırmaktadır. LPG'nin ticari ve binek araçlarda alternatif yakıt olarak kullanımı Avrupa'da ve Türkiye'de yaygınlaşmıştır. Günümüzde şirketler, benzinli araçlarını henüz üretim prosesi bitmeden LPG dönüşümünü gerçekleştirip, satışa hazır hale getirmektedirler (Özer & Bağatur, 2021).



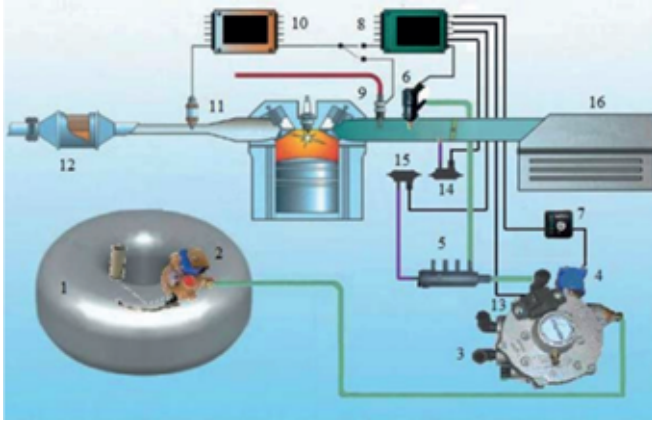
Şekil 7. Yıllara göre araçların yakıt tipinin dağılımı. (TÜİK, 2022)

Otomotiv sektöründe ülkemiz özelinde durum böyle iken, araştırmacılar tarafından da LPG sistemlerinin otomobillere entegrasyonu hakkında çalışmalar yürütülmektedir. (Akbaş vd., 2003) tarafından 1700 cm3 motor hacmine sahip V4 silindirli bir otomobilin LPG dönüşümü üzerine yapılan çalışmada silindirlerin üzerine sıkıştırma oranını 9.5:1'den 13:1'e arttıracak şekilde modifikasyonlar yapılmıştır. Dinamometre üzerinde gerçekleştirilen bu deneysel çalışma sonucunda LPG dönüşümü yapılmış olan aracın sıkıştırma oranının yükseltilmesi sayesinde özgül yakıt tüketiminde %11 ile %14 arasında azalma, tekerleklerle aktarılan motor gücünde ise %6 oranında artış elde edilmiştir.

(Gümüş, 2013), LPG dönüşümü yapılmış bir otomobilde benzin ile LPG'yi yanma odasında birbirine belirli oranlarda karıştırarak enjekte ederek yaptığı çalışmada motor performansını ve emisyon değerlerinde olan değişimi ölçmüştür. Çalışmada deneyler taşıt dinamometresi üzerinde farklı motor yüklerinde ve ısı değer olarak farklı LPG kullanım oranlarında (%0LPG + %100Benzin, %25LPG + %75Benzin, %50LPG + %50Benzin, %75LPG + %75Benzin, %100LPG + %0Benzin) yakıt tüketiminin ve zararlı gaz emisyonlarının ölçülmesiyle gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneğine ve LPG sisteminin bileşenlerine ait görsel Şekil 8 ve 9'da verilmiştir.



Şekil 8: Taşıt dinamometresi üzerinde güç ölçümü (Gümüş, 2013)



Şekil 9: Çok noktadan enjeksiyonlu bir otomobile ait LPG dönüşüm sisteminin elemanları: 1.LPG tankı, 2.Multivalf, 3.Regülatör, 4.Elektrovalf, 5.LPG enjeksiyon hattı, 6.LPG enjektörü, 7.Yakıt seçme anahtarı, 8.LPG EKÜ'sü, 9. Benzin enjektörü, 10.Benzin EKÜ'sü, 11.Lambda sensörü, 12. Katalitik konvertör, 13.Sıcaklık sensörü, 14.Vakum sensörü, 15.Basınç sensörü, 16. Hava filtresi (Gümüş, 2013)

Yapılan çalışma sonucunda, içerisinde LPG'nin bulunduğu tüm karışım oranlarında yakıt maliyetinde ve emisyonlarda düşüşün görüldüğü, egzoz emisyonu ve yakıt maliyeti açısından en uygun durumun %100 LPG kullanımı olduğu, motor performansı açısından bakıldığında %25 LPG - %75 benzin kullanımında saf benzinden yüksek bir performans elde edildiği görülmüştür.

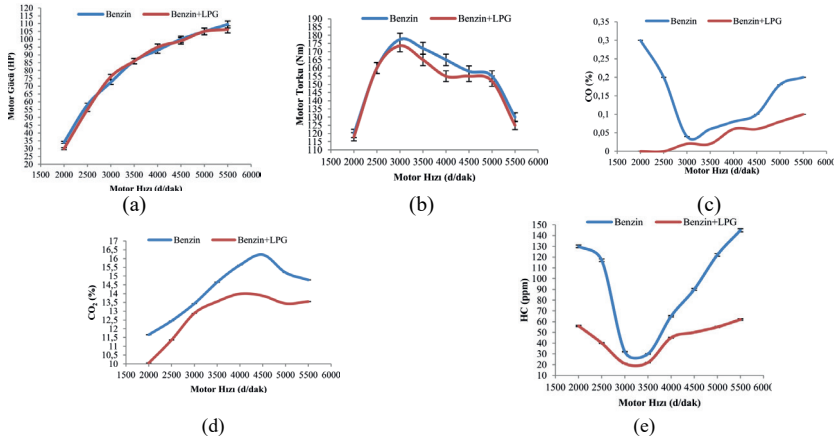
(Masi, 2012) tarafından yapılan çalışmada, benzin ve LPG ile beslenen bir binek otomobil motorunun tekerleğe aktarıla güç özelinde performans testleri analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Fabrika çıkışı halindeki motor, çift yakıtlı çalışma için "üçüncü nesil" standart bir kit ile donatılmıştır. LPG işletimindeki performans düşüşleri hem durağan durumda hem de dinamik durumda ele alınmıştır. Ölçülen performansın daha iyi gerekçelendirilmesi için tasarlanan hem benzin hem de LPG ölçüm cihazlarının kurulumunda yapılan bazı değişikliklerin sonuçları da sunulmuştur. Motorun ve LPG dönüşüm kitinin fabrika çıkışı haliyle hiçbir modifikasyon veya ek ayar uygulanmadan doğrudan kullanıldığı bu çalışmada, LPG dönüşümü hakkında önemli bulgular elde edilmiştir.

LPG'nin depodan çıktığında ilk uğradığı komponent olan regülatör, Düşük motor devirlerinde LPG'yi olması gerekenden daha fazla, Orta ve yüksek motor devirlerinde ise olması gerekenden daha az ısıtmaktadır. Bunun sonucunda LPG'nin hacimsel veriminin olması gereken noktalardan uzak kaldığı görülmüştür. Bununla birlikte çalışmada, LPG operasyonu sırasında elde edilen global performansın, LPG'nin yanma odalarına yetersiz verilmesi nedeniyle de kötüleştiği gösterilmiştir. Hacimsel ve-

rimlilik verisi toplama eksikliği nedeniyle mevcut ölçümler, yakıt ölçüm sistemi ayarlarının benzin ve LPG çalışması sırasında motor performansı arasındaki farka katkısını kesin olarak belirleyemez. Ancak sunulan analiz, petrole LPG çift yakıtlı çalışma için “üçüncü nesil” kitin performansının, LPG evaporatör cihazının mekanik bileşenlerinin ayarlarından büyük ölçüde etkilendiğini göstermektedir. LPG yakıtlı benzinli motor performansının nihai sınırının, mevcut ölçümlerle tam olarak belirlenmemiş olsa da, en son gazlı LPG port enjeksiyon sistemlerinin güvenilirliğini artırmak için hala yapılacak çok iş olduğu belirtilmiştir.

Günümüzde artan emisyon kısıtlamaları ve yakıt maliyetleri, otomobil üreticilerini daha küçük hacimli, doğrudan silindirin içerisine yakıt enjeksiyonlu, aşırı beslemeli motorlar üretmeye yöneltmiştir (Johnson & Joshi, 2018). Atmosferik motorlarda yapılan LPG dönüşümlerinin yanı sıra, düşük hacimli aşırı beslemeli doğrudan enjeksiyonlu motorlara ait çalışmalar da yapılmıştır. (Özer & Vural, 2021) tarafından 1.4 litre turbo şarjlı doğrudan enjeksiyonlu bir aracın LPG kullanımının emisyonlar ve motor performansı açısından incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu motor tasarımları, belirli yük ve devir oranlarına göre LPG’yi benzin ile aynı anda yanma odasına göndermektedir. Sabit yükte dinamometre üzerinde gerçekleştirilen bu çalışmada, 2000-5500 devir/dakika motor hızlarında motor gücü, motor torku ve egzoz emisyonları ölçülmüştür. Çalışma sonucunda benzin kullanımında 109.5 hp motor gücü ölçülürken, LPG kullanımında bu güç 106.5 hp’ye düşmüştür. Güçte yüzdelik cinsten %2.5, torkta ise %2.25’lik bir azalma ölçülmüştür. Ayrıca dinamometre şartlarında aracın 60 km/h – 210 km/h hızlanma testi gerçekleştirilmiş, test sonucunda 4 saniyelik bir fark elde edilmiş, bunun yanında CO₂, CO, NO_x, ve HC emisyonlarında hatırı sayılır bir düşüş gözlemlenmiştir.

Araştırma çalışmamızda önceki çalışmalarda HC emisyonlarının LPG kullanımı ile arttığından bahsetmiştik. Bu çalışma özelinde HC emisyonlarının düşük çıkmasının sebebi olarak; sistemin modern bir sistem olması ve benzin ile LPG karışımının sürekli denetlenerek püskürtme operasyonunun zengin veya fakir karışıma düşmeyecek şekilde gerçekleştirilmesi düşünülebilir. Şekil 10’da çalışma sonucu elde edilen güç, tork ve emisyon grafikleri verilmiştir.



Şekil 10. Küçük hacimli turbo şarjlı bir yolcu aracında kullanılan motora ait LPG dönüşümü sonucu elde edilen güç, tork ve emisyon grafikleri

4. SONUÇ

Gerek dünyada yakıt maliyetlerinin giderek artması, gerek sera gazı emisyonlarının azaltılması düşüncesi ile yola çıkılarak alternatif yakıt sistemleri birçok araştırma için motivasyon konusu olmuştur. Çalışmada tek silindirli ve çok silindirli benzinli ve dizel motorlara alternatif olarak LPG yakıtının kullanılması sonucu elde edilen güç – tork değişimleri ve sera gazı emisyonları incelenmiş, LPG kullanımının motor gücünde düşüşe sebep olduğu, sera gazı emisyonlarında ise hatırı sayılır bir azalma sağladığı görülmüştür. Ayrıca incelenen çalışmalarda yer yer LPG'nin kimyasal bileşeni, LPG dönüşüm sisteminin ana elamanları, ülkemizde yıllara göre trafikteki LPG'li otomobil sayısı gibi faydalı bilgilerden de bahsedilmiştir.

Deneyisel çalışmaların sentetik test olarak adlandırılan koşullarda yapılması nedeniyle elde edilen verilerin gerçek hayata uygulanması noktasında birtakım eksiklikler söz konusudur. Gerçek hayatta yol koşullarında (yol – tekerlek sürtünmesinden ve rüzgâr sürüklenmesinden kaynaklanan kayıplar, hava sıcaklığı, bağıl nem değişimi vb. parametreler) LPG dönüşümünün nasıl performans göstereceği konusunda yapılacak testler yeni araştırmalar için motivasyon kaynağı olacaktır. Yeni yapılacak çalışmalarda yol testlerinin farklı koşullarda farklı araçlar için yapılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Akbaş, A., Sekmen, Y., & Erduranlı, P. (2003). Sıkıştırma Oranının Artışının LPG ile Çalışan Buji ile Ateşlemeli Taşıt Motorunun Gücü ve Yakıt Ekonomisine Etkisi. *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 5(1), 29–34.
- Aliustaoğlu, S., & Ayhan, V. (2019). Direk Enjeksiyonlu Bir Dizel Motorda Lpg-Dizel Çift Yakıt Karışımının Performans Ve İş Emisyonlarına Etkileri. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 8(2), 109–116.
- Aygaz A.Ş. (2022). LPG Nedir? - Neden Otogaz | AYGAZ. <https://www.aygaz.com.tr/tupgaz/lpgnin-teknik-ozellikleri>
- Gümüş, M. (2013). Çift Yakıt Enjeksiyonlu Buji Ateşlemeli bir Motorda LPG Kullanım Oranının Performans ve Emisyon Karakteristiklerine Etkisi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 24(2), 265–273. <https://dergipark.org.tr/en/pub/gazimmfd/issue/6680/88263>
- İçingür, Y., & Dost, A. (2006). Buji ile Ateşlemeli Bir Motorda Propan ve Farklı Oranlarda Propan/Bütan Kullanımının Performansa Etkilerinin DeneySEL Analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(2).
- Johnson, T., & Joshi, A. (2018). Review of Vehicle Engine Efficiency and Emissions. *SAE International Journal of Engines*, 11(6), 1307–1330. <https://doi.org/10.4271/2018-01-0329>
- Kunt, M., Mutlu, İ., Önder ÖZGÖREN, Y., Ayhan BAYDIR, Ş., Arslan, M., Kocatepe Üniversitesi, A., Fakültesi, T., Mühendisliği Bölümü, O., Meslek Yüksekokulu, Ç., & Teknolojisi Bölümü, O. (2019). Hava Soğutmalı Bir Benzin Motorunda Lpg Uygulamasının Motor Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 876–883. <https://doi.org/10.35414/AKUFEMU-BID.623154>
- Liu, E., Yue, S. Y., & Lee, J. (1997). A study on LPG as a fuel for vehicles. *Research and Library Services Division, Legislative Council Secretariat Hong Kong*,
- Masi, M. (2012). Experimental analysis on a spark ignition petrol engine fuelled with LPG (liquefied petroleum gas). *Energy*, 41(1), 252–260. <https://doi.org/10.1016/J.ENERGY.2011.05.029>
- Özer, S., & Bağatur, B. (2021). Investigation of the Effects of Liquid LPG Use in a Gasoline Injection Turbocharged Engine. *International Journal of Automotive Science And Technology*, 5(3), 172–178. <https://doi.org/10.30939/IJASTECH..914009>
- Özer, S., & Vural, E. (2021). Turboşarjlı Enjeksiyonlu Benzinli Bir Motorda LPG Kullanımının Emisyonlar ve Motor Performansı Açısından İncelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 24(1), 143–150. <https://doi.org/10.2339/POLITEKNIK.640501>

- Raslavičius, L., Keršys, A., Mockus, S., Keršiene, N., & Starevičius, M. (2014). Liquefied petroleum gas (LPG) as a medium-term option in the transition to sustainable fuels and transport. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 513–525. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2014.01.052>
- Sahoo, B. B., Sahoo, N., & Saha, U. K. (2009). Effect of engine parameters and type of gaseous fuel on the performance of dual-fuel gas diesel engines—A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6–7), 1151–1184. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2008.08.003>
- Sulaiman, M. Y., Ayob, M. R., & Meran, I. (2013). Performance of Single Cylinder Spark Ignition Engine Fueled by LPG. *Procedia Engineering*, 53, 579–585. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2013.02.074>
- TÜİK. (2022). Motorlu Kara Taşıtları. 2022. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Ocak-2022-45704>
- Yousufuddin, S. (2008). Performance and emission characteristics of LPG-fueled variable compression ratio SI engine. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 32(1), 7–12.

“

Bölüm 5

YAPAY ZEKÂNIN GÖRÜNTÜ İŞLEME ALANINDAKİ UYGULAMALARI

Emre BENDEŞ¹

Uğur SORGUCU²

”

¹ Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü ORCID: 0000-0002-9432-3278

² Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü ORCID: 0000-0002-2706-0906

1. Giriş

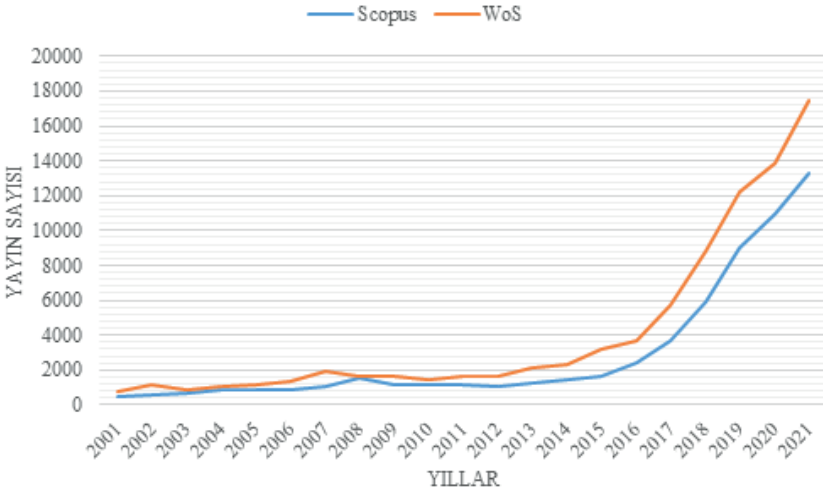
Dijitalleşme ve bilişim teknolojilerinin hayatımıza girmesiyle insan aklının çalışma hızı ile çok uzun sürecek, hatta tamamlanması imkânsız olan işlemler çok kısa sürede, bilgisayar gücü sayesinde, yapılabilir hale gelmiştir. Bu gücün bir sonucu olarak çok farklı alanlarda bilişim destekli yeni yöntemler geliştirilmiş ve insan hayatını kolaylaştıracak teknolojiler üretilmiştir.

Bilişim teknolojilerinin kendisine uygulama sahası bulduğu en önemli alanlardan birisi de görsel algılamadır. Görsel bilgiler çevre şartlarının tespiti, yorumlanması ve sonuca varmada insan algısı için büyük önem teşkil eder. Bu sebeple de bilgisayar ortamında görsel bilgiler sıklıkla kullanılmaktadır. Sağlık, sinema, savunma sanayii ve daha başka örnek verebileceğimiz birçok sektöre yönelik bilişim destekli görsel teknolojiler geliştirilmektedir. Bu teknolojilerin özelinde ise, görsel bilginin algılanması, hatalardan arındırılması, işlenmesi ve yorumlanması önem arz etmektedir. Bilgisayar ortamında insan görüşünü taklit eden ve bahsi geçen ihtiyaçlara cevap veren yöntemler görüntü işleme alanını teşkil etmektedir. Var olan ihtiyaç neticesinde de görüntü işleme alanında sürekli yeni yöntemler geliştirilmekte ve literatüre sunulmaktadır.

Bu yöntemlerin en temel sıkıntısı kendi başlarına karar verememeleri, sonuç üretmek için insan yönetimine ihtiyaç duymaları ve değişen şartlara uyum sağlayamayıp yeni şartlar için yeni tasarımlara ihtiyaç duymasındır. Dijital cihazların hızlı işlem yapabilme kapasitelerinin, geliştirilen algoritmalar ile desteklenmesi, insan gibi düşünebilen ve sonuç çıkartabilen yöntemler geliştirilmesi hususunda motivasyon sağlamıştır. Sonucunda ise yapay zekâ teknikleri geliştirilmiş ve birçok alanda uygulanması mümkün olmuştur. Günümüzde, gelişen yapay zekâ teknikleri ile akıllı davranışlar sergileyen bilgisayar sistemleri insan hayatının birçok noktasına etki etmektedir.

Yapay zekâ tekniklerinin gelişmesi kendisine hızlı bir şekilde görüntü işleme alanında da yer bulmuştur. Görüntü işlemede görüntülerdeki şartların kolaylıkla değişebiliyor olması genelleştirilebilir yöntemler geliştirmeyi zorlaştırmaktadır. Bu noktada yapay zekâ tekniklerinin görüntü işlemede kullanılması etkin sonuçlar vermiştir. Sonucunda bu uygulamalar, görsel verilerden anlamlı bilgiler çıkartan veri madenciliğinden sanal cisimlerin hatta ortamların oluşturulmasına kadar birçok uygulamada karşımıza çıkmaktadır. Bir diğer çarpıcı örnek olarak çevrenin dijital olarak algılanmasından bahsedilebilir. Otonom araçlarda farklı algılama teknolojileri ile görsel algılamada kullanılmakta ve sonucunda zeki davranış sergileyen bir araç ortaya çıkmaktadır. Bu örnekte yapay zekâ çevre algısına dayanarak karar verme süreçlerini yönetmektedir.

Yapılan çalışmalara verilecek örnekleri artırılabilir. Ancak literatür incelendiğinde çok fazla uygulama alanı olduğu ve hepsine değinmenin imkânsız olduğu açıktır. Bununla birlikte Şekil 1’de 2001-2021 yılları arasındaki yirmi yıllık sürede Scopus ve Web of Science (WoS) gibi alanda en önemli iki popüler indekste taranan dergilerde yayınlanmış Yapay zekâ ile görüntü işleme teknikleri yürütülmüş çalışmaları konu alan akademik makalelerin senelere göre dağılımı grafik olarak sunulmaktadır. Grafikler incelendiği zaman her iki indekste de sürekli bir artış olduğu ve artışın özellikle son senelerde ivme kazandığı görülmektedir. Gerek son yıllardaki yayın sayıları gerekse sayıdaki artış göz önüne alındığında, alana olan ilginin dikkate değer olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Son 20 yılda Scopus ve Web of Science indekslerinde taranan dergilerde yayınlanmış görüntü işlemede yapay zekanın kullanıldığı yayın sayıları.

Bu bölümde görüntü işleme alanında yapay zekâ tekniklerinin kullanıldığı çalışmaları incelenmiş ve detaylı bir analizi verilmiştir. Özet olarak bölüm organizasyonu şu şekildedir; öncelikle görüntü işleme ve yapay zekanın ayrıntılı tanımı ve içeriği anlatılmış sonrasında ise bu uygulamalar hangi alanlarda hayat bulmuş bunlara değinilerek literatürden örneklerle uygulamalarından bahsedilmiş son olarak da değerlendirmeler paylaşılmıştır.

2. Görüntü İşleme

Görüntü işleme bilgisayar sistemleri ile elde edilen bir görsel verinin işlenerek anlamlı sonuçlar üretmesinin amaçlandığı yöntemlere verilen isimdir. Bu işlemler görüntünün algılama süreçleri, elde edilen verinin onarılması, öz niteliklerinin çıkartılması, yorumlanması ve sonuç üretme süreçlerinin tamamını kapsamaktadır.

Öncelikle çevreden gelen bilgilerin dijitalleştirilerek bilgisayar ortamına aktarılması gerekmektedir. Bu ilk aşamada çok farklı teknolojiler ile algılama yapabilmek mümkündür. Günümüze, elektromanyetik spektrumun insan gözünün algılaya bildiği görünür bölgesinden tutunda, mor ötesi ve kızıl ötesi alanlarda da görüntüleme yapan birçok görüntüleme sistemi geliştirilmiştir. Normal kameralarda olduğu gibi bazı sistemler kaynaktan yansıyan enerjiyi algılayarak pasif algılama yaparken, Röntgen cihazlarında olduğu gibi bazı sistemlerse ortama kendi enerjilerini yayıp geri yansıma miktarlarına bağlı olarak pasif algılama yapmaktadırlar. Bazı algılayıcılar ise ses dalgası gibi elektromanyetik enerji dışında başka kaynakları kullanarak algılama yapmaktadır. Ultrason bu tarz bir algılamaya güzel bir örnektir.

Görüntüleme işlemi bir anlığına için yapılp resim niteliğinde tek görüntü elde edilebileceği gibi belirli bir zaman zarfında periyodik olarak yapılarak video niteliğinde zamana bağlı elde edilen verilerde üretilebilir. Bu sadeye görsel veri yanında zaman bilgisi de kaydedilmiş olur.

Algılama teknolojisi ne olursa olsun sonuçta ham dijital veri oluşmaktadır. Ham görüntüler çoğunlukla görüntüleme sisteminin yapısından, çevresel etmenlerden ya da kullanıcı hatası gibi etmenler sebebiyle bazı problemler içermektedir. Görüntünün geliştirilmesi aşamasında bu problemlerin ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır. Görüntü bir takım ön işlemlere tabi tutulur. Kamera lens sisteminin yapısından dolayı üzerinde hiçbir işlem yapılmamış veride bazı geometrik şekilsel bozulmalar olabilir. Mesela resmin köşelerine denk gelen düz bir alan eğimli olarak algılanabilecektir. Ya da algılayıcı parametrelerinden kaynaklı elde edilen görüntüde kontrast düşük çıkabilir. Bu tip hatalar gerçek sahnede olmayıp görüntünün ham halinde olan hatalardır. Bu aşamada hataların ortadan kaldırılması ile artık ham görsel veriler farklı amaçlar için kullanılmaya hazırdırlar.



Şekil 2 Görüntü işleme genel aşamaları.

Görüntünün onarılması safhasında görüntü üzerinde algılayıcı sistemin dışında sebeplerden kaynaklanan olumsuzlukların giderilmesi amaçlanmaktadır. Örneğin sahne ışıklandırılması doğru yapılmadı ise görüntünün bazı bölgeleri olması gerektiğinin aksine karanlık çıkacaktır. Bu aşamada belirli matematiksel ve olasılık yöntemler kullanılarak görüntüde iyileştirme sağlanır.

Ön işlemler sonucunda sahnenin doğru bir gösterimi elde edilen görüntü üzerinde sağlanmış olur. Bu görüntü üzerinde işlem yapmak çok daha kesin sonuçlar üretecektir. Görüntü işleme yöntemleri dijital görüntüyü oluşturan en küçük eleman olan pikseller üzerinden yürütülebileceği gibi piksellerin belirli bir mantık içerisinde gruplandırılması ile oluşan görüntü bölgeleri üzerinden de yürütülebilir. İlaveten direkt resimdeki ya da bölgedeki piksel değerlerini kullanmaktansa Fourier ve dalgacık dönüşümleri gibi matematiksel işlemlerden yararlanılarak elde edilen farklı bilgiler üzerinden de görüntü işleme yöntemleri geliştirilmiştir. Sonuçta bütün yöntemler için en temel kaynak pikselleri ifade eden sayısal değerlerdir. Bu kaynaktan bölge tespit edilmesi ya da bir dönüşüm hesaplanması görüntü işlemenin konusuna dahildir.

Görüntünün özniteliklerinin çıkartılması safhasında artık görüntü üzerindeki veriler anlamlandırılmaya çalışılmaktadır. Örneğin görüntü üzerinde köşe ve kenarların tespit edilmesi öznitelğe örnek olarak verilebilir. Verilerde piksel koordinatına göre hangi piksellerin kenar hangi piksellerin köşe olduğu bilgisi diğer birçok görüntü işleme yöntemi için kullanılan önemli verilerdir. Bir diğer örnek olarak derinlik hesaplanması verilebilir. Görsel veriler iki boyutlu (2D) olarak algılanmaktadır. Bir pikselin hangi mesafede bulunduğu bilgisi üçüncü boyut ile ilişkilidir. Üçüncü boyut için o noktanın derinliği yani mesafesi hesaplanması noktayı ifade eden pikseller için bir özniteliktir. Yine belirli bir amaç maksadıyla pikseller gruplanmak istenirse, ilgili pikselin hangi gruba teknik ifadesiyle hangi bölgeye ait olduğu bir özniteliktir. Öznitelik verileri her zaman tek başına anlamlı olmayabilirler ancak görüntüden anlam çıkartılmak istenildiğinde kritik öneme sahip olabilmektedirler.

Görüntü işlemede amaç insanın görsel algısı ile yürüttüğü işlemleri bilgisayar ortamında modellemektir ve algoritmalarda yapılan şey görüntüdeki sayısal değerler üzerinde yürütülen matematiksel, mantıksal ya da istatistikse işlemler bütünüdür. Görsel bilgiden çıkartılan sonuçların bilgisayar ortamında modellenmesi, son görüntü işleme aşaması olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu amaçla sadece piksel değerlerinden değil önceki aşamalarda belirlenmiş özniteliklerden de faydalanılır. Buna en güzel örneklerden birisi görüntüde yüz var mı sorusuna aranan cevaptır. Bu cevabı verebilmek için görüntü üzerinde birçok işlem yapılmaktadır. Bu amaç için geliştirilmiş yüz tanıma algoritmaları günümüzde sıklıkla kullanılır.

maktadır. Çok daha gelişmiş bir amaç görüntüdeki nesneleri tanımlamak olabilir. Bu örnekte öncelikle görüntü üzerinde nesnelerin varlığı tespit edilmeli sonrasında tespit edilen nesnenin ne olduğuna karar verilmelidir.

Sonuç olarak görüntü işleme teknikleri görüntüyü oluşturan piksellerin oluşturulmasından görüntünün düzgün bir şekilde sunumunu sağlamak için doğru değerlerinin hesaplanmasına, ilgili piksele ait özneliklerin hesaplanmasından bu bilgilerle insan algısına yakın algılamalar yapmaya kadar çok geniş bir konu ağını bünyesinde barındıran geniş bir bilimsel alandır. Bilişim teknolojisindeki gelişmeler görüntü işleme tekniklerinin de her geçen gün gelişmesinin önünü açmakta ve bu alana olan ilgi her geçen gün artmaktadır.

3. Yapay Zekâ

Yapay Zekâ (YZ) terimi aslında genel bir terim olup altında birçok alt başlık barındırmaktadır. Bununla birlikte genel olarak insanın akıllı davranışlarının bilişim teknolojileri ile makinelerle uyarlanmasıdır. Akıllı davranışlara öğrenme, değişen koşullarda karar verebilme, değişen şartlara kendini adapte edebilme gibi örnekler verilebilir. Dolayısıyla yapay zekanın amacı, akıllı makineler tasarlamaktır.

Örneğin bir satranç oyunu oynayabilen bir yazılım, oyunun herhangi bir anında rakibin hareketine göre oluşan yeni şartlar için en iyi hamleyi seçebilmeli ve akıllı bir tutum sergilemeli ve bu tutumu oyun bitene kadar değişen her şartta sürdürebilmelidir. Diğer bir örnekte bir emlak sitesi müşterisine değişen piyasa koşullarında aradığı özelliklerdeki bir konutun olması gereken fiyatını tahmin edip, müşterinin karar verme sürecine katkıda bulunabilmelidir. Yine diğer bir örnekte bir görüntüdeki nesnelerin ayırt edilebilmesi, o nesneyi görüntüde niteleyecek sayısal desenin şartlara göre değişeceği gerçeğiyle basit programsal kıyaslarla mümkün olmayacaktır. Bunun için nesneleri sayısal görüntüde ayırt edebilecek yöntemlere ihtiyaç duyulacaktır. Bu örneklerdeki gereksinimler yazılımların standart programlama ile sağlanamayacak bir zekâ unsuru barındırmasını zorunlu kılmaktadır. Bu da YZ yöntemleri ile mümkündür. YZ, doğal dil işleme, veri madenciliği, siber güvenlik ve görüntü işleme gibi popüler birçok sahada otonom araçlar, spam tespiti, sesli komut alabilen cihazlar, diller arası çeviri, mimik analizi gibi uygulamalar kullanılmaktadır.

Bu bölümde en bilindik YZ yöntemleri için alt başlıklar açılmış ve yöntemler anlatılarak var oluş amaçları örneklendirilerek vurgulanmıştır.

3.1 Makine Öğrenmesi

Makine öğrenmesi YZ' nın bir alt dalı olarak tanımlanmaktadır. Burada amaç insanın öğrenme süreçlerinin makineler üzerinde modellenmesidir. İnsan daha önce karşılaşmadığı şeyleri gözlemleyerek, edindiği bilgi-

ler neticesinde sonuç çıkartabilme yeteneğine sahiptir. Bu özellik insanın öğrenme yeteneğinin basit bir tanımı olarak sunulabilir. YZ' nın insanın akıllı davranışlarından örnek aldığı yukarıda belirtilmiştir. Alt dalı olan makine öğrenmesinde, insanın öğrenebilme özelliğinin makineler üzerine uyarlanmasını sağlayacak yöntemler bulunmaktadır.

Öğrenme süreci gözlemler ve bu gözlemlerden sonuç çıkartarak matematiksel modeller ortaya koyma temeline dayanmaktadır. Böyle bir model geliştirebilmek için öncelikle deneysel ya da gözlemsel olarak elde edilebilecek verilere ihtiyaç vardır. Bu veriler, modele modeli eğitim aşamasında doğru yönlendirme yapabilecek, farklı şartları örnekleyen, doğruluğundan emin olunan verilerdir. Test verisi olarak adlandırılan bu veriler iki giriş ve çıkış verileri olmak üzere iki kısımdan oluşur. Giriş verileri şartları tanımlarlar. Çıkış verileri ise her giriş için ortaya çıkması arzu edilen sonuçları ifade eder.

Eğitilen model test verilerindeki yapıya uygun olarak girişlere karşılık arzu edilen çıkışları üretebilecek forma gelmelidir. Bunun tipik basit testi modelin test girişleri için ürettiği çıkışların arzu edilen çıkışlara ne kadar benzediğidir. Testi geçebilen model artık test verilerinde olmayan girişler için çıkışlar üreterek tahminlerde bulunabilir.

Makine öğrenmesine en basit örnek regresyon modelleridir. Test verilerinde girişler için çıkışları minimum hata ile üretebilecek bir doğru ya da eğriyi ifade edecek matematiksel eşitlik hesaplanmaya çalışılır. Bu eşitlik genelde istenilen derecede bir polinomdur. Polinomun katsayıları örnek veriler kullanılarak yaklaşık olarak hesaplandıktan sonra test verilerinde olmayan girişlerle model kullanılabilir ve çıkışlar üretilebilir. Bu çıkış hiçbir zaman kesin doğruluğundan emin olunamayacağı için tahmin olarak adlandırılır.

Makine öğrenmesi yöntemleri üç grupta incelenmektedir. Bunlar denetimli, denetimsiz ve takviyeli öğrenmedir. Denetimli öğrenmede eğitim verisinde arzu edilen değerler bulunmaktadır ve eğitim için hedef bu anlamda belirlidir. Modelin sonuçlarının kıyaslanabileceği veriler vardır çünkü. Yukarıda anlatılan regresyon buna bir örnek olarak verilebilir. Denetimsiz öğrenmede ise arzu edilen bir sonuç söz konusu değildir. Eldeki veri amaca göre etiketlenmesi söz konusudur. Denetimsiz öğrenmede ama girişler ile çıkışlar arasında bir ilişki kurmaktansa ver kümesini tanımlamaya yönelik işlemleri içermektedir. K-Means algoritması buna örnek olarak verilebilir. Bu algoritma verileri birbirine olan yakınlık ölçüsüne göre gruplar. Son grup olan takviyeli öğrenmede ise amaç değişen şartlara göre karar verebilme yeteneğinin geliştirilmesidir. Bu kararlar aksiyon olarak nitelendirilir ve geçmiş tecrübelerden yararlanarak yeni aksiyonların ne olacağı öğrenilir. Bunun içi deneme yanılma metodu ile metod

eğitilir ve tecrübe edinmesi sağlanır. Bu şekilde eğitilen model bir süre sonra edindiği tecrübelerle doğru kararlar verebilmektedir. Özellikle oyun motorlar ya da kendi başına hareket edebilen robot sistemlerinde sık kullanılmaktadır.

3.1.1 Yapay Sinir Ağları ve Derin Öğrenme

Yapay sinir ağları (YSA) en bilindik makine öğrenme yöntemlerinden biridir. Önceden belirlenmiş girişler, çıkışlar ve ara katmandaki düğümlerle oluşturulan yapısı bir problem için tasarlanır ve test verileri için en uygun değerler verilene kadar parametrelerin değiştirilmesi yoluyla eğitilir. Elde edilen YSA modeli probleme özeldir. Ancak problemin test verilerinde örneklenmemiş farklı durumlarına da genelleştirilebilir.

YSA katmanlardan, katmanlar ise düğümlerden oluşur (bkz. Şekil 3). Her bir düğüme yapay nöron adı verilmektedir ve yapısı insan beyninin temel yapı taşı olan nöronlardan esinlenmiştir. Bir yapay nöron en az bir giriş almakta ve bu girişlere karşılık bir adet çıkış üretmektedir. Temel görevi girişlere göre tetiklenip çıkış üretecek mi yoksa tetiklenmeden herhangi bir çıkışa müsaade etmeyecek mi kararını vermektir.

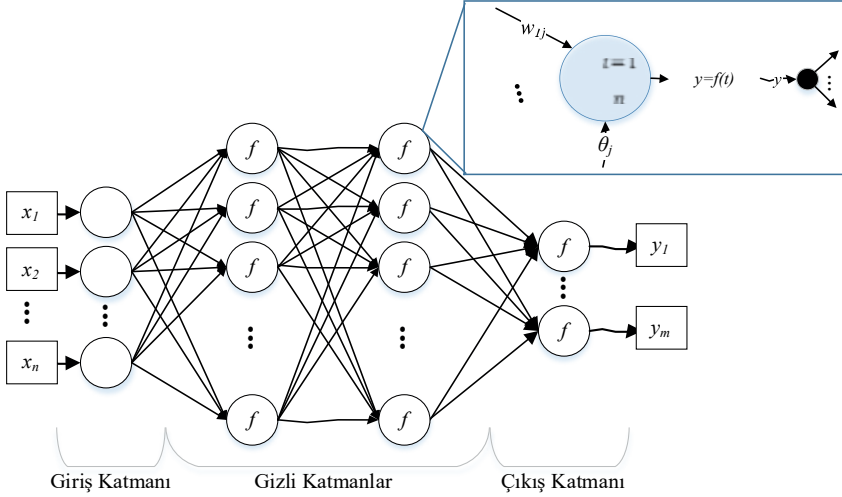
Bu karar için aktivasyon fonksiyonu denen matematiksel eşitlikler kullanılmaktadır. Bu fonksiyon nöron girişlerinin ile hesaplanan değeri kullanır. Bu hesapta öncelikle nörona giren bütün girişler farklı katsayılar ile çarpılarak ağırlıklandırılmaktadır. Son olarak bu toplam bias değeri ile ötelenerek aktivasyon fonksiyonuna gönderilmektedir. Aktivasyon fonksiyonu, aldığı değer bir eşik değeri üzerinde ise tetiklenerek sonuç üretir. Aksi takdirde sıfır değeri üretecektir.

YSA için katman sayısı minimum 3 olabilir. Bunlar giriş katmanı, çıkış katmanı ve gizli katman olarak isimlendirilmektedir. Giriş katmanında modele ait girişler alınmakta ve ilk gizli katmana ait bütün düğümlere giriş olarak dağıtılmaktadır. Giriş katmanı düğümlerinde genelde matematiksel bir işlem yürütülmez. Çıkış katmanına bir önceki gizli katmandaki tüm düğümlerden giriş gelmektedir. Bazı YSA tasarımlarında bu katmanda aktivasyon fonksiyonu kullanılmaz sadece ağırlıklarla çarpılmış girişler toplanır. Bu katmanın çıkışı tüm YSA modelinin bir çıkışına denk gelecektir. Her YSA en az bir tane gizli katman bulundurur. YSA modelinin ayrıntısını büyük bir kısmı bu katmanlar yapıları ile belirlenmektedir. Bu katmanlardaki düğümler kendisinden önceki katmana ait bütün düğümlerin çıkışını giriş olarak almaktadır. Her düğüm arasındaki bağlantı için farklı bir ağırlık bulunmaktadır.

Bir YSA modelinin bir probleme uygulanabilmesi için sahip olması gereken giriş ve çıkış sayıları, kaç adet gizli katman bulunacağı ve her gizli katmanın kaç düğüm barındıracağı, her bir düğüm için hangi akti-

vasyon fonksiyonunun kullanılacağı belirlenmelidir. Bu aşama YSA'nın tasarlanma aşamasıdır. Bu model genelde katman sayıları verilecek ifade edilir. Örneğin Şekil 3'deki model n girişli m çıkışlı ve 2 gizli katmana sahip $n-2-m$ yapısında ileri beslemeli bir YSA modelini resmetmektedir. Burada ileri besleme terimi veri akışının her zaman girişlerden çıkışa doğru olduğunu ifade etmektedir. Bazı YSA modellerinde düğüm çıkışları kendilerine ya da bir önceki katman düğümlerine geri besleme yapabilmektedir. Bu tip modellere geribeslemeli YSA modelleri denilmektedir.

Sıradaki aşama tasarlanan YSA modelinin eğitilmesidir. Bunun için öncelikle problemin farklı durumlarını temsil edecek özellikte test verisi toplanmalıdır. Bu veriler YSA giriş ve bu girişler için arzu edilen çıkış değerlerini içerir. Test verileri kullanılarak geri yansıma (backpropagation) yöntemi ya da sezgisel optimizasyon algoritmaları kullanılarak model eğitilir. Eğitim işleminde amaç modelin uygun çıkışlar üretebilmesini sağlayacak her bir bağlantıya ait katsayı ve bias değerlerini tespit etmektir.



Şekil 3 Örnek n girişli m çıkışlı 2 gizli katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı modeli ve yapay nöronun iç yapısı.

Derin öğrenme YSA'daki gizli katmanın adeti ile ilişkili bir terim olarak karşımıza çıkmakta. Bir YSA'nın gizli katman sayısı onun model karmaşıklığını artırmakta ve daha derinlemesine modelleme yapabilmenin önünü açmaktadır. Derin öğrenme ismi de buradan gelmektedir. Günümüz karmaşık problemleri için çok daha fazla gizli katman içeren ve düğüm sayıları daha fazla olan büyük YSA'lar kullanılmaktadır. Bu durum eğitimde belirlenecek parametre sayısını artırmakta ve hesaplamaları zorlaştırmakla birlikte gelişen işlemci güçleri paralel hesaplama teknikleri gibi işlem kapasitesini artırıcı yöntemlerle bu zorluğun üstesin-

den gelinebilmektedir. Bu durum ise günümüzde derin YSA modellerinin yaygınlaşmasına sebep olmaktadır.

Ayrıca görüntü işleme uygulamalarında geliştirilerek daha sofistike hale getirilmiş YSA modelleri kullanılmaktadır. Bunlara en temel örnek olarak Evrişimli sinir ağları (ESA) verilebilir. Bu modelde YSA görüntüye ait piksel değerlerini giriş olarak almaktansa öncelikle belirli seviyelerde görüntüye ait öznitelikleri çıkartmakta ve bu değerler ile bir ağ oluşturmaktadır.

3.2 Optimizasyon Algoritmaları

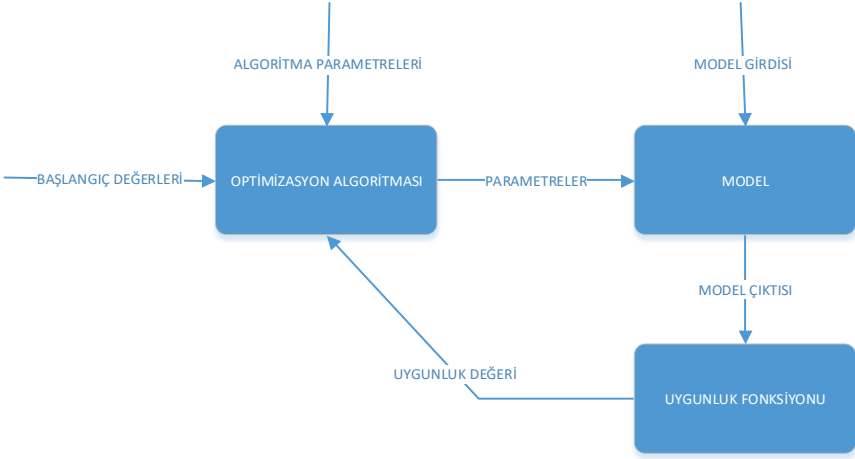
Optimizasyon herhangi bir YZ süreci için tasarlanmış matematiksel modelin en iyi çalışabileceği şartları bulmak için kullanılan süreçler ve geliştirilmiş algoritmaları ifade etmektedir. İyi optimize edilmiş bir model uygun sonuçlar verecektir. Aksi takdirce uyumsuz sonuçlar kaçınılmazdır.

Bilişim sistemlerinde çoğu zaman bir problem için, tanımlanmış veri girişlerine karşılık uygun sonuçları üretecek kompleks matematiksel modeller kurgulanır. Bu modeller farklı bilimsel çalışmalar ve formülasyonlardan faydalanmaktadır. Bununla birlikte, böyle kompleks sistemler bazı parametrelere bağlı çalışırlar. Gerekli olan parametrenin sayısı, ne işe yaradığı, ifade edildiği veri türü her problemin kendi doğasına özel olarak mühendislik çalışmaları ile belirlenebilirler. Bu işlemler başlı başına bir mühendislik becerisi ve probleme özel tecrübe gerektirecektir. Bununla birlikte, sistemler parametre değerlerinin ayarlanmasına muhtaçtırlar.

Basit modeller için parametre değerlerini deneme yanılma yoluyla tespit etmek mümkündür. Ancak kompleks sistemler için parametrelerin alabileceği değer aralıkları, parametre sayıları ve bunların kombinasyonu için tespit edilmesi gereken değerler göz önüne alındığında deneme yanılma ile uygun sonuçlar bulmak samanlıktaki iğne aramaya benzetilebilir.

Parametreleri doğru bir şekilde tespit edilmiş bir matematiksel modelin ise ihtiyaca en uygun şekilde ayarlanması optimizasyon işlemleri ile mümkün olacaktır. Bir optimizasyon algoritması en uygun parametre değerlerini bulmak için iterasyonlar gerçekleştirir. Her iterasyonda daha iyi bir çözüm bulmaya çalışır ve sürekli çözümlerini iyileştirir. Türeve dayalı en dik iniş algoritması ya da sezgisel genetik algoritma tipik en bilindik optimizasyon algoritması örneklerindendir. Optimizasyon algoritmalarının kendine özel parametreleri vardır. Bu parametre değerleri tecrübe ya da deneysel yollarla belirlenerek algoritmanın performansının artırılması mümkün olmaktadır. Ayrıca optimizasyon algoritmaları bir uygunluk fonksiyonuna ihtiyaç duymaktadır. Bu fonksiyon algoritmanın ürettiği sonuçların amaca ne kadar hizmet ettiğini sayısal olarak değerlendirecek

fonksiyonlardır ve optimizasyon algoritması ile eğitilecek modelin amacına uygun olarak tasarlanmalıdır.



Şekil 4 Optimizasyon algoritmaları ile eğitim sürecinin genel şeması.

Bir optimizasyon sürecine YSA' nın parametrelerinin tespiti örnek olarak verilebilir. Bu örnekte optimizasyon algoritması en uygun katsayı setini üretmeye çalışır. Uygunluk fonksiyonu ise bu parametrelerle YSA modeli çalıştırıldığında test verileri için ürettiği sonuçların gerçek sonuçlarla olan farkı olarak tasarlanabilir.

3.3 Bulanık Mantık

Bulanık mantık insanoğlunun karar verme şeklinin bilgisayar ortamına uyarlanmış halidir. Bilgisayar programlamada her şey bir ve sıfır olarak ele alınır. Dolayısıyla da mantıksal bir önerme doğru ya da yanlış olarak kodlanabilmektedir. Bulanık mantıkta ise sonuç bir ve sıfır yerine ara değerler olarak değerlendirilebilmektedir. Bu durum bilgisayarla karar verme süreçlerinin insan gibi yapılabilmesine olanak sağlamaktadır.

4 Yapay Zekâ Teknikleri Kullanıldığı Görüntü İşleme Çalışmaları

İlk sayısal görüntü fikri 19. yüzyıl sonlarında Shelford Bidwell tarafından ortaya atılmıştır. Bu fikir resmin elektronik bir sinyal olarak iletilmesine dayanmaktaydı. Sayısal görüntünün ilk uygulamalarından biri, basılı bir resme ait bilgilerin okyanus altından kablolar vasıtasıyla gönderilmesi ve tekrar basılabilmesi ile 1920'lerde gerçekleşmiştir (Mcfafuane, 1972). Geliştirilen sistem baskı çoğaltma ve iletimi için kullanılmıştır (Gonzalez & Woods, 2008).

Sayısal veriyi alıp işleyebilen ve kaydedebilen bilgisayar sistemlerinin ilk geliştiği yıllarda bellek kapasitesi bir görüntüyü saklayabilmek

için çok yetersiz seviyedeydi. Bununla birlikte, donanımsal gelişmeler görüntülerin sayısal olarak saklanabilmesinin önünü açmıştır. Günümüz bilgisayarlarında kullanıldığı anlamda ilk sayısal görüntü 1957 yılında Russell Kirsch tarafından geliştirilmiş sayısal görüntü tarayıcı tarafından elde edilmiştir. Analog bir resmin bu tarayıcı ile taranarak sayısal hale dönüştürülmüştür. Elde edilen görüntü 176x176 pikselden oluşan siyah beyaz bir görüntüydü (Russell Kirsch/NIST, 2022). 1968 yılında ışığı sayısal sinyale dönüştüren ilk algılayıcı Peter Noble tarafından geliştirilmiştir (Noble, 1968). Bu algılayıcı analog bir resme ihtiyaç olmaksızın çalışan ilk algılayıcıdır. İlk yarı iletken görüntü algılayıcısı olan CCD (Charge Coupled Device) 1969 yılında geliştirilmiştir (Boyle & Smith, 1970). Bu gelişmeler sayısal görüntülerin oluşmasını sağlayan donanımların başlangıcı niteliği taşımaktadır.

Görüntüleme teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte bilgisayar sistemleri de gelişmeye devam etmiş görüntüyü sayısal olarak saklayıp işleyebilecek özelliklerde bilgisayarlar 1960'lı yıllarda geliştirilmiştir (Gonzalez & Woods, 2008). Bununla birlikte 50'li ve 60'lı yıllarda üst düzey programlama dillerinin gelişmesi sayısal görüntü verileri üzerinde işlemler yapabilmeyi kolaylaştırmış, sonuç olarak da bu alanda algoritmalar geliştirilmesinin önü açılmıştır.

İlk görüntü işleme uygulamaları benzer dönemde yürütülen ay görevleri sırasında ay yüzeyinin gönderilen görüntülerinin düzeltilmesi işlemleri ile kendini göstermiştir. Uzun çalışmalarına ilaveten 70'li yılların başlarında ilk kez bilgisayarlı tomografi (CT) olarak bilinen cihazların geliştirilip bir insan beyninin filmi alınması ile tıp alanında da görüntü işleme uygulamaları görülmeye başlamıştır. Bilgisayar sistemlerinin bu gücü keşfedilmesi ile uzay çalışmaları, tıp, astronomi, haritacılık gibi birçok alanda görüntülemeye olan ihtiyaç zaman içerisinde görüntü işleme tekniklerinin geliştirilmesi için motivasyon kaynağı olmuştur.

Görüntüleme sistemleri ve görüntü işlemenin ortaya çıkmasına paralel olarak insan gibi düşünen makineler üretme fikri temelinde yükselen YZ teknikleri de diğer taraftan gelişmekteydi. İkinci dünya savaşında Alman iletişim cihazı Enigma makinesinin şifresini çözmek maksadı ile yürütülen çalışmalarda, Alan Turing tarafından ortaya atılan “makineler düşünebilir mi” sorusu ile günümüzdeki yapay zekanın temelleri atılmıştır (Russell & Norvig, 2020). Ortaya çıkan insan gibi davranan makine fikri, oluşan yeni şartlara adaptasyon gibi insan zekâsı özelliğine ihtiyaç duymuş ve makine öğrenmesi yöntemleri geliştirmek için güçlü bir motivasyon kaynağı olmuştur. Warren S. McCulloch ve Walter Pitts tarafından yürütülen çalışma ilk YZ örneklerindendir. Bu çalışmada insan beyninin yapıtaşları olan nöronlar modellenmiştir. McCulloch-Pitts sinir modeli olarak bilinen bu yapay nöron modeli ile belirli koşulları karşılayan herhan-

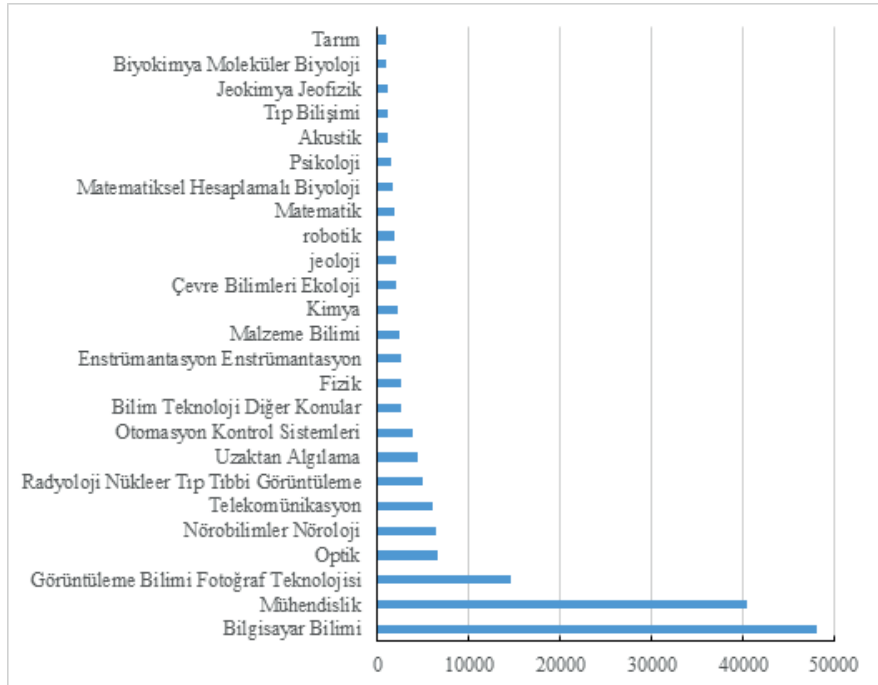
gi bir mantıksal ifade için onun tanımladığı şekilde hareket eden bir net bulunabileceği gösterilmiştir (McCulloch & Pitts, 1943). Bu çalışma ile yapay sinir ağlarının temeli atılmıştır. İlk YZ terimi resmi olarak 1956 da John McCarthy tarafından bir yaz çalıştayında kullanılmıştır (McCarthy, Minsky, Rochester, & Shannon, 2006). Bu dönemde deneme yanılmalarla tüm kombinasyonların denenmesi yöntemi ile sistemler çözülmeye çalışılıyor bu da donanımsal kaynakların etkin kullanılamaması problemi yaratıyordu. 50 lerin sonlarında şimdiki genetik algoritmanın ilkel versiyonu olan yöntem Friedberg tarafından önerilmiştir (Friedberg, 1958; Friedberg, Dunham, & North, 1959). Bu çalışma evrimsel hesaplamanın tanımlandığı ilk çalışmalardandır. Bu sistem makine kodunda bazı mutasyon olarak adlandırılan küçük değişiklikler yapılarak daha iyi çalışan programlar oluşturulması mantığıyla çalışmaktaydı. Böylece deneme yanılma yönteminde hızlanma amaçlanmıştır. Modern genetik algoritma 1975 tarihinde John H. Holland tarafında geliştirilmiştir (Holland, 1975). Bu algoritma belirli bir amaca yönelik sistemin uygun girişlere karşı arzu edilen sonuçları üretebilmesi için gereken sistem parametrelerini sayısal olarak bir dizi seleksiyon çaprazlama ve mutasyon gibi evrimsel işlemlerin gerçekleştirilmesiyle elde edilmektedir. Genetik algoritmanın görüntü işleme alanında sıklıkla kullanılmıştır.

Görüntü işlemenin geliştiği ilk yıllarda görüntünün daha doğru sayısal temsili elde etmek amacıyla Şekil 2’de belirtilen ilk üç aşama olan görüntünün elde edilmesi, geliştirilmesi ve onarılmasına yönelik yöntemlere ihtiyaç duyulmuştur. Bu yöntemler insan algısını iyileştirmeye yöneliktir. Bununla birlikte makine algısına yönelik görüntü işleme yöntemleri de geliştirilmeye başlanmıştır (Gonzalez & Woods, 2008). Bu bir görüntü içeriğini tanımlayabilecek işlemleri ifade etmekteydi. Görüntüdeki görüntünün tespiti, kenar ya da köşe tespiti bu işlemlerin belirgin örnekleridir. En iyi dönüşüm belirlenmesiyle çalışan görüntü tespiti yöntemi ilk zeki görüntü işleme çalışmalarına örnek olarak verilebilir (Preston & Carvalko, 1972). 70 lerin sonlarında popüler bir denetimsiz öğrenme yöntemi olan K-Means algoritması görüntülerin bölütlenmesi amacıyla kullanılmaya başlanmıştır (Coleman & Andrews, 1979). Bununla birlikte görüntü işlemede sıklıkla kullanılan Canny kenar tespit algoritması 80 yılların ikici yarısında önerilmiştir (Canny, 1986). Bu algortmada en iyi kenar belirleyicinin tespiti için sayısal optimizasyon kullanılmıştır. 90’larda ise yüz tespiti problemlerinin bir ihtiyacı olarak YZ nin görüntü işlemede uygulandığı örneklerle karşılaşmaktayız (Bouattour, Soulié, & Viennet, 1992; Turk & Pentland, n.d.).

En bilindik YZ modellerinden olan YSA görsel bilgiler için piksel değerlerini almakta ve sonuç üretmekteydi. Görüntünün ön adım olarak birtakım işlemlerden geçmesiyle elde edilen anlamlı bilgileri (çizgiler,

eğriler gibi ya da daha derin olarak yüz, nesne gibi) sinir ağına giriş olarak alan evrişimli sinir ağları (Convolutional Neural Network-CNN) 1980 yılında ortaya çıkmakla birlikte 2000 li yıllarda görüntü işleme uygulamalarında yaygınlaşmıştır. Şekil 1'deki son yirmi yılda görüntü işleme sahasında YZ kullanımına dair verilen grafik incelenecek olursa 2015-2017 yıllarından sonra bu sahada yapılan araştırmaların ivmelendiği görülebilir. Bu durumun, CNN gibi görüntüyü daha iyi analiz edebilen YSA modellerinin yaygınlaşmasının ve gelişen donanımlarla YSA modellerinde daha fazla ara katman kullanarak giriş ve arzu edilen sonuçlar arasında daha doğru ilişkiler kurabilen derin ağların gelişmesinin bir sonucu olduğu gözlemlenmektedir.

Günümüzde YZ uygulamalarını hayatın birçok alanında görmekteyiz. Şekil 5' de YZ kullanılarak geliştirilmiş görüntü birleştirme tekniklerinin kullanıldığı akademik yayınların sayılarının araştırma alanlarına göre dağılımı gösterilmektedir. Veriler Web of Science indeksinden alınmıştır. Verilerden görülebileceği gibi tarımdan bilgisayar bilimlerine çok farklı alanlarda YZ ile görüntü işleme tekniklerine başvurulduğu görülmektedir.



Şekil 5 Yapay zekâ kullanılmış görüntü işleme yöntemlerine ait yayın sayılarının Web of Science indeksi araştırma alanlarına göre dağılımı.

4.1 Bilgisayar Bilimi Alanındaki Çalışmalar

Bilgisayar bilimi YZ ve görüntü işleme yöntemlerinin geliştirilmesini amaç edinen temel bilim dallarından biridir. Bu yanı ile bu alanda görüntü işleme ve YZ tekniklerinin kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır.

Literatürde görüntü işleme için özelleşmiş ya da görüntü verilerini de işlemede başarılı olan YZ tekniklerinin geliştirildiğine sıklıkla tanık oluyoruz. Ian Goodfellow ve arkadaşları tarafından 2014 de önerilen çekişmeli üretici ağlar (generative adversarial networks-GAN), yazdıkları makalede zıt şekilde çalışan iki sinir ağı olarak tanımlanmıştır (Goodfellow et al., 2020). GAN görüntü işleme alanında da oldukça ilgi görmeye başlamış bir derin öğrenmeli sinir ağı modelidir ve temelde iki ağı içermektedir. Ağlardan biri bir görüntü oluştururken diğeri bu görüntüyü değerlendirerek gerçekliğine karar vermektedir. Böylece sanal görüntüler üretilebilmektedir. EfficientNet ismi verilen diğeri bir model türünce CNN yapısı geliştirilmiş ve literatüre sunulmuştur (Tan & Le, n.d.). Yürütülen çalışmada EfficientNet yapısının ImageNet veri setinde 84,3% lük doğruluk ile CNN yapısına göre 6,1 kat daha hızlı sonuç ürettiği gösterilmiştir. Grad-CAM ismi verilen teknik görüntü sınıflandırma, görüntü tasviri ve görsel soru cevaplama amacıyla CNN tipi ağlar üzerine geliştirilmiş bir diğeri örnektir (Selvaraju et al., 2020). Yapılan çalışmada bu teknik CNN ağı sonuçları için görsel açıklama tekniği olarak tanımlanmıştır. ShuffleNet isimli teknikle CNN yapısı limitli donanım kaynağı olan mobil cihazlarda kullanılacak şekilde organize edilerek yani bir tasarım ortaya konulmuştur. (X. Zhang, Zhou, Lin, & Sun, 2018). Res2Net isimli sistem de CNN yapısının çok ölçekli temsil özelliğinin geliştirildiği bir başka çalışma olarak karşımıza çıkmaktadır (Gao et al., 2021).

Genel bir model geliştirmenin yanı sıra özel bir amaca özel yapılmış çalışmalarda bulunmaktadır. Örneğin bir çalışmada yazarlar semantik görüntü bölütleme yöntemi geliştirmişlerdir (L.-C. Chen, Papandreou, Kokkinos, Murphy, & Yuille, 2018). Bu çalışmada derin öğrenme ile CNN ağları temelli DeepLab ismini verdikleri bir model önerilmiş ve etkinliği PASCAL VOC 2010 veri seti üzerinden gösterilmiştir. Diğeri bir çalışmada, evrişimli blok dikkat modülü (Convolutional Block Attention Module) ismini verdikleri bir eklenti ileri beslemeli CNN ağları için geliştirilmiş ve nesne tanıma amaçlı test edilmiştir (Woo, Park, Lee, & Kweon, 2018). Deneyisel çalışmalarda ImageNet-1K, MS COCO ve VOC 2007 veri setleri kullanılmıştır. Yine semantik bölütleme için önerilen bir diğeri yöntemde yazarlar var olan sistemlerin performansının artırıldığını yayınlarında göstermişlerdir (L. C. Chen, Zhu, Papandreou, Schroff, & Adam, 2018).

Bilgisayar bilimleri görüntü işlemede YZ tekniklerinin en çok kullanıldığı alanlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Bkz. Şekil 5). Bu

alandaki yürütülen çok fazla çalışma bulunmakta ve genel olarak görüntü işlemede kullanılabilecek yeni modeller tasarlamak ya da modelleri özel bir uygulamada daha iyi sonuçlar verebilecek iyileştirmelerde bulunmak temelli çalışmalar yürütüldüğü gözlemlenmiştir.

4.2 Mühendislik Alanındaki Çalışmalar

Mühendislik alanındaki çalışmalarda uygulamalı yöntemlerin var olduğu görülmektedir. Örneğin görüntü erişimi (image retrieval) uygulamasının gerçekleştirildiği bir çalışmada sorgu olarak kullanılan görüntünün özellikleri kullanılarak en uygun görüntülere erişebilmek hususunda verimli bir yöntem geliştirilmeye çalışılmıştır (Khaleel, 2022). Bu maksatla çalışmada görüntü özellikleri çıkartmak için lineer diskriminant analizi yöntemi, benzerlik analizi için cuckoo arama algoritması, karınca koloni optimizasyon algoritması ve tek katmanlı YSA yapısı kullanılmıştır. Ayrıca cuckoo arama algoritması ile bulanık mantığın hibrit olarak kullanıldığı yeni bir görüntü özellik kıyaslama yöntemi de çalışmada önerilmiştir. Bir başka çalışmada farklı modlardaki hedef ve nesneleri tanımak için görüntülerin işlendiği analiz edildiği ve anlaşılmasına çalışıldığı görüntü özelliği tanıma uygulaması yapılmıştır (Zou, Fu, & Li, 2019). Çalışmada kamyon numaralarının tespiti için derin öğrenmeli CNN yapısı kullanılmıştır. Diğer bir ilginç çalışmada çiftçiler tarafından bireysel olarak verimsiz ve yüksek maliyetli bir şekilde yürütülen mango meyvesinin sınıflandırılması işleminin görüntü işleme kullanarak YZ teknikleri ile daha verimli hızlı ve doğru bir şekilde yapabilecek mango sınıflandırma sistemi geliştirilmiştir (Thong, Thinh, & Cong, 2019). Bu maksatla YSA yapısıyla sınıflandırma yapılırken öncelikle görüntü işleme ile meyvenin şekil özellikleri görüntü üzerinden tespit edilmiştir.

Özellikle mühendislik sınıfında yürütülen çalışmaların birçoğu aynı zamanda bilgisayar bilimleri alanına da girdiği not edilmekle birlikte çok çeşitli uygulamalarda görüntü işleme ve YZ tekniklerinin kullanıldığı bu saha için tespit edilmiştir.

4.3 Görüntüleme Bilimi ve Fotoğraf Teknolojisi Alanındaki Çalışmalar

Görüntü elde etme ve görüntüden dijital bilgi çıkartma konularını kapsayan bu alanda da YZ ile yürütülmüş birçok çalışma olduğunu görmekteyiz.

Bu alanda popüler olan başlıklardan biri, düşük çözünürlükteki görüntüden yüksek çözünürlüklü görüntü elde etme yöntemi olan süper çözünürlüktür (SÇ). Zhang ve arkadaşları tarafından yürütülmüş çalışma SÇ için güzel bir örnektir (Y. Zhang et al., 2018). Bu çalışmada RSAN ismi verilen bir model önerilmiş ve başarımları yürütülen çalışmalarla gösteril-

miştir. Görüntü rekonstrüksiyon işlemleri bu sahada yürütülen bir diğer işlemdir. Elde edilen bilgilerden iki ya da üç boyutlu görüntüler oluşturması ya da kayıp bilgilerin elde edilmesi ile görüntü kalitesinin artırılması şeklinde kullanılan yöntemlere örnek olarak verilebilecek literatürde yayınlanmış bir çalışmada görüntülerin çözünürlük kalitelerinin artırılmasına için testler yürütülmüş ve EPGN ismini verdikleri derin ağ önerilmiştir (Q. ; Zhang et al., 2022).

Optik karakter tanıma, görsel üzerindeki karakterleri tanıyıp metin haline dönüştürme yöntemleri olarak tanımlanmakta, önceleri tarayıcıdan görüntüsü alınmış belgelerin metin belgesini oluşturmada kullanılırken günümüzde mobil cihazların kamerası ile alınan görüntülerdeki metinlerin tespit edilerek doğal dil işleme uygulamalarından, metinden konuşma uygulamalarına kadar çok farklı teknikler için girdi sağlayabilmekte böylece kendisine birçok uygulama sahası bulmaktadır. Bu alanda yürütülmüş bir çalışmada İngilizce dışında farklı dillerde el yazması ya da bilgisayar baskısı görüntülerden karakter tanıma yapan bir YSA temelli bir sistem geliştirilerek 800 görüntü üzerinden %85 doğrulukta çalıştığı gösterilmiştir (Waruna, Premachandra, Jayakody, & Kawanaka, 2022).

Bu alanda bir görüntüden amaca özel bilgi çıkartan çalışmalarla da literatürde karşılaşılabilir. Görüntüden UML (Unified Modelling Language) sınıf diyagramı üretme bu konuda yapılmış enteresan çalışmalardan bir tanesidir (Nedelcu, Ionita, Mocanu, & Saru, 2022). Çalışmada modele verilen gemi modellerinin özellikleri sınıf diyagramı olarak üretilmekte ve sınıfta geminin türü, yolcu kapasitesi, katsayısı rengi hızı gibi bilgiler tutulmaktadır.

Bir başka çalışmada tehlikeli anlarda önlem amaçlı silah tespiti uygulaması geliştirmek amacıyla CNN temelli modeller kullanılmıştır (Das & Tomar, 2022). Modeller öncelikle internet filmleri ateşli silahlar veri tabanı kullanarak silah görüntüleriyle ön eğitime tabi tutulmuş nihai modeller ise MS COCO veri seti kullanılarak birbiri ile kıyaslanmıştır sonuç olaraksa YOLOv3 modelinin en iyi sonuç verdiği not edilmiştir.

Yapılan literatür aramasında araştırma alanı olarak bu sahanın etiketlendiği son bir sene içerisinde beş bini aşkın çalışma olduğu not edilmiş olup YZ yöntemlerinin alanda sıklıkla kullanıldığı görülmüştür.

4.4 Tıbbi Görüntüleme Alanındaki Çalışmalar

Görüntü işleme teknikleri birçok alan gibi tıp ve sağlık alanlarında da sıklıkla kullanılmaktadır. Bilgisayarların yaygınlaşması ve sağlık alanında kullanılmasıyla, bu alandaki bilgi enformatiği de aynı şekilde artmıştır. Görüntü işlemenin tıbbi görüntüleme işlemlerinde kullanılmasıyla invazif olmayan muayene yöntemleri gelişmiştir. Bununla birlikte, tıbbi tanı iş-

lemleri de görüntü içeren enformatik bilgi ile daha anlaşılır ve daha doğru tanı konulabilir hale gelmiştir. Bilgisayarlı tomografi, röntgen ve ultrason gibi cihazlardan elde edilen görüntüler ile hem tanı hem de tedavi süreçleri gelişmiştir. Hekimler açısından birçok kolaylık sağlanmıştır. Tanı sürecindeki hız ve doğru karar vermenin sağlanması ile tedavi süreçleri hızlanmış ve düşük maliyetli bir hale gelmiştir. Hasta açısından da benzer faydalar sağlanmıştır. Nitekim tıbbi görüntülerin elde edilmesi ile doğru tanıya hızlı ulaşılmasının sağlanması ile tedavi süreçleri de aynı şekilde hızlı ilerlemekte ve hastanın hastalığa bağlı semptomları ile psikolojik süreçleri de çabuk iyileşmektedir.

Tıbbi görüntülemenin sağlık alanında kullanılması oldukça eski bir konudur. Nitekim 19. Yüzyılın sonlarında tesadüfen keşfedilen X ışınları sayesinde röntgen cihazı geliştirilmiş ve vücudun ilk görüntüleme işlemleri bu gelişme ile başlamıştır (Röntgen, 1898). Bu gelişme öylesine kıymetli bulunmuştur ki aynı dönemde fizik alanında Nobel ödülü de bu gelişmeyi duyuran W.C Röntgen' e verilmiştir. Ancak tıbbi görüntüleme sistemlerindeki gelişmeler röntgen ile sınırlı kalmamıştır. Sonrasında birçok teknolojik gelişmeyle birlikte tıbbi görüntüleme sistemlerinde gelişmeler kaydedilmiştir. Örneğin, görünür bölge ışınımları kullanılarak endoskopi, gastroenteroloji işlemleri yapılmaktadır (Atlan & Pençe, 2021). X ışınımlarının kullanılması ile bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans görüntüleme işlemleri yapılmaktadır. Gama ışınımları kullanılarak, nükleer tıp alanındaki görüntüleme işlemleri yapılmaktadır. Ultrason işlemlerinde ise yüksek frekanslı ses dalgaları kullanılmaktadır (Bushberg, Seibert, Leidholdt, & Boone, 2011).

Teknolojinin gelişmesiyle tıbbi görüntüleme sistemleri zaman içerisinde güçlenmiş ve çeşitlenmiştir. Nitekim zaman içerisinde çeşitlenen hastalıkların tespitinde, hekimler karar verme süreçlerinde de tıbbi görüntülemelerden fazlasını beklemeye başlamıştır. Bu ihtiyaç sonrasında, tıbbi görüntüleme sistemleri ile makine öğrenmesi ve veri madenciliği beraber kullanılmaya başlamıştır. Müjdat Tiryaki tarafından yapılan mamografi görüntüleri yapay sinir ağları kullanılarak sınıflandırılmış ve yüzde 85 gibi yüksek bir oranla doğru bulguların elde edildiği raporlanmıştır (Müjdat Tiryaki, 2020). Bir diğer çalışma da derin öğrenme yöntemleri kullanan dopler ultrason görüntülerinde tümörlerin iyi huyu – kötü huylu olarak sınıflandırmasını sağlamıştır (Shia & Chen, 2020). Sarhan, MRI görüntülerinde tespit edilen beyin tümörlerini sınıflandırmak için Dalgacık Tabanlı Evrişimli Sinir Ağı (WCNN) kullanmıştır ve %99.3 doğruluk oranına sahip sonuçlar elde etmiştir (Sarhan, 2020).

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, farklı enerji türlerinin kullanılmasıyla farklı görüntüleme teknikleri tıp alanında sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak yürütülen çalışmalar zaman içerisinde gelişen teknolojiyle baş-

kalaşmaya başlamıştır. Yürütülen çalışmaların da çağın gerekliliklerine uyum sağlaması adına diğer uygulamalarla birleşmesi kaçınılmaz bir sonuç olarak ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda tıbbi görüntü işlemleri ile YZ teknikleri bir arada kullanılmaya başlamış ve bu entegrasyon giderek derinleşmektedir.

4.5 Diğer Alanlardaki Çalışmalar

Bilişim teknolojileri, endüstri 4.0 ile birçok alanda daha yoğun kullanılmaya başlamıştır ve elde edilen kazanımlar eksponansiyel olarak artmaktadır. Nitekim endüstri 4.0 birçok sektör açısından çok önemli gelişmeler getirmiştir. Hız, ekonomik, dayanıklılık gibi birçok avantaj uygulama alanındaki ihtiyaca göre entegre edilmiştir. Bu anlamda yürütülen çalışmaların bir kısmında YZ etkisi görmek mümkündür. Alan sınırlaması olmaksızın, hemen her sektör de yapay zekaya ilişkin bir örnek görmek mümkün olmaktadır.

Otomotiv sektöründe, son yıllarda kullanımı giderek artan YZ uygulamaları görmek mümkündür. Akıllık fren sistemleri, otomatik park asistanı, akıllı şerit takip sistemi gibi doğrudan güvenlik ve konfor uygulamalarının yanı sıra adaptif aydınlatma sistemleri ve motor gücünün elektriksel pillerde akıllı depolanmasını sağlayan teknolojilerde de YZ teknolojilerinden faydalanılmaktadır (Kulikov & Bickel, 2019; Pananurak, Thanok, & Parnichkun, 2009; Yüzgeç, Şahin, Bölüm, Şeyh, & Üniversitesi, 2017)

Bankacılık sektörü, YZ uygulamalarının sıklıkla görüldüğü bir diğer alan olmaktadır. Günümüz bankacılık sistemlerinde ileri seviyede YZ teknolojisi kullanılmaktadır. Sürekliliği esas alan e-dijital dönüşüm prosesleri ve dijital bankacılık uygulamalarında verilen hizmet üretimi sürecinde YZ tabanlı uygulamalar ve aplikasyonlar devamlı olarak kullanılmakta ve her geçen gün bir yaygınlaşmaktadır. Yürütülen bir çalışmada bankacılıktaki kara para aklamanın YZ ile tespitine yönelik bir çalışma yürütmüş ve yatırım bankacılığı açısından ne denli önemli olduğuna işaret etmiştir (Vedapradha & Ravi, 2018). Bankacılıkta dijitalleşme kapsamında, öğrenen yapay zekâ desteğiyle sorunlu kredilerin belirlenmesi isimli tez çalışmasında risk teşkil eden kredilerin belirlenmesinde YSA'nın kullanımının öneminden bahsetmiştir. Böylelikle banka karlılıklarına doğrudan etki edebileceğinin altı çizilmiştir (Ceran, n.d.)

YZ teknikleri birçok mühendislik dalında kullanılmaktadır. Yukarıda bu hususlarla ilgili birçok örnek de verildi. Ancak kullanımının giderek yoğunlaştığı bir diğer saha ise inşaat mühendisliği alanıdır. Bu hususta yürütülen onlarca çalışma bulunmaktadır. Örneğin bir çalışmada uçucu külün betonun basınç dayanımı üzerindeki etkisini YZ ile modellemişlerdir (Teknolojileri et al., 2016). Bunun sonucunda betondan istenen ba-

sınç değerini belirleyecek uçucu kül oranı YZ ile belirlenmiştir. Bir diğer çalışmada YSA kullanılarak kullanılması gereken yalıtım malzemesinin kalınlığı tespit edilmiştir (Keleşoğlu, Ekinci, & Fırat, 2005). YSA 'nın önerdiği kalınlık ile matematiksel olarak elde edilmesi gereken kalınlığın tatminkâr bir doğrulukta olduğu raporlanmıştır. İnşaat mühendisliğindeki uygulamalar sadece modellemek ya da tahmin etmek yönünde değildir, optimizasyon da inşaat mühendisliği branşında faydalanılan alanlardan birisi olmuştur. Örneğin bir diğer çalışmada en iyi inşaat maliyetini hesaplamak için genetik algoritmalarından faydalanmışlardır (Fairbairn, Silvos, Toledo Filho, Alves, & Ebecken, 2004).

5 Sonuç ve Değerlendirme

20.yüzyılın ortalarında ortaya çıkan YZ fikri hem ülkemizde hem de dünyada kabul görmüştür. YZ'nin insan düşünce yapısını taklit eden karakteristiğinden birçok alanda aktif olarak faydalanılmıştır. Uzman sistemler geliştirilmiş ve karar veren yapılar endüstriyel anlamda kullanılmaya başlanmıştır. Bu anlamda 1950 'lerde ortaya çıktığı noktadan çok daha gelişmiş durumdadır. Birçok programlama dili, YZ uygulamalarının kendi içerisinde hayat bulmasına olanak tanıyacak şekilde yenilenmiştir. Nitekim YZ 'nin uygulama alanları o kadar değişmiştir ki, buna uyumlu hale gelmekte önemli bir problem olmuştur. Çünkü YZ bir merak olmaktan çıkmış, çağın gerekliliği haline gelmiştir.

Günümüzde yapay zekâ uygulamaları gündelik yaşamımıza sirayet etmiş, ev eşyalarından araçlara cep telefonlarından kişisel bilgisayarlara birçok dijital cihazda kendisini göstermektedir. Bu çalışmada insanın en önemli algılarından biri olan görsel algılamının dijital uygulamalarında hayatımızı oldukça fazla etkileyen YZ etkisi irdelenmiş gelişim süreçleri anlatılmış ve son beş yıldaki bilimsel çalışmalar özetlenmiştir. Şekil 5'de de görülebileceği gibi alanda çok fazla çalışma var olup hepsinin bir çalışmada özetlenmesi mümkün olmamakla birlikte bu çalışmaların en çarpıcılar ve en çok atıf alanları incelenmiş ve en yaygın kullanım alanlarına değinilmiştir. Bununla birlikte yapılan literatür taraması her ne kadar farklı araştırma alanları için ayrılrsa da alanlar arasında çok keskin sınırlar bulunmamakta. Bazı çalışmalar birden fazla alanla ilişkili olabilmektedir.

Yapılan araştırmalar göstermiştir ki derin öğrenme görüntü işleme üzerinde büyük bir etki bırakmaktadır. Donanımsal güç ile birleştğinde eğitilmesi mümkün olmuş ve güçlü bir genelleştirmeye sahip modeller ortaya konulabilmektedir. Mobil cihazlarda dahi bu modellerin kullanılabilmesi geliştirilen yöntemlerin kullanım sahasını da genişlettiği görülmektedir.

Yapılan çalışmalarda son yıllarda uygulama aracı olarak YZ için Tensorflow ve Pytorch gibi Python dili kütüphanelerinin görüntü işleme içinse OpenCV yazılım kütüphanesinin öne çıktığı gözlemlenmiştir. Bu-

nun sebebinin Python dilinin sağladığı kütüphane zenginliği ve uygulama kolaylığı ile elde ettiği son yıllardaki popülaritesiyle birlikte adı geçen kütüphanelerin dünyaca ünlü yazılım devleri tarafından geliştirilip destek veriliyor olması, erişiminin kolay ve ücretsiz oluşu ve yardım videolarının ve belgelerinin bolluğu olduğu düşünülmektedir.

Kendi içerisinde birçok görüntü işleme yöntemi geliştirilmekle birlikte bu yöntemler değişen şartlara göre uyum sağlaması uygulanabilirliği açısından büyük önem arz etmektedir. YZ yöntemleri ise diğer taraftan akıllı karar verme süreçleri sağlaması görüntü işlemeye büyük katkıda bulunmaktadır. YZ yöntemlerinin görüntü birleştirmede kullanılması ile bu yöntemlerin uygulanabilirliği artmış ve cep telefonlarından tutunda oyunlara hatta araçlara kadar büyük bir uygulama sahası bulmuştur. Doğru ya da yanlış mantığı ile net sonuç üreterek çalışan yöntemler yerine yaklaşımlar sağlayabilen ve bu hali ile farklı şartlarda da kullanılabilen teknolojiler üretilebilmektedir.

Geleneksel yöntemlerin yetersiz kalması, sistem iyileştirmek veya optimize etmek, hız, güvenlik, şifreleme gibi birçok gereksinimin karşılanması olarak faydalanılan YZ teknikleri giderek yaygınlaşmaktadır. Bu anlamda, birçok ülkenin ulusal güvenlik ve gelişim stratejisinde YZ ön plana çıkan bir başlık olmaktadır. Siber güvenlik, kriptoloji, veri depolama gibi ulusal çıkarları ve ulusal güvenlik işlemlerini de kapsayan YZ uygulamaları hükümetler tarafından desteklenmektedir. Nitekim bu husus sadece güvenlik perspektifiyle değerlendirilmiyor, bununla birlikte çağın gerisinde kalmamak adına da önemseniyor. Dünyada bu yönde sarf edilen emek azımsanmayacak kadar büyüktür. Bu kitap bölümünde kısıtlı bir alan ile ifade edilmeye çalışılan bu literatür özeti ve gelecek projeksiyonun bu alanda çalışma yapan ve yapmayı planlayan araştırmacılar için yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Atlan, F., & Pençe, İ. (2021). Yapay Zekâ ve Tıbbi Görüntüleme Teknolojilerine Genel Bakış. *Acta Infologica*. İstanbul Üni. Enformatik Böl. Kalenderhane Mah. 16 Mart Şehitleri Cad. No: 8 Vezneciler Fatih İstanbul: Istanbul University.
- Bouattour, H., Soulié, F. F., & Viennet, E. (1992). Neural Nets for Human Face Recognition. *Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks*, 3, 700–704. Retrieved 8 November 2022 from <https://doi.org/10.1109/IJCNN.1992.227070>
- Boyle, W. S., & Smith, G. E. (1970). Charge coupled semiconductor devices. *The Bell System Technical Journal*, 49(4), 587–593. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1970.tb01790.x>
- Bushberg, J. T., Seibert, J. A., Leidholdt, E. M. Jr., & Boone, J. M. (2011). *The Essentials Physics Of Medical Imaging*, 1048. Retrieved 19 November 2022 from https://books.google.com/books/about/The_Essential_Physics_of_Medical_Imaging.html?hl=pt-PT&id=tqM8IG3f8bsC
- Canny, J. (1986). A Computational Approach to Edge Detection. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI-8(6), 679–698. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/TPAMI.1986.4767851>
- Ceran, M. (n.d.). BANKACILIKTA DİJİTALLEŞME KAPSAMINDA, ÖĞRENEN YAPAY ZEKÂ DESTEĞİYLE SORUNLU KREDİLERİN BELİRLENMESİ. Marmara Üniversitesi Bankacılık Ve Sigortacılık Enstitüsü , İstanbul. Retrieved 19 November 2022 from
- Chen, L. C., Zhu, Y., Papandreou, G., Schroff, F., & Adam, H. (2018). Encoder-decoder with atrous separable convolution for semantic image segmentation. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11211 LNCS, 833–851. Retrieved 10 November 2022 from https://doi.org/10.1007/978-3-030-01234-2_49/TABLES/7
- Chen, L.-C., Papandreou, G., Kokkinos, I., Murphy, K., & Yuille, A. L. (2018). DeepLab: Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets, Atrous Convolution, and Fully Connected CRFs. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 40(4), 834–848. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2017.2699184>
- Coleman, G. B., & Andrews, H. C. (1979). Image Segmentation by Clustering. *Proceedings of the IEEE*, 67(5), 773–785. Retrieved 8 November 2022 from <https://doi.org/10.1109/PROC.1979.11327>
- Das, P. A. K., & Tomar, D. S. (2022). Convolutional neural networks based weapon detection: a comparative study. <https://doi.org/10.1117/12.2622641>, 12084, 351–359. Retrieved 14 November 2022 from <https://doi.org/10.1117/12.2622641>

- Fairbairn, E. M. R., Silvos, M. M., Toledo Filho, R. D., Alves, J. L. D., & Ebecken, N. F. F. (2004). Optimization of mass concrete construction using genetic algorithms. *Computers & Structures*, 82(2–3), 281–299. Retrieved 19 November 2022 from <https://doi.org/10.1016/J.COMPST-RUC.2003.08.008>
- Friedberg, R. M. (1958). A Learning Machine: Part I. *IBM J. Res. Dev.*, 2(1), 2–13. Retrieved from <https://doi.org/10.1147/rd.21.0002>
- Friedberg, R. M., Dunham, B., & North, J. H. (1959). A Learning Machine: Part II. *IBM Journal of Research and Development*, 3(3), 282–287. Retrieved from <https://doi.org/10.1147/rd.33.0282>
- Gao, S. H., Cheng, M. M., Zhao, K., Zhang, X. Y., Yang, M. H., & Torr, P. (2021). Res2Net: A New Multi-Scale Backbone Architecture. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 43(2), 652–662. Retrieved 10 November 2022 from <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2019.2938758>
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2008). *Digital image processing*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall. Retrieved from <http://www.amazon.com/Digital-Image-Processing-3rd-Edition/dp/013168728X>
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... Bengio, Y. (2020). Generative Adversarial Networks. *Commun. ACM*, 63(11), 139–144. Retrieved from <https://doi.org/10.1145/3422622>
- Holland, J. H. (1975). *Adaptation in natural and artificial systems: An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*. Oxford, England: U Michigan Press.
- KELEŞOĞLU, Ö., EKİNCİ, C. E., & FIRAT, A. (2005). The using of artificial neural networks in insulation computations. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 23(3), 58-. Retrieved 19 November 2022 from <https://sigma.yildiz.edu.tr/article/1122>
- Khaleel, B. I. (2022). COLOR IMAGE RETRIEVAL BASED ON FUZZY NEURAL NETWORK AND SWARM INTELLIGENCE TECHNIQUES. *IIUM Engineering Journal*, 23(1), 116–128. Retrieved 16 November 2022 from <https://doi.org/10.31436/iiumej.v23i1.1802>
- Kulikov, I., & Bickel, J. (2019). Performance analysis of the vehicle electronic stability control in emergency maneuvers at low-adhesion surfaces. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 534(1). Retrieved 19 November 2022 from <https://doi.org/10.1088/1757-899X/534/1/012009>
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. *AI Magazine*, 27(4), 12. Retrieved from <https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1904>

- McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5(4), 115–133. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/BF02478259>
- Mcfafuane, M. D. (1972). Digital pictures fifty years ago; Digital pictures fifty years ago. *PROCEEDINGS OF THE IEEE*, 60(7). Retrieved 29 October 2022 from <https://doi.org/10.1109/PROC.1972.8775>
- MüjdatTiryaki, V. (2020). Mamografi görüntülerindeki anormalliklerin yerel ikili örüntü ve varyantları kullanılarak sınıflandırılması. *Journal*, 9(1), 297–305.
- Nedelcu, I. G., Ionita, A. D., Mocanu, S. A., & Saru, D. (2022). UML Class Model Generation of Images Using Neural Networks. *International Conference on Systems, Signals, and Image Processing*, 2022-June. Retrieved 14 November 2022 from <https://doi.org/10.1109/IWSSIP55020.2022.9854486>
- Noble, P. J. W. (1968). Self-scanned silicon image detector arrays. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 15(4), 202–209. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/T-ED.1968.16167>
- Pananurak, W., Thanok, S., & Parnichkun, M. (2009). Adaptive cruise control for an intelligent vehicle. *2008 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, ROBIO 2008*, 1794–1799. Retrieved 19 November 2022 from <https://doi.org/10.1109/ROBIO.2009.4913274>
- Preston, K., & Carvalko, J. R. (1972). On Determining Optimum Simple Golay Marking Transformations for Binary Image Processing. *IEEE Transactions on Computers*, C–21(12), 1430–1433. Retrieved 8 November 2022 from <https://doi.org/10.1109/T-C.1972.223519>
- Röntgen, W. C. (1898). Ueber eine neue Art von Strahlen. *Annalen Der Physik*, 300(1), 12–17. Retrieved 19 November 2022 from <https://doi.org/10.1002/ANDP.18983000103>
- Russell Kirsch/NIST. (2022, April). First Digital Image. Retrieved from <https://www.nist.gov/mathematics-statistics/first-digital-image>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). *Artificial Intelligence: a modern approach* (4th ed.). Pearson.
- Sarhan, A. M. (2020). Brain Tumor Classification in Magnetic Resonance Images Using Deep Learning and Wavelet Transform. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 13(06), 102–112. Retrieved 19 November 2022 from <https://doi.org/10.4236/JBISE.2020.136010>
- Selvaraju, R. R., Cogswell, M., Das, A., Vedantam, R., Parikh, D., & Batra, D. (2020). Grad-CAM: Visual Explanations from Deep Networks via Gradient-Based Localization. *International Journal of Computer Vision*, 128(2), 336–359. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s11263-019-01228-7>

- Shia, W., & Chen, D. (2020). Abstract P1-02-10: Using deep residual networks for malignant and benign classification of two-dimensional Doppler breast ultrasound imaging. *Cancer Research*, 80(4_Supplement), P1-02-10-P1-02-10. Retrieved from <https://doi.org/10.1158/1538-7445.SAB-CS19-P1-02-10>
- Tan, M., & Le, Q. v. (n.d.). EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. Retrieved 9 November 2022 from
- Teknolojileri, Y., Dergisi, E., Seyitömer, M., Külünün, U., Basınc, B., Etkisi, D., ... Bölümü, Y. E. (2016). Seyitömer Uçucu Külünün Betonun Basınc Dayanımına Etkisi Üzerine Bulanık Mantık Yaklaşımı. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1(1), 13–20. Retrieved 19 November 2022 from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/yted/issue/22222/238558>
- Thong, N. D., Thinh, N. T., & Cong, H. T. (2019). Mango Classification System Uses Image Processing Technology and Artificial Intelligence. *Proceedings of 2019 International Conference on System Science and Engineering, ICSSE 2019*, 45–52. Retrieved 16 November 2022 from <https://doi.org/10.1109/ICSSE.2019.8823119>
- Turk, M. A., & Pentland, A. P. (n.d.). Face recognition using eigenfaces. *Proceedings. 1991 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 586–591. Retrieved 8 November 2022 from <https://doi.org/10.1109/CVPR.1991.139758>
- Vedapradha, R., & Ravi, H. (2018). Application of Artificial Intelligence in Investment Banks. *Review of Economic and Business Studies*, 11(2), 131–136. Retrieved 19 November 2022 from <https://doi.org/10.1515/REBS-2018-0078>
- Waruna, H., Premachandra, H., Jayakody, A., & Kawanaka, H. (2022). Converting high resolution multi-lingual printed document images in to editable text using image processing and artificial intelligence; Converting high resolution multi-lingual printed document images in to editable text using image processing and artificial intelligence. Retrieved 14 November 2022 from <https://doi.org/10.1109/ICIPRob54042.2022.9798739>
- Woo, S., Park, J., Lee, J.-Y., & Kweon, I. S. (2018). CBAM: Convolutional Block Attention Module. In V. Ferrari, M. Hebert, C. Sminchisescu, & Y. Weiss (Eds.), *Computer Vision – ECCV 2018* (pp. 3–19). Cham: Springer International Publishing.
- Yüzgeç, U., Şahin, S., Bölümü, B. M., Şeyh, B., & Üniversitesi, E. (2017). Mobil Otonom Park Etme (MOPA) Uygulaması Geliştirilmesi. *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 9(2), 27–34. Retrieved 19 November 2022 from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tbbmd/issue/30339/288029>
- Zhang, Q. ;, Ye, X. ;, Chen, Y., Zhang, Q., Ye, X., & Chen, Y. (2022). Extra Proximal-Gradient Network with Learned Regularization for Image Compressive Sensing Reconstruction. *Journal of Imaging* 2022, Vol. 8, Page 178,

8(7), 178. Retrieved 14 November 2022 from <https://doi.org/10.3390/JI-MAGING8070178>

- Zhang, X., Zhou, X., Lin, M., & Sun, J. (2018). ShuffleNet: An Extremely Efficient Convolutional Neural Network for Mobile Devices. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 6848–6856. Retrieved 10 November 2022 from <https://doi.org/10.1109/CVPR.2018.00716>
- Zhang, Y., Li, K., Li, K., Wang, L., Zhong, B., & Fu, Y. (2018). Image Super-Resolution Using Very Deep Residual Channel Attention Networks. In V. Ferrari, M. Hebert, C. Sminchisescu, & Y. Weiss (Eds.), *Computer Vision – ECCV 2018* (pp. 294–310). Cham: Springer International Publishing.
- Zou, X., Fu, Y., & Li, X. (2019). Image Feature Recognition of Railway Truck Based on Machine Learning. In *2019 IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference (ITNEC)* (pp. 1549–1555). Retrieved from <https://doi.org/10.1109/IT-NEC.2019.8729485>

“

Bölüm 6

KOMUT SETİ MİMARİLERİ (ISA) VE KARŞILAŞTIRMALI ANALİZLERİ

Fatih TOPALOĞLU¹

”

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Malatya, Türkiye. E-mail: fatih.topaloglu@ozal.edu.tr Orcid: 0000-0002-2089-5214

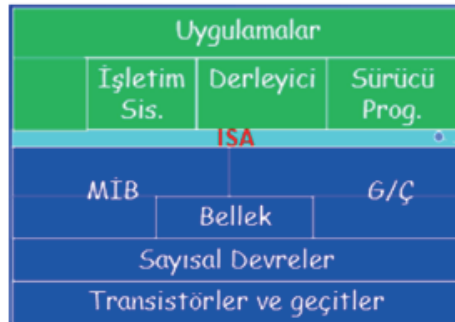
1. Giriş

Komut Seti Mimarisi (ISA), CPU'nun yazılım tarafından nasıl kontrol edildiğini tanımlayan soyut bir bilgisayar modelinin parçasıdır. ISA, donanım ve yazılım arasında bir arabirim görevi görerek, hem işlemcinin neler yapabileceğini hem de nasıl yapıldığını belirtir. ISA, bir kullanıcının donanımla etkileşime geçebilmesi için tek yolu sağlar. Bir programcının el kitabı olarak görülebilir, çünkü bu, makinenin derleme dili programcısı, derleyici yazarı ve uygulama programcısı tarafından görülebilen kısımdır.

Komut setinin neler yapabileceğini ve derleyicinin bu yönergeleri nasıl kullandığını anlamak, geliştiricilerin daha verimli kod yazmasına yardımcı olabilir. Ayrıca hata ayıklama için yararlı olabilecek derleyicinin çıktısını anlamalarına yardımcı olabilir. ISA, desteklenen veri türlerini, kayıtları, donanımın ana belleği nasıl yönettiğini, temel özellikleri (sanal bellek gibi), bir mikroişlemcinin hangi komutları çalıştırabileceğini ve çoklu ISA uygulamalarının giriş/çıkış modelini tanımlar. ISA, talimatlar veya diğer yetenekler eklenerek veya daha büyük adresler ve veri değerleri için destek eklenerek genişletilebilir.

ISA, bir bilgisayarın desteklemesi gereken temel işlemler kümesini tanımlar. Bu, işlemlerin işlevsel tanımını ve bunlara nasıl çağrılacağına ve bunlara nasıl erişileceğine ilişkin kesin açıklamaları içerir. Bir ISA, bir işlemcide bir ISA'nın uygulanmasını ifade eden mikro mimariden bağımsızdır. Tek bir ISA, farklı mikro mimari uygulamalarına sahip olabilir.

Tipik olarak bir ISA, Şekil 1'de görüldüğü gibi veri işleme ve bellek işlemleri, aritmetik ve mantık işlemleri, kontrol akışı işlemleri ve yardımcı işlemci yönergeleri için yönergeler içerecektir. Bir ISA aynı zamanda, bir talimatın nasıl kodlandığının yanı sıra, tüm talimatlar için maksimum bit uzunluğunu da tanımlar. Bir ISA tanımına sahip olmak, donanım ve yazılım geliştirmenin birbirinden ayrılmasını sağlar. Bu, bir şirketin donanım geliştirmesine izin verirken, diğer birçok şirket bu donanım üzerinde çalışacağını bilerek yazılım geliştirebilir.



Şekil 1. Komut seti mimarisi

ISA'nın iki ana sınıflandırması vardır: CISC ve RISC. Karmaşık komut seti bilgisayarı veya CISC türleri, belirli programlarda kullanılan ancak evrensel olmayan birçok özel yönerge içerir. Bir CISC programı tipik olarak daha az talimat kullanır, ancak her talimat daha fazla döngü alır.

Azaltılmış komut seti bilgisayarı veya RISC türleri, yükleme/depolama için ayrı talimatlar içeren daha küçük, optimize edilmiş genelleştirilmiş, basit talimatlar kümesine sahiptir. Bir RISC programı tipik olarak daha fazla sayıda talimat kullanır, ancak her talimat bir saat döngüsü sürer. RISC işlemcilerinin diğer karakteristik özellikleri, ardışık düzen ve çok sayıda kayıt yoluyla parçaların eşzamanlı olarak yürütülmesidir.

RISC konsepti, 1980'lerde Stanford Üniversitesi'nde (MIPS) ve Kaliforniya Üniversitesi, Berkeley'de (RISC, SPARC olarak ticarileştirildi) geliştirildi. CISC terimi ancak daha sonra icat edildi ve genellikle RISC olmayan her şeye atıfta bulundu. Çalışmada komut seti mimarilerinden MIPS, SPARC, ARM, RISC-V ve 8086 analiz edilmiş ve karşılaştırılmıştır.

2. MIPS Komut Seti Mimarisi

MIPS, lisanslama için kullanılabilen basit, kolaylaştırılmış, yüksek düzeyde ölçeklenebilir bir RISC mimarisidir. Zamanla, mimari gelişti, yeni teknolojiler aldı ve sağlam bir ekosistem ve kapsamlı endüstri desteği geliştirdi. Çok sayıda kayıt, talimatların sayısı ve karakteri ve görünür boru hattı gecikme yuvaları gibi temel özellikleri, MIPS mimarisinin lisanslanabilir IP çekirdekleri ve yüksek seviyeler için milimetre kare başına en yüksek performansı sunmasını sağlar. MIPS mimarisi, hızlı, güvenilir, uygun maliyetli geliştirmeyi sağlamaya yardımcı olan geniş bir standart araçlar, yazılım ve hizmet altyapısı ile tüm işlemci mimarileri arasında en yaygın şekilde desteklenenlerden biridir. İşlemci IP'sinden maksimum esneklik isteyen mikroişlemci geliştiricilerinin MIPS mimarisinde bir çözümü var.

İlk olarak 1980'lerin başında Stanford'da geliştirilmiş (Hennessy et al., 1982) ve tasarımı büyük ölçüde IBM 801 mini bilgisayardan (Radin, 1982) etkilenmiştir. Her ikisi de genel amaçlı kayıtlara sahip yük depolama mimarileridir; burada bellek yalnızca kayıtlara ve kayıtlardan veri kopyalayan talimatlarla erişilir ve aritmetik yalnızca kayıtlar üzerinde çalışır. Bu tasarım, hem talimat setinin hem de donanımın karmaşıklığını azaltarak, gelişmiş derleyici teknolojisine güvenirken pahalı olmayan ardışık düzen uygulamalarını kolaylaştırır.

MIPS, basitliği nedeniyle eğitimde en yaygın kullanılan ISA'lardan biridir.

1) ISA , işlemci tarafından desteklenecek talimat türlerini tanımlar . Uyguladıkları işlemlerin türüne göre MIPS Talimatları 3 türe ayrılır:

- Aritmetik/Mantık Talimatları: Bu Talimatlar, bir veya daha fazla işlenen üzerinde çeşitli Aritmetik ve Mantıksal işlemleri gerçekleştirir.
- Veri Aktarım Komutları: Bu komutlar, komutların bellekten işlemci kayıtlarına ve tersi yönde aktarımından sorumludur.
- Dallanma ve Atlama Komutları: Bu komutlar, sıralı komut akışını kesmekten ve diğer çeşitli konumlardaki komutlara atlamaktan sorumludur, bu, işlevlerin ve koşullu ifadelerin uygulanması için gereklidir .

2) ISA, her talimat türünün maksimum uzunluğunu tanımlar .

MIPS, 32 bitlik bir ISA olduğundan, her talimat 32 bit içinde yer almalıdır.

3) ISA, her talimat türünün Talimat Formatını tanımlar . Talimat Formatı , tüm talimatın 32 bit içerisinde nasıl kodlandığını belirler. MIPS ISA'da 3 tip Talimat Formatı vardır:

- R-Talimat Formatı
- I-Talimat Formatı
- J-Komut Formatı



Şekil 2. Soyutlama Hiyerarşisi

Şekil 2'deki soyutlama hiyerarşisine bakarsak mikro mimari seviyenin ISA seviyesinin hemen altında yer aldığını ve dolayısıyla ISA tarafından tanımlandığı şekliyle Bilgisayar tarafından desteklenecek temel işlemlerin uygulanması ile ilgili olduğu görülmektedir. Bu nedenle, AMD Athlon ve Core 2 Duo işlemcilerinin aynı ISA'yı temel aldığını ancak farklı performans ve verimliliklere sahip farklı mikro mimarilere sahip olduğu söylenebilir.

MIPS'in basit mikro mimari gerçekleştirmeleri bir avantaj olsa da, ISA'nın yüksek performanslı uygulamaları için onu dezavantajlı kılan birkaç özelliği:

- ISA mikro mimari model, beş aşamalı, tek çıkışlı, sıralı boru hattı için aşırı optimize edilmiştir. Dallanmalar ve atlamalar, tek bir komutla geciktirilir, bu da boru hatlı uygulamaları karmaşılaştırır. Gecikmeli dallar, gecikme aralığı uygun şekilde doldurulamadığında kod boyutunu artırır ve komut yayın bant genişliğini boşa harcar. Klasik beş aşamalı ardışık düzen için bile, gecikme aralığını bırakmak ve küçük bir dal hedef arabelleği eklemek tipik olarak daha iyi mutlak performans ve birim alan başına performansla sonuçlanır.

- ISA, konumdan bağımsız kod ve dolayısıyla dinamik bağlantı için yetersiz destek sağlar. Doğrudan atlama komutları, program sayacına göre değil, sözde mutlaktır, bu nedenle onları PIC'de işe yaramaz hale getirir; bunun yerine MIPS, önemli bir kod boyutu ve performans maliyetiyle yalnızca dolaylı atlamaları kullanır.

- On altı bit genişliğinde anlık kodlar, önemli miktarda kodlama alanı tüketir ve işlem kodu alanının yalnızca küçük bir kısmını ISA uzantıları için kullanılabilir. MIPS mimarları, sıkıştırılmış bir talimat kodlamasıyla kod boyutunu küçültmeye çalıştıklarında, yeni talimatları orijinal kodlamaya sığdıramadıklarından, bir mod anahtarıyla etkinleştirilen ikinci bir talimat kodlaması oluşturmuşlardır.

- Çarpma ve bölme, özel mimari kayıtları kullanır, artan bağlam boyutu, komut sayısı, kod boyutu ve mikro mimari karmaşıklık meydana getirmektedir.

- ISA, kayan nokta biriminin ayrı bir yardımcı işlemci olduğunu ve tek çipli uygulamalar için yetersiz olduğunu varsayar. Örneğin, kayan noktadan tamsayıya dönüştürmeler, sonuçlarını kayan nokta kayıt dosyasına yazar ve sonuçtan yararlanmak için genellikle fazladan bir taşıma talimatı gerektirir.

- Uygulama Binary Arayüzünde, tamsayı kayıtlarından ikisi, çekirdek yazılımı için ayrılmıştır, bu da kullanıcı programlarının kullanabileceği kayıt sayısını azaltır.

- Yanlış hizalanmış yüklerin ve depoların özel talimatlarla işlenmesi, önemli işlem kodu alanı tüketir ve en basit uygulamalar dışındaki tüm uygulamaları karmaşık hale getirir.

- Mimarlar, tamsayı büyüklük karşılaştırmasını ve dallanma yönergelerini, bugün dallanma tahmininin gelişiyiyle ve statik CMOS man-

tığına geçişle daha az uygun olan bir saat hızı/CPI değış tokuşunu ihmal ettiler.

Teknik konular bir yana, MIPS özel bir komut seti olduğu için pek çok amaç için uygun değildir. Tarihsel olarak, MIPS Technologies'in yanlış hizalanmış yük ve depolama talimatlarına ilişkin patenti (Hansen and Riordan, 1989), başkalarının ISA'yı tam olarak uygulamasını engellemiştir.

3. SPARC Komut Seti Mimarisi

Ölçeklenebilir İşlemci Mimarisi (SPARC), 1987 yılında Sun Microsystems tarafından geliştirilen 32 ve 64 bitlik bir mikroişlemci mimarisidir. Oracle'ın SPARC mimarisi, kökenini Berkeley RISC-I ve RISC-II projelerine kadar izler (David and Carlo, 1981; Monalis et al., 1983). SPARC, azaltılmış komut seti hesaplamasına (RISC) dayanır . SPARC, Sun'ın kendi Solaris sistemleri de dahil olmak üzere UNIX tabanlı işletim sistemlerinde kullanılan donanımlar için yaygın olarak kullanılan bir mimari haline geldi. Sun, SPARC'ı mikroişlemci üreticilerine lisanslanabilecek açık bir mimari haline getirdi.

Son derece ölçeklenebilir açık mimarisi ile SPARC, derleyicileri optimize etmeyi ve donanım yürütmeleri için etkili işlem hatları oluşturmaya amaçlar. SPARC uygulamaları ayrıca yüksek yürütme oranlarına ve nispeten kısa pazara sürüm geliştirme programlarına yol açmıştır. Ek olarak, SPARC paraziti ve bağlam değıştirme süresini önemli ölçüde en aza indirmek için ölçeklendirilebilir

SPARC, işlemlerin kayıtlar üzerinden yapıldığı bir yükleme ve depolama mimarisine sahiptir . Şube talimatını optimize etmek için çok sayıda kayıt ve gecikme yuvası içeren bir kayıt penceresi konsepti kullanılır. Ayrıca bu kayıtları ve yığını kullanarak bağımsız değışkenleri iletir. SPARC mimarisi aşağıdakilerle karakterize edilir:

- İşlemcinin gerçekleştirilmesi gereken talimat sayısını azaltır.
- İşlemcinin işlemesi gereken bellek adresi türlerinin sayısını azaltır.
- Erişim için saat hızı tüketen zaman gerektiren mikrokoda çok az işlemci işlemi koyar.
- SPARC mikroişlemcisi için optimize edilmiş dil derleyicileri sağlar.

SPARC mimarisi şu bileşenlerden oluşur:

Tamsayı birimi; işlemcinin genel çalışmasını kontrol eden genel amaçlı, 64 bitlik kayıtlardan oluşur. Her biri 16 kayıttan oluşan üç ila 32 setten oluşan dairesel bir istifte sekiz genel sicile, sekiz alternatif genel

sicile ve kayıt pencerelerine bölünmüş 64 ila 528 kayıt içerebilir. Tamsayı birimi, tamsayı aritmetik talimatlarını yürütür ve yükler ve depolar için bellek adreslerini hesaplar. Ayrıca, kayan nokta birimi için komut yürütmeyi kontrol eder ve program sayaçlarını korur .

Kayıt penceresi; herhangi bir zamanda sekiz genel kayda ve 24 kayıt penceresine erişebilir. Bir kayıt penceresi, sekiz kayıt defterine ve sekiz yerel kayıt defterine bölünmüş 16 kayıttan oluşur. Ayrıca, mevcut pencereden sekiz çıkış kaydı olarak adreslenebilen bitişik bir kayıt setinin sekiz giriş kaydını içerir. Giriş kayıtlarında, bağımsız değişkenler bir işleve iletilirken, yerel kayıtlar yerel verileri depolamak için kullanılır ve çıkış kayıtları, programcının bir işlevi çağırırken argümanları koyduğu yerdir .

Kayan nokta birimi; 32 32-bit kayan noktalı kayıt (tek duyarlıklı), 32 64-bit kayan noktalı yazmaç (çift kesinlikli) ve 16 128-bit kayan noktalı yazmaç (dörtlü kesinlik) içerir. Çift duyarlıklı değerler, tek-çift tek duyarlıklı kayıt çiftini işgal ederken, dörtlü kesinlik değerleri çift-tek çift duyarlıklı kayıt çiftini işgal eder. Kayan noktalı yükleme/depolama komutları, verileri bellek ve FPU arasında taşımak için kullanılır. Kayan noktalı aritmetik işlemler ve karşılaştırmalar, kayan noktalı işlem (FPop) kullanılarak gerçekleştirilir.

Yardımcı işlemci birimi; uygulamaya bağlı tek bir yardımcı işlemci desteği, komut setine dahil edilmiştir. Kayan noktalı komutlarla yansıtılan yardımcı işlemci yükleme/depolama yönergeleri, verileri yazmaçlar ve bellek arasında taşır.

SPARC, işlev çağrılarını hızlandırmak için büyük, pencereli bir kayıt dosyası kullanır. Prosedür çağrısı sınırlarında, pencere kayar ve aranan kişiye yeni bir kayıt kümesi görünümü verir. Bu tasarım, kod boyutunu azaltan ve tipik olarak performansı artıran, aranan tarafından kaydedilen kayıt kaydetme ve geri yükleme kodu ihtiyacını ortadan kaldırır. Prosedür çağrı yığınının çalışma kümesi, kayıt pencerelerinin sayısını aşarsa, performans önemli ölçüde düşer. SPARC tasarımı, aşağıdaki bazı nedenlerden dolayı MIPS'den biraz daha az çekici kılmaktadır:

Kayıt pencereleri, tüm uygulamalar için önemli bir alan ve güç maliyetine sahiptir. Maliyetlerini azaltmaya yönelik teknikler, özellikle ölçek üstü uygulamaları karmaşık hale getirir. Örneğin, tüm mimari kayıt setinde çok sayıda bağlantı noktası sağlamayı önlemek için UltraSPARC-III, aktif kayıt penceresinin bir gölge kopyasını sağlar. Gölge kopya, kayıt penceresi geçişlerinde güncellenmelidir, bu da çoğu işlev çağrısında ve geri dönüşte ardışık düzenin bozulmasına neden olur. Fujitsu'nun sıra dışı yürütme uygulamaları, kayıt penceresi adresleme mantığını kayıt yeniden adlandırma devresine katlayarak büyük boyutlara ulaştı (Ando et al., 2003).

- Şubeler, mimari duruma katkıda bulunan ve bazı komutlar arasında ek bağımlılıklar yaratarak uygulamaları karmaşıklaştıran koşul kodlarını kullanır

- Bitişik kayıt çiftlerini yükleyen ve depolayan komutlar, çok az ek donanım karmaşıklığı ile iş hacmini artırdıklarından, basit mikro mimariler için caziptir. Ancak, veri değerleri artık kayıt dosyasında fiziksel olarak bitişik olmadığından, kayıt yeniden adlandırma ile uygulamaları karmaşık hale getirmektedir.

- Kayan noktalı ve tamsayılı kayıt dosyaları arasındaki hareketler, karma biçimli kod için performansı sınırlayan bir aracı olarak bellek sistemini kullanmalıdır. ISA, gözetmen yazılımına böyle bir istisnada işlemci durumunu kurtarmak için bilgi sağlayan, mimari olarak açığa çıkmış bir ertelenmiş tuzak sırası yoluyla kesin olmayan kayan nokta istisnalarını ortaya çıkarır.

- Tek atomik bellek işlemi, pek çok beklemesiz veri yapısını uygulamak için yetersiz olan getir ve sakla işlemidir (Herlihy, 1991).

Tek sayılı, sıralı, beş aşamalı bir ardışık düzende uygulanmak üzere tasarlanmıştır ve ISA bu varsayımı yansıtır. SPARC, şube gecikme yuvalarına ve kod üretimini karmaşıklaştıran ve daha agresif uygulamalara yardımcı olmayan sayısız açığa çıkmış veri ve kontrol tehlikesine sahiptir. Ek olarak, konumdan bağımsız veri adresleme desteği eksiktir.

SPARC, yeterli boş kodlama alanına sahip olmadığı için, sıkıştırılmış bir ISA uzantısını destekleyecek şekilde sonradan değiştirilemez. MIPS ile karşılaştırıldığında, SPARC'ın mimarları, çoğu talimat için daha küçük 13 bit anlık değerler kullanarak işlem kodu alanı büyük bir avantajdır. Diğer ticari RISC'lerin aksine, SPARCaçık bir standarttır.

4. ARM Komut Seti Mimarisi

ARM (eskiden Advanced RISC Machines ve orijinal olarak Acorn RISC Machine'in kısaltmasıdır), çeşitli ortamlar için yapılandırılmış, bilgisayar işlemcileri için azaltılmış komut seti bilgisayar RISC komut seti mimarileri ailesidir . Arm Ltd. , mimarileri geliştirir ve bunları, farklı bileşenleri bir araya getiren çip üzerinde sistem SoC ve modül üzerinde sistem SOM tasarımları dahil olmak üzere bu mimarilerden bir veya daha fazlasını uygulayan kendi ürünlerini tasarlayan diğer şirketlere lisanslar. Ayrıca, bu komut seti mimarilerini uygulayan çekirdekler tasarlar ve bu tasarımları, bu çekirdek tasarımları kendi ürünlerine dahil eden birçok şirkete lisanslar.

2011'de ARM, 64 bit adresler ve genişletilmiş bir tamsayı kayıt seti ile tamamen yeniden tasarlanmış bir ISA olan ARMv8'i duyurdu. Yeni

mimari, ARMv7'nin uygulamaları karmaşıklaştıran çeşitli özelliklerini kaldırdı: örneğin, program sayacı artık tamsayı kayıt kümesinin parçası değil, çoklu yükleme ve çoklu depolama komutları kaldırıldı ve talimat kodlaması düzenli hale getirildi. Ancak, durum kodlarının ve genel amaçlı olmayan kayıtların kullanımı da dahil olmak üzere bazı problemler devam etmektedir. Genel olarak, ISA karmaşık ve hantaldır: 53 biçim ve sekiz veri adresleme modu (Asanovic, 2014) içeren 1070 talimat vardır ve bunların tümü belgelenmesi 5.778 sayfa sürmektedir. Bu göz önüne alındığında, önemli özelliklerin dışarıda bırakılması büyük bir eksikliktir. Örneğin, ISA'da birleşik bir karşılaştırma ve dallandırma yönergisi yoktur.

ARM'nin bir yük depolama mimarisi vardır, yani tüm aritmetik ve mantıksal komutlar yalnızca kayıt işlenenlerini alır. Belleğe işlenenler üzerinde doğrudan işlem yapamazlar. Kayıtlar ve bellek arasında veri taşımak için ayrı talimat yükü ve saklama talimatları kullanılır. Bunlar;

- 1) Veri İşleme Talimatları
- 2) Şube Talimatları
- 3) Depolama Talimatlarını Yükle

Veri İşleme Talimatları; En yaygın veri işleme talimatları Tablo 1'de listelenmiştir.

Tablo 1. Veri işleme talimatları

Talimat	Operasyon	Örnek
mov rd, n	rd = n	mov r7, r5 ; r7 = r5
add rd, rn, n	rd = rn + n	add r0, r0, #1 ; r0 = r0 + 1
sub rd, rn, n	rd = rn - n	sub r0, r2, r1 ; r0 = r2 + r1
cmp rn, n	rn - n	cmp r1, r2 ; r1 - r2

Varsayılan olarak, veri işleme yönergeleri koşul bayraklarını güncellemez. Talimatlar, bir S. Örneğin, aşağıdaki talimat iki kayıt ekler ve koşul bayraklarını günceller.

adds r0, r1, r2

Bu kuralın bir istisnası cmp talimatıdır. Talimatın tek amacı koşul bayrakları ayarlamak olduğu için, bayrakların ayarlanması için son ek cmp gerektirmez.

Şube Talimatları: Şube yönergeleri, işlemcinin yönergeleri farklı bir adresten yürütmesine neden olur. İki şube talimatı mevcuttur b ve bl. Dallanmaya bl ek olarak talimat, ayrıca dönüş adresini 1r kayıt defterinde saklar ve bu nedenle alt rutin çağırma için kullanılabilir. Komut sözdizimi aşağıda verilmiştir.

b label; pc = label

bl label; pc = label, lr = addr of next instruction

Alt programdan geri dönmek için, movkomut aşağıda gösterildiği gibi kullanılabilir.

mov pc, lr

Koşullu Yürütme: Diğer birçok komut seti, koşul bayraklarının durumuna bağlı olarak şube komutlarının koşullu olarak yürütülmesine izin verir. ARM'de, neredeyse tüm komutlar koşullu olarak yürütülebilir. Karşılık gelen koşul doğruysa, komut yürütülür. Koşul yanlışsa, talimat a dönüştürülür nop. Koşul, Tablo 2'deki gibi talimata bir durum kodu hatırlatıcısı eklenerek belirtilir.

Tablo 2. Durum kodu hatırlatıcıları

Anımsatıcı	Koşul
EQ	Eşit
NE	Eşit değil
CS	Taşıma Seti
CC	Temizle taşı
VC	Taşma Temizle
VS	Taşma Seti
PL	Pozitif
MI	Eksi
HI	Daha yüksek
HS	Daha Yüksek veya Aynı
LO	Daha düşük
LS	Daha Düşük veya Aynı
GT	Daha büyük
GE	Büyüktür veya Eşittir
LT	Daha az
LE	Az veya eşi

Aşağıdaki örnekte, komut yalnızca taşıma ayarlanmışsa konumuna hareket r1eder .r0

MOVCS r0, r1

ARMv8'in piyasaya sürülmesiyle ARM, sıkıştırılmış talimat kodlama desteğini bıraktı. Kompakt Başparmak komut seti, 64 bitlik adres alanına getirilmemiştir. ARM'nin ilk 64-bit uygulamaları, 32-bit muadillerine göre daha büyük komut önbelleklerine sahiptir. ARMv8 kapalı bir standarttır. Alt kümelerle ayrılmaz, bu da uygulamaları gömülü işlemciler

veya özel hızlandırıcılar için kontrol birimleri olarak hizmet edemeyecek kadar hantal hale getirir. Tasarım ARM dışında herhangi biri tarafından genişletilemeyeceği için, yardımcı işlemcilerin bu komut seti etrafında tasarlanması esasen imkansızdır. Mikro mimari geliştiren tasarımcılar bile bunu maliyetli bir lisans olmadan yapamaz, bu da ARMv8'in uygulama ve kullanım sayısını sınırlar.

5. RISC-V Komut Seti Mimarisi

RISC-V, burada beş, 1981'den beri California Üniversitesi, Berkeley'de geliştirilen RISC mimarisinin nesil sayısını ifade eder. Açık standart bir komut seti mimarisidir, yerleşik RISC ilkelerine dayalıdır. Diğer birçok ISA tasarımının aksine, RISC-V, kullanım için ücret gerektirmeyen açık kaynak lisansları altında sağlanır. Bir dizi şirket RISC-V donanımı sunuyor, ayrıca RISC-V destekli açık kaynaklı işletim sistemleri mevcut ve talimat seti birkaç popüler yazılım araç zincirinde destekleniyor .

OpenRISC projesi, Hennessy ve Patterson'un etkili bilgisayar mimarisi ders kitabının eğitimsel DLX mimarisinden gelişen açık kaynaklı bir işlemci tasarım çabasıdır (Hennessy and Patterson, 2002). Ücretsiz ve açık bir ISA olarak OpenRISC, akademik, araştırma ve endüstriyel uygulamalarda yasal olarak kullanıma uygundur. Yine de DLX gibi, uygulanabilirliğini sınırlayan birkaç teknik dezavantajı vardır:

- OpenRISC projesi, açık bir sistemden ziyade, temelde bir açık işlemci tasarımıdır. ISA spesifikasyonu. ISA ve uygulama birbirine çok sıkı bağlıdır.
- 16 bit anında ile sabit 32 bit kodlama, sıkıştırılmış bir ISA uzantısını engeller.
- IEEE 754 standardının 2008 revizyonu donanımda desteklenmemektedir.
- Dallar ve koşullu hareketler için kullanılan koşul kodları, yüksek performansı zorlaştırır.
- ISA, konumdan bağımsız veri adreslemesi için yetersiz destek sağlar.
- OpenRISC klasik olarak sanallaştırılabilir değildir, çünkü istisnadan dönüş talimatı L.RFE, trapping5 yerine kullanıcı modunda normal olarak çalışacak şekilde tanımlanmıştır.

RISC-V, geçmişte başkalarının başarısız olabileceği yerlerde başarılı olmak için tasarlanmış tecrübeli bir mimaridir. RISC-V geçmişteki olası hatalardan ders çıkarmayı amaçlar. Bu nedenle RISC-V, geleneksel artımlı ISA'ların aksine modüler bir ISA olarak tasarlanmıştır. Bu, bir RISC-V

uygulamasının zorunlu bir temel ISA'dan ve bir dizi ISA uzantısından oluştuğu anlamına gelir, böylece özel CPU'lar uygulamanın ihtiyaçlarına göre uyarlanabilir.

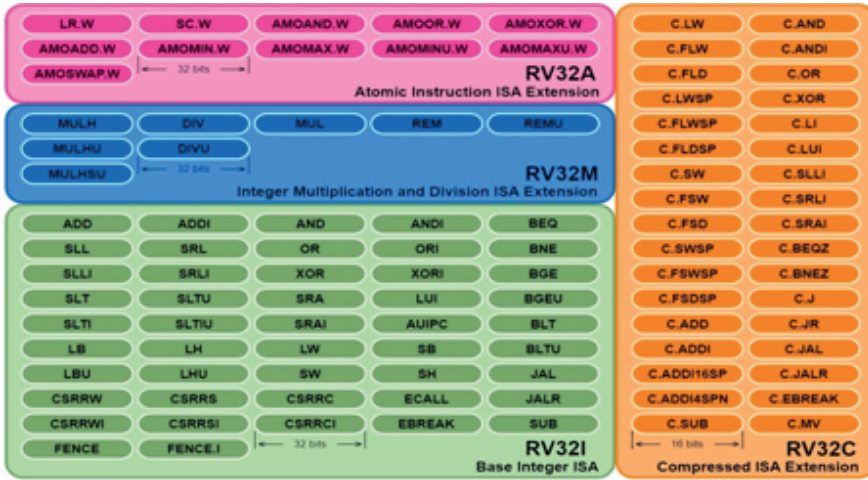
Özel ISA'lar için adlandırma kuralı, RV harflerinden (RISC-V için) ve ardından bit genişliği ve varyant için bir tanımlayıcıdan oluşur. Örneğin, Şekil 3'de gösterilen RV32IMAC şu anlama gelir:

RV32I: Temel Tamsayı ISA'ya sahip 32 bitlik bir CPU

M: Tamsayı Çarpma ve Bölme uzantısı

A: Atom Talimatı uzantısı

C: Sıkıştırılmış Talimat uzantısı



Şekil 3. RV32IMAC ISA için komut seti

RISC-V'nin modüler (artımlı değil) doğasını gösterir. Zorunlu Temel ISA, bir dizi uzantıyla birleştirilir. Derleyiciler, mümkün olan en iyi kodu üretmesi için hedef CPU'da bulunan uzantılar hakkında bilgilendirilir. Kodda eksik uzantılardan gelen talimatlar varsa, donanım standart kitaptan yazılım işlevlerini yakalar ve yürütür.

6. 80X68 Komut Seti Mimarisi

Intel'in 8086 mimarisi, son kırk yılda dizüstü, masaüstü ve sunucu pazarlarında en popüler komut seti haline geldi. Gömülü sistemlerin etki alanı dışında, neredeyse tüm popüler yazılımlar x86'ya taşınmıştır veya x86 için geliştirilmiştir. Popülaritesinin sayısız nedeni vardır: Intel'in ikili uyumluluğa lazerle odaklanması, agresif mikro mimari uygulamaları ve onların öncü fabrikasyon teknolojileri.

8086 mikroişlemci 8 tür talimatı destekler:

Veri Aktarım Talimatları: Bu komutlar kaynak işlenenden hedef işlenene veri aktarmak için kullanılır.

Aritmetik Talimatlar: Bu komutlar toplama, çıkarma, çarpma, bölme gibi aritmetik işlemleri gerçekleştirmek için kullanılır.

Bit İşleme Talimatları: Bu komutlar, veri bitlerinin dahil olduğu işlemleri, yani mantıksal, kaydırma, vb. işlemleri gerçekleştirmek için kullanılır.

Dize Talimatları: Dize, bir bayt/sözcük grubudur ve bellekleri her zaman sıralı bir düzende tahsis edilir.

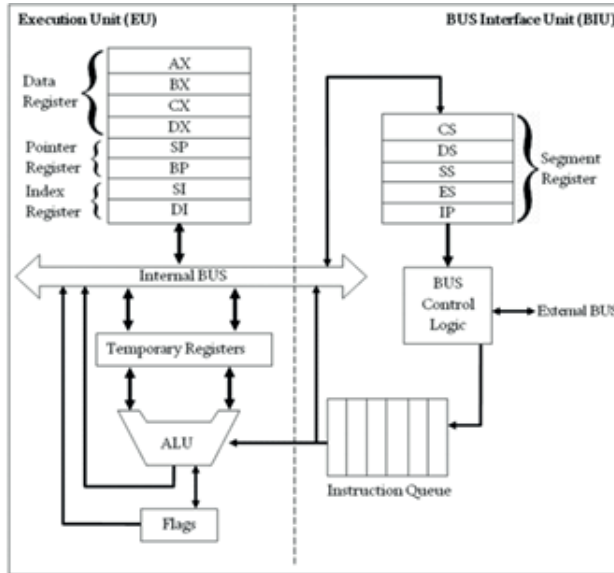
Program Yürütme Aktarım Talimatları (Branch & Loop Talimatları): Bu talimatlar, bir yürütme sırasında talimatları aktarmak/dallara ayırmak için kullanılır.

İşlemci Kontrol Talimatları: Bu talimatlar, bayrak değerlerini ayarlayarak/sıfırlayarak işlemci eylemini kontrol etmek için kullanılır.

Yineleme Kontrol Talimatları: Bu komutlar verilen komutları defalarca yürütmek için kullanılır.

Kesme Talimatları: Bu komutlar, programın yürütülmesi sırasında kesmeyi çağırmak için kullanılır.

8086 mikroişlemci 16 bitlik bir mikroişlemcidir, yani işlemlerinin çoğu 16 bit ikili sözcüklerle çalışacak şekilde tasarlanmıştır. 16 bit veri yolu ve 20 bit adres yolu vardır. Aritmetik ve mantıksal işlemlerle bit, byte, word ve string gerçekleştirebilir. Şekil 4’de 8086’nın mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 4. 8086 Mimarisi

8086 mikroişlemci iki bağımsız işlev parçasına ayrılmıştır:

- Veri Yolu Arayüz Birimi (BIU)
- Yürütme Birimi (AB)

Yukarıdaki her iki birim de daha yüksek hız için aynı anda çalışır ve birim zamanda yürütülen talimat sayısını artırır.

Veri Yolu Arayüz Birimi (BIU): 16 bit veri yolu ve 20 bit adres yolu sağlar. Komut getirme, komut kuyruğa alma, işlenen getirme ve depolama, adres taşıma ve veri yolu kontrolü olan tüm harici veri yolu işlemlerinden sorumludur. BIU, boru hattı mimarisini uygulamak için talimat akışı kuyruğu olarak bilinen bir mekanizma kullanır. Bu sıra, altı bayta kadar talimat kodunun önceden getirilmesine izin verir. 16 bit veri yolu ile BIU, tek bir bellek döngüsünde 2 talimat baytı getirir. AB kuyruğa işlenenden erişir. Kuyruğun çıkışından bir komut baytını birbiri ardına okur. AB işlenenleri okumasını veya yazmasını istediğinde BIU zaten bir talimat getiriyorsa, BIU önce işlenen okuma/yazma döngüsünü başlatan talimat getirme veri yolu döngüsünü tamamlar.

Yürütme Birimi (AB): Komutun kodunu çözmekten ve yürütmekten sorumludur. AB, kuyruğun tepesinden talimat alır, bunları çözer, işlenenler oluşturur, bunları BIU'ya iletir ve ondan okuma veya yazma işlemi gerçekleştirmesini ve talimat tarafından belirtilen işlemi gerçekleştirmesini ister. AB, durumu ve kontrol bayraklarını test eder ve sonuçlara göre günceller. Kuyruk boşsa, AB bir sonraki talimat baytının alınmasını ve sıranın başına kaydırılmasını bekler.

x86'nın tasarımının bazı özellikleri:

- ISA klasik olarak sanallaştırılabilir değildir. Tasarımcılar, karmaşık dinamik ikili çeviri yazılımı (Bugnion,2012) ile bu eksikliği gidermeye çalıştılar.

- ISA, 15'e kadar herhangi bir tamsayı baytlık talimat uzunluklarına sahiptir, ancak daha az sayıda kısa işlem kodu kısıtlı bir şekilde kullanılmıştır.

- ISA'nın anemik bir kayıt seti vardır. 32-bit mimarisi, IA-32, sadece sekiz tamsayı kaydına sahiptir. Yığına dökülmeler o kadar yaygındır ki, boru hattı doluluğunu ve veri önbellek trafiğini azaltmak için, yeni Intel mikro mimarileri, yığın işaretçisinin değerini yöneten ve yığının en üstteki birkaç kelimesini önbelleğe alan özel bir işlevsel birime sahiptir.

Bu eksikliğin farkına varan AMD'nin 64-bit uzantısı x86-64, tamsayı yazmaçlarının sayısını ikiye katlayarak 16'ya çıkardı. Buna rağmen, özellikle döngü açma ve yazılım ardışık düzen oluşturma gibi derleyi-

ci optimizasyonlarından yararlanabilecek birçok program, hâlâ yazmaç baskısıyla karşı karşıya bulunmaktadır.

7. SONUÇ

Komut seti mimarisi, yazılım ile donanım arasındaki iletişimi sağlar. Yazılımdaki komut ne kadar karmaşık olursa, donanım da o kadar karmaşık olur. Bu yüzden komut seti ne çok karmaşık ne de çok yalın olmalıdır. Çalışmada komut seti mimarilerinden MIPS, SPARC, ARM, RISC ve 8086 mimarileri analiz edilmiştir. Yapılan analizlerde mimariler için tanımlanan gereksinimler göz önüne alınarak Tablo 3 deki karşılaştırmalar sunulmuştur.

Tablo 3. ISA'ların desteklediği özellikler

	MIPS	SPARC	ARM	RISC	80x86
Ücretsiz ve Açık		✓		✓	
64-bit Adresler	✓	✓	✓	✓	✓
Sıkıştırılmış Talimatlar	✓		✓		Kısmi
Ayrıcalıklı ISA					
Pozisyondan Bağımsız kod	Kısmi		✓		✓
IEEE 754-2008			✓		✓
Classically Virtualizable	✓	✓	✓		

Tablo 3 modern bir genel amaçlı ISA için gerekli olduğu düşünülen çeşitli özelliklere yönelik bu komut setlerinin desteğini özetlemektedir. Tüm mimariler en az iki önemli teknik özellikten yoksundur. İki açık ISA SPARC ve OpenRISC, birkaç önemli mimari özellikten yoksundur. Muhimelen DEC Alpha dışında tüm ISA'lar, özellikle yüksek performanslı uygulamalar için uygulama karmaşıklığını önemli ölçüde artıran başka özelliklere sahiptir. Bu sınırlamalar göz önüne alınarak komut setlerinin geliştirilmesi tasarımcılar için fayda sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Ando, H., Yoshida, Y., Inoue, A., Sugiyama, I., Asakawa, T., Morita, K., Muta, T., Motokurumada, T., Okada, S., Yamashita, H., Satsukawa, Y., Konmoto, A., Yamashita, R., H. Sugiyama, H., 2003. 1.3-GHz fifth-generation SPARC64 microprocesso. In: SolidState Circuits, IEEE Journal of 38.11, pp. 1896-1905. issn: 0018-9200.
- Asanovi'c, K., Patterson, D.A., 2014. Instruction Sets Should Be Free: The Case For RISC-V. Tech. rep. UCB/EECS-2014-146. EECS Department, University of California, Berkeley.
- Bugnion, E., Devine, S., Rosenblum, M., Sugerman, J., Wang, E.Y., 2012. Bringing Virtualization to the x86 Architecture with the Original VMware Workstation. In: ACM Transactions on Computer Systems 30.4, 12:1-12:51. issn: 0734-2071.
- David A. P., Carlo H.S., 1981. RISC I: A Reduced Instruction Set VLSI Computer. In: ISCA. Minneapolis, Minnesota, USA, pp. 443-458.
- Hansen, C.C., Riordan, T.J., 1989. RISC computer with unaligned reference handling and method for the same. US Patent 4,814,976.
- Hennessy, J., Jouppi, N., Przybylski, S., Rowen, C., Gross, T., Baskett, F., Gill, J., 1982. MIPS: A Microprocessor Architecture. In: Proceedings of the 15th Annual Workshop on Microprogramming. MICRO 15. Palo Alto, California, USA: IEEE Press,, pp. 17-22.
- Hennessy, J.L., Patterson, D.D., 2002. Computer Architecture: A Quantitative Approach. 3rd ed. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2002. isbn: 1-55860-596-7.
- Herlihy, M., 1991. Wait-free Synchronization. In: ACM Transactions on Programming Languages and Systems, pp. 124-149.
- Manolis G.H. Katevenis, Robert W. Sherburne Jr., David A. Patterson, Carlo H.S., 1983. The RISC II micro-architecture. In: Proceedings VLSI 83 Conference.
- Radin, G., 1982. The 801 Minicomputer. In: SIGARCH Computer Architecture News 10.2, pp. 39-47. issn: 0163-5964.

“

Bölüm 7

ISM UYGULAMALARI İÇİN YENİ BİR YÜKSEK KAZANÇLI TEKSTİL ANTEN TASARIMI

Sena Esen BAYER KESKİN¹

Cem GÜLER¹

”

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Kırklareli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği, ORCID: 0000-0001-8309-3393, senakeskin@klu.edu.tr

² Arş. Gör, Kırklareli Üniversitesi, Lüleburgaz Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Bakım ve Onarım Bölümü ORCID: 0000-0002-6631-7559, cemguler@klu.edu.tr

GİRİŞ

Son yıllarda kablosuz iletişim sistemleri, internet aracılığıyla akıllı teknolojileri başka sistemlere bağlayarak bir kablosuz ağ ekosistemi oluşturmaktadır (Li et al., 2019). Bu ekosistem ağının en özel hali olan WBAN (kablosuz vücut alan ağı), elektronik devrelerin ve batarya sistemlerinin küçülmesiyle birlikte vücut üzerine entegre edilen ve vücudun fizyolojik tepkilerinin incelenmesi kolaylaştıran akıllı sistemlerin geliştirilmesini sağlamaktadır (Latré, Braem, Moerman, Blondia, & Demeester, 2011; Ngoc, 2008; Sindhu, Vashisth, & Chakarvarti, 2016). WBAN sistemleri, hastaların izlenmesine kolay erişim (Chakraborty, Gupta, & Ghosh, 2013), kişiselleştirilmiş sağlık bakım ve e-sağlık takip (Kailas & Ingram, 2009), spor takip (Nachabe, Girod-Genet, ElHassan, & Aro, 2014) gibi birçok avantajı bulunmaktadır. WBAN sistemleri, kablosuz olarak ISM (Industrial Scientific and Medical), MICS (Medical Implant Communication System) gibi frekans spektrumlarını kullanan anten tasarımları ile veri alışverişinde bulunmaktadır (Kwon, Tak, & Choi, 2013). Vücut dışına ve vücut yüzüne entegre edilebilen antenler, diğer normal katı antenlere oranla esneklik, dayanıklılık, kompaktlık gibi özelliklerinin yanında RF (radyo frekans) devreleri ile kolay entegre olabilme ve geniş bant gibi özelliklere sahip olması gerektiğinden giyilebilir tekstil anten tasarımı son yıllarda giderek önem kazanmaktadır (Zhang, Wang, & Volakis, 2012). Giyilebilir antenlerin en önemli aşaması anten tasarımında kullanılacak dielektrik malzemenin belirlenmesidir. Dielektrik malzeme anten performans parametreleri üzerinde doğrudan etkili olduğu gibi (elektiriksel özellikleri, esneklik ve bükülebilirliği ve dayanıklılığı) günlük kıyafetlere entegre edilebilmesi ve gizlenebilirlik açısından da oldukça önemli olmaktadır (Loss, Gonçalves, Pinho, & Salvado, 2019; Roy, Bhattecha, & Choudhury, 2013). Literatürde, anten tasarımında alt tabaka olarak kullanılan malzemeler arasında dielektrik sabiti 1.68 ile 2.3 arasında değişen kot malzeme (Yahya, Kamarudin, & Seman, 2014; Kavitha & Swaminathan, 2019; Turkmen, M., & Yalduz, H. 2018), dielektrik sabiti 1.51 olan pamuk malzeme (Amsaveni, Bharathi, & Swaminathan, 2019) gibi düşük dielektrik değerine sahip çeşitli tekstil malzemeleri ve elastik katmanlarda su geçirmeme özelliği gösteren dielektrik sabiti 2.3 ile 2.8 arasında değişen polimer bazlı (Singha, Kumar, & Pandit, 2019; Khan et al., 2021) malzemeler ve dielektrik sabiti 1.2 ile 1.38 arasında değişen keçe malzeme (Zhu & Langley, 2009), tekstil anten tasarımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında tasarımı yapılan tekstil antende, dielektrik tekstil malzeme olarak erişilebilirliği kolay, maliyeti düşük ve konformal yapısı göz önüne alındığında en düşük dielektrik sabitine sahip olan keçe malzeme tercih edilmektedir. Anten tasarımında dielektrik alt tabakanın seçiminin önemli olmasının yanı sıra ışımayı ger-

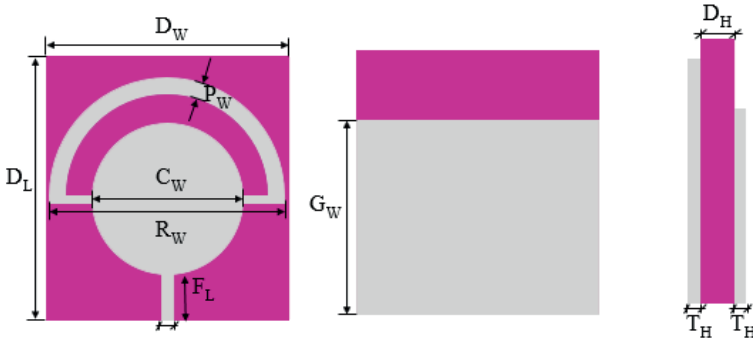
çıkartılabilecek olan yama geometrisi de çok farklı şekillerde olabilmektedir. Üçgen şeklinde (Bhattacharjee, Teja, Midya, Bhadra Chaudhuri, & Mitra, 2019), dikdörtgen şeklinde (Boeykens, Vallozzi, & Rogier, 2012), yarı-dairesel geometriye sahip (Sandeep, Prabakaran, Madhav, Narayana, & Reddy, 2020), E şeklinde (H.-S. Zhang, Chai, Xiao, & Ye, 2013), bazı ünlü firmaların logosu (Tak & Choi, 2015) ve temel şekillerin kombinasyonları şeklinde (Sánchez-Montero, Camacho-Gómez, López-Espí, & Salcedo-Sanz, 2018; Qureshi et al., 2020; Sugumaran, Balasubramanian, & Palaniswamy, 2021; Bashyam Sugumaran, Balasubramanian, & Palaniswamy, 2022) ışık yama geometrisi tercih edilebilmektedir. Bu çalışma kapsamında tasarlanan tekstil anten ve frekans seçici yüzey (FSY) üzerinde temel şekillerin kombinasyonları ile elde edilen yama geometrileri tercih edilmektedir. Tekstil antenlerde bir diğer önemli etken tekstil antenlerin besleme şekilleri olmaktadır. Mikroşerit besleme (Potey & Tuckley, 2020), koaksiyel besleme (Hertleer, Tronquo, Rogier, & Van Langenhove, 2008), yakınlık kuplaj besleme (Wagih, Hilton, Weddell, & Beeby, 2021) ve CPW besleme (Chen, 2005; Li et al., 2019) gibi çeşitli besleme yöntemleri kullanılmaktadır. 2019 yılında yapılan bir çalışmada mikroşerit hat besleme ve koaksiyel beslemenin karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır ve hat beslemenin daha fazla bant genişliği değeri ve kolay imalat gibi avantajlara sahip olduğundan daha çok tercih edildiği belirtilmektedir (Zaidi et al., 2019). Bu çalışmada da besleme yöntemi olarak mikroşerit hat besleme tercih edilmektedir. Tekstil antenler doku (Varma et al., 2021), örme veya nakış (Bulathsinghala, 2022) ve bakır bant (Ghodake & Hogade, 2022) gibi çeşitli teknikler ile üretilmektedir. Bu çalışmada kolay imalat, uygun maliyet ve düşük profil özelliklerine sahip olduğundan dolayı keçe üzerine bakır bant kullanılarak anten tasarımı tamamlanmaktadır. Yama antenlerin dezavantajları arasında dar bant genişlikleri ve düşük kazançları yer almaktadır. Kısa devre pimi eklemek (Mohd Rais, Malek, Soh, & Vandenbosch, 2010), ışık yama üzerine slot eklemek (M. M. Hasan Mahfuz, Islam, Habaebi, & Chebil, 2022), elektromanyetik bant aralığı (EBG) kullanımı (Shamsuri Agus et al., 2022; Ashyap et al., 2021), metamateriyal kullanımı gibi (Das et al., 2020) anten parametrelerini iyileştirme (kazanç, bant genişliği) yöntemleri bulunmaktadır. Ancak tüm bu anten geliştirme teknikleri oldukça maliyetli, boyutları büyük, esnek olmama ve tasarım konusunda uğraştırıcı olma gibi dezavantajları bulunmaktadır. FSY yüzeyler antenlere bağlı olmadan ayrı bir katman olarak anten üzerine veya altına yerleştirilebilmesi, kolay vazgeçilebilir, düşük profil gibi avantajları bulunduğu için bu çalışmada kazanç arttırımı konusunda frekans seçici yüzey kullanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında tekstil antenin bant genişliği ve kazanç arttırımını sağlamak için yeni bir anten tasarımı ve FSY tasarımı yapılmaktadır.

Antenin simülasyonu CST Studio Suite bilgisayar destekli simülasyon programında yapılmaktadır. Sunulan anten $49 \times 45 \times 3$ mm³ boyutlarına sahip olmakla beraber kullanılan keçe malzemenin dielektrik sabiti değeri 1.2 ve yüksekliği ise 3 mm olmaktadır. Tasarımı yapılan FSY yüzey ise 3×4 birim hücreden oluşacak şekilde antenin 10 mm üzerine yerleştirilmektedir. Frekans seçici yüzeyde dielektrik alt tabaka olarak $72 \times 54 \times 1.5$ mm³ boyutlarında keçe kullanılmaktadır. Tasarımı yapılan ve üretilen anten tasarımı giyilebilir tekstil uygulamalarında kullanıma uygun olmakla beraber geniş bant genişliği ve yüksek yönlülük kazancı sunmaktadır.

ANTEN TASARIMI & SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Tasarımı yapılan anten sisteminde ışımayı gerçekleştirecek olan dairesel yama ve Frekans seçici yüzeyin metal tabakası kalınlığı 35 μ m olan bakır bant kullanılarak oluşturulmaktadır. Şekil 1'de simülasyonu yapılan tekstil antenin uzunluk değerleri verilmektedir. Şekil 1'a da sunulan yama geometrisinin uzunluk parametreleri, Şekil 1'b de ise toprak düzleminde kullanılan kısmi toprak düzleminin uzunluk parametreleri ve Şekil 1'c de ise sunulan antenin yandan görünümü verilmektedir.



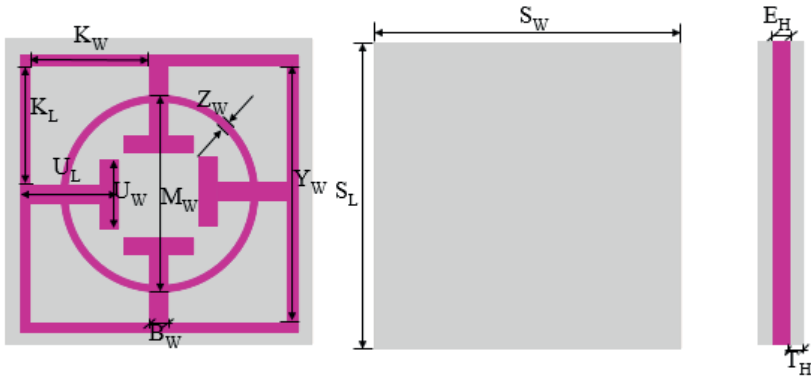
Şekil 1. Tasarımı yapılan dairesel yamaya sahip tekstil antene ait uzunluk değer parametreleri a) Ön görünüm, b) Arka görünüm c) Yan görünüm

Tablo 1'de ise anten tasarımının da kullanılan uzunluk ölçülerine ait parametreler ve değerleri verilmektedir. D_W ve D_L uzunlukları anten kullanılan alt tabaka malzemesi keçe olan tabakanın genişliğini ve uzunluğunu göstermektedir. C_W ise dairesel yamanın çapını R_W ise dairenin üzerine eklenen yarım dairenin çapını R_W ise dairesel yama üzerine eklenen yarım dairenin genişliğini ifade etmektedir. F_W ve F_L sırasıyla dairesel yamayı besleyen mikroşerit hattın genişliğini ve uzunluğunu belirtmektedir. Kısmi zemin düzlemi uzunluğunu G_W parametresi, anten tasarımında kullanılan bakır bandın kalınlığı T_H parametresi, keçe tabakanın kalınlığını ise D_H parametresi ile tabloda verilmektedir.

Tablo 1. Dairesel yamaya sahip tekstil antene ait uzunluk değerleri

Parametre	Uzunluk (mm)	Parametre	Uzunluk (mm)
D _w	45.19	F _w	2
D _L	49.47	F _L	8.59
R _w	44	P _w	0.56
C _w	28.03	T _H	0.035
G _w	38.98	G _H	3

Şekil 2’de ise anten üzerine yerleştirilen frekans seçici yüzeyin uzunluk parametre değerleri verilmektedir. Tekstil özelliklerin korunması için oluşturulan FSY yapısı yine keçe malzeme üzerine çalışılmaktadır. FSY’de kullanılan alt tabakanın genişliği 1.5 mm olarak kullanılmaktadır. Işınmayı gerçekleştirmek için yine dairesel antende olduğu gibi bakır bant kullanılmaktadır. Oluşturulan FSY yapısı 3×4 hücreden oluşacak şekilde 72×54×1.5 mm³ boyutlarına sahip olmaktadır. Tablo 2’de ise verilen uzunluklara ait parametrelerin değerleri gösterilmektedir.



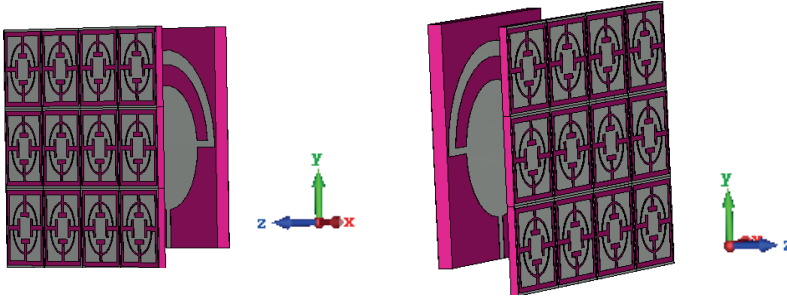
Şekil 2. Tasarımı yapılan ve anten üzerine yerleştirilen tekstil FSY'ye ait uzunluk değer parametreleri

Tablo 2’de her bir birim hücreye ait uzunluk parametreleri ve parametrelerin değerleri verilmektedir.

Tablo 2. Anten üzerine yerleştirilen FSY'e ait uzunluk parametreleri ve değerleri

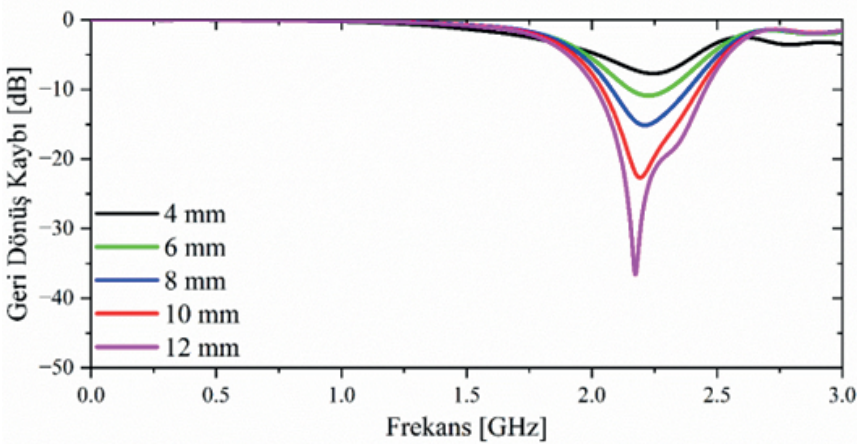
Parametre	Uzunluk (mm)	Parametre	Uzunluk (mm)
$S_W=S_L$	18	M_W	11.96
$K_W=K_L$	7	B_W	1
$U_W=U_L$	4	T_H	0.035
Z_W	0.4	E_H	1.5
Y_W	15		

Şekil 3'te tasarımı yapılan dairesel monopol anten ve 10 mm üzerine yerleştirilen FSY yüzeyin CST Microwave Studio programında oluşturulan simülasyon görüntüsü verilmektedir



Şekil 3. Tasarımı yapılan antenin simülasyon ortamında bulunan görüntüsü

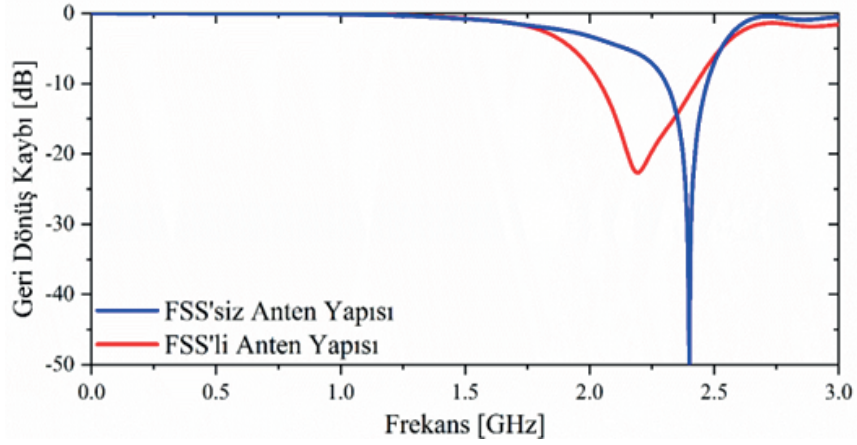
Şekil 4'te gösterilen grafikte anten üzerine yerleştirilen FSY yapıyla anten arasındaki mesafeye bağlı olarak geri dönüş kaybını gösteren grafik sunulmaktadır. Dairesel anten ile 4 mm uzaklıkta yerleştirilen FSY yapısı siyah grafikte ifade edilmektedir. Antenden 4 mm uzaklığa yerleştirilen FSY yapısıyla birlikte yönlülük kazancı 7.98 dBi olmaktadır. Aradaki mesafe 6 mm olduğunda yönlülük kazancı 8.02 dBi, Mesafe 8 mm olduğunda 8,05 dBi, 10 mm olduğunda 8.1 dBi ve 12 mm olduğunda ise yönlülük kazancı 7.98 dBi olmaktadır. En yüksek yönlülük kazancı, 10 mm uzaklıkta elde edildiğinden bu çalışmada anten üzerinde yerleştirilen FSY yapısı 10 mm uzaklıkta yerleştirilmektedir.



Şekil 4. Anten üzerine yerleştirilen FSY yüzeyle anten arasındaki mesafeye bağlı olarak geri dönüş kaybının değişimi

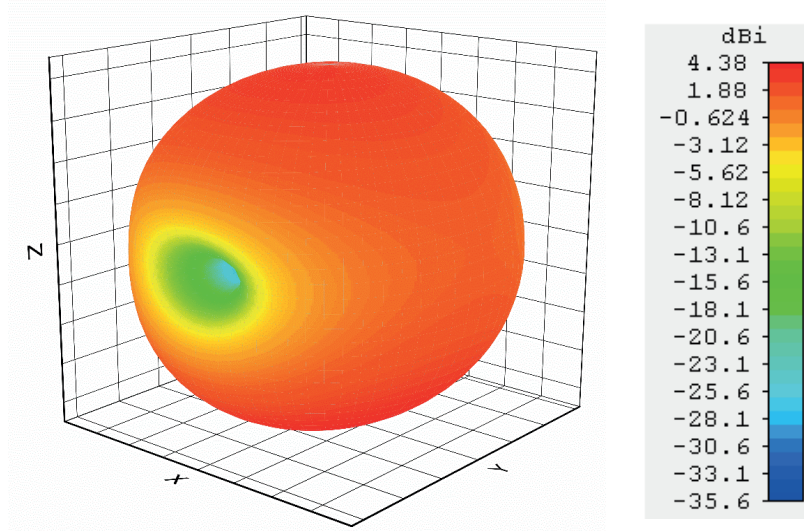
Şekil 5'te önerilen anten FSY kullanılmadan önce 2.4 GHz merkez frekansında 164 MHz (2.307 GHz – 2.87 GHz) bant genişliğine sahip olmaktadır. Geri dönüş kaybı değeri -50.54 dB ve yönlülük kazancı ise 4.38 dBi olarak elde edilmektedir. FSY yapının yerleştirilmesinden sonra merkez frekansı 2.19 GHz'e kaymakla beraber hedef frekans olan 2.4 GHz frekansını yine kapsayacak şekilde (2.04 GHz-2.42 GHz) frekansları

arasında 380 MHz bant genişliği değerine ve 8.1 dBi yönlülük kazanç değerine ulaşılmaktadır.



Şekil 5. Tasarımı yapılan tekstil anten ve üzerine yerleştirilen FSY yapısından sonra elde edilen antenin geri dönüş kaybı sonucu

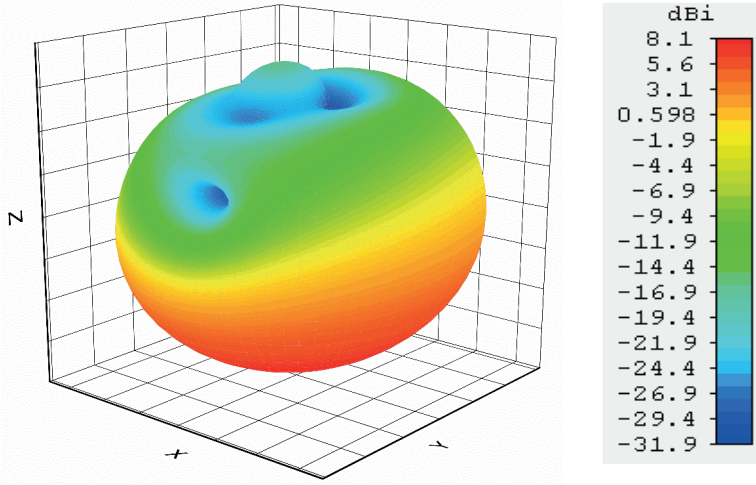
Şekil 6'da FSY kullanmadan önce dairesel monopol antenin oluşturduğu üç boyutlu ışınma diyagramı gösterilmektedir. FSY kullanımı olmadan dairesel monopol antenin yönlülük kazancı 4.38 dBi olarak elde edilmektedir.



Şekil 6. Tasarımı yapılan dairesel monopol antenin FSY kullanmadan önce elde edilen 3 boyutlu ışınma diyagramı

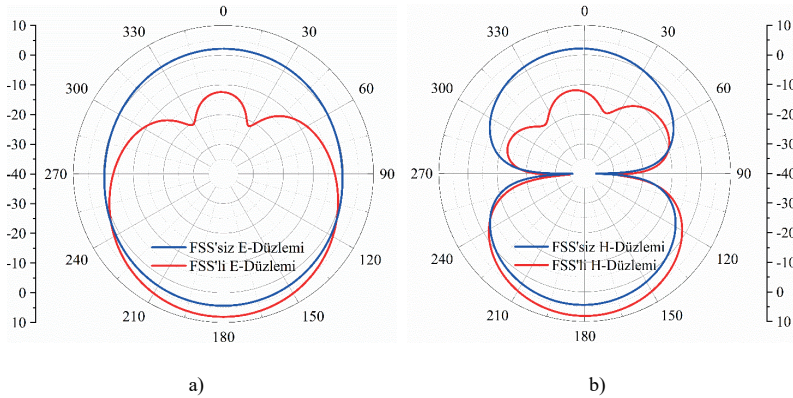
Dairesel monopol antenin 10 mm üzerine FSY yerleştirilmesi ile elde edilen üç boyutlu ışınma diyagramı Şekil 7'de gösterilmektedir. FSY yü-

zeyi monopol antenin üzerine eklemek 3.7 dBi yönlülük kazancında artış sağlamasının yanı sıra istenmeyen ışıma oranını da azaltmaktadır.



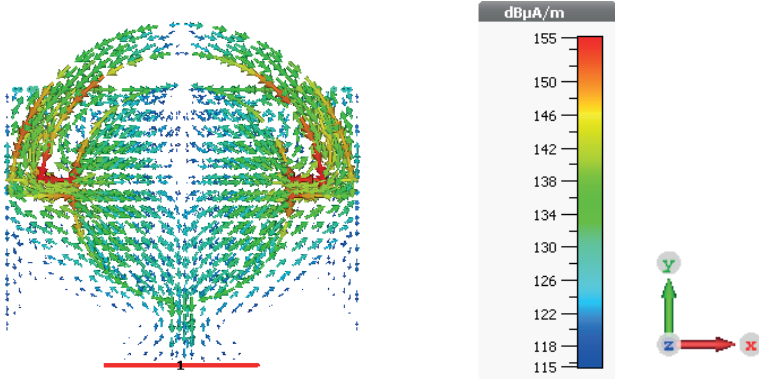
Şekil 7. Tasarımı yapılan dairesel monopol antenin FSY kullanımından sonra elde edilen 3 boyutlu ışıma diyagramı

İki boyutlu ışıma deseni antenlerin yönünü ve hangi yönde ışıma yaptığını gösteren iki boyutlu grafiklerdir. Önerilen antene ait ışıma deseni Şekil 8'de gösterilmektedir. Şekil 8 a' da 2.4 GHz frekansında $\Phi=0^\circ$ durumunda mavi grafikte FSY kullanmadan önceki E-düzlemini, mavi grafikte ise FSY kullanımından sonraki E düzleminin üst üste çizilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi anten üzerine FSY yapısının eklenmesi antende istenmeyen arka ışıma oranını azaltmakta ve kazancı ana doğrultuda arttırmaktadır. Şekil 8 b'de ise $\Phi=90^\circ$ durumunda mavi grafikte H-düzlemleri verilmektedir.



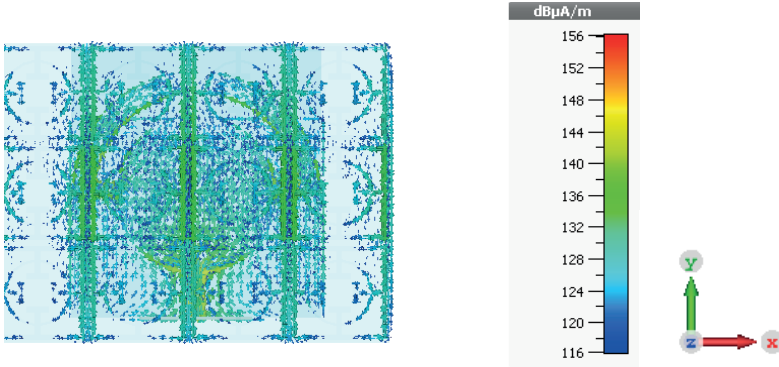
Şekil 8. Tasarımı yapılan dairesel monopol antenin FSY kullanımından önce ve sonra elde edilen E ve H düzlemleri a) E düzlemleri b) H düzlemleri

Yüzey akım dağılımı antenin üzerine gönderilen sinyalin anten üzerinde nasıl ilerlediğini gösteren grafiklerdir. Şekil 9’da dairesel monopol antenin FSY kullanmadan önce 2.4 GHz merkez frekansında $155 \mu\text{A/m}$ yamanın kenarlarında ve dairesel yama üzerine eklenen yapıyla birleştiği yerde yoğunlaştığı gözlemlenmektedir.



Şekil 9. Tasarımı yapılan dairesel monopol antenin FSY kullanımından önce elde edilen yüzey akım dağılımı

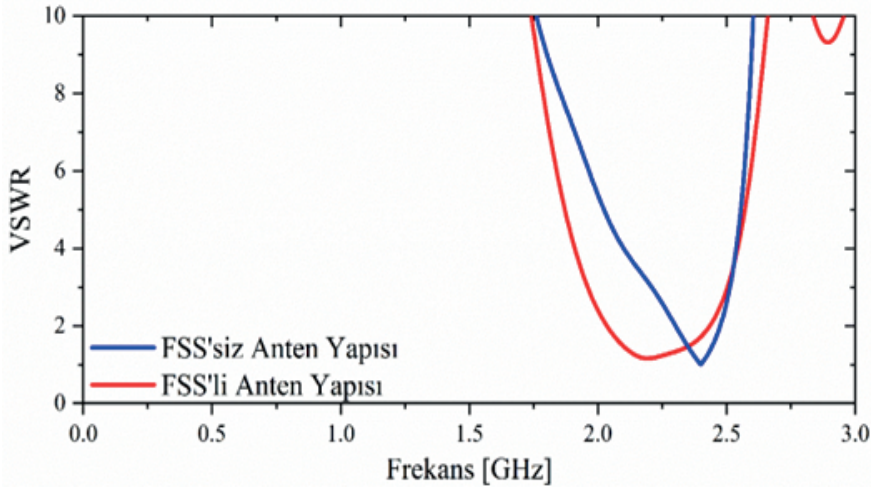
Şekil 10’da ise dairesel monopol antenin üzerine FSY eklenmesi ile elde edilen yüzey akım dağılımı grafiği gösterilmektedir. Anten üzerine FSY yapı yerleştirilmesi ile akım yoğunluğunun maksimum olduğu değer $156 \mu\text{A/m}$ olarak elde edilmektedir.



Şekil 10. Tasarımı yapılan dairesel monopol antenin FSY kullanımından sonra elde edilen yüzey akım dağılımı

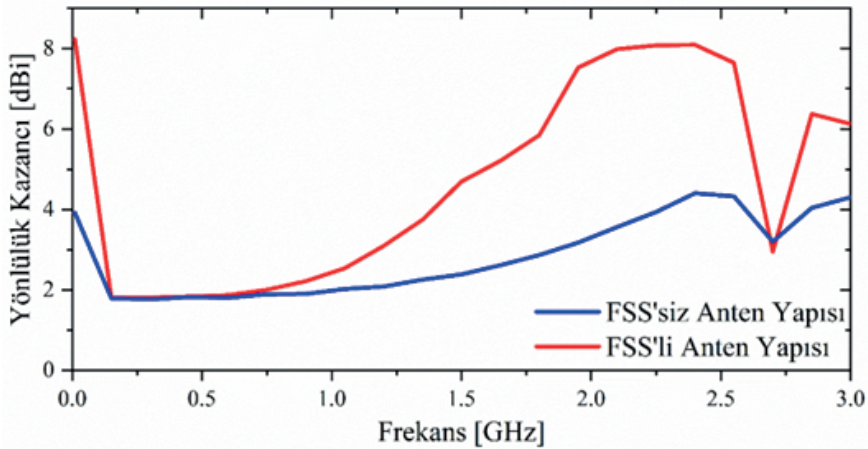
Şekil 11’de tasarımı yapılan tekstil antene ait duran dalga oranı (VSWR) verilmektedir. Anten tasarımında VSWR değerinin 1’e yakın olması beklenmektedir. FSY kullanılarak önerilen anten tam merkez frekan-

sında geri dönüş kaybının maksimum olduğu yerde 1,02 VSWR değerine ulaşmaktadır.



Şekil 11. Tasarımı yapılan tekstil anten ve FSY yapısının yerleştirilmesinden sonra elde edilen VSWR sonucu

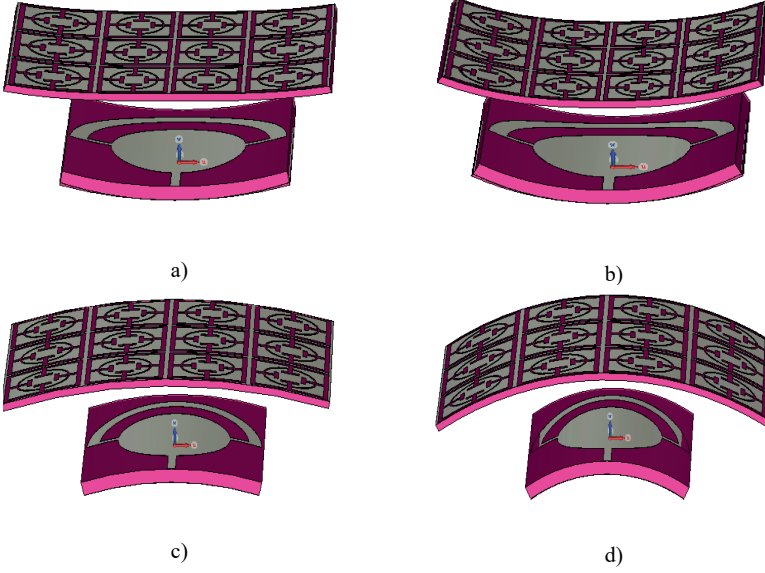
Şekil 12’de Sunulan antenin FSY yerleştirilmeden önce ve FSY yerleştirdikten sonra frekansa bağlı olarak değişen yönlülük kazanç grafiği verilmektedir. Merkez frekansında 4.38 dBi yönlülük kazanç değerine sahip olan antenin FSY kullanımından sonra istenilen rezonans frekansında 8.1 dBi olarak elde edilmektedir. Burada Frekans seçici yüzeylerin anten üzerine veya altına belli bir uzunlukta yerleştirildiğinde antenin kazancının artırılabilir olduğu görülmektedir. Sunulan anten özellikle istenilen frekans aralığında ISM bandında kazancın maksimum olduğu yerde 3.72 dBi artış göstermektedir.



Şekil 12. Tasarımı yapılan tekstil anten ve FSY yapısının yerleştirilmesinden

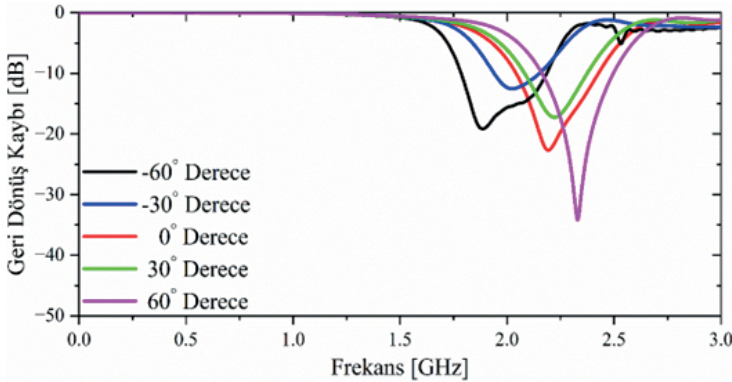
sonra elde edilen kazanca bağlı olarak değişebilen yönlülük kazanç grafiği

Antenleri bükülme koşulları altında değerlendirmek için antenler üzerinde yatay eksende yukarı yönlü 30° ve 60° olacak şekilde bükülme, yatay eksende aşağı doğru 30° ve 60° olacak şekilde bükülme özelliği test edilmektedir. Bükümlü tekstil antenler Şekil 13'te gösterilmektedir. Geri dönüş kaybında azalma ve frekans da kaymalar olmasına rağmen anten ışıma özelliklerini korumaktadır. Sonuçlar tasarımı yapılan tekstil anten dayanıklılığını göstermektedir



Şekil 13. Tasarımı yapılan tekstil antenin farklı açılar altında bükülme analizini gösteren şekiller a) 30° yukarı bükme, b) 60° yukarı bükme c) 30° aşağı bükme d) 60° aşağı bükme

Şekil 14'te farklı açılara göre bükülmüş olan antenlerin S11 parametrelerinin farklı bükülme açılarına göre değişimini göstermektedir.



Şekil 14. Tasarımı yapılan tekstil antenin farklı açılar altında bükülme analizini

gösteren grafik

ISM bandında kullanılan (konformal ve tekstil özelliklerine sahip) antenler arasında literatür taraması yapıldığında bu çalışmada tasarımı yapılan antenin diğer tekstil tabaka ile üretilen antenler ile karşılaştırılması Tablo 3 ile verilmektedir. Tablo incelendiğinde önerilen dairesel monopol antenin FSY ile yönlülük kazancının arttırıldığında diğer antenlere kıyasla bant genişliği, yönlülük kazancı ve geri dönüş kaybı gibi konularda literatürde bulunan çalışmalara oranlara ön plana çıkmaktadır.

Tablo 3. Tasarımı yapılan anten ve FSY yapısının üzerine yerleştirilmesi ile elde edilen anten yapısının literatürde bulunan diğer tekstil antenlerle karşılaştırılması

<u>Referans</u>	<u>Rezonans Frekansı (GHz)</u>	<u>Anten Boyutları (mm³)</u>	<u>Bant Genişliği (MHz)</u>	<u>Yönlülük Kazancı (dBi)</u>
Sánchez-Montero vd., 2018	2.42	52×44.5×1.1	83	2.9
Qureshi vd., 2020	2.4	46×46×2.4	620	7.8
Sugumaran vd., 2021	2.45	120×120×30	550	7.76
Wagih vd., 2022	2.41	80×60×3.2	100	6.4
Ashvap vd., 2017	2.4	54×54×3.1	40	6.79
Bu çalışma	2.4	49×45×3	380	8.1

SONUÇ

Bu çalışmada ISM bandında çalışmak üzere tekstil bir alt tabaka olan keçe üzerinde oluşturulmuş dairesel şekle sahip bir monopol anten ve bu anten üzerine yerleştirmek amacıyla yine keçe alt tabaka üzerine yerleştirilmiş yeni bir anten ve FSY çalışması sunulmaktadır. Keçe malzeme üzerine oluşturulan yapılar kolay bir şekilde farklı gereksinimlere sahip yüzeyler üzerine entegre olarak yerleştirilebilmektedir. Dairesel şekle sahip ışıyan yama üzerine yine yarım dairesel şeklinde yama yerleştirilerek oluşturulan ve toprak düzleminde kısmi zemin düzlemi kullanılan anten tasarımı anten üzerine FSY yerleştirilerek bant genişliği ve yönlülük kazanç parametrelerinin iyileştirilmesi amaçlanarak bu hedefe ulaşılmaktadır. FSY yerleştirilmesinden sonra tekstil antende bant genişliği ve yönlülük kazanç değerleri artmaktadır. FSY kullanılmadan önce 2.4 GHz'de 164 MHz (2.307 GHz – 2.471 GHz) bant genişliği sunmaktadır. Geri dönüş kaybı değeri -50.54 dB ve yönlülük kazancı ise 4.38 dBi olarak elde edilmektedir. FSY yapının yerleştirilmesinden sonra 380 MHz (2.04 GHz-2.42 GHz) bant genişliğine ulaşmaktadır. Geri dönüş kaybı değeri -22.68 dB ve yönlülük kazancı ise 8.1 dBi olarak elde edilmektedir. Tasarımı tamamlanan anten literatürde bulunan antenlere oranla bant genişliği, yönlülük kazancı ve esnek özelliklere sahip olmasıyla kablosuz haberleşme uygulamalarında tekstil anten olarak kullanıma uygun olduğu görülmektedir.

KAYNAKÇA

- Amsaveni, A., Bharathi, M., & Swaminathan, J. N. (2019). Design and performance analysis of low SAR hexagonal slot antenna using cotton substrate. *Microsystem Technologies: Sensors, Actuators, Systems Integration*, 25(6), 2273–2278. doi:10.1007/s00542-018-4109-6
- Ashyap, A. Y. I., Abidin, Z. Z., Dahlan, S. H., Majid, H. A., Kamarudin, M. R., & Abd-Alhameed, R. A. (2017). Robust low-profile electromagnetic band-gap-based on textile wearable antennas for medical application. 2017 International Workshop on Antenna Technology: Small Antennas, Innovative Structures, and Applications (IWAT). IEEE.
- Ashyap, A. Y. I., Elamin, N. I. M., Dahlan, S. H., Abidin, Z. Z., See, C. H., Majid, H. A., ... Esmail, B. A. F. (2021). Via-less electromagnetic band-gap-enabled antenna based on textile material for wearable applications. *PloS One*, 16(1), e0246057. doi:10.1371/journal.pone.0246057
- Bhattacharjee, S., Teja, S., Midya, M., Bhadra Chaudhuri, S. R., & Mitra, M. (2019). Dual band dual mode triangular textile antenna for body-centric communications. 2019 URSI Asia-Pacific Radio Science Conference (AP-RASC). IEEE.
- Boeykens, F., Vallozzi, L., & Rogier, H. (2012). Cylindrical bending of deformable textile rectangular patch antennas. *International Journal of Antennas and Propagation*, 2012, 1–11. doi:10.1155/2012/170420
- Bulathsinghala, R. L. (2022). Investigation on material variants and fabrication methods for microstrip textile antennas: A review based on conventional and novel concepts of weaving, knitting and embroidery. *Cogent Engineering*, 9(1). doi:10.1080/23311916.2022.2025681
- Chakraborty, C., Gupta, B., & Ghosh, S. K. (2013). A review on telemedicine-based WBAN framework for patient monitoring. *Telemedicine Journal and E-Health: The Official Journal of the American Telemedicine Association*, 19(8), 619–626. doi:10.1089/tmj.2012.0215
- Chen, J.-S. (2005). Dual-frequency annular-ring slot antennas fed by CPW feed and microstrip line feed. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 53(1), 569–573. doi:10.1109/tap.2004.838799
- Das, G. K., Basu, S., Mandal, B., Mitra, D., Augustine, R., & Mitra, M. (2020). Gain-enhancement technique for wearable patch antenna using grounded metamaterial. *IET Microwaves Antennas & Propagation*, 14(15), 2045–2052. doi:10.1049/iet-map.2020.0083
- Ghodake, A. P., & Hogade. (2022). 2.4 GHz compact textile antenna for body wear application and monitoring of health parameters. doi:10.21203/rs.3.rs-2178895/v

- Hertleer, C., Tronquo, A., Rogier, H., & Van Langenhove, L. (2008). The use of textile materials to design wearable microstrip patch antennas. *Textile Research Journal*, 78(8), 651–658. doi:10.1177/0040517507083726
- Kailas, A., & Ingram, M. A. (2009). Wireless aspects of telehealth. *Wireless Personal Communications*, 51(4), 673–686. doi:10.1007/s11277-009-9763-7
- Kavitha, A., & Swaminathan, J. N. (2019). Design of flexible textile antenna using FR4, jeans cotton and teflon substrates. *Microsystem Technologies: Sensors, Actuators, Systems Integration*, 25(4), 1311–1320. doi:10.1007/s00542-018-4068-y
- Khan, A., Raad, M. U., Tubbal, R., Theoharis, F., Liu, P. I., & Foroughi, S. (2021). Bending analysis of polymer-based flexible antennas for wearable, general IoT applications: a review. *Polymers*, 13(3)
- Kwon, K., Tak, J., & Choi, J. (2013). Design of a dual-band antenna for wearable wireless body area network repeater systems. In 2013 7th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP) (pp. 418–421). IEEE.
- Latr , B., Braem, B., Moerman, I., Blondia, C., & Demeester, P. (2011). A survey on wireless body area networks. *Wireless Networks*, 17(1), 1–18. doi:10.1007/s11276-010-0252-4
- Li, X., Zhao, N., Jin, R., Liu, S., Sun, X., Wen, X., ... Zhou, Y. (2019). Internet of Things to network smart devices for ecosystem monitoring. *Science Bulletin*, 64(17), 1234–1245. doi:10.1016/j.scib.2019.07.004
- Li, Y., Zhang, Z., Chen, W., Feng, Z., & Iskander, M. F. (2010). A dual-polarization slot antenna using a compact CPW feeding structure. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 9, 191–194. doi:10.1109/lawp.2010.2044865
- Loss, C., Gonçalves, R., Pinho, P., & Salvado, R. (2019). Influence of some structural parameters on the dielectric behavior of materials for textile antennas. *Textile Research Journal*, 89(7), 1131–1143. doi:10.1177/0040517518764000
- M. M. Hasan Mahfuz, Islam, M. R., Habaebi, M. H., & Chebil, J. (2022). Design of wearable textile patch antenna using C-shape etching slot. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 16(11), 107–120. doi:10.3991/ijim.v16i11.30101
- Mohd Rais, N. H., Malek, M. F., Soh, P. J., & Vandenbosch, G. (2010). Dual-band bench feed textile antenna. In *International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP) 2010* (pp. 709–712).
- Nachabe, L., Girod-Genet, M., ElHassan, B., & Aro, F. (2014). Applying Ontology to WBAN for mobile application in the context of sport exercises. *Proceedings of the 9th International Conference on Body Area Networks. ICST*.

- Ngoc, T. V. (2008). Medical applications of wireless networks. In *Student Reports on Recent Advances in Wireless and Mobile Networking*. St. Louis.
- Potey, P. M., & Tuckley, K. (2020). Design of wearable textile antenna for low back radiation. *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, 34(2), 235–245. doi:10.1080/09205071.2019.1699170
- Qureshi, S. A., Ashyap, A. Y. I., Abidin, Z. Z., Dahlan, S. H., Shah, S. M., Yee, S. K., ... See, C. H. (2020). Compact, low-profile and robust inversely E-shaped antenna integrated with EBG structures for wearable application. *2020 IEEE Student Conference on Research and Development (SCO-ReD)*. IEEE.
- Roy, B., Bhatterchya, A. K., & Choudhury, S. K. (2013). Characterization of textile substrate to design a textile antenna. *2013 International Conference on Microwave and Photonics (ICMAP)*. IEEE.
- Sánchez-Montero, R., Camacho-Gómez, C., López-Espí, P.-L., & Salcedo-Sanz, S. (2018). Optimal design of a planar textile antenna for industrial scientific medical (ISM) 2.4 GHz wireless body area networks (WBAN) with the CRO-SL algorithm. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 18(7), 1982. doi:10.3390/s18071982
- Sandeep, D. R., Prabakaran, N., Madhav, B. T. P., Narayana, K. L., & Reddy, Y. P. (2020). Semicircular shape hybrid reconfigurable antenna on Jute textile for ISM , Wi-Fi , Wi-MAX , and W-LAN applications. *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, 30(11). doi:10.1002/mmce.22401
- Shamsuri Agus, A. N. S., Sabapathy, T., Jusoh, M., Abdelghany, M. A., Hossain, K., Padmanathan, S., ... Soh, P. J. (2022). Combined RIS and EBG surfaces inspired meta-wearable textile MIMO antenna using viscose-wool felt. *Polymers*, 14(10), 1989. doi:10.3390/polym14101989
- Sindhu, S., Vashisth, S., & Chakarvarti, S. K. (2016). A review on wireless body area network (WBAN) for health monitoring system: Implementation protocols. *Communications on Applied Electronics*, 4(7), 16–20. doi:10.5120/cae2016652130
- Singha, K., Kumar, J., & Pandit, P. (2019). Recent advancements in wearable & smart textiles: An overview. *Materials Today: Proceedings*, 16, 1518–1523. doi:10.1016/j.matpr.2019.05.334
- Sugumaran, B., Balasubramanian, R., & Palaniswamy, S. K. (2021). Reduced specific absorption rate compact flexible monopole antenna system for smart wearable wireless communications. *Engineering Science and Technology. An International Journal*, 24(3), 682–693.
- Sugumaran, Bashyam, Balasubramanian, R., & Palaniswamy, S. K. (2022). Performance evaluation of compact FSS-integrated flexible monopole antenna for body area communication applications. *International Journal of Communication Systems*, 35(6). doi:10.1002/dac.5085

- Tak, J., & Choi, J. (2015). An all-textile Louis Vuitton logo antenna. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 14, 1211–1214. doi:10.1109/lawp.2015.2398854
- Turkmen, M (2018). Design and performance analysis of a flexible UWB wearable textile antenna on jeans substrate. *International Journal of Information and Electronics Engineering*, 8(2), 15–18. doi:10.18178/ijee.2018.8.2.68
- Varma, S., Sharma, S., John, M., Bharadwaj, R., Dhawan, A., & Koul, S. K. (2021). Design and performance analysis of compact wearable textile antennas for IoT and body-centric communication applications. *International Journal of Antennas and Propagation*, 2021, 1–12. doi:10.1155/2021/7698765
- Wagih, M., Hilton, G. S., Weddell, A. S., & Beeby, S. (2021). March). 2.4 GHz wearable textile antenna/rectenna for simultaneous information and power transfer. In 2021 15th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP) (pp. 1–5). IEEE.
- Yahya, R., Kamarudin, M. R., & Seman, N. (2014). Effect of rainwater and se-awater on the permittivity of denim jean substrate and performance of UWB eye-shaped antenna. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Let-ters*, 13, 806–809. doi:10.1109/lawp.2014.2318756
- Zaidi, N. I., Ali, M. T., Abd Rahman, N. H., Nordin, M. A., Shah, A. S. A., Yah-ya, M. F., & Yon, H. (2019). Analysis of different feeding techniques on textile antenna. In 2019 International Symposium on Antennas and Propa-gation (ISAP) (pp. 1–3). IEEE.
- Zhang, H.-S., Chai, S.-L., Xiao, K., & Ye, L. F. (2013). Numerical and experimen-tal analysis of wideband e-shape patch textile antenna. *Progress in Electro-magnetics Research C. Pier C*, 45, 163–178. doi:10.2528/pierc13091308
- Zhang, L., Wang, Z., & Volakis, J. L. (2012). Textile antennas and sensors for body-worn applications. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Let-ters*, 11, 1690–1693. doi:10.1109/lawp.2013.2239956
- Zhu, S., & Langley, R. (2009). Dual-band wearable textile antenna on an EBG substrate. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 57(4), 926–935. doi:10.1109/tap.2009.2014527

“

Bölüm 8

BİR ENERJİ KAYNAĞI OLARAK BİYOKÖMÜRÜN ÜRETİMİ VE KULLANIM ALANLARI

Mehmet Ali BİBERCİ¹

Esmâ ÖZHÜNER²

”

¹ Dr. Öğretim Üyesi , Çankırı Karatekin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, m.alibiberçi@karatekin.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-0328-9538

² Dr. Öğretim Üyesi, Çankırı Karatekin Üniversitesi Gıda ve Tarım Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, esmaozhuner@karatekin.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-5456-3496

1. GİRİŞ

Dünyamızın duyduğu enerji ihtiyacı teknolojik gelişmeler ve insan popülasyonundaki artış ile doğru orantılı olarak sürekli artmaktadır. Sanayileşmenin başlangıcından beri dünyanın temel enerji ihtiyacı yoğunlukla kömür, petrol ve doğal gaz gibi birincil enerji kaynaklarından olan fosil kökenli kaynaklar ile sağlanmaktadır. Ancak önümüzdeki yakın bir zamanda fosil kaynakların dünyanın ihtiyaç duyduğu bu enerji ihtiyacını karşılamayacak seviye geleceği ve tükeneceği bilinmektedir. Ayrıca duyulan bu enerji ihtiyacını sınırlı birincil enerji kaynakları ile sağlanmaya devam ederken atmosfere kirletici ve sera etkisi yaratan zararlı gazlar salınmaktadır. Dünyamızın ve gelecek neslin yararına olacak şekilde bu gazların olumsuz etkilerinin yok edilmesi veya azaltılması çok büyük önem arz etmektedir. Bu hedef doğrultusunda dünyamıza ve çevremize olumsuz etkileri olmayan, yenilenebilir temiz enerji kaynaklarının kullanılması gerekmektedir [1].

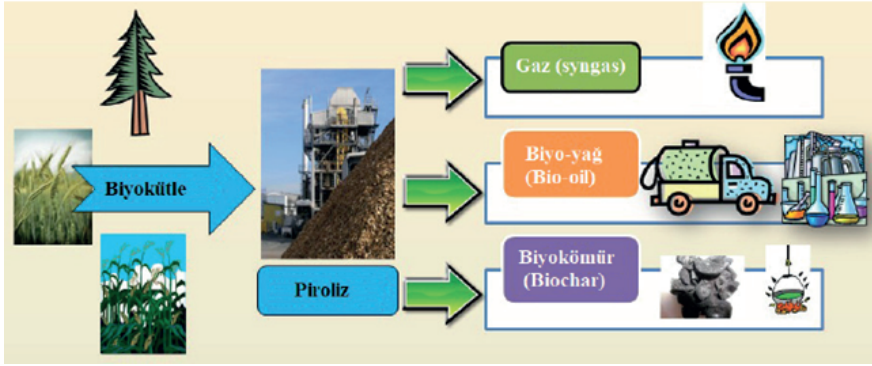
Küresel dünyada teknolojik gelişmeler ile birlikte enerjiye duyulan ihtiyaç artarken bir yandan da kullanılan bu enerji ile birlikte kıt kaynaklar bilinçsizce kullanılarak tüketilmekte ve bu tüketim sonucunda çeşitli atıklar oluşmaktadır. Artarak devam eden bu atıklar büyük çevresel sorunlar oluşturmakla birlikte dünyamızı ve yaşam alanlarımız tehdit etmektedir. Bu nedenle atık materyallerin toplanıp ve tekrar işlenerek geri dönüşüme kazandırılması günümüzde büyük önem taşımaktadır. Bu amaç doğrultusunda biyokütle atıklardan, biyokömür (biochar) proliz yöntemi ile üretilerek bu atıkların yeniden kazandırılması iyi bir geri dönüşüm şekli olacaktır. Çünkü Biyokömür karbon ile mineral fazlalığı açısından oldukça iyi ve karbon (C) tutma özelliği yönüyle küresel iklim değişikliğine olumlu yönde etki eden önemli bir katı materyaldir. Bu açıdan, havadaki sera gazı etkisini azaltmada oldukça kıymetli bir rol oynamaktadır. Biyokömürün birçok önemli avantajları bulunmakta olup, temelde bu avantajlar şöyle açıklanabilir: 1) Zengin mineral kaynağı olması nedeniyle toprağın mineral değerlerini iyileştirmesiyle tarım ürünlerinin kalitesini ve verimi artırır, 2) Su ve toprak bünyesinde var olan kirletici yapıdaki organik malzemeleri bertaraf eder, 3) Hayvansal besi yeminin içeriğini iyileştirir, 4) Endüstriyel olarak ise enerji depolaması için pil ve batarya üretiminde anodik malzeme olarak, filtrelerde mikro gözenekli bir yapının elde edilmesinde, yapılarda elektromanyetik emisyonun tutulmasını sağlamakta kullanılır [2, 3].

2. BİYOKÖMÜR ÜRETİMİ

Biyokütle, oksijenin sınırlı bir miktarda bulunduğu ortamlarda termo-kimyasal dönüşümü ile elde edilen karbon (C) bakımından zengin katı materyaller biyokömür (biochar) olarak tanımlanır. Biyokömür

üretimi genellikle biyokütlenin proliz işlemine tabi tutulması yöntemi ile gerçekleştirilmektedir [4]. Piroliz malzemelerin yüksek sıcaklıklarda termal olarak ayrışmasına denmektedir. Proliz kelimesi, Pyro "ateş" ve parçalama "ayırma" bileşiminden türetilmiştir. Piroliz yaygın bir şekilde organik malzemelerin işlenmesinde kullanılmaktadır. Termo-kimyasal işlemlerinden biri olan piroliz, aslında bitkilerin dünyada oluşması kadar eski bir tarihe sahiptir. Bitkiler oksijen yoksunluğu ile sıcak bir ortama maruz bırakıldığında piroliz işlemi oluşmaktadır. Petrol, kömür, doğalgaz ve odun kömürü gibi birincil enerji kaynaklarının oluşması da bir çeşit piroliz işlemidir. İnsanlık, pirolizin değerini 1800'lü yılların ardından anlamaya başlamıştır. Bu tarih ise sanayileşme devriminin başlangıcına yani enerji ihtiyacının oldukça çok olduğu bir döneme denk gelmektedir. Sanayileşme ile ilk piroliz ve gazlaştırma işlemi kömür ile yapılmıştır. Kömürün pirolizi üretilen ürünler, evlerin ve sokakların aydınlatılmasında kullanılmıştır. Daha sonra ise petrolün elde edilmesi ve yaygın olarak kullanılması ile proliz işlemi önemi yitirmiş iken, dünyada fosil kökenli yakıtların tükenme probleminin ortaya çıkması ile bu fosil kaynakların yerini dolduracak karbon kaynakların özellikle biyokütlenin pirolizi yeniden önem kazanmıştır [5]. Bu açıdan bakıldığında biyokömür eldesinin en iyi yöntemi piroliz olmaktadır. Proliz işlemi biyokütlenin (bitkiler veya hayvansal atıkların) yüksek ısılarda ($500^{\circ}\text{C} - 700^{\circ}\text{C}$), oksijen azlığında termo-kimyasal şekilde ayrıştırılması ile sanayi işletmelerinde sıvı, gaz veya katı ürünler üretebilmek için kullanılmaktadır. Çiftliklerde ise proliz sobaları ile gerçekleştirilmektedir [6, 7, 8]. Pirolizden işlemi ile elde edilen ürün verimini piroliz sıcaklığının seviyesi, ısıtma hızı, biyokütle boyutu ve işlem süresi belirlemektedir. Sıcaklık ise termo-kimyasal süreci direkt olarak etkilemesi nedeniyle piroliz ve elde edilen ürünlerin verimlerini belirleyen en önemli etkidir. Piroliz elde edilecek ürüne bağlı olarak istenilen sıcaklık değerinde gerçekleştirilmektedir. Piroliz sıcaklığı $400-500^{\circ}\text{C}$ aralığı değerinde iken biyokömür elde etme miktarı artarken, 700°C ve üzerinde ise sıvı ve gaz yakıtların elde etme miktarı artmaktadır. Diğer önemli parametre ise proliz işlemine tabi tutulan biyokütle sıcaklığının artırılma hızı olmaktadır. Büyüktüleyi ısıtma hızı yavaş olursa piroliz işleminde elde edilen katı ürün (biyokömür) miktarı da o kadar artmaktadır [6, 7, 9].

Biyokütle içeriği organik ve inorganik bir şekilde bulunmaktadır. Biyokütle prolizi ile içerisindeki organik madde bozunur ve karbon ile mineral kalır. Karbon ve mineralden oluşan bu yapı biyokömürü meydana getirmektedir. Bu nedenle; mineral bakımından zengin her organik madde, ısıl işleme maruz bırakıldığında biyokömür elde edilir. Biyokütlenin proliz ile biyokömür üretimi şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Biyokömür üretimi

Biyokömürün içeriği (karbon, azot, potasyum, kalsiyum vb. miktarları); biyokütle malzemeye göre değişiklik göstermektedir. Hayvansal kaynaklı biyokütleden olan kanatlı hayvan atıklarından elde edilen biyokömür mineral içeriği (karbon, azot, potasyum, kalsiyum vb.) bakımından oldukça zengindir. Piroliz koşulları biyokömürün bileşimini etkiler. Farklı biyokütle malzemelerin, piroliz sıcaklığına bağlı olarak verimleri değişmektedir [10]. Biyokömür verimi, piroliz işlemi sonrası toplam ağırlıktan piroliz kalıntısının çıkarılması (kül) ve elde edilen sonucun pirolize edilmemiş toplam biyokütle atığına bölünmesi elde edilir (Eşitlik 1).

$$\text{Biyokömür Verimi (E)} = (T_p - K_p) / TB * 100 \quad (1)$$

Burada, E biyokömür verimidir (%). T_p ve K_p sırasıyla; piroliz sonrası toplam ağırlık ve piroliz kalıntıları (kül) ağırlıklarıdır. TB piroliz öncesi biyokütle atığın toplam ağırlığıdır.

$$CTO = \left(E * \frac{C_{br}}{C_{bk}} \right) * 100 \quad (2)$$

Burada CTO, biyokömürün C tutma oranıdır (%) ve C_{br} ve C_{bk} , sırasıyla biyokömür ve biyokütlenin C içeriğidir (%). Eşitlik 2 ile biyokömürün karbon tutma oranı hesaplanır.

Ayrıca biyokömürün etkin verimini üst seviyeye çıkarmak için mineral modifikasyonları yapılabilir. Bu minerallerden etkin bir modifikasyon sağlayan vermikülit mineralidir. Vermikülit mineralinin analiz içeriği aşağıda verilmiştir.

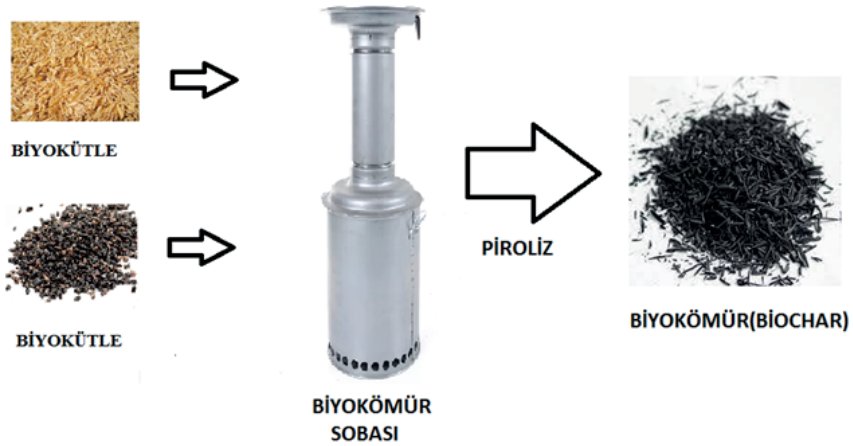
Vermikülit mineral analizi:

(SiO₂ (39,2; algılama limiti: %0,001), Al₂O₃ (16,7; algılama limiti: %0,001), MgO (15,4; algılama limiti: %0,001), Fe₂O₃ (15,0; algılama li-

miti: %0,001), K₂O (5,6; algılama limiti: %0,001), CaO (4,8; algılama limiti: %0,001), Cr₂O₃ (0,0; algılama limiti: %0,001), MnO (0,1; algılama limiti: %0,001), Na₂O (0,3; algılama limiti: %0,001), P₂O₅ (0,1; algılama limiti: %0,001), TiO₂ (2,2; algılama limiti: %0,001), Ba (3822,0; algılama limiti: 10 ppm), Sr (176,0; algılama limiti: 10 ppm), Zn (147,0; algılama limiti: 10 ppm), Zr (13,0; algılama limiti: 10 ppm)- Analiz, SGS test ve belgelendirme kuruluşu tarafından 24 Mart 2020 tarihinde TR2000312 sertifika numarası ile yapılmıştır [11].

Liu ve diğerleri (2020) ile Feiyue ve diğerleri (2020) tarafından yapılan çalışmalarda pirinç samanı ve pirinç kabuğu biyokütlesine vermikülit minerali modifikasyonu ile biyokömür üretmişlerdir. Vermikülit minerali biyokömürün karbon tutma oranını ve mineralizasyon değerini artırmıştır [12,13].

Özellikle piroliz işlemi ile istenilen ürün katı ise, biyokütle yavaş piroliz işlemi ile işlenmelidir. Yapılan bazı çalışmalara göre, bitki ve toprak özelliklerini olumlu yönde etkileyen, mineral içeriği bakımından zengin olan biyokömürün tarımsal üretim işlerinde kullanılmasının önemli yararlar oluşturacağı anlaşılmıştır [6, 14]. Tarımsal uygulamalarda kullanılmak üzere biyokömür üretimi için geleneksel üretim şekli katı ürün elde etme (biyokömür) verimi açısından oldukça uygundur. Bu nedenle geleneksek yöntem ile biyokömür üretmek için biyokömür üretim sobası kullanılabilir. Şekil 2’de geleneksel yöntemle biyokömür üretim şekli gösterilmiştir.



Şekil 2. Geleneksel yöntemle biyokömür üretim şekli

3. BİYOKÖMÜRÜN KULLANIM ALANLARI

Biyokömür yüksek karbon içeriği, daha geniş yüzey alanı, iyi gelişmiş gözenekli yapısı gibi çeşitli etkin özellikleri bakımından 21. yüzyılda

birden çok kullanım alanları için büyük bir potansiyel olarak görülmektedir. Geniş kullanım alanları Şekil 3’de görülmektedir.



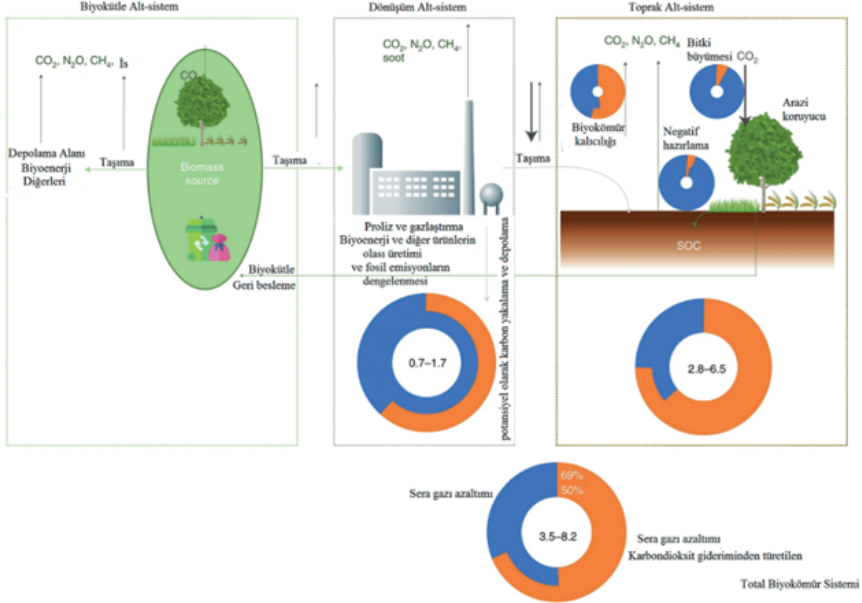
Şekil 3. Biyokömürün kullanım alanları

Biyokömürün yaygın kullanım alanları aşağıda sırasıyla detaylı bir şekilde incelenmiştir.

3.1. İklim değişikliğini azaltma

İklim değişikliğinin hafifletilmesi, yalnızca sera gazı emisyonlarının azaltılmasını değil, aynı zamanda atmosferden karbondioksitin (CO_2) çekilmesini de gerektirir. Toprağa uygulama için kullanılan biyokömür ve yenilenebilir biyoenerji üretmek için biyokütlenin pirolize edilmesine dayanan biyokömür sistemleriyle emisyon azaltımları ve CO_2 giderimi sağlanarak iklim değişikliğine olumlu etkiler oluşturulabilir [15, 16, 17]. Biyokömürün iklim değişikliğini hafifletme etkileri yalnızca malzeme özelliklerine değil, aynı zamanda üretiminin ve dağıtımının tüm yaşam döngüsü boyunca sera gazı emisyonları üzerindeki etkilerine de bağlıdır. İklim değişikliğine etkisi şu şekilde değerlendirilebilir [18]. Biyokömürün üretimi için proliz işlemi ile oluşan karbon emisyonları, üretilen biyokömürün toprakta kullanılması ile tutulan karbon miktarı ve biyokömür üretimi ile elde edilen yenilenebilir enerji (biyogaz) kaynaklarından enerji üretimi nedeniyle ile uzaklaştırılan CO_2 ve emisyonların miktarı bakımından biyokömürün iklim değişikliğine katkısı ölçülebilmektedir. Biyokömürün iklim değişikliğine etkisi Şekil 4’de görülmektedir. Şekil 4’de Halkalar, küresel yıllık sera gazı emisyonu azaltımlarının sayısal ara-

lıklarını gösterir ($\text{PgCO}_2\text{e yıl}^{-1}$), minimum (turuncu iç halka) ve maksimum (turuncu dış halka) karbondioksit giderimi, biyokömür sistemlerini benimseyerek net sera gazı emisyonu azaltımının bir oranı olarak (mavi, emisyon azaltımlarını içerir, örneğin, kaçınılan fosil yakıt emisyonları) NO_2 azalmalarıdır [19, 20].



Şekil 4. Biyokömürün iklim değişikliğine etkisi

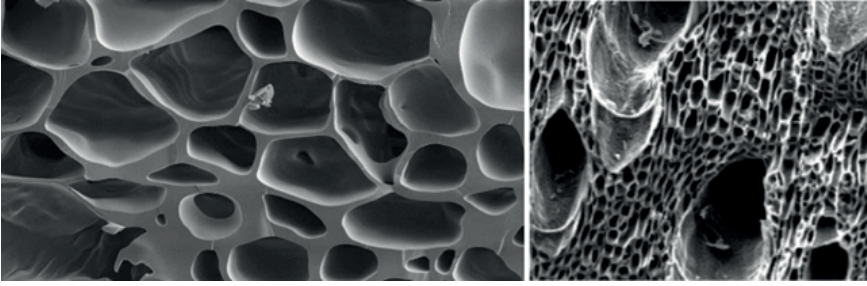
3.2. Toprak iyileştirme

Biyokömür, karbon tutma, sera gazı azaltma, toprak verimliliğini artırarak gelişmiş mahsul üretimi, zararlı kirleticileri uzaklaştırma ve kuraklığın hafifletilmesi gibi çeşitli nedenlerle toprağa sık sık eklenir. Biyokömür, atık yönetimi ve atık su arıtımı için de kullanılabilir. Biyokömürün çeşitli avantajları, onu mevcut bilim ve teknoloji için potansiyel olarak çekici bir alet malzemesi haline getiriyor. Biyokömürün, toprağın kütle yoğunluğu [21, 22], su tutma kapasitesi [23], toprak gözenekliliği [24], toprak hidrolik iletkenliği [25], toprakta su tutma [26], su iticilik – mevcut bitki suyu [27], su sızması [28], toprak sıcaklığı [29] dahil olmak üzere bazı önemli toprak fiziksel ve hidrolojik özellikleri üzerinde iyileştirici etkisi bulunmaktadır.

3.3. Kirleticilerin Yakalanması

Biyokömürün avantaj sağladığı kullanım alanları detaylı bir şekilde incelendiğinde, toprak ve su bünyesinde bulunan ağır metaller/metaloidler ve polisiklik aromatik yapıdaki hidrokarbonlar sorunsal, bütün yaşamı etkilerken, çevresel olumsuz etkilere ve tarımsal açıdan verim düşümüne

neden olmaktadır [30, 31]. Bu kirletici ajanlar zehirli, toksik ve kalıcı olmaktadır, biyolojik bakımdan parçalanamaz olduğu gibi biyolojik zararlı bir biçimde su ve toprak bünyesinde çoğalabilmektedir [32]. Hem ağır metalleri hem de aromatik hidrokarbonlar problemini elimine etmek için kullanılan biyoremediasyon sistemleri içerisinde biyokömür, en avantajlı ve etkili çözümlerden biri olmaktadır [33]. Sürdürülebilirlik, maliyet, karbon sekestrasyonu vb. bu avantajlar yer alır [30]. Biyokömür gözenek şekli (Şekil 5), özellikli yüzey alanı yapısı gibi çeşitli işlevsel fiziksel ve kimyasal özellikleri ile farklı kirleticileri absorbe etmek için kullanılmaktadır [34]. Örneğin, Mahmoud, et al. [35] atık sudan reaktif kırmızı 195 A boyanın renk giderimi sağlamak için modifiye edilmiş switchgrass biyokömürü adsorbe olarak kullanmış ve başarılı olmuştur. Bu bakımdan adsorpsiyon yeteneğini biyokömür için önemlidir. Bu yeteneği incelemek için pirinç kabuğu ve hayvan gübresi gibi çeşitli biyokütle malzemeleri, diğer faktörler üzerinde kullanılan biyokütleyle göre değişen biyokömür üretimi için de kullanılmıştır [36, 37].



Şekil 5. Biyokömürün gözenekli yapısı

3.4. Atık yönetimi

Gıda üretimine yönelik sürekli artan küresel talebin meydana okuduğu dünya çapında artan nüfus, aynı zamanda artan atık üretimi, özellikle organik atıklar ile birliktedir. Son yıllarda, anaerobik sindirim ve piroliz gibi çeşitli atık işleme teknolojileri geliştirilmiştir. Son zamanlarda, döngüsel ekonomide sürecin etkinliğini artırmak ve atık yönetimini iyileştirmek için teknolojileri birleştirerek endüstriyel sinerjiler yaratmaya ilgi artmıştır. Biyokömür veya aktifleştirilmiş biyokömür ile biyogaz saflaştırması [38, 39, 40] biyogaz üretim sistemine biyokömür eklenmesiyle anaerobik parçalama işlemi stabilitesinin iyileştirilmesi gibi sürdürülebilir bir atık yönetimi için birleşik ikili sistemler uygulanmaktadır. Anaerobik çürütme ve pirolizi birleştirme ikili simbiyozunu geliştirmek, çok yönlü uygulamalar için organik atıkların daha akıllı ve eko-verimli işlenmesi için umut vaat eden sürdürülebilir temelli bir yaklaşım olacaktır [41, 42, 43, 44].

3.5. Enerji üretimi

Fosil bazlı enerji kaynaklarının tükenmesi, temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak güneş, jeotermal, rüzgar, hidrojen, biyodizel vb. kaynakların araştırılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu enerji kaynaklarının çoğu kesintili, biyoelektrik, biyodizel ve biyohidrojen ise düzenli olarak bol miktarda bulunan organik atıklar kullanılarak üretilir [45]. Çeşitli enerji kaynaklarının üretimi, maliyetli ve uygulanabilirliğini büyük ölçüde etkileyen malzemeler gerektirir. Biyokütle türevli malzemeler (biocchar), basit sentez yöntemleri, yüksek yüzey alanı, gözenekliliği ve kolay değiştirilebilen fonksiyonel grupların mevcudiyeti nedeniyle biyoenerji alanında dikkat çekmektedir [46]. Çeşitli teknikler kullanılarak biyokömür sentezi ve bunların bir mikrobiyal yakıt hücresinde (MFC) bir elektrot (anodik/katodik), transesterifikasyonda katalizörler ve enerji üretimi için anaerobik sindirim olarak kullanımları bilinmektedir [47, 48]. Biyokömür kullanarak yenilenebilir enerji üretimi, enerji açısından güvenli bir dünya yaratmak için sürdürülebilir bir yaklaşım olacaktır. Şekil 6'da biyokömürün enerji üretiminde kullanımı görülmektedir.



Şekil 5. Biyokömürün enerji üretiminde kullanımı

3.6. Kompostlarda kullanımı

Kompostlarda biyokömür, sera gazlarının salınımını kontrol eder ve mikrobiyal aktiviteyi artırır. Birlikte kompostlanan biyokömür, toprak özelliklerini iyileştirir ve ürün verimliliğini artırır. Bozulmamış ve mühendislik ürünü biyokömür, kirleticileri uzaklaştırmak için su ve toprak ıslahı için de kullanılabilir. İnşaatta, biyokömür çimentoya veya asfalta eklenebilir [49, 50, 51] böylece yapısal ve işlevsel avantajlar sağlanır. Biyokömürün biyokompozitlere dahil edilmesi yalıtımı, elektromanyetik radyasyondan korunmayı ve nem kontrolünü iyileştirir [52, 53]. Son olarak, enerji depolama uygulamaları için biyokömür bazlı malzemelerin sentezlenmesi ek işlevselleştirme gerektirir.

4. SONUÇ ve ÖNERİ

Biyokömür alanında hem ulusal hem de uluslararası alanda dikkate değer çalışmalar yapılmıştır. Biyokömür, oksijenin yetersiz olduğu veya olmadığı piroliz koşullarında (genellikle 700 °C'nin altında) maddelerden (bitki kalıntısı, kanalizasyon çamuru, hayvan çöpi, su sümbülü ve hatta algler gibi) üretmiştir. Biyokömür özellikleri, piroliz sıcaklığından ve biyokömür üretimi için kullanılan biyokütle türünden etkilenir. Biyokütlenin karakterizasyonu, biyogazdan uygun maliyetli hidrojen sülfür giderimi gibi özel amaçlar için kullanılabilir. Biyokömürün özgülülüğü, belirli modifikasyonlarla artırılabilir. Örneğin, patates kabuğu atıklarına iki aşamalı bir termal teknoloji kullanılarak küresel biyokömür hazırlanmıştır. Ayrıca, harici manyetik alan kullanılarak kolayca geri kazanılabilen ve kirleticileri uzaklaştırma konusunda daha büyük yetenek gösteren manyetik biyokömür üretilmiştir. Biyokömür üretimi atıkları en aza indirir ve atıkları karlı hale getirir. Ayrıca, organik kirleticileri ve ağır metal konsantrasyonlarını (yarı kurak koşullar altında bile) azaltır. İlginç bir şekilde, petrolle kirlenmiş toprak, biyokömür eklenerek verimli bir şekilde iyileştirilebilir. Etkili boya giderme ve bozunma için biyokömür kullanma olasılığı bile vardır. Biyokömürler, ham petrolü yağ/su bifazik karışımlarından seçici olarak emer. Biyokömür, mahsullerde büyümeyi ve verimi iyileştirmek için metalle kirlenmiş toprakta bir değişiklik olarak bile kullanılabilir. Biyokömürün kompostlama için bir katkı maddesi olarak kullanılması, biyokömürün kompostlaştırma işleminin uzunluğunu azaltabilmesi ve kompostun değerini daha da artırabilmesi nedeniyle uygun koşullar (yüksek gözeneklilik, geniş yüzey alanı, vb.) sağlar. Biyokömür, biyokütle orijinine, piroliz sıcaklığına, uygulama yöntemine, doza vb. bağlı olarak rizosfer organizmaları üzerinde olumlu veya olumsuz etkiye sahip olabilir. Ayrıca, uzun vadeli etkiler olumludur ve toprak biyota aktivitesini artırır. Solucanlar üzerinde kısa vadeli olumsuzdan uzun vadeli sifıra kadar etkiler olabilir. Biyokömür, toplam nitrojen kayıplarını ve sera gazı emisyonunu önemli ölçüde azaltır ve bu nedenle iklim değişikliğinin hafifletilmesine yardımcı olur. Biyokömür, çok çeşitli disiplinlerde çok umut verici ve çevre dostu bir malzemedir. Biyokömürün biyokütle içeren her şeyden yapılabileceği zaten kanıtlanmıştır. Bu, biyokömür açısından küresel bir standardizasyon boşluğuna neden olur. Çeşitli ülkeler gönüllü biyokömür kalite standartları oluşturmuştur. Hatta bir düzenleyici boşluk var. Ayrıca, aşırı uygulamadan kaynaklanan olası zararlı etkilerin önlenmesi için her toprak tipi için biyokömür uygulama oranının belirlenmesi gerekir. Deneylerin çoğu laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir. Biyokömürün gerçek zamanlı uygulamasının daha iyi anlaşılabilmesi için geniş ölçekli saha araştırmalarına ve denemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Biyokömür, çok çeşitli kirleticileri yakalamak ve depolamak için kulla-

nılmıştır. Bu nedenle, biyokömürün stabilitesinin güvenlik amaçları için yeterince kabul edilmesi gerekir. Ayrıca, bunların karasal veya sucul ekosistemler üzerindeki etkilerini içeren bir çevresel risk değerlendirmesine ihtiyaç vardır. Biyokömür üretimi sırasında herhangi bir gaz salınımı olmaması için daha temiz teknoloji geliştirilmelidir. Hem farklı malzemelerden hem de farklı sıcaklıklarda üretilen biyokömür ve bunun kompostlaştırma sürecine etkisi için karşılaştırmalı bir çalışmaya ihtiyaç vardır. Ayrıca, belirli toprak (ve bitkiler) için biyokömür ve kompostun uygunluğunun bulunması gerekir. Kompostlaştırma için biyokömürün dozajı ve yaşlanmanın biyokömürün kompostlaştırması üzerindeki etkisi de ayrıca dikkat gerektirmektedir. Bazı durumlarda biyokömür için toplam çevresel yaşam döngüsü değerlendirmesi yapılmış olsa da, çok çeşitli hammadde için bir bilgi eksikliği vardır. Toprağa daha iyi bağlanan biyokömürler geliştirilebilir. Biyokömür tarafından yakalanan kirleticilerin, biyokömürün yeniden kullanılabilir hale gelmesi için güvenli bir şekilde çıkarılması (ve saklanması) gerekir. Biyokömür aktivasyonu, biyokömür uygulamasını belirli kontaminantları uzaklaştırmak için daha spesifik hale getirmek için başka bir önemli alan olabilir. Şiddetli yağış, kuraklık vb. aşırı hava koşullarında toprakta biyokömür uygulamasının araştırılması gerekir. Bu, değişen iklim senaryoları ile aşırı derecede önemli hale geliyor. Görünüşe göre biyokömür, gezegenimizi tehdit eden çeşitli sorunlar için mükemmel bir çözüm olabilir. Bu alanda yeterli araştırma yapılması, insanlığın atabileceği en faydalı adım olabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Abas, N., Kalair, A., & Khan, N. (2015). Review of fossil fuels and future energy technologies. *Futures*, 69, 31-49.
- [2] Mısır, A., & Arıkan, O. (2022). Avrupa Birliği (AB) ve Türkiye’de Döngüsel Ekonomi ve Sıfır Atık Yönetimi. *Çevre İklim ve Sürdürülebilirlik*, 1(1), 69-78.
- [3] Tareq, R., Akter, N., & Azam, M. S. (2019). Biochars and biochar composites: Low-cost adsorbents for environmental remediation. In *Biochar from biomass and waste* (pp. 169-209). Elsevier.
- [4] Çavdar, A. D. Yeni Nesil Fonksiyonel Karbon Malzemeler “Biyokömür”. *Academic Studies in Agriculture, Forestry and Aquaculture-II*, 105.
- [5] Asai, H., Samson, B. K., Stephan, H. M., Songyikhangsuthor, K., Homma, K., Kiyono, Y., ... & Horie, T. (2009). Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field crops research*, 111(1-2), 81-84.
- [6] Yaashikaa, P. R., Kumar, P. S., Varjani, S., & Saravanan, A. (2020). A critical review on the biochar production techniques, characterization, stability and applications for circular bioeconomy. *Biotechnology Reports*, 28, e00570.
- [7] Hu, Z., Zhou, T., Tian, H., Feng, L., Yao, C., Yin, Y., & Chen, D. (2021). Effects of pyrolysis parameters on the distribution of pyrolysis products of *Miscanthus*. *Progress in Reaction Kinetics and Mechanism*, 46, 14686783211010970.
- [8] Prakongkep, N., Gilkes, R. J., Wiriyaakitnatekul, W., Duangchan, A., & Darunsontaya, T. (2013). The effects of pyrolysis conditions on the chemical and physical properties of rice husk biochar. *Int. J. Mater. Sci*, 3(3), 97-103.
- [9] Lei, O., & Zhang, R. (2013). Effects of biochars derived from different feedstocks and pyrolysis temperatures on soil physical and hydraulic properties. *Journal of Soils and Sediments*, 13(9), 1561-1572.
- [10] Tripathi, M., Sahu, J. N., & Ganesan, P. (2016). Effect of process parameters on production of biochar from biomass waste through pyrolysis: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 55, 467-481.
- [11] Serakülit, “Vermikülit”, erişim: 25.12.2022, <https://serakulit.com/urun/micron-vermikulit/?v=5a4ac2b6e0f2>
- [12] Liu, Y., Gao, C., Wang, Y., He, L., Lu, H., & Yang, S. (2020). Vermiculite modification increases carbon retention and stability of rice straw biochar at different carbonization temperatures. *Journal of Cleaner Production*, 254, 120111.

- [13] Shapkin, N. P., Panasenکو, A. E., Khal'chenko, I. G., Pechnikov, V. S., Maiorov, V. Y., Maslova, N. V., ... & Papynov, E. K. (2020). Magnetic Composites Based on Cobalt Ferrite, Vermiculite, and Rice Husks: Synthesis and Properties. *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 65(10), 1614-1622.
- [14] Sharma, A., Pareek, V., & Zhang, D. (2015). Biomass pyrolysis—A review of modelling, process parameters and catalytic studies. *Renewable and sustainable energy reviews*, 50, 1081-1096.
- [15] Azzi, E. S., Karlton, E., & Sundberg, C. (2019). Prospective life cycle assessment of large-scale biochar production and use for negative emissions in Stockholm. *Environmental science & technology*, 53(14), 8466-8476.
- [16] Yang, Q., Wei, Z., Zhou, H., Li, J., Yang, H., & Chen, H. (2019). Greenhouse gas emission analysis of biomass moving-bed pyrolytic polygeneration systems based on aspen plus and hybrid LCA in China. *Energy Procedia*, 158, 3690-3695.
- [17] Matušík, J., Hnátková, T., & Kočí, V. (2020). Life cycle assessment of biochar-to-soil systems: A review. *Journal of Cleaner Production*, 259, 120998.
- [18] Roberts, K. G., Gloy, B. A., Joseph, S., Scott, N. R., & Lehmann, J. (2010). Life cycle assessment of biochar systems: estimating the energetic, economic, and climate change potential. *Environmental science & technology*, 44(2), 827-833.
- [19] Papageorgiou, A., Azzi, E. S., Enell, A., & Sundberg, C. (2021). Biochar produced from wood waste for soil remediation in Sweden: Carbon sequestration and other environmental impacts. *Science of the Total Environment*, 776, 145953.
- [20] Woolf, D., & Lehmann, J. (2012). Modelling the long-term response to positive and negative priming of soil organic carbon by black carbon. *Biogeochemistry*, 111(1), 83-95.
- [21] Laird, D. A., Fleming, P., Davis, D. D., Horton, R., Wang, B., & Karlen, D. L. (2010). Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. *Geoderma*, 158(3-4), 443-449.
- [22] Chen, B., & Yuan, M. (2011). Enhanced sorption of polycyclic aromatic hydrocarbons by soil amended with biochar. *Journal of Soils and Sediments*, 11(1), 62-71.
- [23] Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S. J., & Lehmann, J. (2012). Nutrient leaching in a Colombian savanna Oxisol amended with biochar. *Journal of environmental quality*, 41(4), 1076-1086.
- [24] Lim, T. J., Spokas, K. A., Feyereisen, G., & Novak, J. M. (2016). Predicting the impact of biochar additions on soil hydraulic properties. *Chemosphere*, 142, 136-144.

- [25] Głab, T., Palmowska, J., Zaleski, T., & Gondek, K. (2016). Effect of biochar application on soil hydrological properties and physical quality of sandy soil. *Geoderma*, 281, 11-20.
- [26] Novak, J., Sigua, G., Watts, D., Cantrell, K., Shumaker, P., Szogi, A., ... & Spokas, K. (2016). Biochars impact on water infiltration and water quality through a compacted subsoil layer. *Chemosphere*, 142, 160-167.
- [27] Omondi, M. O., Xia, X., Nahayo, A., Liu, X., Korai, P. K., & Pan, G. (2016). Quantification of biochar effects on soil hydrological properties using meta-analysis of literature data. *Geoderma*, 274, 28-34.
- [28] Usowicz, B., Lipiec, J., Łukowski, M., Marczewski, W., & Usowicz, J. (2016). The effect of biochar application on thermal properties and albedo of loess soil under grassland and fallow. *Soil and Tillage Research*, 164, 45-51.
- [29] Alghamdi, A. G. (2018). Biochar as a potential soil additive for improving soil physical properties—a review. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(24), 1-16.
- [30] Anae, J., Ahmad, N., Kumar, V., Thakur, V. K., Gutierrez, T., Yang, X. J., ... & Coulon, F. (2021). Recent advances in biochar engineering for soil contaminated with complex chemical mixtures: Remediation strategies and future perspectives. *Science of The Total Environment*, 767, 144351.
- [31] Pérez, R. M., Cabrera, G., Gómez, J. M., Abalos, A., & Cantero, D. (2010). Combined strategy for the precipitation of heavy metals and biodegradation of petroleum in industrial wastewaters. *Journal of Hazardous Materials*, 182(1-3), 896-902.
- [32] Hadia-e-Fatima, A. A. (2018). Heavy metal pollution—A mini review. *J Bacteriol Mycol Open Access*, 6(3), 179-181.
- [33] Alaboudi, K. A., Ahmed, B., & Brodie, G. (2019). Effect of biochar on Pb, Cd and Cr availability and maize growth in artificial contaminated soil. *Annals of Agricultural Sciences*, 64(1), 95-102.
- [34] Beesley, L., Moreno-Jiménez, E., & Gomez-Eyles, J. L. (2010). Effects of biochar and greenwaste compost amendments on mobility, bioavailability and toxicity of inorganic and organic contaminants in a multi-element polluted soil. *Environmental pollution*, 158(6), 2282-2287.
- [35] Mahmoud, M. E., Nabil, G. M., El-Mallah, N. M., Bassiouny, H. I., Kumar, S., & Abdel-Fattah, T. M. (2016). Kinetics, isotherm, and thermodynamic studies of the adsorption of reactive red 195 A dye from water by modified Switchgrass Biochar adsorbent. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 37, 156-167.
- [36] Xu, X., Cao, X., & Zhao, L. (2013). Comparison of rice husk-and dairy manure-derived biochars for simultaneously removing heavy metals from aqueous solutions: role of mineral components in biochars. *Chemosphere*, 92(8), 955-961.

- [37] Ahmed, M. B., Zhou, J. L., Ngo, H. H., Guo, W., 2016, "Biomass and Bioenergy Insight into Biochar Properties and Its Cost Analysis", *Biomass and Bioenergy*, 84, 76–86.
- [38] Fabbri, D., & Torri, C. (2016). Linking pyrolysis and anaerobic digestion (Py-AD) for the conversion of lignocellulosic biomass. *Current opinion in biotechnology*, 38, 167-173.
- [39] Feng, Q., & Lin, Y. (2017). Integrated processes of anaerobic digestion and pyrolysis for higher bioenergy recovery from lignocellulosic biomass: a brief review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 77, 1272-1287.
- [40] Monlau, F., Sambusiti, C., Antoniou, N., Barakat, A., & Zabaniotou, A. (2015). A new concept for enhancing energy recovery from agricultural residues by coupling anaerobic digestion and pyrolysis process. *Applied Energy*, 148, 32-38.
- [41] Salman, C. A., Schwede, S., Naqvi, M., Thorin, E., & Yan, J. (2019). Synergistic combination of pyrolysis, anaerobic digestion, and CHP plants. *Energy Procedia*, 158, 1323-1329.
- [42] Sambusiti, C., Monlau, F., Ficara, E., Carrère, H., & Malpei, F. (2013). A comparison of different pre-treatments to increase methane production from two agricultural substrates. *Applied Energy*, 104, 62-70.
- [43] Miltner, M., Makaruk, A., & Harasek, M. (2017). Review on available bio-gas upgrading technologies and innovations towards advanced solutions. *Journal of Cleaner Production*, 161, 1329-1337.
- [44] Sethupathi, S., Zhang, M., Rajapaksha, A. U., Lee, S. R., Mohamad Nor, N., Mohamed, A. R., ... & Ok, Y. S. (2017). Biochars as potential adsorbers of CH₄, CO₂ and H₂S. *Sustainability*, 9(1), 121.
- [45] Bhatia, S. K., Palai, A. K., Kumar, A., Bhatia, R. K., Patel, A. K., Thakur, V. K., & Yang, Y. H. (2021). Trends in renewable energy production employing biomass-based biochar. *Bioresource Technology*, 340, 125644.
- [46] Abbas, Y., Yun, S., Wang, Z., Zhang, Y., Zhang, X., & Wang, K. (2021). Recent advances in bio-based carbon materials for anaerobic digestion: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110378.
- [47] Ahmad, J., Patuzzi, F., Rashid, U., Shahabz, M., Ngamcharussrivichai, C., & Baratieri, M. (2021). Exploring untapped effect of process conditions on biochar characteristics and applications. *Environmental Technology & Innovation*, 21, 101310.
- [48] Akinfalabi, S. I., Rashid, U., Ngamcharussrivichai, C., & Nehdi, I. A. (2020). Synthesis of reusable biobased nano-catalyst from waste sugarcane bagasse for biodiesel production. *Environmental Technology & Innovation*, 18, 100788.
- [49] Yin, Y., Yang, C., Gu, J., Wang, X., Zheng, W., Wang, R., ... & Chen, R. (2020). Roles of nxrA-like oxidizers and nirS-like reducers in nitrite con-

version during swine manure composting. *Bioresource Technology*, 297, 122426.

- [50] 2Xiao, R., Awasthi, M. K., Li, R., Park, J., Pensky, S. M., Wang, Q., ... & Zhang, Z. (2017). Recent developments in biochar utilization as an additive in organic solid waste composting: A review. *Bioresource Technology*, 246, 203-213.
- [51] Wang, J., Chang, R., Zhan, Y., Wei, D., Zhang, L., & Chen, Q. (2021). Composting with biochar or woody peat addition reduces phosphorus bioavailability. *Science of The Total Environment*, 764, 142841.
- [52] Viaene, J., Agneessens, L., Capito, C., Ameloot, N., Reubens, B., Willekens, K., ... & De Neve, S. (2017). Co-ensiling, co-composting and anaerobic co-digestion of vegetable crop residues: Product stability and effect on soil carbon and nitrogen dynamics. *Scientia Horticulturae*, 220, 214-225.
- [53] Vandecasteele, B., Willekens, K., Steel, H., D'Hose, T., Van Waes, C., & Bert, W. (2017). Feedstock mixture composition as key factor for C/P ratio and phosphorus availability in composts: role of biodegradation potential, biochar amendment and calcium content. *Waste and biomass valorization*, 8(8), 2553-2567.

“

Bölüm 9

YAPAY DERİ VE ÜRETİMİ

Nuray Olcay IŞIK EMEKSİZ¹

”

¹ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Meslek Yüksekokulu Deri Teknolojisi Programı Orcid No: 0000-0003-4749-336x

Yapay deri, Almanca’da Kunstleder, Fransızca’da cuir artificiel, faux cuir, İngilizce’de faux leather ve artificial leather diye geçmektedir. Yapay deriye Türkçe’de sahte deri, imitasyon deri, sentetik deri, esnek deri, suni deri, vegan deri, PU deri, vinilex ve plither de denmektedir. Suni deri üretimi için birçok farklı yöntem geliştirilmiştir. Şu an rezin, poliüretan (PU), polivinil klorür (PVC), polivinilasetat (PA), nitroselüloz (NC), termoplastik elastomerler (TPE), sentetik kauçuklar ve bunların karışımları sık uygulanmaktadır (Wikipedia,2022).



Şekil 1: Suni Deri Ceketler (URL 1)



Şekil 2: Suni Deri (URL 2)

Yapay deriler kullanım yerlerine göre çeşitli sınıflara ayrılır:

Çanta, kemer ve benzeri eşyaların üretim sanayi için yapay deriler

Döşeme sanayi için yapay deriler

Ayakkabı sanayi için yapay deriler

Giyim sanayi için yapay deriler

Evin iç donanımında kullanılan yapay deriler (Masa örtüsü, mobilya kılıfı)

Çocuk arabaları için imal edilen yapay deriler

Arabaların iç donanımında kullanılan yapay deriler

Yapay deri üretiminde kullanılan yöntemlere bakıldığında aşağıdaki üretim şekilleri ile karşılaşılır:

1. Polivinilklorür (P.V.C.) kompakt yöntemine göre üretilen sentetik deriler
2. Poliüretan köpük yöntemine göre üretilen sentetik deriler
3. Poliüretan kompakt yöntemine göre üretilen sentetik deriler
4. Koagülasyon (poromerik) yöntemine göre üretilen sentetik deriler

Sentetik deri üretiminde, PVC yumuşak folyolar üretimini ayırmak gerekir. PVC yumuşak folyolar sentetik deriden taşıyıcı görev yapan tekstil tabakası veya dokuma içermemeleri ile ayrılırlar. PVC yumuşak folyolarda sentetik deriler gibi geniş kullanım alanına sahiptir. Örneğin;

1. Döşemelik folyolar
2. Çelik saç folyoları
3. Cam parlaklığındaki veya şeffaf folyolar
4. Diğerleri
 - a. Dekorasyon ve ambalajlama folyoları
 - b. Şişme bot ve benzer folyolar
 - c. Giysi folyoları
 - d. Grafik sanatları için folyolar
 - e. Yaygılık taban folyoları gibi kullanım alanları vardır.

Yapay deri üretiminde yumuşak PVC folyo üretimi teknolojik bakımdan bazı ayrıcalıklar gösterir. Poromerik deriler hava geçirgenliğine sahip olmalarından dolayı üretim teknolojileri bakımından diğer yapay deri türlerinden farklı bir yapı gösterirler. Bu nedenle poromerik deriler ayrı bir yapay deri sınıfı olarak değerlendirilirler, ancak bunların kullanımı diğer yapay deri türlerine analog olduğundan ve bu materyallerin de taşıyıcı

tabaka ile kaplama tabakasından meydana geldiği için poromerik deriler de yapay deriler grubunda kabul edilmektedir (Sarı,2010).

Yapay Deri Sanayi Ham Maddeleri

Sentetik deri sanayi yoğun materyal kullanan sanayi koludur. Çeşitli şekilde dokunmuş tekstiller, yüksek kaliteli pigmentler, çözücü maddeler, yumuşatıcılar ve birçok yardımcı madde bu sanayide birlikte kullanılır. Her bir ham maddenin çeşitli yapay derilerde kullanım oranı çok farklıdır. Örneğin 1000 m² kemer, aksesuar gibi saraciyelik deriler için 550 kg'a kadar PVC kullanılmaktadır. Kullanılan materyalin yüksek oranda olması;

- a. Derinin kullanım amacına ve istenilen özelliklere
- b. Kullanılan üretim teknolojisine bağlıdır.

Yapılan çalışmalar sonunda modern teknoloji sayesinde çok az materyal kullanımı ile aynı hatta daha iyi özellikte yapay deriler üretilebildiği gösterilmiştir. Seçilen ham madde ve teknoloji yönünde özel maddelerin seçilmesiyle kullanım özellikleri yüksek yapay deriler üretilebilmektedir. Burada kullanılan ham madde kesin olarak rol oynamaktadır. Bunlar örneğin ham maddelerin teknolojik olarak işlenebilmeleri, ham madde fiyatı ve yapay deriden istenen özelliklere göre değişim gösterebilir.

Taşıyıcı Dokumalar

Sentetik derilerin iskeletini taşıyıcı tabaka veya özel bir dokuma oluşturmaktadır. 1967 yılına kadar taşıyıcı materyal olarak büyük miktarda dokuma, kumaş ve az miktarda kağıt kullanılırken bugün tekstil sanayindeki gelişmeler sonucu ve dokusuz yüzey üretim tekniğinin gelişmesiyle daha az taşıyıcı malzeme veya dokuma maddesi kullanılmaktadır. Bu taşıyıcı dokumalar sentetik derinin kullanım kumaş ve malimo gibi maddeler artık çok az kullanılmaktadır.

Boyama İçin Yardımcı ve Boyarmaddeler

Taşıyıcı dokumaların boyanması için gerekli olan boyarmaddeler vardır. Sentetik derilerde orta dereceden iyi dereceye kadar ışık haslıkları, yıkama dayanımı ve sürtme haslıklarının yüksek olması istendiğinden dokumaların substantif boyarmaddeler ile boyanması gereklidir.

Substantif boyarmadde; suda çözünen maddelerdir. Suda çözünmeyi sağlayan gruplar bir veya çok sayıdaki sülfü grupları ile tek tük karboksil grupları içerirler. Bunlar mordanlamasız veya direk olarak lifleri boyarlar. Substantif boyarmaddelerin büyük bir kısmı azo boyarmaddeleri grubundandır. Azo boyarmaddeler azobenzolün derivatlarıdır.

Oksokrom grupları tekstil liflerinin intensif boyanması ve boyarmaddenin lif üzerinde tutunması için gerekli olan gruplardır. Oksokrom grupları $-OH_2$, $-OCH_3$, $-NH_2$, $-N(CH_3)_2$ grupları ile reaksiyona girer. Bu gruplar zayıf bazik veya asit karakterlerinin sonucu olarak lif ile tuz türünde bağlar oluştururlar.

Bundan başka asit boyarmaddeler, bazik boyarmaddeler, küp boyarmaddeler, pigment boyarmaddeler ve diğer boyarmaddeler de kullanılmaktadır.

Substantif boyalardan sayılan kükürt boyarmaddeler sentetik deri sanayinde kullanılan taşıyıcıların boyanmasında kullanılmazlar.

Boyamada kullanılan suyun sertlik derecesi düşük olmalıdır. Suyun sertliği, sertlik dereceleri ile ölçülür. $10\text{ dH} = 10\text{ mg/l CaO}$. Sular kaynatıldıktan sonraki davranışlarına göre aşağıdaki sertlik derecelerine ayrılırlar:

a. Temporer ya da geçici sertlik derecesi

Bikarbonatların neden olduğu sertliktir. Kaynatma ile karbonat çöker.

b. Permanent veya kalıcı sertlik derecesi

Bu tip sularda kaynatmadan sonra kireç sabunları çöker, fakat çözülmüş toprak alkali sülfatları suda kalırlar.

Yumuşak sular 0-15o dH

Orta sertlikteki sular 15-30o dH

Sert sular 30o dH ve üzerindeki sulardır (Sarı, 2011).

Yardımcı Maddeler

Boyarmaddenin life bağlanmasını temin etmek amacıyla kullanılan maddelerdir. Islatıcılar, soda, Na-sülfat, Na-karbonat sayılabilir. Na-sülfat tuz boyarmaddesinin life bağlanmasını ve boyarmaddenin daha derine nüfuz etmesini sağlar. Na-karbonat kullanılacak suyun sertliğinin giderilmesi için kullanılır.

Film Oluşturucular

Bunlar yüksek moleküllü polimerlerdir.

Yüksek Moleküler Bileşikler

Herhangi bir doğal veya sentetik maddenin yüksek moleküllü olması için molekül kütlesinin 104'den yüksek olması gereklidir. Yüksek polimerler 3 reaksiyon tipiyle oluşur:

1. Polimerizasyon

2. Polikondenzasyon

3. Poliadişyon

Bu reaksiyonlar ile en küçük yapıtaşı olan küçük molekülü yapıtaşlarının tekrarlanması ile meydana gelirler. Aynı ve/veya farklı yapıtaşlarının bir araya gelmesi ile makro moleküller oluşurlar. Polimer sentezlerin sınıflandırılmasında bazı güçlükler olmakla beraber genel olarak bahsedilen reaksiyon çeşitleri kabul edilmektedir. Diğer bir sınıflama da reaksiyon kinetik özelliklerine göre yapılan bir sınıflamadır.

a. Zincir büyüme reaksiyonu

b. Kademeli büyüme reaksiyonu

Zincir Büyüme Reaksiyonu

-Reaksiyon initiator veya katalizatör ile başlatılır.

-Radikaller iyon veya kompleks bileşikler ile başlatılabilir.

-Reaksiyon startı alt gruplara ayrılabilir. Reaksiyonun büyümesi ve reaksiyonun durması.

-Makromoleküllerin oluşumu nipten kısa bir süre içerisinde gerçekleşir.

-Aynı süre içerisinde sadece çok az polimer zincirler meydana gelir.

Kademeli Büyüme Reaksiyonu

-Reaksiyon başlangıcı iki bifonksiyonel veya polifonksiyonel monomer moleküllerinin dimerlere bağlanmasıdır. Dimerler diğer monomerlerle trimerlere veya dimerler ile tetramerlere dönüşürler.

-Makromoleküllerin oluşumu aynı zamanda yanyana fakat uzun bir sürede gerçekleşir.

-Ara ürünler nispeten stabil ya da izole olabilir yapıdadır.

-Polimer zincirlerinin relatif molekül kütlesi reaksiyon süresi ile artmaktadır.

Yüksek Polimerlerin Özellikleri

Yüksek polimerler çok farklı özelliklere sahip olduğundan bunların kombine edilme sorunu bu özellikler üzerinde kesin rol oynar. Bu kombinasyonlar kimyasal yolla, uygun oluşum mekanizmalarıyla veya hazır hale getirilmiş ürünlerin sonradan karıştırılmasıyla yapılabilir. Böylece farklı monomerlerden oluşan yüksek polimerler elde edilir ki buna kopolimer denir. Mamul yüksek polimerin daha sonra yapılan bir karıştırma ile ürün haline dönüştürülmesinden elde edilen ürüne poliblend (poli karışım) denir. Kombinasyon olmaları sayesinde değişik özellikler kazanan

kopolimer ve poliblendler teknik ve ekonomik açıdan büyük önem taşırlar. Poliblendler bir çok durumda termodinamik olarak stabil değillerdir. Ancak karışım sırasında düşük difüzyon katsayılarının kullanılması sebebiyle kinetik olarak stabil görünürler.

PVC Üretim Yöntemleri

- a. Monomer sentezleme yoluyla
- b. Polimer sentezleme yoluyla

PVC'lerin Özellikleri

Bir polimerizasyon yöntemi içerisinde kullanılan cihaz ve ham madde parametreleri ile farklı partikül büyüklüğü dağılımı çok geniş sınırlar içerisinde değişir. Dolayısıyla bu parametreler kaplama malzemesi olarak kullanılacak PVC çözeltisi üzerine kesin etki yaparlar. Emülsiyon polimerizasyon tipinde özellikle polimeri ayırma yöntemi PVC partiküllerinin özellikleri üzerine büyük etki yapar. Bu da suni deri üretiminde önemli derecede rol oynar.

-Molekül Kütlesi

Molekül kütlesi her polimerin karakterize edilmesinde çok önemli bir büyüklüktür. Fiziksel özelliklerinden sorumlu olan pek çok parametre doğrudan doğruya molekül kütlesine bağlıdır. Ayrıca molekül kütlesinin PVC'nin kullanım amacına göre kullanılması bu endüstri dalında önemli rol oynar. Örneğin söz konusu PVC'nin masa örtüsü mü yoksa dayanıklı bir ayakkabı yapay derisi mi olarak kullanılacağı gibi. Öte yandan molekül kütlesi söz konusu PVC tipinin işlenebilirliği hakkında da bilgi verir, yani işleme teknolojisini tayin eder.

-Moleküler Kütle Dağılımı

Molekül kütlesi yanında moleküler kütle dağılımı da, söz konusu polimerin özelliği üzerine kesin etki yapar. Şu halde üretilmiş polimerler, aynı bileşime ancak farklı molekül kütlesine sahip moleküllerin karışımından meydana gelirler. Dolayısıyla molekül kütle dağılımının türü ve şekli doğal olarak polimerin özelliklerini etkiler.

-Partikül Büyüklüğü Dağılımı

Polimerin ayrılma şekli ve türü ile işleme biçimi partikül büyüklüğü ve dağılımı üzerine etki yapar. Diğer bir ifade ile polimer partikülleri homojen büyüklükte oluşmazlar. Aksine partiküllerin büyüklüğü belli bir sınır içerisinde değişme gösterir. Partikül büyüklüğü ve dağılımı PVC'nin suni deri sanayinde işlenmesinde önemli etki yapar ve en önemli tanım sayılarını verirler.

-Viskozite ve Akışkanlık Özellikleri

Viskozite ve akışkanlık özellikleri tüm polimerlerde kullanılacağı yer için çok önemli bir kriterdir. Bunun yanında polimerizasyon yöntemleri arasındaki farklar partikül strüktürüne veya partikül dağılımına göre PVC pastasının akışkanlığı üzerine etki yapar. Bu suretle emülsiyon PVC tipleri, thixotropie özellikli PVC pastaları verirken; emülsiyon süspansiyon kombine yöntemine göre üretilen PVC pastaları çok sayıda diletant akışkanlık davranışı gösterirler.

-Kritik Çözünme Sıcaklığı

Sentetik deri sanayinde kritik çözünme sıcaklığı PVC'nin mol kütlesi tarafından etkilenir ve hangi PVC dozunun, belli miktardaki ve tipteki yumuşatıcı ile karşılaştırıldığında ısıtmadan sonra berrak bir hal aldığını gösteren bir sıcaklıktır. Kritik çözünme sıcaklığı materyalin işlenmesi sırasında jelleşme sıcaklığı hakkında çok önemli bilgiler verir.

-Toz PVC'de Uçucu Kısımların Miktarı ve Nem

Gerek nem gerekse uçucu kısımlar köpük sentetik deri üretiminde büyük önem arz eder ve PVC köpüğünün karakterize edilmesinde önemli bir parametre niteliğini taşır. Pratikte nemin % 0,9'dan büyük olması halinde optimal köpüğe ulaşamadığı tespit edilmiştir.

-PVC'lerin Higroskopik Davranışı

Nemin alınması aynı zamanda higroskopik özellik olarak adlandırılır ve bu özellik PVC tozunun emülgatör içeriği ile sıkı ilişki içindedir. Aynı tip emülgatör miktarının artması ile PVC tozunun arzu edilmeyen su alma yeteneği de artar. Bu özellik PVC işleyicileri tarafından istenmez. Bu duruma PVC tozunun paketlenmesini de dahil etmek gerekir. Aynı zamanda polimerizasyondaki emülgatör miktarını mümkün olduğu kadar az tutmaya gayret edilmelidir.

-PVC'de Emülgatör Miktarı

Emülgatör üretim tekniği açısından mamul ürün üzerine olumsuz etki yapar. Örneğin renksiz veya transparan folyoların transparanlığı veya örneğin sentetik taban yaygılarında alt kata sürülen kısımlar olumsuz etkilenir. Emülgatör miktarının tayini emülgatörün su ile çözülmesiyle yapılır.

-Termal Stabilité

Sentetik deri sanayi için PVC'nin termal stabilitesi önemlidir. Termal stabilite esas itibariyle polimerizasyon yöntemi ile ilave edilen maddeler ile belirlenir. Kullanım amacına göre çok çeşitli parametreler bulunmaktadır. (Fried, 1995).

Poliüretanlar

Poliüretanlar en fazla gelişme gösteren yapay maddelerden biridir. Bunun sebebi de poliüretanların tüm polimer sınıflarını temsil etmesidir. Ayrıca başlangıç maddelerinin varyetesi oldukça fazladır. Bunun diğer polimerlerden farkı (örneğin PVC) tek bir monomerden elde edilmesidir. Poliüretanlar karakteristik üretan $-NH-CO-O-$ grubu içerir. Bunlar polii-zosiyanatlar ve poliollerden üretilen bileşiklerdir. Ancak birçok poliüretan molekülü başka grupları da içerir. Bu sayede polioller yanında poliamidler (diamidler) ve diğer bileşikler ile kullanılabilirler.

Suni deri üretiminde çeşitli poliüretanlar kullanılmaktadır. Kullanım amacını poliüretan tipi belirlemektedir. Böylece mikroporöz ayakkabı derisinin üreimi için kullanılan poliüretan, giysilik veya yağmurluk gibi eşyaların üretiminde kullanılan yumuşak materyalden farklı özellikler bulundurmaktadır.

Poliüretanların Kimyasal Yapıları

Poliüretanlar poliadisyon yapay maddeler grubuna dahildir. Poliadisyon, aynı yapıdaki moleküllerin birbirlerine eklenmesi sonucu oluşan bir reaksiyondur. Reaksiyon sonunda yan ürünler meydana gelmez. Polikondenzasyonda ise HCl ve $HO-$ gibi yan ürünler oluşabilmektedir. Kimyasal reaksiyon olarak poliadisyon, makromoleküllerin oluşturulmasında, polimer kimyasının diğer büyük reaksiyon tipleri olan polimerizasyon ve polikondenzasyonun avantajlarını bir araya getirir. Poliadisyonunda reaksiyona sokulan maddeler daha mülayim reaksiyon koşullarında pratik olarak kantitatif reaksiyona girerler. Bu sayede istenilen polimer strüktürlü ürünler üretilirler. Reaksiyon partnerlerinin fonksiyonallitesine göre, lineer, termoplastik veya kuvvetli çapraz bağlar içeren ürünler ile duroplastikler gibi nihai ürünler elde edilebilirler. Böylece kütleye göre amaca uygun makromolekülleri inşa etmek veya onlara çok yaklaşmak mümkündür.

İzosiyanatların alkollerle ile meydana getirdiği üretan grubu ($-NH-CO-O-$) dan dolayı bu maddelere poliüretan denmiştir. Ancak birçok poliüretan eter veya ester grubu gibi başka kimyasal gruplar da içermektedirler.

İzosiyanatlar reaksiyona girme yeteneği yüksek olan bileşiklerdir. İzosiyanat ($-NCO$) grubu ile gösterilir. İzosiyanatlar aktif H atomu içeren tüm bileşikler ile reaksiyona girerler.

İzosiyanat ile suyun reaksiyonu ayrı bir önem taşır, çünkü bu reaksiyon izosiyanatın depolama kabiliyetini ve poliüretan oluşum reaksiyonunu kabarcık meydana getirmek suretiyle önemli derecede olumsuz etki yapmaktadır, çünkü bu kabarcıkların olması istenmez. Ancak bu reaksiyon kontrol altına alınırsa köpük maddeleri üretmek mümkün olur. Olu-

şan –CO₂ sürükleyici madde olarak molekül zincirini etkiler ve meydana gelen üre gruplarının çapraz bağ oluşturmalarını sağlar.

Adisyon hızı H aktif bileşiğin reaktivitesine bağlıdır. Adisyon olan bileşiğin bazisitesinin düşmesi ile reaksiyon hızı azalır.

Alkole poliüretan kimyasında izosiyanatların ana reaksiyon partnerleridir. Bunun nedeni de reaktivitesinin teknolojiye uygun sıcaklık ve hızda olmasına dayanmaktadır. İzosiyanatların reaktivitesi farklı olabilir. Bununla beraber makromoleküllerin teşekkülü için en azından bifonksiyonel monomerlerin birbirleri ile reaksiyona girmesi gerekmektedir (Saçak,2006).

Suni Deri Üretimi

Günümüzde endüstriyel olarak yaygın kullanılan suni deri imalat makinelerinde transfer kaplama tekniği kullanılmaktadır. Transfer kaplama makineleri ile desenli kağıt üzerine polimerin (PVC veya PU hamuru) sıvanarak birden fazla fırın içerisinde geçirildikten sonra astar kumaş üzerine yapıştırılmasıyla suni deri üretilir. İstenirse renkli desenler basılabilir veya verniklenebilir. Kumaş ütülenir. Ürünün üzeri zımparalanır. Üst yüzeyi fırçalanır ve parlaklık verilir.

Kaplamada Kullanılan Teknikler

1)Kaplama malzemesinin sıvı olduğu teknikler

1a)Kaplama malzemesinin sonradan dozajlandığı teknikler

1a1)Bıçaklı (rakleli kaplama): Bilinen en eski yöntemlerden biridir. Kaplama malzemesinin kumaşa direkt aktarılaraq sabit bir bıçakla homojen halde sürülmektedir.

1a2)Tel sarırlı rulo ile kaplama: Düşük viskoziteli ve gramajlı kaplamalarda tercih edilir.

1b)Kaplama malzemesinin önceden dozajlandığı teknikler

1b1)Silindir kaplama: Düşük viskozitedeki kaplamalarda tercih edilir.

1b2)Döner şablon ile kaplama: Rotasyon baskı sürecine benzer bir tekniktir.

1b3)Püskürtme ile kaplama: Kaplama malzemesi, taşıyıcı silindirle yönlendirilen kumaşa püskürtücü ile kaplanmaktadır.

2)Kaplama malzemesinin katı olduğu teknikler:

2a)Sıcak eriyik ile kaplama

2a1)Ekstrüzyon ile kaplama: Termoplastikler kaplama için uygun sıcaklıkta eriyik hale getirilir. Silindir arasında sıkıştırılan kumaş üzerine yapıştırılıp soğutma silindiriyle sabitlenmektedir.

2a2)Pudralı kaplama: Toz halde bulunan polimer malzeme, kumaş üzerine serpilir. Radyasyon ısıtıcı 5 ile termoplastik malzeme eritilir. Polietilen naylon gibi kaplama maddeleri kullanılır.

2a3)Kalender kaplama: Sıcak silindir arasından geçirilerek akışkan hale gelen kaplama malzemesi silindirler ile kumaşa aktarılmaktadır.

2a4)Transfer kaplama: Kesintisiz kaplama filmi ısı veya yapıştırıcı ile kumaşa kaplanır. Kaplama yüzeyi gözeneksiz, hatasız şekilde hazırlanabilir.

3)Modern kaplama teknikleri

3a)Sol jel kaplama: Dispersiyon formundan yola çıkılarak çeşitli uygulama alanlarına göre seramik, cam, kompozit malzemelerin üretim tekniğidir.

3b)Plazma kaplama: Tekstil malzemelerinin yüzeyini değiştiren teknolojidir. Yüzeye diğer mevcut yöntemlerle kazandırılmayan özellikler kazandırılabilmektedir (Akçay,2018).



Şekil 3: PU/PVC Kuru Suni Deri Üretim Hattı (URL 3)

Gerçek Deri ve Suni Deri Arasındaki Farklar

Gerçek derilerin üretimi aslında kolajenin modifikasyonunu içerir. Gerçek derilerin üretimleri oldukça zordur. Üretim sonunda tek tip ürün elde edilmez. Bir partideki tüm deriler birbirinden farklıdır. Suni deri parçaları ise birbiri ile tıpatıp aynı üretilir (Harmancıoğlu ve Dikmelik, 1993).

Gerçek derilerin görünüşü farklı yerlerinde farklı olurken suni derinin her yerinde aynı görünüm elde edilir. Gerçek derilerin kendi deseni vardır veya farklı bir desen de üzerine basılabilir. Suni derilerde de istenen desenler çalışılabilir.

Gerçek deriler su geçirir ancak su geçirmez maddeler üretimde kullanılarak su geçirmez yapılabilir. Suni deriler ise su geçirmez. Bu durum bazı yerlerde ve hava şartlarında gerçek deriler açısından dezavantaj olurken suni deriler açısından tam tersine avantajdır.

Yapay deriler daha ucuzken gerçek deriler yapay derilere kıyasla daha pahalıdır.

Gerçek deriler üretimleri sırasında yapay derilere göre daha az atık çıkarır.

Gerçek deriler de yapay deriler de tüm diğer malzemeler gibi yaşlanır. Ancak suni deriler yaşlandığında kullanılmaz hale gelir. Gerçek deri ise daha güzel bir görünüme bile sahip olabilir.

Gerçek deriler sıcaktan ve ışıktan suni deriler kadar etkilenmez. Sıcak ve güneş ışığında suni derilerin üzeri pul pul dökülebilir.

Gerçek derilerde doğal bir koku varken suni derilerde böyle bir koku yoktur.

Gerçek derilerin kullanımı ve bakımı daha zorken yapay derilerin kullanımı, bakımı, temizlenmesi daha kolaydır.

SONUÇ

Kullanım kolaylığının ve hızlı üretimin çok önemli olduğu günümüzde yapay deri gerçek derinin tahtını sarsmıştır. Birçok yerde kullanım yeri bulan yapay deri gerçek deri kadar kaliteli olmasa da her geçen gün gerçek deriye yakın özelliklere sahip duruma getirilmektedir. Yapay deriye de çeşitli yöntemlerle gerçek deri kokusuna benzer koku verilmektedir.

Hızlı üretim de yapay derinin ön plana çıkmasında önemli bir kriterdir. Yapay deri gerçek deriye göre çok daha hızlı ve bir örnek üretilebilmektedir. Gerçek derinin üretiminde çok fazla faktör olduğundan her seferinde aynı reçete ve ham madde ile bile farklı sonuçlar elde edilebilmektedir.

Bunların yanında yapay deriye vegan deri de denmektedir. Yapay deri için hayvanlardan yararlanılmıyor olması yapay deriye yönelimi arttırmıştır.

Yapay deri ve gerçek derinin karşılaştırılması açısından denilebilir ki yapay deri her geçen gün gerçek deriye daha fazla benzemektedir. Ancak tercih her zaman tabi ki son tüketicidedir.

KAYNAKLAR

- 1)Akçay, S. 2018. Yeni Bir Suni Deri İmalat Makinesinde Üretim Parametrelerinin ve Otomasyonun İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. 81 s. Bursa.
- 2)Fried, J.R. 1995, Polymer Science and Technology. Prentice Hall.
- 3)Harmancıoğlu, M. ve Dikmelik, Y. 1993. Ham Deri. Sepici Şirketler Topluluğu. İzmir.
- 4)Saçak, M. 2006. Polimer Kimyası. Gazi Kitabevi.
- 5)Sarı, Ö. 2010. Yapay Deriler. Ege Üniversitesi Deri Mühendisliği Bölümü. Yayınlanmamış ders notları, İzmir.
- 6)Sarı, Ö. 2011. Deride Kalite ve Kontrol. Ege Üniversitesi Deri Mühendisliği Bölümü, Yayınlanmamış ders notları. İzmir.
- 7)Wikipedia. 2022. Suni deri. https://tr.wikipedia.org/wiki/Suni_der_i. Erişim tarihi: 21.12.2022.

GÖRSEL KAYNAKLAR

- URL 1: <https://marketplace.chemsec.org/articles/news/2021/03/10/that-non-toxic-synthetic-leather-smell/>
- URL 2: <https://www.hefaderi.com/iletisim.aspx>
- URL 3: <http://shigao.com.tr/site/suni-deri-hatlari/pupvc-kuru-suni-deri-uretim-hatti/>

“

Bölüm 10

MÜHENDİSLİK ALANINDA YAPAY ZEKA (YZ) İÇERİKLİ ARAŞTIRMALARDA YAKLAŞIMLAR

Ali ÇETİNKAYA¹

”

¹ Öğr. Gör. Ali ÇETİNKAYA, İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul Gelişim Meslek Yüksekokulu, Elektronik Teknolojisi Programı, 34310, İstanbul, Türkiye, alcetinkaya@gelisim.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-4535-3953.

GİRİŞ

Günümüzde Yapay Zeka (YZ) ve buna bağlı olan teknolojilerin kullanımı giderek artmaktadır. YZ teknolojisi bir problemin çözümünde hem algoritma yapısı hem de programlama yapısına katkı sağlayarak problemlerin çözümünde programlama dili fark etmeksizin ortak çözüm noktası haline gelmiştir. Algoritma bir olayın çözüme ulaşması için belirli bir amaca ulaşmada gerekli olan sıralı mantıksal işlem adımlarının tümüne denilmektedir. Programlama ise belirli bir problemi çözüme kavuşturulması için bir bilgisayar programlama dili kullanarak yazılmış deyimler dizisi olarak tanımlanmaktadır. YZ teknolojisi algoritma ve programlama ile birleşerek ilgili görevleri yapmak için insan zekasını taklit etme ve topladığı bilgiler ile algoritmasını sürekli olarak geliştirebilen makineler anlamına gelmektedir.

YZ günümüzde teknoloji ile birleşince büyük adımlar doğrultusunda ilerlemiştir. YZ kullanım alanları içerisinde askeri ve polis uygulamaları, tarımsal uygulama, görüntü işleme uygulamaları, veri bilimi çalışmaları, doğal dil işleme uygulamaları, siber güvenlik uygulamaları ve ses tanıma ve işleme uygulamaları gibi çok fazla uygulama alanı mevcuttur. YZ bulanık mantık, makine öğrenmesi, uzman sistemler ve genetik algoritmalar olmak üzere konu ve içerik olarak birbirinden farklı olan alt sistemleri vardır. Bu farklılıklar uygulama alanlarına bağlı olarak ilerlemektedir. Örneğin YZ alt dallarının kullanım alanları içerisinde olan derin öğrenme ile imge işleme konusunda çok başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Makine öğrenmesi ile veri bilimi çalışmaları gerçekleştirilebilmektedir. Bulanık mantık ile kontrol sistemleri üzerinde geliştirilen uygulamalarda karar verme çalışmaları gerçekleştirilmektedir.

YZ problemlerinde ele alınan konu üzerine uygulanacak YZ yönteminin veya algoritmasının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır (Rao, 1995; Klir, 1996; Allahverdi, 2002; Nabiyeve, 2003; Elmas, 2007; McNeill, 2014, Zadeh, 1978). Gerçek dünya uygulamalarında matematiksel modeller her ne kadar iyi olursa olsun sistemin çalışma anında belirsizlikler ortaya çıkabilir. Bu tip belirsizlik durumlarında bulanık mantık metodu insan düşüncelerini dilsel değişkenler ve üyelik fonksiyonları yardımıyla işleme alır.

YZ çalışmalarının teorilerinin tarihçesi Tablo 1 üzerinde verilmiştir. Bu tablo YZ'nin tüm alt dallarından çalışmaların içerikleri ve tarihsel süreçlerini içermektedir. Tablo üzerinde zaman çizelgesi 1203 yılından başlayıp günümüze (2022) kadar tarihsel süreçleri içermektedir.

Tablo 1. Yapay Zeka Çalışmalarının Oluşum Tarihleri

Çalışmanın Detayı	Zaman Çizelgesi	Referans Alınan Kaynak
El-Cezeri, bugünkü otomasyon, sibernetik ve robotik çalışmalarının başlangıcını yapmıştır.	1203	Çırak, 2016
İnsan beyni üzerine inceleme ve araştırma çalışması	1890	James, 1984
“Alamet” isimli robotik çalışma gerçekleştirilmiştir.	1889	Özşahin, 2017
Görün işleme üzerine gerçekleştirilen ilk resim aktarımı	1921	McFarlane, 1972
Enigma ismi verilen sistem ile şifre çözme işlemi gerçekleştirilmiştir.	1939	Turing, 1940
İlk yapay sinir ağı modelinin ortaya çıkarılışı	1943	McCulloch, 1943
Alan Turing’in düşünen makineler yaratma olasılığı ile Turing Testi gerçekleştirilmesi	1948	Turing, 1948
Hebb kuralı ile YSA bağlantı sayının öğrenmedeki uyumu araştırması	1949	Hebb, 1949
Rassal ağlar ile adaptif tepki üretme teriminin ortaya çıkarılması	1954	Farley, 1954
AI- Yapay Zeka teriminin ortaya çıkarılması	1955	McCarthy, 1955
Makineler Düşünebilir mi ve Nasıl Düşünebilir?	1957	Arf, 1957
Perceptron: Tek katmanlı YSA oluşturulması	1957	Rosenblatt, 1957
ADALINE: Tek katmanlı YSA oluşturulması	1959	Widrow, 1959
Öğrenen Makineler	1965	Nilsson, 1965
YZ’de Bulanık Mantığın yapısı oluşturulmuştur.	1965	Zadeh, 1965
CPU - (Central Processing Unit) İlk merkezi işlem birimi Intel 4004 üretilmiştir.	1971	Vacroux, 1975
WABOT-1 isimli robot üretilmiştir.	1973	Kato, 1987
CNN – (Convolutional neural networks) Konvolüsyonel sinir ağları ile el yazısı rakam tanıma çalışması gerçekleştirilmiştir.	1998	LeCun, 1998
ImageNet: 50 Milyon veriden oluşturulan görüntü veri tabanı oluşturulmuştur.	2009	Deng, 2009
GPU- (Graphics Processing Unit) Grafik işlemciler üzerinde görüntü işleme çalışmasının gerçekleştirilmesi	2012	Krizhevsky, 2017
GAN – (Generative Adversarial Networks) Çekişmeli üretici ağı ile YZ ile sahte görüntü üretilme işlemi gerçekleştirildi.	2014	Goodfellow, 2020
DARPA İnsansı Robot Yarışması	2015	Spenko, 2018
Tesla otonom araçları üzerinde otonom araç sürüş seviyelerinin kullanımı	2015	Lin, 2018
Google tarafından geliştirilen Teachable Machine ile internet tabanlı YZ alt dalı oluşturulmuştur.	2017	Google, 2017
Google BERT modelini oluşturarak soru yanıtlama ve dil çıkarımı işlemleri gerçekleştirildi.	2018	Devlin, 2018
OpenAI tarafından GPT dil işleme ile 1,5 milyar parametrelili bir modeli ortaya çıkarılmıştır.	2019	Radford, 2019
OpenAI tarafından DALL-E metin işleme için üretilmiş 12 milyar parametrelili bir modeli ortaya çıkarılmıştır.	2021	Ramesh, 2021
GPT-3 ile çoklu dil işleme modeli ile çalışmalar başlamıştır.	2022	Yang, 2022

**Şekil 1. YZ Oluşturma Aşamaları**

Şekil 1 üzerinde bir YZ projesinin kapsadığı aşamalar gösterilmiştir. Bu aşamalar matematik, algoritma bilgisi, bilgisayar & veri bilimi, veri analizi, istatistik & analiz ve alan (uzmanlık) bilgisi gerekmektedir. Herhangi bir YZ uygulamasının programlama adımları aşağıdaki 6 adımdan oluşmaktadır. Bunlar;

- I. Problemin ne olduğunun kavranması.
- II. Çözüm için gereksinimlerin belirlenmesi.
- III. Problemin girdi, çıktı ve işlemlerin belirlenmesi.
- IV. Problemin çözümünü veren algoritmayı yaz.
- V. Algoritmayı bir programlama dili ile yaz.
- VI. Programın doğruluğunu test et.

Şekil 1 üzerinde gösterim gerçekleştirilen tüm aşamalar planlanırken YZ programlama adımlarına önem verilmesi gerekmektedir. Bu önem Şekil 2 üzerinde verilen YZ'nin alt dallarında kullanılmalıdır. Şekil 2 üzerinde YZ içeriğini oluşturan alt dalların gösterimi verilmiştir. Şekil 2 üzerinde Yapay Sinir Ağları (YSA), Makine Öğrenmesi (MÖ), Bulanık Mantık (BM), Derin Öğrenme (DÖ), Uzman Sistemler (UZ), Genetik Algoritmalar (GA), Robotbilim (RB) ve Öğretilebilir Makine (ÖM) ile temsil edilmektedir



Şekil 2. YZ Alt Dalları

YZ alt dalları içerisinde Yapay Sinir Ağı (YSA) girdi, çıktı ve ağırlık değerleri bir algoritmayla öğrenen ve çıkarımlar yapan ayrıca çıkarımlar sonucu kararlar alıp doğrusal olmayan problemlerin de çözüme ulaştırılmasına olanak sağlayan biyolojik sinir yapısını modellemektedir (Yusufoğlu, 2021). Makine Öğrenmesi (MÖ), öğrenme modelinin taklit-

lini yapmak için algoritmaların kullanımı ile verilerin analizine odaklanıp doğruluğunu sürekli artıran bir YZ alt bilim dalıdır (IBM Cloud Learn Hub, 2020). Bulanık Mantık (BM) ile kontrol sistemleri üzerinde geliştirilen uygulamalarda karar verme çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bulanık mantık ilk olarak 1965 yılında Profesör Lotfi A. Zadeh tarafından ortaya çıkarılmıştır (Çetinkaya, 2017). Derin Öğrenme (DÖ), doğrusal olmayan sistemler üzerinde birçok katmanın kullanımı ile her katmanın girdi-çıkı ilişkisini koruyarak katmanların çıktısını oluşturduğu makine öğrenmesi algoritmasıdır. DÖ algoritmaları yapısal olarak çok katmanlı bir YSA'dır (Yılmaz, 2021; Yusufoglu, 2021). Uzman Sistemler (US), insan uzmanlığı gerektiren problemlerin çözüme kavuşturulması noktasında bilgisayar sistemleri tarafından depolanan insan bilgisinin işlenerek kullanıldığı sistemlerdir. Belirli bir alanda, o alanla ilgili çok geniş bir bilgiyi kapsayan, bu alandaki insan uzmanlardan bir veya birkaçı tarafından sağlanan ve problem çözmede bu uzmanların performansına ulaşan bilgisayar programıdır (Allahverdi, 2002). Genetik Algoritmalar (GA), insan genlerinin nesiller arası geçiş sürecine benzetilerek doğal genetik ve biyolojik evrimin mekaniklerine dayanan fonksiyon optimizasyonu için kullanılan değişken bir yöntemdir (Vatansever, 2021). Robotbilim (RB), YZ alt dallarından birisi olan gelişen Robotbilimi; YZ uygulamaları alanında son yıllarda elektronik ve bilgisayar teknolojisinin yazılım ile bütünleşmesi olarak düşünülmelidir (Çetinkaya, 2017). Öğretilebilir Makine (ÖM), YZ modellerini internet ağı üzerinde oluşturmayı hızlı, kolay ve herkes için erişilebilir şekilde web tabanlı bir araçtır (Aslandoğdu, 2022). Doğal Dil İşleme (DDİ); ses veya metinsel olarak günlük konuşma dilinin bilgisayar sistemleri tarafından algılanarak üzerinde işlemlerin gerçekleştirilmesidir. Bu işlemlere algılanan dilden çıkarımlar, cümleler üretilebilmesi, online ve canlı ortamlarda bağlantılar kurulabilmesi örnek olarak verilebilmektedir (Gelemet, 2022). Otonom araçlar üzerinde bulunan elektronik sensörler ve devreler ile çevresindeki detayları tanımlayıp teknolojiye bağlı olarak sürekli geliştirme gösteren sistemlerdir. Araçlar üzerindeki sistemler, sensörler, kameralar ve lidarların kontrolü YZ algoritmaları sayesinde gerçekleştirilmektedir (Çap, 2022). Siber güvenlik, yapay zeka ile bütüncül olarak ele alınan bir yaklaşımla gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu yaklaşım ile siber güvenliğin uygulamaları noktasında gizlilik, bütünlük ve erişilebilirliğin sağlanması için YZ destekli siber güvenlik yazılımları ve donanımları kullanılmalıdır (Alhan, 2022). Görüntü işleme, yüz tanıma, görüntü veya videolardan elde edilen verilerden sınıflandırma veya tanımlamalar ile kişilerin otomatik olarak doğrulanma işlemi olarak tanımlanmaktadır. Yüz tanıma işlemlerinin dört temel aşaması bulunmaktadır. Bu dört işlem; yüz bulma, normalleştirme, öznitelik çıkarma ve sınıflandırmadır (Akçelik, 2021). Çalışmada içerisinde sıralamaya göre birinci sırada görüntü işlemede yapay zekanın kullanımı, ikinci sırada doğal dil

işlemede yapay zekanın kullanımı, üçüncü sırada otonom araçlarda yapay zekanın kullanımı ve dördüncü sırada siber güvenlikte yapay zekanın kullanım örnekleri incelenmiştir. Bu sayede YZ alanında gerçekleştirilen uygulamalarda konulara göre ayırım yapılarak ele alınacaktır.

GÖRÜNTÜ İŞLEMEDE YAPAY ZEKANIN KULLANIMI

YZ görüntü işleme uygulamaları içerisinde gıda alanındaki uygulamalar: gıdaların renk, büyüklük, şekil vb. kriterleri belirlemede, sağlık alanındaki uygulamaları, hastalık ölçüm (mr), teşhis, tanı işlemleri, tarım alanındaki uygulamalar: ilaçlama, sulama, gübreleme, ot temizliği, otonom araçlar üzerindeki uygulamalar: şerit takip, otonom sürüş; güvenlik alanındaki uygulamalar: uygu sistemleri, sınır takip sistemleri; işaret dili alanındaki uygulamalar: el hareketi ve yüz mimikleri tanıma; robotik teknolojisi alanındaki uygulamalar: üretim hattı uygulamalarında kullanılmaktadır (Gonzalez, 2009).



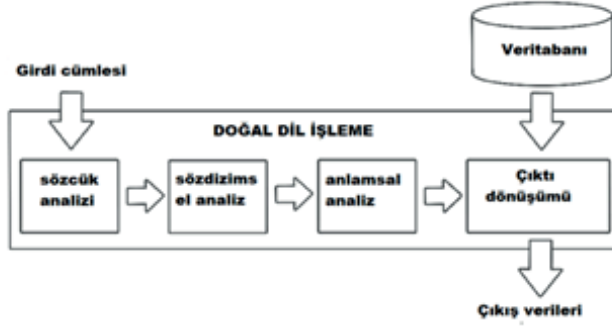
Şekil 3. Araç Sayma Üzerine Görüntü İşleme İşlem Adımları

Şekil 3 üzerinde görüntü işleme teknikleriyle gerçekleştiren bir araç sayma algoritmasının işlem adımları verilmiştir. YZ tabanlı araç sınıflandırma uygulaması için izlenen algoritma yedi ana aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; görüntü ön işleme, özellik çıkarma, derin öğrenme algoritması, veri seti, sınıflandırma, doğruluk tahmini, nesne izleme ve sayma işlemleridir (Dogan, 2021).

DOĞAL DİL İŞLEMEDE YAPAY ZEKANIN KULLANIMI

Türkçe = Matematik + Bilim + Gönül (Sinanoğlu, 1978).

Doğal Dil İşleme (DDİ), Dilin bilgisayar sistemleri üzerinden algılanıp dil verisi üzerinde çeşitli algılamalar ve tanımlamalar yapılması işlemidir. Bu işlemlerde algılanan dil üzerinden çıkarım yapmak, cümleler üretmek ve sistemler ile bağlantı oluşturması gerekmektedir. DDİ uygulama alanları; bilgi getirimi, bilgi çıkarımı, akıllı sanal asistanlar, sohbet botları, sosyal medya takibi, otomatik çeviri sistemleri ve aramayı iyileştirme işlemleridir. DDİ yapısının çalışma mantığı Şekil 4'te verilmiştir (Gelemet, 2022).



Şekil 4. DDİ Oluşum Evreleri

Şekil 4 üzerinde DDİ'nin çalışma şeması üzerinde sisteme ilk cümle gelmektedir. Gelen cümle üzerinde sözcük analizi, söz dizimsel analiz, anlamsal analiz, sonrasında karşılaştırma işlemleri için çıktı dönüşümüne giderek veri tabanı üzerinde işlemler gerçekleştirilerek çıktı verisi elde edilmektedir.

OTONOM ARAÇLARDA YAPAY ZEKANIN KULLANIMI

Otonom robotlar, sistemleri üzerinde bulunan sensörleri ile çevresinden topladığı verilere göre hareket edebilen ve görevlerini işlem sırasına göre gerçekleştirirler. Görevlerini yaparken algıladıkları ortama göre belirlenen hedefe gidebilmek için yollarını bulabilmektedirler. Anlık karşılarına çıkabilecek olan engelleri geçerek belirlenen hedef konuma hata payı en az olacak şekilde ilerleyebilmektedirler. Otonom araçlar çalışma anında ortamı anlamlandırırken; mesafe sensörleri, lidar, konum - GPS (Global Positioning System) sensörleri ve diğer işlemler için sensörler bulunmaktadır. Bu çevre algılama sensörlerinden alınan verileri kontrol yazılımı ile analiz edip en optimum yolu belirlemektedir. Belirlenen rotası içerisinde engelleri hesaba alarak ilerlemesi gereken koordinat arasındaki farkı kendi rotasını güncelleyip seyredebilmektedir. Otonom araçların kullanım YZ kullanım alanlarına göre sınıflandırılması: hava sistemleri, deniz sistemleri, metro/demiryolu sistemleri, kara araç sistemleri, robotik sistemleri, uçan araba sistemleri olarak tanımlanabilmektedir. Bu alt sistemleri oluşturan konular detaylı olarak incelendiğinde otonom araçlar üzerinde en parametreleri “hareket ve yörünge” planlaması tutmaktadır. Bu konu hakkında dünya üzerinde otonom hareketlerin ve sürüşlerin bir standartlarının oluşturulması çalışmaları devam etmektedir. SAE J3016 standarttı ile otonom sürüş düzeyleri belirlenmiştir (SAE J3016, 2019). Bu standarttır seviye isimlendirmesi ve açıklamaları Tablo 2 üzerinde verilmiştir.

Tablo 2. Otonom Araç Sürüş Seviyeleri: SAE J3016

Sürüş Seviyesi İsimlendirmesi	Açıklaması
Seviye 0	Sürücü tarafından tamamen kontrol edilen araç
Seviye 1	Otomatik hız sabitleyici, şerit asistanı veya otoyol asistanı kullanarak belirli trafik durumlarında şoförü destekleyen sürüş yardım sistemidir.
Seviye 2	Belirli trafik koşullarında kontrolü ele almaktadır. Sürücü araç içerisinde karmaşık trafik durumlarında dikkat etmezse araç kaza yapabilir. Çünkü standart düz yol üzerinde otonom otoyol sistemleri içermektedir.
Seviye 3	Hiçbir insan müdahalesine gerek kalmadan sürüş kontrolünün otomatik fonksiyonlar kullanarak tüm işlemlerin sağlanmasıdır. Seviye 2 ve 3 arasındaki en önemli fark, araç belirli bir sürüş modunda iken sürücünün dikkat etmesinin gerekmemesidir.
Seviye 4	Sürüş kontrolünün insan müdahalesine gerek kalmadan ele alınmasıdır. Bu seviye içerisinde aracı kullanımı esnasında yağmurun yağması veya bir diğer şehre gidilmesi istendiğinde otonomluğu sonlandırılmaktadır.
Seviye 5	İnsan müdahalesine ihtiyaç duymayan tam otonom seviyedir. Bu seviyede iken araçlar, yolcuları veya eşyaları bağımsız olarak taşıyan robotlardır olarak görülmelidir. Seviye 4 ve Seviye 5 standartlarının tüm seviyeleri yalnızca karayolu sürüşü için geçerli bir durumdur. Arazi sürüşü gerçekleştiğinde seviye standartları gerekli değildir.

SİBER GÜVENLİKTE YAPAY ZEKANIN KULLANIMI

Siber Güvenlik; YZ ve makine öğrenmesi ile yeniden şekilleniyor . YZ ve MÖ'nün siber güvenlikte kullanımı altı kapsamda ele alınmaktadır. Bu kapsamlar yasal - politik konular, insan faktörü, veri, donanım, yazılım & algoritmalar ve operasyonelleşme'dir. Kritik altyapılar içerisinde siber güvenliğin önemi büyüktür. Çünkü kritik önemi olan altyapıların tamamı elektriğin olmaması anında hizmetlerini sürdürememektedir. Diğer kritik altyapıların yanında elektrik altyapısının önemi ayrı bir önem taşımaktadır. Çünkü elektrik depolanamaz ve uzun süreli sağlanamamaktadır. Diğer enerji kaynakları için bu durumlar yaşanmamaktadır. Elektrik sistemlerin de yaşanan herhangi bir sorunla ile diğer altyapı hizmetlerinde de aksamalar elektrik olmadığı için oluşmaktadır. YZ kullanılarak siber güvenlik çalışmaları içerisinde; kritik alt yapı koruması, saldırı tespit ve önleme, zararlı yazılım tespit, ortalama tespit, bilgi çalma tespiti, köle bilgisayar ağı tespiti, spam filtreleme, siber olay tahmini, dolandırıcılık algılama, güvenlik kimlik doğrulama, biyometrik, aktivite temelli analiz, siber istihbarat, kullanıcı profili çıkarma, captcha aldatma ve hedef sistem tespiti örnekleri verilebilmektedir. Herhangi siber saldırı anında SCADA/ICS sistemlerinde üzerinden yaşanan aksaklıklarla birlikte kesintiler durumunda büyük ölçekli hasarlara yol açabilmektedir. Tablo 3'te yakın tarihli siber saldırı kaynaklı meydana gelmiş olan büyük çaplı elektrik kesintileri verilmiştir (Aydın, 2021; Çiftçi, 2013; Kaspersky ICS CERT, 2020).

Tablo 3. SCADA Sistemlerine Yönelik Saldırılar

Yıl	Olay Tanımı	Olay Yeri
2000	Hırsızlık ve alarm sistemlerine saldırı.	Avustralya
2000	Gazprom petrol boru hattına saldırı.	Rusya
2001	Atık su sistemine saldırı.	Avustralya
2003	Nükleer santrale saldırı.	Amerika
2003	Hidroelektrik santralin kilitlenmesi.	Türkiye
2003	Yazılım firmalarına düzenlenen saldırı.	Amerika
2004	Demiryolu hatlarının kapanması.	Amerika
2008	Nükleer santrale saldırı.	Amerika
2009	Nükleer tesislerinin Stuxnet solucanından etkilenmesi.	İran
2010	Stuxnet ile SCADA saldırısı.	İran
2012	SCADA sisteminin IP adreslerine saldırı.	Rusya
2014	SCADA sistemine saldırı.	Finlandiya
2015	Elektrik şebekesine saldırı.	Ukrayna
2015	Elektrik şebekesine saldırı.	Türkiye
2016	Elektrik kesintisi.	Ukrayna
2016	Nükleer tesislerin santrallerine yapılan saldırı.	Almanya
2019	Elektrik santrali SCADA sistemi saldırısı.	Amerika
2020	Rüzgâr türbinleri SCADA sistemlerine saldırısı.	Azerbaycan

Tablo 3’te verilen referans siber saldırı olayları BİT (Bilgi İşlem Teknoloji) sistemleri üzerinden SCADA sistemlerine gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda her iki terimin bütünleştirilmesi siber güvenlik açısından önemlidir. Ortaya çıkacak riskleri de birlikte değerlendirilmesi gerektiği göstermektedir. Bu risklerin azalması ve kaldırılması olası bozucu etkilerinin azaltılabilmesi için yönetsel, teknik ve yasal boyutta düzenleme gerekmektedir. Siber güvenlik için önem arz eden enerji sisteminin kesintisiz, güvenli ve kaliteli bir hizmet vermesi SCADA sistemi açısından gerekmektedir. Kritik altyapılar; Türkiye tarafından “işlediği bilginin gizliliği, bütünlüğü veya erişilebilirliği bozulduğunda; can kaybına, büyük ölçekli ekonomik zarara, ulusal güvenlik açıklarına veya kamu düzeninin bozulmasına yol açabilecek bilişim sistemlerini barındıran altyapılar” olarak tanımlanmaktadır. Ülkemizde 20 Haziran 2013 tarihli ve 2 sayılı Siber Güvenlik Kurulu kararı gereğince “enerji” sektörü kritik altyapı sektörleri arasında girmektedir (Aydın, 2021; 2016-2019 Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi ve Eylem Planı, 2016).

SONUÇ VE ÖNERİLER

İncelediğimiz literatür çalışmalarıyla birlikte görüldüğü üzere içinde bulunduğumuz zamanda bilgi sistemlerine olan bağımlılığımız giderek

artmıştır. Bu süreç içerisinde hem elektronik hem de yazılımsal olarak sistemlerinin kontrolü ve güvenliğinin önemi artmaktadır. Devletlerin YZ sistemleri üzerinde hem teknoloji güvenliği hem de yazılımsal güvenliklerini geliştirilmeleri gerekmektedir. Çünkü YZ sektörel dağılımına bakıldığında, sektör farkı olmaksızın siber güvenlikten, otonom araçlara, dil işleme teknolojilerinden ve görüntü işleme çalışmalarına kadar kısaca her alanın içerisinde uygulama imkanı olmaktadır.

YZ tümleşik olarak bir alan olduğu ele alındığında YZ alt dalları: Yapay Sinir Ağları (YSA), Makine Öğrenmesi (MÖ), Bulanık Mantık (BM), Derin Öğrenme (DÖ), Doğal Dil İşleme (DDİ), Uzman Sistemler (UZ), Genetik Algoritmalar (GA), Robotbilim (RB) ve Öğretilebilir Makine (ÖM)'dir. YZ kapsamında enerji sistemleri içerisinde olan kritik alt yapı sistemleri üzerinde siber güvenlik çalışmaları ile bilgi güvenliği alanında siber tehditlerin önlenmesi kapsamlı olarak geliştirilebilmelidir. Anlamlandıramayan durumlara karşı risk analizi ve saldırı tespit sistemleri enerji sistemleri üzerinde bilgi güvenliği açısından ele alınması gereken en önemli konulardandır. Bu tip sistemlerin varlığı ile sistemlere yönelik YZ destekli algoritmalar ise hassasiyet tespiti yapabilen ve tedbir alan uygulamalar ile ülkeler enerji sistemlerinde maruz kaldıkları tehditleri aza indirmeyi başarabileceklerdir. Öğretilebilir Makine kavramı YZ içerisinde son birkaç yıldır (2019-2022) gelişme gösteren bir çalışma olmasına rağmen bulut teknolojiler ile birleşince veri merkezlerinin de işleyişi kontrol eden ana tema haline gelmiştir. Bu ilerleyiş ile yeni elektronik sistemlerin geliştirilmesiyle girdi maliyetlerini azaltarak sistemlerin verimli hale gelmesini sağlamıştır. Makine öğrenmesi algoritmaları ile YZ destekli hastalık analizleri yapılabilmektedir. Veri madenciliği ile kanser verileri üzerinde makine öğrenmesi algoritmaları ile tespitler yapılarak anlık durumun sorgulanması ile gelecekte ortaya çıkabilecek bir sorunun teşhisi gerçekleştirilebilmektedir. Veri analizi işlemleri için Python veya R programlama dili kullanılarak makine öğrenmesi algoritmaları geliştirilebilmektedir. Görüntü işleme teknolojileri hem otonom araçlarda hem de akıllı şehir uygulamalarında kullanımı giderek artmaktadır. Akıllı şehirler üzerinde emniyet Mobese uygulamalarında kullanımı gelişen görüntü işleme ile araç plakası, modeli, rengi ve hız bilgisi algılama - tanıma uygulamaları gerçekleştirilebilmektedir. Otonom araçlar üzerinde otonom park ve sürüş sistemlerinin geliştirilmesinde kullanılan görüntü işleme teknolojileri ile YZ bu uygulama alanlarında da kendisini göstermiştir. Otonom araçlar üzerinde geliştirilen YZ teknikleriyle bütünleştirilmiş görüntü işleme yöntemleri ile araç üzerindeki sensörlerle birlikte çevre algılama modülleri, kamera, lidar ve radar sensörleri trafik anında aldıkları verinin kalitesi ile doğru orantılıdır. Derin öğrenme yaklaşımları ile geliştirilen YZ uygulamaları sistemleri ele alırken karar destek mekanizmasında

başarılı şekilde kullanılabilir. Çok katmanlı yapısı sayesinde hata oranı düşük ürünler ortaya çıkarılabilir. Robotbilim (RB) üzerinde YZ çalışmalarında bir fabrika otomasyonu üzerinde üretim, paketlenme, ambalajlama, taşıma, depolama ve kalite kontrol noktası gibi tüm uygulama alanlarında çalışmalar gerçekleştirilebilir. Bu çalışmalar bünyesinde YZ ile sistemlerin güvenilirliği ve kalitesi artırılabilir.

YZ algoritmaları ile verinin bilgiye, bilgi üzerinden de gerçekleştirilen çıkarım ile uygulamalara dönüştürülmesi noktasında çalışmalar incelenmiştir. YZ ile strateji belirlenirken tüm YZ alt dallarında ortak 5 ana fonksiyon vardır. Bunlardan birincisi veri, ikincisi bu veriden analiz, üçüncüsü kullanılacak YZ alt dalın belirlenmesi, dördüncüsü uygulama ve beşincisi geliştirilen YZ uygulamasının ölçme – değerlendirilmesidir. Geleneksel programlama ve algoritma teknikleriyle çözümü zor olan problemlerin açığa kavuşturulmasında YZ'nin 5 ana fonksiyonu ile çözüm bulunabilir. Gelecekteki çalışmalarda, YZ tekniklerinin tüm alt dalları ile çalışmalar yapıldığında tanımlanması, sınıflandırılması ve analiz işlemlerinde YZ mimarileri kullanılarak geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca aynı anda çalışması istenen farklı görevlerin YZ teknolojileri üzerinde kapsamlara bölerek bir bütün olarak geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Arf, C. (1959). Makineler Düşünebilir mi ve Nasıl Düşünebilir?. Atatürk Üniversitesi 1958-1959 Öğretim Yılı Halk Konferansları, (1), 91-103.
- Widrow, B., & Hoff, M. E. (1960). Adaptive Switching Circuits. Wetscon Convention Record. Institute for Research and Education. New York.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. Information and control, 8(3), 338-353.
- James, W. (1984). Psychology, briefer course (Vol. 14). Harvard University Press.
- Aydın, H., Barışkan, M. A. & Çetinkaya, A. (2021). Siber güvenlik kapsamında enerji sistemleri güvenliğinin değerlendirilmesi. Güvenlik Bilimleri Dergisi, 10 (1), 151-174. DOI: 10.28956/gbd.941801
- IBM Cloud Learn Hub. (2020). Makine Öğrenmesi nedir? <https://www.ibm.com/tr-tr/cloud/learn/machine-learning> (Son Erişim Tarihi: 17.12.2022)
- Nilsson NJ (1965). Foundations of trainable pattern classifying systems. McGraw-Hill, New York
- Zadeh, L. A. (1978). Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. Fuzzy sets and systems, 1(1), 3-28.
- Yusufoğlu, H., Aydın, H. & Çetinkaya, A. (2021). Twitter Üzerindeki Finansal Tweetlerin LSTM Sinir Ağı Algoritması ile Duygu Analizi. Veri Bili-mi, 4 (3), 28-43. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/veri/issue/67424/996003>
- Çetinkaya, A., (2017). Otonom Bir Robotun Bulanık Kontrolör Yaklaşımı ile Korum Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, KTO Karatay Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye
- Hebb, D. O. (1949). The first stage of perception: growth of the assembly. The Organization of Behavior, 4, 60-78.
- Farley, B. W. A. C., & Clark, W. D. (1954). Simulation of self-organizing systems by digital computer. Transactions of the IRE Professional Group on Information Theory, 4(4), 76-84.
- Yılmaz, O., Aydın, H. & Çetinkaya, A. (2020). Faster R-CNN Evrimsel Sinir Ağı Üzerinde Geliştirilen Modelin Derin Öğrenme Yöntemleri ile Doğruluk Tahmini ve Analizi: Nesne Tespiti Uygulaması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (20), 783-795. DOI: 10.31590/ejosat.753896
- T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı. (2016). 2016-2019 Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi ve Eylem Planı. Son Erişim tarihi: 20.11.2022, <https://www.uab.gov.tr/uploads/pages/siber-guvenlik/2016-2019guvenlik.pdf>
- McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. The bulletin of mathematical biophysics, 5(4), 115-133.

- Gelemet, Ö., Aydın, H. & Çetinkaya, A. (2022). Netflix verileri üzerinde TF-IDF algoritması ve Kosinüs benzerliği ile bir İçerik Öneri Sistemi Uygulaması. *AJIT-e: Academic Journal of Information Technology*, 13 (48), 31-52. DOI: 10.5824/ajite.2022.01.002.x
- Allahverdi, N. (2002). *Uzman Sistemler: Bir Yapay Zeka Uygulaması*. Atlas Yayın Dağıtım.
- Kaspersky ICS CERT. (2020). Overview of recommendations on organizing secure remote work for critical infrastructure and other facilities, Erişim Tarihi: 30.04.2020, <https://ics-cert.kaspersky.com/reports/2020/04/30/secure-remote-work-for-critical-infrastructure/>
- Vatansever, B., Aydın, H. & Çetinkaya, A. (2021). Genetik Algoritma Yaklaşımıyla Öznitelik Seçimi Kullanılarak Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Kalp Hastalığı Tahmini. *Journal of Science, Technology and Engineering Research*, 2 (2), 67-80. DOI: 10.53525/jster.1005934
- Çiftçi, H. (2013). *Her Yönüyle Siber Savaş*. TÜBİTAK.
- Aslandoğlu, Ö. F., Aydın, H. & Çetinkaya, A. (2022). Bulut üzerinde Tensorflow Javascript ile geliştirilen Öğretilebilir Makine (ÖM) Modelinin Doğruluk Tahmini ve Analizi: Yüz Tanıma Sistemi Uygulaması. *Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi*, 6 (1), 66-77. DOI: 10.33461/uybisbbd.1106753
- SAE J3016, (2019). SAE Standards, <https://www.sae.org/news/2019/01/sae-updates-j3016-automated-driving-graphic>, Son Erişim Tarihi: 17.12.2022
- Gonzalez, R. C. (2009). *Digital image processing*. Pearson education india.
- McFarlane, M. D. (1972). Digital pictures fifty years ago. *Proceedings of the IEEE*, 60(7), 768-770.
- Klir, G. J., & Yuan, B. (1996). Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications. *Possibility Theory versus Probab. Theory*, 32(2), 207-208.
- Rao, V., & Rao, H. V. (1995). *C++ neural networks and fuzzy logic* (pp. 33-39). Mis: Press.
- Nabiyev, V. V. (2003). *Yapay zeka: problemler-yöntemler-algoritmalar*. Seçkin Yayıncılık.,
- Elmas, Ç. (2007). *Yapay zeka uygulamaları:(yapay sinir ağı, bulanık mantık, genetik algoritma)*. Seçkin Yayıncılık.
- McNeill, F. M., & Thro, E. (2014). *Fuzzy logic: a practical approach*. Academic Press.
- Turing, A. M. (1940). *Mathematical theory of enigma machine*. Public Record Office, London, 3, 150.
- Sinanoğlu, O. (1978). *Uluslararası bilim-ulusal eğitim dili*. Bilim Kültür ve Öğretim Dili Olarak Türkçe, 1-5.

- Turing, A. M. (1948). Intelligent machinery. report for national physical laboratory. reprinted in ince, dc (editor). 1992. mechanical intelligence: Collected works of am turing.
- McCarthy, J. (1955). Human-Level Ai Is Harder Than It Seemed.
- Rosenblatt, F. (1957). The perceptron, a perceiving and recognizing automaton Project Para. Cornell Aeronautical Laboratory.
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2017). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, 60(6), 84-90.
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., ... & Bengio, Y. (2020). Generative adversarial networks. *Communications of the ACM*, 63(11), 139-144.
- Özşahin, M. S. (2017). Türk minyatür tekniği ile çizgi roman tasarımı (Master's thesis). Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2018). Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding. *arXiv preprint arXiv:1810.04805*.
- Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., & Sutskever, I. (2019). Language models are unsupervised multitask learners. *OpenAI blog*, 1(8), 9.
- Ramesh, A., Pavlov, M., Goh, G., Gray, S., Voss, C., Radford, A., ... & Sutskever, I. (2021, July). Zero-shot text-to-image generation. In *International Conference on Machine Learning* (pp. 8821-8831). PMLR.
- LeCun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition. *Proceedings of the IEEE*, 86(11), 2278-2324.
- Vacrourx, A. G. (1975). Microcomputers. *Scientific American*, 232(5), 32-41.
- Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L. J., Li, K., & Fei-Fei, L. (2009, June). Imagenet: A large-scale hierarchical image database. In *2009 IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 248-255). Ieee.
- Çırak, B., & Yörük, A. (2016). Mekatronik biliminin öncüsü İsmail El-Cezeri. *Siirt Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (4), 175-194.
- Kato, I., Ohteru, S., Shirai, K., Matsushima, T., Narita, S., Sugano, S., ... & Fujisawa, E. (1987). The robot musician 'wabot-2'(waseda robot-2). *Robotics*, 3(2), 143-155.
- Spenko, M., Buerger, S., & Iagnemma, K. (Eds.). (2018). *The DARPA robotics challenge finals: humanoid robots to the rescue* (Vol. 121). Springer.
- Lin, R., Ma, L., & Zhang, W. (2018). An interview study exploring Tesla drivers' behavioural adaptation. *Applied ergonomics*, 72, 37-47.
- Google, (2017). Teachable machine v1. <https://teachablemachine.withgoogle.com/v1/> Son Erişim Tarihi: 19.12.2022

- Alhan, B., Gönen, S., Karacayılmaz, G., Barışkan, M. A., & Yılmaz, E. N. (2022). Real-Time Cyber Attack Detection Over HoneyPi Using Machine Learning. *Tehnički vjesnik*, 29(4), 1394-1401.
- Çap, G. B., Çetinkaya, A. (2022). Yapay Zeka Kapsamında Otonom Araçların Özelliklerinin Değerlendirilmesi. 8. Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Kongresi. İstanbul, Türkiye.
- Akçelik, C., Okatan, A., & Çetinkaya, A. (2021). Face and Emotion Recognition using Deep Learning Based on Computer Vision Methods. *New Trends in Mathematical Sciences*, 9, 1.
- Dogan, A., Okatan, A., & Cetinkaya, A. (2021). Vehicle Classification and Tracking Using Convolutional Neural Network Based on Darknet Yolo with Coco Dataset. *AI and Big Data in Engineering Applications*, 179.
- Yang, Z., Gan, Z., Wang, J., Hu, X., Lu, Y., Liu, Z., & Wang, L. (2022, June). An empirical study of gpt-3 for few-shot knowledge-based vqa. In *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence* (Vol. 36, No. 3, pp. 3081-3089).

“

Bölüm 11

FOTOGRAMETRİ İLE ÜÇ BOYUTLU TARAMA - 3B FOTOGRAMETRİ

Hasan Kemal SÜRMEN¹

”

¹ Dr.Öğr.Üyesi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa- Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü., hksurmen@iuc.edu.tr

GİRİŞ

Fotogrametri, çekilen fotoğraflar vasıtasıyla bir obje veya çevre ile ilgili ölçümler ve verilerin toplanarak yorumlanmasını ele alan bir bilim dalıdır. Bir başka ifadeyle fotogrametri, bir nesnenin veya ortamın konum, şekil ve büyüklük gibi geometrik özelliklerinin elde edildiği yöntemin adıdır. Bu yöntemle elde edilen veriler sayesinde fotoğrafları çekilen nesne, ortam veya bölgenin üç boyutlu (3B) modellerinin elde edilmesi (rekonstrüksiyonu) mümkün olabilmektedir. Bu yöntemin tarihi, fotoğrafçılık kadar eskidir. Fotogrametrinin ilk kullanım alanlarından biri haritalamadır. Harita uygulamalarında uçaklara yerleştirilmiş özel fotoğraf makineleri ile farklı konumlardan resimler çekilmektedir. Doğal yeryüzü şekillerinin haritalanması ve topoğrafik diğer detayların daha iyi tespit edilmesi için karadan çekilmiş fotoğraflar da kullanılmaktadır. Hava fotogrametrisi [1,2] ve karasal fotogrametri [3, 4] olarak bilinen bu yöntemler daha sonra köprü, bina gibi yapılar için de kullanılmaya başlandı. Bu yöntemler hala kullanılmakla beraber teknolojinin gelişmesiyle analog makineler yerine dijital makineler, uçaklar yerine uydu ve İHA'lar tercih edilmeye başlanmıştır.

Bilgisayar teknolojilerinin ilerlemesi ve yazılım alanındaki gelişmeler ile yüksek çözünürlükte çekilmiş fotoğrafların kolay bir şekilde işlenebilmesi, fotogrametrinin bir 3B tarama tekniği olarak önünü açmıştır. Fotogrametri ile üretilen 3B modeller, diğer pahalı 3B tarama teknolojileri ile elde edilen modellerle karşılaştırılmaya başlanmış ve yöntemin diğer 3B tarama yöntemlerine alternatif olabileceği ile ilgili tartışmalar ve bilimsel çalışmalar yapılmıştır [5, 6, 7]. Fotogrametri yönteminin 3B tarama alanındaki başarısı ile yöntem, sadece bir ölçüm veya haritalama aracı olmaktan çıkmış 3B rekonstrüksiyon uygulamalarında önemli bir yer edinmiştir. Yöntem ilerleyen zamanlarda resim-tabanlı 3B modelleme, foto-tarama ve 3B fotogrametri gibi isimlerle anılmaya başlanmıştır. 3B fotogrametri; tersine mühendislik, nesne arşivleme gibi 3B modelleme uygulamaları için arkeoloji [8, 9], mimarlık [10, 11], tarihi ve kültürel miras [12, 13], mühendislik [14, 15, 16, 17], biyomedikal [18, 19, 20], tıp [21, 22], adli tıp [23], AR/VR [24], sinema [25] ve oyun yapımı [26, 27] alanlarında kullanılan uygun maliyeti ile popüler bir yöntem olmuştur.

3B fotogrametrinin kullanım alanlarını incelediğimizde yöntemin 3B görselleştirme ve modelleme ile ilgili hemen hemen her alanda kullanıldığını görmekteyiz. Fotogrametri, arkeoloji alanında bulunan kalıntıların belgelenmesi için çok uygun bir yöntemdir. Dış ortamda bir enerji kaynağından bağımsız olarak kullanılabilmesi, portatifliği ve geniş tarama aralığı ile büyük alanların modellenmesi dikkate alındığında en uygun 3B tarama yöntemidir. Ayrıca renk, yazı, motif gibi yüzeySEL özellikleri önem arz eden nesnelerin modellenmesinde fotogrametrinin

dokulu model oluşturabilme kabiliyeti, fotogrametriyi diğer 3B tarama yöntemlerinin önüne geçirmektedir. Mimari ve iç mimaride de kullanımı yaygınlaşan fotogrametri bina, köprü gibi büyük yapıların taranmasında ilk akla gelen yöntemler arasındadır. İç ortam taramalarında da özellikle foto-gerçekçi modellerin elde edilmesi söz konusu olduğunda fotogrametri yöntemi tercih sebebi olmaktadır. Fotogrametri tarihi ve kültürel miras alanında en çok kullanılan rekonstrüksiyon yöntemlerinden biridir. Bu alanda yapılan rekonstrüksiyon uygulamaları ülkelerin tarihi ve kültürel değerlerini korumaları açısından önem arz etmektedir. Fotogrametri ile 3B modelleme sayesinde tarihi ve kültürel bir yapının veya nesnenin rekonstrüksiyonu elde edilerek arşivlenebilmektedir. İleride meydana gelebilecek bir kayıp veya hasar durumunda bu arşivler 3B veri bankası görevi göreceklerdir. Ayrıca aslına uygun bu modeller gerek ileride yapılacak restorasyonlar gerekse bu yapıları ziyaret edemeyen kişiler için hazırlanacak olan sanal gösterimlerde de kullanılabileceklerdir. Fotogrametrinin kullanıldığı diğer bir alan ise mühendislik alanıdır. Bu alanda fotogrametri çizilmesi zor veya çizim planları olmayan parçaların 3B olarak dijitalleştirilmesinde bir tersine mühendislik yöntemi olarak kullanılmaktadır. Tersine mühendislik için farklı yöntemleri kullanan birçok teknoloji ve cihaz geliştirilmiş olsa da 3B fotogrametri yönteminin avantajlı olduğu düşük maliyet, portatiflik, geniş tarama alanı gibi durumlarda fotogrametrik modellemeye başvurulmaktadır. Ayrıca mühendislik alanında fotogrametri, ölçüm ve kalite kontrol amacıyla da kullanılmaktadır. Tıp ve biyomedikal alanında da özellikle kişiye özgü tasarımların geliştirilmesinde 3B fotogrametriden faydalandığı görülmektedir. Biyolojik yapılar çizilmesi zor, serbest-forma sahip yapılardır. Bu nedenle modelleme için çizim yazılımlarından daha çok 3B tarama teknolojilerine başvurulmaktadır. 3B fotogrametri bu noktada devreye girerek kişiye özgü modellerin oluşturulmasında tasarımcılara hizmet etmektedir. Temassız ve sağlık riski içermeyen güvenilir bir yöntem olması da fotogrametriyi bu alanda öne çıkaran özellikleri arasında sayılabilir. Adli tıp alanında da son yıllarda kullanılmaya başlanan yöntem daha çok arşivleme amacıyla öne çıkmaktadır. 3B fotogrametri yöntemin pratik bir şekilde uygulanabilmesi ve 3B modellerin foto-gerçekçi dokularla kolay bir şekilde elde edilebilmesi, adli tıp uygulamalarında hasarların ve yaraların olay zamanında 3B olarak arşivlenebilmesi açısından büyük kolaylık sağlamaktadır. Fotogrametri ile oluşturulan 3B modellerin geriye dönük adli incelemelerde birer yardımcı doküman olarak kullanılabilmesi adli tıp alanında yonteme olan ilgiyi artırmıştır. Günümüzde kullanımı hızla yaygınlaşan artırılmış gerçeklik (AR) ve sanal gerçeklik (VR) uygulamalarında da fotogrametriyle oluşturulmuş modellerin sayısı gün geçtikçe artmaktadır [27]. Sanal müze turlarından eğitici oyun ve uygulamalara kadar birçok üst seviye projede kullanılan objelerin, gerçek görünümlerine oldukça benzer modellerinin 3B

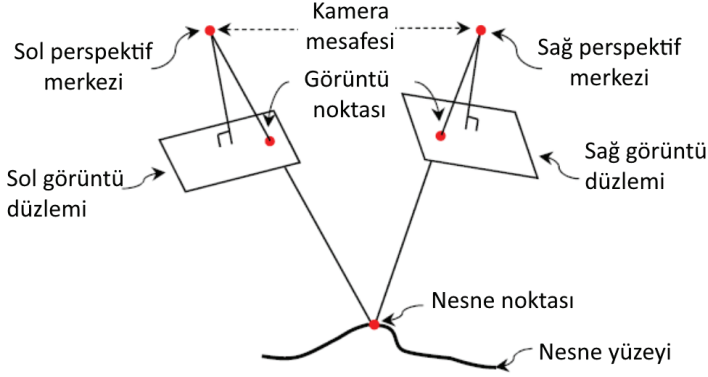
fotogrametri kullanılarak oluşturulduğu görülmektedir. 3B fotogrametri ile oluşturulan modeller, bu uygulamaları deneyimleyen kullanıcıların gerçeğine çok benzer bir deneyim yaşamalarını sağlamaktadır. Görüldüğü üzere birçok alanda foto-gerçekçi 3B rekonstrüksiyonların oluşturulmasında fotogrametriden faydalanılmaktadır ve 3B fotogrametrinin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu yöntemin teknik detaylarının bilinmesi ve bu alanda yetişmiş eleman sayısının artması, en az bu alandaki teknolojik gelişmeler kadar önemlidir.

3B fotogrametri kullanıcılarının, yöntemi verimli bir şekilde uygulayabilmeleri için fotogrametri ile ilgili bazı teknik tanımlar hakkında bilgi sahibi olmaları gerekmektedir. Ayrıca 3B fotogrametri uygulamaları için rekonstrüksiyon sürecinde gerçekleştirilen işlem adımlarının bilinmesi gerekmektedir. Özellikle fotoğraflama fazının rekonstrüksiyonu nasıl etkilediği ve dikkat edilmesi gereken hususların iyi anlaşılması gerekmektedir. Bununla birlikte fotogrametri yönteminin matematiksel bir tabana dayalı bilimsel bir yöntem olduğu unutulmamalı; yöntemin matematiksel altyapısı hakkında bilgi sahibi olunmalıdır. Fotogrametri ile 3B modellerin üretildiği rekonstrüksiyon sürecinde şüphesiz en önemli araçlardan biri kullanılacak bilgisayar yazılımıdır. Bu yazılımların sunduğu servisler ve özellikler bilinmeli; yapacağımız uygulamalar için en uygun olanı seçilmelidir. Bahsedilen bu konular; 3B Fotogrametri, fotogrametrinin dayandığı matematiksel denklemler, fotogrametri ile üç boyutlu taramada kullanılan bilgisayar yazılımları ve telefon uygulamaları başlıkları altında sunulmaktadır. Ayrıca sonuç kısmında da 3B fotogrametrinin güncel durumu değerlendirilmiş olup, gelecek yönelimlerinden bahsedilmiştir.

FOTOGRAMETRİ İLE İLGİLİ BAZI TERİMLER

Tek-görüntü fotogrametrisi (Single-image photogrammetry): Tek-görüntü fotogrametrisi, yalnızca tek bir fotogrametrik görüntünün sürece girerek değerlendirildikten sonra nesnenin düzlem koordinatlarının elde edildiği bir fotogrametri türüdür. Günümüzde tek-görüntü fotogrametrisi arkeoloji, mimarlık ve inşaat mühendisliğinin yanı sıra profillerin, dikey maden çalışmalarının dikeyliğinin ve düzlüğünün ölçülmesinde de kullanılmaktadır.

Stereo fotogrametri (Stereo photogrammetry): Çift-görüntü fotogrametrisi olarak da bilinen stereo fotogrametri, farklı konumlardan alınan, iki veya daha fazla fotoğraf görüntüsünde yapılan ölçümleri kullanarak bir nesne üzerindeki noktaların 3B koordinatlarını tahmin etmeye yarayan, üç boyutlu verilerin toplandığı bir tekniktir (Şekil 1).



Şekil 1. Nirengi noktasını gösteren stereo fotogrametri tekniğinin temsili.

Grafik fotogrametri (Graphical photogrammetry): Grafik fotogrametri, yön ve uzunluk ölçümleri ile perspektif harita üretiminde kullanılan bir analiz yöntemidir.

Analog fotogrametri (Analog photogrammetry): Analog fotogrametri, stereo fotogrametri kullanılarak alınan görüntülerin üç boyutlu modellerinin oluşturulduğu ve nesnelerin şematik tekniklerle analiz edildiği bir yöntemidir.

Analitik fotogrametri (Analytical photogrammetry): Analitik fotogrametri, matematiksel yöntemler ve analog fotogrametriye ek olarak elektronik ve bilgisayar sistemlerinin kullanıldığı bir yöntemdir.

Dijital fotogrametri (Digital photogrammetry): Dijital fotogrametri, dijital formlara dönüştürülen stereo görüntülerin bilgisayar yazılımı aracılığıyla otomatik olarak analiz edildiği bir yöntemidir.

Karasal fotogrametri (Terrestrial photogrammetry): Karasal fotogrametri, fotoğraf çekiminin yerde bulunan bir tripod ve benzeri bir standa sabitlenen veya elde tutulan bir fotoğraf makinesiyle yapıldığı bir fotogrametri tekniğidir. Yersel fotogrametri olarak da bilinir. Yersel fotogrametri, topoğrafik haritalamada hala kullanılmaktadır, ancak uygulaması genellikle küçük alanlarla ve hava fotoğraflarından haritalanması zor olan derin geçitler veya engebeli dağlar gibi özel durumlarla sınırlıdır. Karasal fotogrametrinin topoğrafik olmayan, mühendislikten tıbbı kadar çeşitli alanlarda kullanımı giderek artmıştır.

Yakın mesafe fotogrametrisi (Close-range photogrammetry): Yakın mesafe fotogrametrisi, genellikle nesne mesafeleri yaklaşık 300 m'ye kadar olan karasal fotoğraflar için kullanılan bir terimdir. Günümüzde dijital-yakın mesafe fotogrametrisi, objelerin 3B rekonstrüksiyonlarının üretilmesinde çok sık kullanılan bir tekniktir.

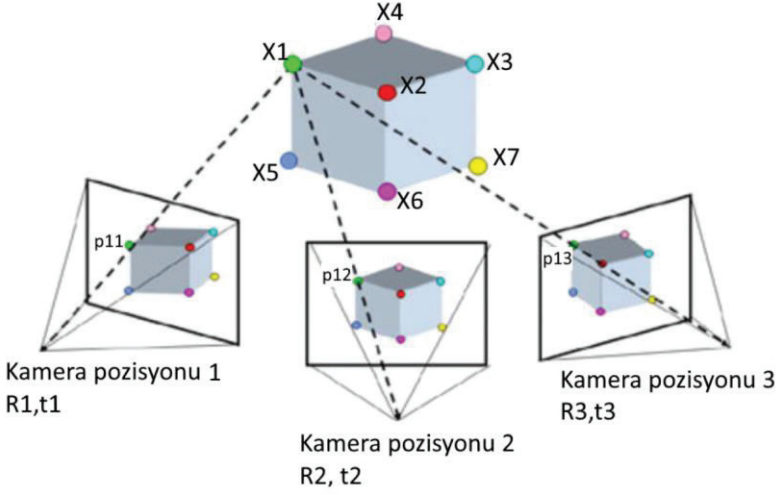
Hava fotogrametrisi (Aerial photogrammetry): Hava fotogrametrisi, genellikle bir uçaktan veya yüksek bir noktadan çekilmiş hava fotoğraflarından iki boyutlu (2B) veya üç boyutlu (3B) modeller oluşturmak için kullanılan bir tekniktir.

İHA fotogrametrisi (UAV photogrammetry): İHA fotogrametrisi, insansız hava aracı kullanılarak bir bölgenin veya nesnenin fotoğraflarının çekilmesiyle 3B verilerin toplanması ve değerlendirilmesi süreçlerini ele alan, hava fotogrametrisi ve karasal fotogrametrinin beraber kullanılabilirdiği bir fotogrametri tekniğidir. İHA'nın çekim açıları yataydan dikeye doğru çeşitli açılarda olabildiği gibi İHA, bir nesnenin etrafında dairesel bir yörünge izleyerek de fotoğraflama yapılabilir. Diğer hava araçlarıyla yapılan fotogrametri uygulamalarına göre maliyet daha düşüktür. İHA fotogrametrisi klasik hava fotogrametrisiyle karşılaştırıldığında daha düşük maliyetle daha kısa sürede sonuca varılabildiği görülmüştür [28].

Görüntü tabanlı modelleme (Image-based modelling): Görüntü tabanlı modelleme, farklı açılardan alınan nesneye ait görüntülerden o nesneye ait 3B modelin elde edildiği, fotogrametri olarak da bilinen tekniğin bir başka ifade ediliş şeklidir.

3B Rekonstrüksiyon (3D Reconstruction): 3B rekonstrüksiyon, lazer tarama, bilgisayarlı tomografi, yapılandırılmış ışık, fotogrametri gibi yöntemlerle fiziki nesnelerden elde edilen 3B verilerin özelleşmiş yazılımlar kullanılarak değerlendirilmesi ile o nesnenin şeklinin ve görünümünün 3B model olarak elde edilmesidir. 3B rekonstrüksiyon, dilimizde 3B yeniden yapılandırma olarak da bilinmektedir.

SfM (Structure from motion): Dilimize hareketten yapı, hareket ile nesne oluşturma şeklinde dönüştürülen SfM, dijital görüntülerden topografik bilgi elde etmeye yarayan bir fotogrametri tekniğidir (Şekil 2). Bu teknikle sıralı bir şekilde çekilmiş olan 2B görüntüler kullanılarak 3B yapıların dijital modelleri elde edilmektedir.



Şekil 2. SfM prosesi.

Nokta bulutu (Point-cloud): Nokta bulutu, fiziksel bir nesneyi veya alanı dijital olarak üç boyutlu temsil eden x , y ve z koordinatlarına sahip çok sayıda noktadan oluşan noktalar kümesidir. 3B tarama işlemleri sonucunda üretilen nokta bulutları 3B CAD modelleri oluşturma, görselleştirme, animasyon, render, metroloji ve kalite uygulamaları gibi birçok amaç için kullanılır.

Kafes model (Wireframe model): Kafes modeller noktalar ve noktaları birleştiren kenarlardan ibarettir. Kafes modellerde yüzeyler henüz tanımlanmamıştır.

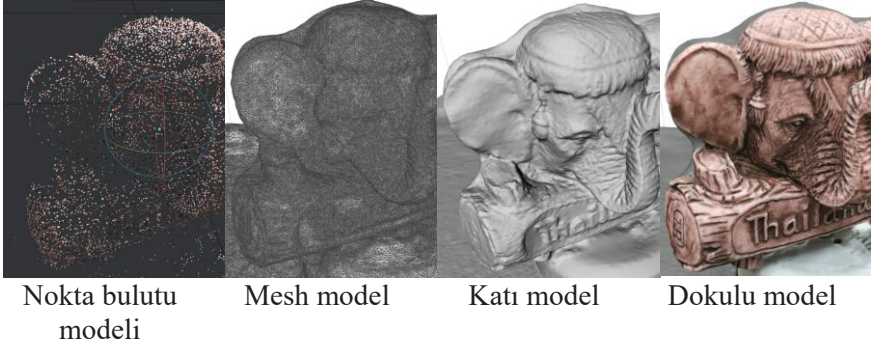
Poligon model (Polygon model): Poligon model, 3B modellemede mesh model veya poligon mesh model olarak da bilinen bir nesnenin geometrisini tanımlayan köşe noktası (vertice), kenar ve yüzeylerin birleşiminden oluşan üç boyutlu bir model tanıımıdır. Yüzeyler üçgen, dörtgen veya çokgenlerden oluşabilir. Daha detaylı görünüm için genellikle en küçük yüzey birimi olan üçgen yüzeyler tercih edilmektedir. Poligon modeller kenar hatları ile beraber görüntülenmek istendiğinde kafes (wireframe) görünümü aktif edilmelidir. Bu görünüme poligon-kafes model görünümü denilir. Bazı yazılımlarda bu model görünümü için sadece mesh model ifadesi de kullanılmaktadır.

Yüzey model (Surface model): Yüzey model, modelin kenar ve yüzeylerini içeren, üç boyutlu olarak tanımlanan eğriler üzerinde uzatılan yüzeylerle elde edilir. Katı modelden farklı olarak, yüzey modelin kesiti alındığında içi boş olduğu için iç bileşenleri görülemez.

Katı model (Solid model): Katı model, kenar ve yüzeylere ek olarak modelin iç kısmını da içeren model tanıımıdır. Modelin kesiti alındığında

iç kısmı da görülebilir. Dolayısıyla katı modeller en kompleks ve yer kaplayan 3B model türüdür. 3B katı modelleme programlarında B-rep veya CSG yöntemi kullanılarak üretilirler. Birçok 3B tarama veya fotogrametri için kullanılan özel yazılım rekonstrüksiyon sonucunda üretilen yüzey modelleri görüntülerinden dolayı katı model ismiyle sunabilmektedirler. Ancak sunulan katı modeller matematiksel olarak bir katı modeli ifade etmezler. Bu modeller görsel uygulamalar ve eklemeli imalat (3B baskı) için yeterlidirler. İstenirse farklı birçok formata dönüştürülebilirler. 3B tarama yöntemleri ile elde edilen bu modeller sonradan katı modellere dönüştürülerek tersine mühendislik uygulamaları veya bilgisayar destekli mühendislik analizleri için kullanılabilirler.

Dokulu model (Textured model): Dokulu model, 3B yüzey veya katı modellerin üzerlerine fotoğrafları çekilen objenin fotoğraflarından elde edilen dokuların veya harici olarak oluşturulmuş 2B resimlerin giydirilmesi ile elde edilen bir 3B model türüdür.



Şekil 3. Oluşturulan 3B rekonstrüksiyonun farklı biçimlerde görüntülenmesi*.

*Bazı yazılımlarda “poligon-kafes model” yerine “mesh model” ve yüzey model” yerine “katı (solid) model” terimleri kullanılmaktadır.

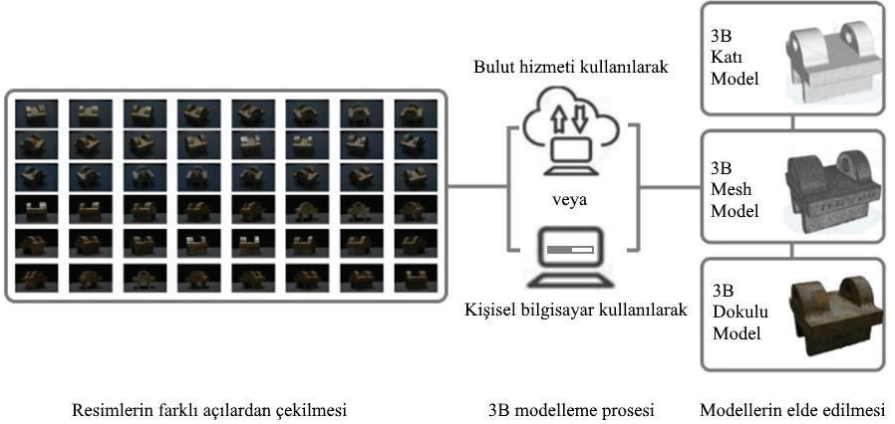
3B FOTOGRAMETRİ

3B fotogrametri, bir nesnenin, ortamın veya bölgenin farklı açılardan uygun oranlarda örtüşecek şekilde çekilen fotoğraflarının bir 3B tarama yazılımı ile sayısallaştırması ve 3B modelinin elde edilmesi işlemidir. Sürecin sonunda, taranan fiziksel nesnenin sırasıyla bir nokta bulutu modeli, mesh modeli, katı modeli ve foto-gerçekçi dokulu modeli oluşturulabilir. 3B fotogrametri ilk yatırım maliyeti düşük bir 3B rekonstrüksiyon yöntemi olarak diğer pahalı 3B tarama yöntemlerine bir alternatif oluşturmıştır. Bu yöntemde temel olarak gerekli olan araçlar bir fotoğraf makinesi, elde edilen fotoğrafları işleyerek 3B model üretimini

sağlayan bir yazılım ve bu yazılımı çalıştırmak için gerekli donanım özelliklerine sahip bir bilgisayardır.

Fotogrametri ile 3B rekonstrüksiyon sürecinin temel adımları şu şekildedir:

- Rekonstrüksiyonu oluşturulmak istenen nesnenin bütün yüzeylerini kapsayacak şekilde farklı açılardan fotoğraflarının çekilmesi.
- Çekilen fotoğrafların rekonstrüksiyonun gerçekleştirileceği yazılıma yüklenmesi.
- 3B modellerin elde edilmesi.

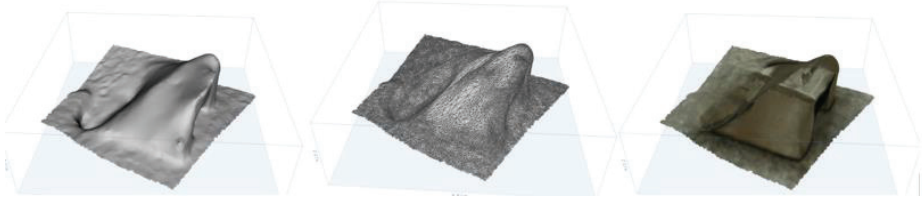


Şekil 4: Fotogrametri ile 3B rekonstrüksiyon süreci.

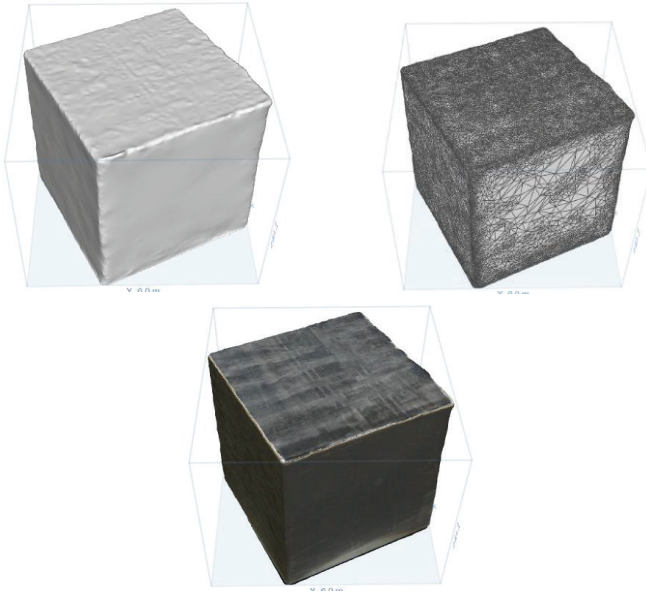
Bu süreç Şekil 4’de görselleştirilerek verilmiştir. Bununla birlikte; 3B rekonstrüksiyonu yapılacak nesneye, kullanılacak yazılıma ve üretilecek 3B modelde istenen geometrik doğruluğa göre 3B fotogrametri sürecinde her adımla ilgili çeşitli uygulamalar mevcuttur.

Fotoğraflama fazı 3B fotogrametride en kritik aşamadır. Odaklamanın doğru yapılması, çekim esnasında nesnenin ve kameranın sabit olması gibi fotoğraf netliğini etkileyen unsurlar modellemenin başarısını büyük ölçüde etkiler. Şekil 5a’da küp şeklinde bir nesneden oluşturulan 3B modelin katı, ağ (mesh) ve dokulu görünümleri gösterilmektedir. Şekilde de görülebileceği gibi, model orijinal geometrisinden çok uzaktır. Model, nesnenin farklı açılardan çekilmiş 24 fotoğrafından elde edilmiştir. İlk başta bu soruna gölgelerin veya parlamaların neden olduğu düşünülebilir. Ancak buradaki sorun operatör kaynaklıdır. Çekim sırasında kameranın hafifçe sallanması 24 fotoğraftan ikisinin bulanık çıkmasına neden olmuştur. İki fotoğraftaki hafif bulanıklık rekonstrüksiyon sürecini önemli ölçüde etkilemiştir. Bu iki fotoğraf kaldırılıp rekonstrüksiyon işlemi geriye kalan 22 fotoğraf ile tekrarlandığında üç boyutlu model doğru bir şekilde elde edilebilmiştir (Şekil 5b). Bu nedenle çekim sırasında kameranın ve

fotoğrafı çekilen nesnenin sabit olmasına büyük özen gösterilmelidir. Bu riski en aza indirmek için uzaktan veya kablolu bir deklanşör kullanılabilir.



a)



b)

Şekil 5. Fotoğraf netliğinin modellemeye etkisi. a) İçerisinde 2 bulanık fotoğraf bulunan 24 fotoğraftan elde edilen küp şeklindeki nesnenin 3B modeli. b) Bulanık fotoğraflar çıkarıldıktan sonra 22 fotoğrafla elde edilen 3B model.

Modellerin geometrik doğruluğunu büyük ölçüde etkileyen bir diğer konu da çekim açıları ve fotoğraflanmayan yüzeylerdir. Şekil 6'da bir makine parçası için yapılan 3B fotogrametri uygulamalarının sonuçları görülmektedir. Şekil 6a'da tek bir dikey açı (35 derece) ile parçanın üzerinden dairesel yörüngede çekilen 24 fotoğraftan elde edilen rekonstrüksiyon görülmektedir. Cismin kanat kısımlarının altındaki yüzeyler fotoğraflanamamıştır. Bu durumda bu bölgelerin gölgeli kısımları tümsek, görünmeyen kısımları ise delik olarak modellenmiştir. Şekil 6b'de ise iki dikey çekim açısı (0 ve 45 derece) kullanılmıştır. Her dikey çekim

açısı için 24 adet fotoğraf olmak üzere toplam 48 fotoğraf çekilmiştir. 0 dereceden çekilmiş fotoğraflar sürece dahil edildiğinde parçanın kanat kısımları altındaki bölgenin verisi elde edildiği için modelin doğruluğunun arttığı ve bu bölgedeki modelin yüzey kusurlarının giderildiği gözlemlenmiştir.



Şekil 6. Bir makine parçasından 3B fotogrametri yöntemiyle üretilen 3 boyutlu modeller. a) Tek dikey çekim açısı (35 derece) kullanılarak çekilen 24 fotoğraftan elde edilen 3 boyutlu model, b) İki farklı dikey çekim açısı (0 ve 45 derece) kullanılarak çekilen 48 fotoğraftan elde edilen 3 boyutlu model.

Fotoğraflama fazında iki farklı teknik kullanılmaktadır. Bu tekniklerden birinci, nesne sabitken fotoğraf makinesinin nesnenin etrafında dönmesiyle farklı açılardan nesnenin fotoğrafların çekildiği **nesne sabit / kamera hareketli** tekniği; ikincisi, nesne kendi ekseninde etrafında bir döner tabla üzerinde döndürülüp fotoğraf makinesinin sabitken nesnenin farklı açılardan fotoğrafların çekildiği **nesne hareketli / kamera sabit** tekniğidir [29]. Birinci teknik nesnenin kendi ekseninde etrafında döndürülmesinin mümkün olmadığı; örneğin taşınamayan bir nesnenin veya yapının fotoğraflandığı durumlarda tercih edilmektedir. Bu teknik genelde dış ortam çekimlerinde ve İHA çekimlerinde kullanılmaktadır [30]. Bu teknikte, kamera yönünün sürekli değişmesiyle ışık yönü ve arka plan da sürekli değişmek durumundadır. Bu da fotoğraflama fazında en çok dikkat edilmesi gereken nesne üzerine gölge düşmemesi, ışık açısının doğru ayarlanması, arka plandan yansımaların olamaması gibi hususları olumsuz yönde etkileyebilmektedir. İkinci teknik daha çok laboratuvar ortamında tercih edilen nesnelerin döner bir tablanın üzerine taşınabildiği çekimlerde tercih edilmektedir. Bu teknikte kamera sabit olduğu için bir kez ayarlanan kamera açısı, odaklama, arka plan ve aydınlatma genellikle bütün fotoğraf çekimleri için kullanılır. Ayrıca ikinci teknikte fotoğraf çeken kişiden kaynaklanabilecek operatör hataları en aza indirgenerek, fotoğraflar daha

kontrollü ve az hatayla çekilebilir. Ayrıca arka plan sabit kaldığı için istenmeyen yansıma ve gölgelerin önüne geçilebilir.

3B fotogrametri ile yapılan rekonstrüksiyon uygulamalarında şeffaf ve parlak yüzeyli nesnelerin algılanabilirliğini artırmak ve yüzey yansımalarının önüne geçmek için yüzey kaplama ve markalama işlemleri yapılmaktadır. Yüzeylerin bir toz malzemeye veya matlaştırıcı spreyle kaplanması ile yapılan uygulamalarda geometrik doğruluğun belirgin ölçüde arttığı bilinmektedir. Kaplama uygulaması diğer 3B tarama tekniklerinde de elde edilen 3B modelin geometrik hassasiyetini artırmak için de uygulanmaktadır.

Fotoğraf çekimi fazı için önerileri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

- Eğer mümkünse kameranın sabit nesnenin kendi eksenini etrafında döndüğü, dolayısıyla arka plan, aydınlatma, odaklama problemlerinin en aza indirildiği nesne hareketli / kamera sabit tekniği kullanılmalıdır.
- Eğer dış ortam çekimleri yapılacaksa ışığın yeterli ve tutarlı olduğu bir yerde fotoğraf çekilmelidir. Ortam şartları dikkate alınarak gün ışının uygun olduğu bir zaman diliminde çekimler yapılmalıdır.
- Çekimler planlanırken bütün fotoğraf açıları dikkate alındığında nesne üzerine herhangi bir gölgenin ve yansımanın düşmemesi hesaplanmalıdır.
- Fotoğraf çekimi esnasında nesne ve kamera hareket ettirilmemelidir. Arka planda hareketli unsurlar olmamalıdır.
- Fotoğrafı çekilen nesne veya ortamın modellenmek istenen bütün yüzeylerinin fotoğraflarının çekildiğinden emin olunmalıdır. Fotoğraflanmayan yüzeyler 3B modelde genellikle delik şeklinde modellenmekte ve geometrik doğruluğu azaltmaktadır.
- Nesnenin şekline göre kendi üzerine gölge düşürüyorsa bu kısımlar ayrıca aydınlatılabilir. Gölge kısımlar 3B modele tümsek şeklinde yansımakta ve geometrik doğruluğu azaltmaktadır.
- Fotoğrafı çekilen nesne doğru aydınlatılmaz ve gölgelerden arındırılmazsa modelleme yazılımları tarafından çekilen resimler kabul edilmeyebilir ve bu durum modellenme prosesinin başlamamasına neden olabilir.
- Aydınlatmada nesne üzerinde gölge oluşumuna izin vermeyen yumuşak aydınlatma kaynakları kullanılmalıdır. Gerekliyse nesne üzerine düşen ışığı yumuşatmak için özel ekipmanlar kullanılmalı.
- Detaylı modelleme için yüksek çözünürlük ayarı tercih edilmelidir.

- Modellenmek istenen nesne fotoğraf çerçevesine mümkün olduğunca sığdırılmalıdır. Modellenmek istenmeyen kısımlar fotoğraf içinde mümkün olduğunca az yer kaplamalıdır.
- Fotoğraf makinesinin mümkün olduğunca nesneye yakın tutulması daha başarılı modeller elde etmemizi sağlayacaktır. Eğer çok gerekli değilse fotoğraf makinesi ile yakınlaştırma (zoom in) yapılmamalıdır.
- Çekilen fotoğrafların birbiri ile en az %60 örtüşmesine dikkat edilmelidir. Bu değer geometrik detayı çok olan objelerde daha yüksek (%80-90) tutulmalıdır.
- Parlak ve şeffaf nesnelerin yüzeyleri fotoğraflamadan önce uygun bir kaplama prosesi ile kaplanmalıdır.

3B fotogrametri çalışmaları günümüzde akıllı telefonlarla da yapılabilmektedir [13, 20, 31, 32]. Fotoğraf çekimi esnasında çekim açısı, aydınlatma gibi hususlarda kullanıcıları yönlendiren telefon uygulamaları fotoğraf çekimindeki hataları kısmen engelleyebilmektedir. Ancak, genellikle rekonstrüksiyon başarısı profesyonel fotoğraf makineleri kullanılarak yapılan uygulamalara göre daha geri kalmaktadır.

FOTOGRAMETRİNİN DAYANDIĞI MATEMATİKSEL DENKLEMLER

Kamera tarafından kaydedilen görüntü ışınlarını temsil etmek için hem analitik hem de dijital fotogrametrik çözüm, matematiksel modeller kullanır. Doğru fotogrametrik çözümler tüm iç ve dış yönlendirme parametrelerini içermelidir. Bunun için her yön parametresi modellenmelidir. İç yönlendirme parametreleri, kamera odak uzaklığını ve fotoğraf ana noktasının konumunu içerir. Dış yönlendirme parametreleri, kamera konumu koordinatlarını (X, Y, Z) ve üç yönlendirme açısını (ω , φ , κ) içerir. Görüntü ışınının görüntü noktası, pozlama istasyonu ve zemin noktasından geçen düz bir çizgi olduğu varsayılır. Kolinearite denklemleri olarak adlandırılan fotogrametrinin dayandığı temel matematiksel denklemler, kameradaki görüntünün koordinat sistemini fotoğrafı çekilen nesne ile birleştirmekten sorumludur (Denklem (1) - (3)).

$$\begin{pmatrix} x_n & - & x_0 \\ y_n & - & y_0 \\ -c & & \end{pmatrix} = \lambda M \begin{pmatrix} X_n & - & X_0 \\ Y_n & - & Y_0 \\ Z_n & - & Z_0 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$x_n - x_0 = -c \frac{m_{11}(X_n - X_0) + m_{12}(Y_n - Y_0) + m_{13}(Z_n - Z_0)}{m_{31}(X_n - X_0) + m_{32}(Y_n - Y_0) + m_{33}(Z_n - Z_0)} \quad (2)$$

$$y_n - y_0 = -c \frac{m_{21}(X_n - X_0) + m_{22}(Y_n - Y_0) + m_{23}(Z_n - Z_0)}{m_{31}(X_n - X_0) + m_{32}(Y_n - Y_0) + m_{33}(Z_n - Z_0)} \quad (3)$$

Burada λ = ölçeklendirme faktörü; M = dönme matrisi; X_0 , Y_0 ve Z_0 = nesnenin uzaydaki perspektif merkezinin konumu; ve sırasıyla görüntü düzleminde ve nesne uzayında $p_n = (x_n, y_n)^T$ ve $P_n = (X_n, Y_n, Z_n)^T$ = hedef n koordinatlarıdır. Cebirsel olarak düzenlenen yukarıdaki denklem, nesneler uzayındaki n 'inci varış noktasının konumuna görüntü düzleminde karşılık gelen nokta ile ilişkilendiren doğrusallık denklemlerini üretir.

$$m_{11} = \cos \phi \cos \kappa \quad (4)$$

$$m_{12} = \sin \omega \sin \phi \cos \kappa + \cos \omega \sin \kappa \quad (5)$$

$$m_{13} = -\cos \omega \sin \phi \cos \kappa + \sin \omega \sin \kappa \quad (6)$$

$$m_{21} = -\cos \phi \sin \kappa \quad (7)$$

$$m_{22} = -\sin \omega \sin \phi \sin \kappa + \cos \omega \cos \kappa \quad (8)$$

$$m_{23} = \cos \omega \sin \phi \sin \kappa + \sin \omega \cos \kappa \quad (9)$$

$$m_{31} = \sin \phi \quad (10)$$

$$m_{32} = -\sin \omega \cos \phi \quad (11)$$

$$m_{33} = \cos \omega \cos \phi \quad (12)$$

Buradaki m_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$) = nesne uzayındaki Euler oryantasyon açılarının (ω, ϕ, κ) fonksiyonları olan dönüş matrisi M 'nin elemanlarıdır (Denklem (4)–(12)).

Görüntünün düzlemi, küresel uzayda analitik olarak X, Y ve Z koordinatlarına dönüştürülebilir. Fotogrametri algoritmasının hem iç hem de dış yönelimlerin tanımlarına dayandığına dikkat edilmelidir. Bir fotoğraf sisteminde, bir kameranın iç parametreleri biliniyorsa, herhangi bir uzamsal nokta, yansıtılan iki ışık huzmesinin kesişmesiyle sabitlenebilir.

Fotogrametri ölçüm hatalarına neden olan iki ana faktör vardır. Birincisi mercek (lens) bozulmasından kaynaklanan sistem hatası; ikincisi insan faktörlerinden kaynaklanan operatör hatasıdır. Sistem hatası mercek bozulmasından kaynaklanır ve düzlemde görüntüdeki bir noktanın gerçek konumundan (x, y) bozulmuş bir konuma geçmesine neden olur. Görüntüdeki herhangi bir noktanın koordinatları Denklem (13)–(14) ile telafi edilebilir. Mercekte en büyük hata yansıtılan görüntünün noktasında meydana gelir. Bu nedenle, dx, dy denklemlerle ayrılabilir (Denklem (15)–(16)).

$$x'_n = x_n + dx \quad (13)$$

$$y'_n = y_n + dy \quad (14)$$

$$dx = dx_r + dx_d \quad (15)$$

$$dy = dy_r + dy_d \quad (16)$$

Teorik olarak, iki farklı fotoğrafta çekilen bir nokta, o noktanın 3B koordinatlarının ayarlanması için yeterlidir. Ancak fotoğrafı çeken kişi noktaların işaretlenmesinde rastgele hataya yol açabilir.

FOTOGRAMETRİ İLE ÜÇ BOYUTLU TARAMADA KULLANILAN BİLGİSAYAR YAZILIMLARI VE TELEFON UYGULAMALARI

Günümüzde fotogrametri için kullanabileceğimiz ücretsiz ve ücretli birçok bilgisayar yazılımı mevcuttur. Açık kaynaklı ücretsiz yazılımlar birçok

kullanıcı tarafından tercih edilirken; sundukları bulut hizmeti, düzenleme araçları gibi avantajları nedeniyle bazı firmaların geliştirdiği ücretli yazılımlar da tercih edilebilmektedir. Ücretli yazılımların bir kısmı tek seferlik yazılım ücretiyle edinilebilirken; bir kısmı aylık veya yıllık aboneliklerle kullanıcılara sunulmaktadır. Yazılımlar bilgisayarlarımızda Windows, Linux, macOS gibi işletim sistemlerinin yanı sıra Android ve IOS gibi telefon ve tabletlerde kullanılan işletim sistemleri için de mevcuttur. Ücretli yazılımların bazıları belli fotoğraf sayıları altında veya belli adetin altında modelleme uygulamaları için ücretsiz kullanım sunmaktadırlar. Bununla birlikte bazı ücretli yazılımlar eğitici ve/veya öğrenciler için belli sınırlar dahilinde ücretsiz hizmet sunmaktadırlar.

Yazılımlar, rekonstrüksiyon için kullanıcılara iki farklı servis seçeneği sunmaktadırlar. Birincisi, rekonstrüksiyon sürecinin baştan sona kişisel bilgisayarımızda gerçekleştirildiği; fotoğrafların yüklenmesi, 3B modelin üretilmesi ve modelin indirilmesi adımlarını içeren seçenektir. İkinci seçenekte ise bilgisayarımız, fotoğrafların sadece yüklendiği ve 3B modelin bilgisayarımıza indirildiği bir cihaz olarak kullanılmakta; 3B modelin rekonstrüksiyonu ise bulut üzerinden yapılmaktadır. Her iki seçeneğin de belli avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Bulut tabanlı 3B modelleme de detaylı analizler yapmak ve modellemeye müdahale etmek mümkün değilken, rekonstrüksiyon prosesini işlemci, RAM, ekran kartı gibi bilgisayarımızdaki donanımları kullanarak gerçekleştiren yazılımlar genelde daha fazla kontrol ve prosese müdahale imkanı sunmaktadırlar. Ayrıca bulut hizmeti kullanılmadığından dolayı rekonstrüksiyon işlemi için internet bağlantısına gerek yoktur. Bulut tabanlı yazılımlarda yüksek kaliteli çok sayıda fotoğrafın internet üzerinden buluta yüklenmesi uzun sürebilmektedir. Ayrıca bulut üzerinden verilen hizmetlerde kimi zaman yoğunluk yaşanabilmekte ve rekonstrüksiyonun başlaması uzun sürebilmektedir. Bununla beraber bulut hizmeti sunan yazılımlarda rekonstrüksiyon işlemi bilgisayarımızda gerçekleşmediği için bu yazılımlar bize yüksek donanımlı bilgisayarlar olmadan da 3D fotogrametri ile modelleme imkanı sunmaktadırlar. Rekonstrüksiyon için kullanılacak bilgisayarların ekran kartı, bilgisayar işlemcisi ve bellek gibi donanımlarının üst seviyede olması gerekmektedir. Bulut destekli modelleme hizmeti sunan yazılımlar sayesinde 3B modelleme için bilgisayarımızda herhangi bir işlem yükü oluşmamakta, böylece ilk yatırım maliyetleri daha düşük olan bir 3B fotogrametri süreci yürütülebilmektedir. Ayrıca kullandığımız bilgisayar ile karşılaştırıldığında ve rekonstrüksiyon boyutunu dikkate aldığımızda yapacağımız uygulamaya göre değişmekle beraber 3B modelin oluşturulma süreci daha hızlı tamamlanabilmektedir.

Yazılımlar, bir objenin farklı açılardan ve yeterli sayıda çekilmiş fotoğraflarını kullanarak Object veya Close-Range modunda 3B

rekonstrüksiyonlar üretmeyi mümkün kılarken; Aerial veya UAV modunda dronlarla elde edilen görüntülerden 3B rekonstrüksiyonlar oluşturabilmektedirler. Bazı yazılımlar Aerial ve Close-Range modlarından ikisine de sahiptirler. Her yıl bir yenisi eklenen 3B tarama ve 3B fotogrametri için geliştirilen yazılımlarla ilgili yazılım firmaları yeni çalışmalar ve sürekli güncellemeler yapmakta, çeşitli bilgisayar ve telefon işletim sistemlerine uyumlu çalışan versiyonlar yayınlamaktadır. Aşağıdaki tabloda 3B fotogrametri uygulamalarında kullanabileceğimiz ücretli ve ücretsiz mevcut yazılımlardan bazılarına yer verilmiştir. Ayrıca 3B fotogrametri alanında en sık kullanılan ücretsiz açık kaynaklı Meshroom yazılımı, bulut desteği ile modelleme imkanı sunan Autodesk ReCap yazılımı ve LiDAR'lı telefonlar için hem fotoğraf hem de LiDAR kullanarak 3B modelleme imkanı sunan 3D Scanner telefon uygulaması ile ilgili daha geniş bilgi aşağıda sunulmuştur.

Fotogrametri yazılımları her ne kadar birbirine benzese de her yazılımın özelleşmiş araçları ve sunduğu farklı hizmetler vardır. Bu hizmetler sayesinde elde edilen modeller yeniden düzenlenebilir, retopolojize edilebilir, mesh yoğunluğu ayarlanabilir, hatta bozuk yüzey, delik ve tümsekler gibi bazı kusurlar onarılabilir. Modelde istenmeyen arka plana ait kısımlar çıkartılabilir. Bu işlemler, eğer kullanılan yazılımlar dahilinde yapılamıyorsa, üretilen 3B model yazılımın izin verdiği formatlarda “export” seçeneği ile dışa aktarılabilir; çeşitli 3B modelleme veya özelleşmiş mesh tamir yazılımları kullanılarak yapılabilir. Bu nedenle 3B fotogrametri yöntemi kullanıcılarının Bilgisayar Destekli Tasarım alanında deneyimli olmaları bu tekniği daha verimli bir şekilde kullanabilmelerini sağlayacaktır.

Tablo 1: 3B fotogrametri uygulamaları için bazı bilgisayar yazılımları ve telefon uygulamaları

Yazılım	Tip	İşletim Sistemi	Kullanım Ücreti
3DF Zephyr	Aerial, Close-Range	Windows	300\$/Ay
3D Scanner	Close-Range	iOS, macOS	Ücretsiz
Agisoft Metashape	Aerial, Close-Range	Windows, macOS, Linux	179\$
Autodesk ReCap	Aerial, Close-Range	Windows	360\$/Yıl
DroneDeploy	Aerial	Windows, macOS, Android, iOS	329\$/Ay

Meshroom	Aerial, Close-Range	Windows, Linux	Ücretsiz
MicMac	Aerial, Close-Range	Windows, macOS, Linux	Ücretsiz
OpenMVG	Aerial, Close-Range	Linux, Windows, MacOS	Ücretsiz
PhotoCatch	Close-Range	iOS, macOS	Ücretsiz
Pix4Dmapper	Aerial	Windows, macOS, Android, iOS	260\$/Ay
RealityCapture	Aerial, Close-Range	Windows, iOS	3500 PPI kredisi için 10\$ veya limitsiz 3,750\$, iOS ücretsiz
Regard3D	Aerial, Close-Range	Windows, macOS, Linux	Ücretsiz
VisualSFM	Aerial, Close-Range	Windows, macOS, Linux	Ücretsiz

Meshroom

Meshroom, AliceVision çatısı altında ücretsiz, açık kaynaklı bir 3B rekonstrüksiyon yazılımıdır. Meshroom, hem bilimsel araştırmalarda hem de endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Linux ve Windows işletim sistemleri için kullanım seçeneği sunmaktadır.

Meshroom'u kullanmak için görüntüleri yazılıma sürükleyip bırakmak yeterlidir. Yazılım meta verilerini tarar ve 3D görüntüyü işlemeye başlar. Yazılım yüklenen fotoğrafları tek tek analiz edebilmemize ve fotoğrafların hangi kısmı temsil ettiğini inceleyebilmemize imkan verir. Bu da yürütülen çalışmada kontrolümüzü artırır ve bize müdahale etme olanağı sunar.

Yüklenen fotoğrafların yüksek kalitede olması daha detaylı mesh modellerin üretilmesi için önemlidir. Gölge ve parlak yüzeyler diğer yazılımlarda olduğu gibi modellemeyi olumsuz etkileyebilir; hatta yazılım rekonstrüksiyon başlamadan hata mesajı verebilir. Yazılımın bulut desteği bulunmamaktadır. Bu yüzden bütün rekonstrüksiyon süreci bilgisayarımızda gerçekleşir. Bu nedenle kullanılan bilgisayarın donanımlarının 3B rekonstrüksiyon uygulamaları için gerekli yeterlilikte olması gerekmektedir. Meshroom'un tam performanslı kullanılabilmesi için NVIDIA CUDA özellikli bir GPU (Grafik İşlemci Birimi) önerilmektedir.

Meshroom ile elde edilen modeller daha sonra retopoloji için Maya veya Blender'a özel plugin'ler ile aktarabilmektedir. Retopolojiden sonra modellere Meshroom'da yeniden dokular eklenebilmektedir. Meshroom'da özel işlem hatları oluşturulabilir ve varsayılan şablon olarak kullanılabilir. Meshroom açık kaynaklı bir yazılım olduğu için kod üzerinden özelleştirmeler yapmak mümkündür.

Autodesk ReCap

ReCap, coğrafi konumlu dokulu mesh modeller, nokta bulutları ve ortofotolar oluşturmak için gelişmiş özelliklere sahip bulut tabanlı Autodesk firmasına ait bir yazılımdır. ReCap Photo, Object ve UAV olmak üzere iki farklı seçenekte hizmet vermektedir. Böylece karasal çekimler ve UAV çekimleri ile 3B model üretebilme kabiliyetine sahiptir. Yazılım bulut tabanlı çalıştığı için yüksek bilgisayar donanımlarına ihtiyaç duymaz. Yüklenen fotoğraflar bilgisayar üzerinden buluta aktarılır ve modelleme işlemi bilgisayarımızın haricinde gerçekleşir. Rekonstrüksiyonu yapılmış 3B model işlem bittiğinde bilgisayarımıza indirilir. Yazılım aylık, yıllık ve 3 yıllık ödeme seçenekleri ile sunulmaktadır. Ücretsiz versiyonu ile firma, eğitimci ve öğrenciler için 100 fotoğraf limiti ile rekonstrüksiyon imkanı sunmaktadır.

RCM formatında dosyalar üreten yazılım, “export” seçeneği ile OBJ, STL, FBX, Quads formatlarında çıktılar verebilmektedir. Ayrıca ağ görüntüleme ve düzenleme için güçlü araçlara sahiptir. Retopoji, ölçekleme, yüzey pürüzlülüğünü gidermek ve delikleri onarmak için kullanılan gelişmiş mesh tamir araçlarının yanı sıra ürettiğimiz modeli orijinal CAD modeli veya başka ürettiğimiz bir modelle geometrik olarak kıyaslamamıza imkan veren “Difference Analysis” aracını da yazılım içinde sunmaktadır. Bu araç sayesinde sapma analizleri yapmak mümkündür. Böylece geometrik sapmaların dağılımları renk skalaları dahilinde model üzerinde görülüp maksimum-minimum sapmalar sayısal olarak analiz edilerek oluşturulan 3B rekonstrüksiyonların başarisı değerlendirilebilir.

3D Scanner

3D scanner, yüksek çözünürlüklü ve dokular dahil olmak üzere 3B modeller oluşturmak için fotoğrafları ve videoları gerçek zamanlı olarak işleyebilen bir iOS uygulamasıdır. Tarama sonucunu, OBJ, USDZ ve STL gibi çeşitli formatlarında dışa aktarmak mümkündür. Aynı zamanda taramalar, iMessage aracılığıyla paylaşılabilmektedir. Uygulama Apple mağazasından indirilebilmekte ve ücretsiz bir şekilde kullanılabilmektedir. Uygulamanın hem fotogrametri ile kullanımı hem de LiDAR (Light Detection and Ranging) ile kullanımı mümkündür. Uygulama açıldıktan sonra fotogrametri yönteminin seçilmesi istenir. Daha sonra farklı açılardan fotoğrafların çekilmesi istenir ve modelleme prosesi başlatılır.

Uygulamanın sunduğu bir diğer seçenek LiDAR ile 3B rekonstrüksiyon seçeneğidir. Bu seçenek için kullanılan cihazın LiDAR donanımına sahip olması gerekmektedir. Apple firmasının iPad Pro, iPhone'nun Pro ve ProMax versiyonlu cihazlarında bu özellik bulunmaktadır. LiDAR ile yapılan uygulamalarda cihaz, taranacak model veya ortam üzerinde dolaştırılarak 3B modeller oluşturulmaktadır. Bu esnada eşzamanlı olarak mesh modelin oluşturulması gözlemlenebilmektedir. Buna göre cihazın hareket ettirilme hızı ayarlanabilir. LiDAR ile yapılan taramaların küçük ve ince nesnelerde çok başarılı olmadığı gözlemlenmiştir. Bununla beraber LiDAR özelliği sayesinde bir yapının iç ve dış kısımları aynı çalışma kapsamında taranabilmesi ve foto-gerçekçi dokuların bu modele eklenebilmesi büyük bir avantaj sağlamaktadır. Ancak bu yöntemin geometrik doğruluğu ile ilgili yeni çalışmaların yapılması gerekmektedir. Uygulamada poligon sayısının ayarlanması, hassasiyet ve fotoğraf çözünürlüğü ayarları gibi 3B modelin oluşturulması ile ilgili çeşitli ayarlar mevcuttur. Yapılan uygulamalarda elde edilen model mesh poligon modeli, dokulu model olarak görüntülenebilmekte ve kaydedilebilmektedir.

SONUÇ

3B fotogrametri, farklı açılardan çekilen fotoğraflarla bir nesne, ortam veya bölgenin 3B modelinin üretilmesi için kullanılan ve pahalı 3B tarama yöntemleri için bir alternatif olarak değerlendirilen bir 3B rekonstrüksiyon yöntemidir. Bu yöntem, geometrik hassasiyetin çok önemli olduğu durumlarda biraz geri plana düşse de ucuz oluşu, portatifliği, geniş alanların ve büyük nesnelerin taranabilmesi, foto-gerçekçi dokulu modellerin üretilmesi, pratik oluşu ve birçok bilgisayar yazılımı ve telefon uygulaması ile kullanılabilmesi gibi özellikleri dikkate alındığında tercih sebebi olmakta ve giderek popülerliğini artırmaktadır.

İlk başlarda sadece harita oluşturmak için kullanılan fotogrametrinin günümüzde geldiği nokta yöntemin gelecekteki durumuna da ışık tutmaktadır. Günümüzde artık tersine mühendislik, arkeoloji, mimarlık, biyomedikal, tıp, adli tıp gibi alanlarda kullanılan yöntem artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, karma gerçeklik, sinema ve oyun yapımı alanlarında da yerini almış bulunmaktadır. Optik teknolojisinde yaşanan gelişmeler ve fotoğraf kalitesinin artmasına ek olarak yüksek çözünürlükte çekim yapabilen küçük boyutlu, kameralı İHA'larla beraber 3B fotogrametrinin uygulama alanları genişlemiş ve uygulamalar daha kolay yapılabilir bir hale gelmiştir.

Çizim programları ile modellenmesi zor olan serbest-formlu nesnelerin kolay bir şekilde modellenmesine olanak sağlayan 3B fotogrametri,

yine serbest-formlu ve detaylı geometrili nesnelerin üretimine mümkün kılan, günümüz eklemeli imalat (3B baskı) teknolojileriyle beraber kullanılmaya da oldukça uygundur. Teknolojik ilerlemelerle birlikte gelecekte fotogrametrinin görsellik ve modelleme üzerine her alanda kullanımının daha da yaygınlaşacağı, özellikle birçok projede kullanılan 3B veri bankaları ve metaverse gibi sanal dünyalarda foto-gerçekçi model ihtiyacının karşılanmasında etkin bir rol oynayacağı anlaşılmaktadır. Bununla birlikte yazılım alanında yapılabilecek bazı geliştirmeler bulunmaktadır. Geometrik doğruluğun daha üst seviyelere çıkarılması ile 3B fotogrametri yöntemi tersine mühendisliğin kullanıldığı birçok alanda çok daha yaygın ve etkili bir şekilde kullanılabilir.

REFERANSLAR

- [1] Rahlf, J., Breidenbach, J., Solberg, S., Næsset, E., & Astrup, R. (2017). Digital aerial photogrammetry can efficiently support large-area forest inventories in Norway. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 90(5), 710-718.
- [2] Güngör, R., Melis, U. Z. A. R., Bilal, A. T. A. K., YILMAZ, O. S., & Gümüş, E. Orthophoto production and accuracy analysis with UAV photogrammetry. *Mersin Photogrammetry Journal*, 4(1), 1-6.
- [3] Khalloufi, H., Azough, A., Ennahnahi, N., & Kaghat, F. Z. (2020). Low-cost terrestrial photogrammetry for 3d modeling of historic sites: A case study of the marinids' royal necropolis city of fez, morocco. *Mediterr. Archaeol. Archaeom*, 20, 257-272.
- [4] Ali, U. L. V. İ., YİĞİT, A. Y., & Yakar, M. (2019). Modeling of Historical Fountains by Using Close-Range Photogrammetric Techniques. *Mersin Photogrammetry Journal*, 1(1), 1-6.
- [5] Moon, D., Chung, S., Kwon, S., Seo, J., & Shin, J. (2019). Comparison and utilization of point cloud generated from photogrammetry and laser scanning: 3D world model for smart heavy equipment planning. *Automation in Construction*, 98, 322-331.
- [6] Daneshmand, M., Helmi, A., Avots, E., Noroozi, F., Alisinanoglu, F., Arslan, H. S., ... & Anbarjafari, G. (2018). 3d scanning: A comprehensive survey. *arXiv preprint arXiv:1801.08863*.
- [7] Ruiz, R. M., Torres, M. T. M., & Allegue, P. S. (2021). Comparative Analysis Between the Main 3D Scanning Techniques: Photogrammetry, Terrestrial Laser Scanner, and Structured Light Scanner in Religious Imagery: The Case of The Holy Christ of the Blood. *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*, 15(1), 1-23.
- [8] Marín-Buzón, C., Pérez-Romero, A., López-Castro, J. L., Ben Jerbania, I., & Manzano-Agugliaro, F. (2021). Photogrammetry as a new scientific tool in archaeology: Worldwide research trends. *Sustainability*, 13(9), 5319.
- [9] SARICAOĞLU, T., & Kaya, N. K. A combined use of image and range-based data acquisition for the three-dimensional information mapping archaeological heritage. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(1), 1-9.
- [10] Carnevali, L., Ippoliti, E., Lanfranchi, F., Menconero, S., Russo, M., & Russo, V. (2018). Close-range mini-UAVs photogrammetry for architecture survey. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 42, 2.
- [11] KARABÖRK, H., KARASAKA, L., MAKİNECİ, B., TANRIVERDİ, A., YENER, B., ULUTAŞ, N., & ÖZTÜRK, F. N. (2019). 3D Modelling of

Geometric Triangle Construction Elements in Indoor Spaces: A Case Study for Tahir and Zühre Masjid. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 6(1), 135-138.

- [12] Yilmaz, H. M., Yakar, M., Gulec, S. A., & Dulgerler, O. N. (2007). Importance of digital close-range photogrammetry in documentation of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 8(4), 428-433.
- [13] Döş, M. E., Yiğit, A. Y., & Uysal, M. Documenting historical monuments using smartphones: a case study of Fakih Dede Tomb, Konya. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(2), 53-60.
- [14] Kanun, E. Using photogrammetric modeling in reverse engineering applications: Damaged turbocharger example. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(1), 21-28.
- [15] Kanun, E., Kanun, G. M., & Yakar, M. 3D modeling of car parts by photogrammetric methods: Example of brake discs. *Mersin Photogrammetry Journal*, 4(1), 7-13.
- [16] Riveiro, B., Caamaño, J. C., Arias, P., & Sanz, E. (2011). Photogrammetric 3D modelling and mechanical analysis of masonry arches: An approach based on a discontinuous model of voussoirs. *Automation in Construction*, 20(4), 380-388.
- [17] Armesto, J., Lubowiecka, I., Ordóñez, C., & Rial, F. I. (2009). FEM modeling of structures based on close range digital photogrammetry. *Automation in Construction*, 18(5), 559-569.
- [18] Taqriban, R. B., Ismail, R., Ariyanto, M., & Putra, A. F. Y. S. (2019, December). 3D model of photogrammetry technique for transtibial prosthetic socket design development. In *2019 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)* (pp. 456-461). IEEE.
- [19] Struck, R., Cordoni, S., Aliotta, S., Pérez-Pachón, L., & Gröning, F. (2019). Application of photogrammetry in biomedical science. *Biomedical Visualisation*, 121-130.
- [20] Surmen, K., Ortes, F., & Arslan, Y. Z. (2016). Design and production of subject specific insole using reverse engineering and 3D printing technology. *Int J Eng Sci Invent*, 5(12), 11-15.
- [21] Ey-Chmielewska, H., Chruściel-Nogalska, M., & Frączak, B. (2015). Photogrammetry and its potential application in medical science on the basis of selected literature. *Adv Clin Exp Med*, 24(4), 737-41.
- [22] Barbero-García, I., Lerma, J. L., Miranda, P., & Marqués-Mateu, Á. (2019). Smartphone-based photogrammetric 3D modelling assessment by comparison with radiological medical imaging for cranial deformation analysis. *Measurement*, 131, 372-379.

- [23] Villa, C. (2017). Forensic 3D documentation of skin injuries. *International journal of legal medicine*, 131(3), 751-759.
- [24] Tadeja, S. K., Lu, Y., Rydlewicz, M., Rydlewicz, W., Bubas, T., & Kristensson, P. O. (2021). Exploring gestural input for engineering surveys of real-life structures in virtual reality using photogrammetric 3D models. *Multimedia Tools and Applications*, 80(20), 31039-31058.
- [25] Silva-Bolíva, J., Silva-Bolívar, G. J., Cataño-Ospina, A. M., & Arenas-Becerra, L. Y. (2019, December). Photogrammetry for the reconstruction of realistic visual landscapes that serve for the creation of scenographies in audiovisual and multimedia products. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1418, No. 1, p. 012006). IOP Publishing.
- [26] Pappas, G., Petrides, A., Liapis, V., & Siegel, J. (2022). Ancient Theater Of Philippi: A 3d Photogrammetry-Based Game For Distance Humanities Learning. In *INTED2022 Proceedings* (pp. 3590-3597). IATED.
- [27] Bot, J. A., Irschick, D. J., Grayburn, J., Lischer-Katz, Z., Golubiewski-Davis, K., & Ikeshoji-Orlati, V. (2019). Using 3D photogrammetry to create open-access models of live animals: 2D and 3D software solutions. *Grayburn et al., eds. D*, 3, 54-72.
- [28] Nikolakopoulos, K. G., Soura, K., Koukouvelas, I. K., & Argyropoulos, N. G. (2017). UAV vs classical aerial photogrammetry for archaeological studies. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 14, 758-773.
- [29] Surmen, H. K., & Yaman, H. (2018). Image-based 3D Scanning: System Setup and Operations for Two Different Model Approaches. *The Eurasia Proceedings of Science Technology Engineering and Mathematics*, (4), 103-107.
- [30] Yiğit, A. Y., & Ali, U. L. V. İ. (2020). İHA fotogrametrisi tekniği kullanarak 3B model oluşturma: Yakutiye Medresesi Örneği. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2(2), 46-54.
- [31] Asadpour, A. (2021). Documenting Historic Tileworks Using Smartphone-based Photogrammetry. *Mersin Photogrammetry Journal*, 3(1), 15-20.
- [32] Dabove, P., Grasso, N., & Piras, M. (2019). Smartphone-based photogrammetry for the 3D modeling of a geomorphological structure. *Applied Sciences*, 9(18), 3884.

“

Bölüm 12

RADYAL FAN PERFORMANS ANALİZİ İÇİN AMCA 210 STANDARDINDA DÜZENEK KURULUMU VE DÜZELTİCİNİN ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Doruk Doğruoğlu^{1, 2}

Alaattin Metin Kaya³

”

¹ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye

² Kalıp Proje Uzmanı, Coşkunöz Kalıp Makina A.Ş., Bursa, Türkiye

³ Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye, alat-tinkaya@uludag.edu.tr

1. GİRİŞ

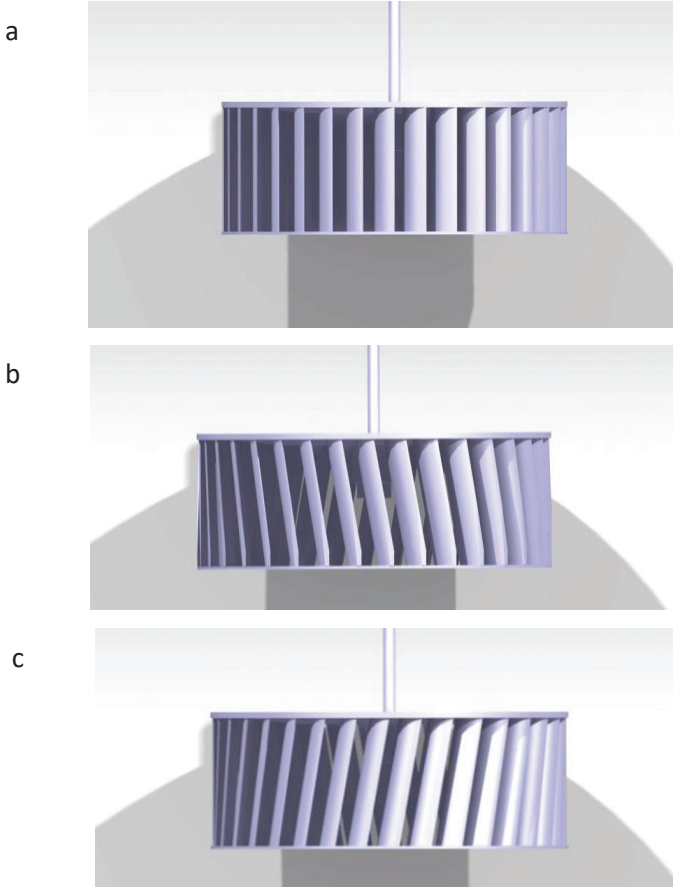
Fanlar, akışkanları gaz ya da sıvı olması fark etmeksizin bulunduğu konumdan istenen konuma ileten turbomakinelerdir. Bu makineler ilettiği akışkana göre çeşitlere ayrıldığı gibi iletim geometrisine göre de çeşitlenmekte ve bu isimlerle anılmaktadır. Bu çalışmada konu olan çeşit, merkez ekseninden aldığı akışkanı dairesel olarak hızlandıran radyal fanlardır.

Radyal fanlar kanatçık uçlarının durumuna göre tam radyal, geriye dönük ve ileriye dönük (sirocco) olarak isimlendirilmektedir [1]. Ancak uygulamalarda kanatçıklarının yan taraflarına da açı verilmesi uygulaması yaygın olmakla birlikte literatürde bu konu ile ilgili çalışma eksikliği mevcuttur. Bu tip yanal açıya sahip radyal fanlar uygulamada kaynak aspiratörleri, yol süpürgeleri ve diğer özel saha uygulamalarının içerisinde kullanılmaktadır. Bu uygulamaların tasarım aşamasında tamamen deneme yanılma yöntemi ya da basit bir diğer ürünler ile kıyas yapılarak fan geometrisi ortaya çıkmaktadır. Saha uygulamalarına örnek teşkil edecek bir fan çarkı görüntüsü Şekil 1 de görülebilir.



Şekil 1. Yol Süpürgesi Emiş Fan Çarkı

Bu şekilde görülen fan çarkı öndeki plakaya saat yönünün tersine dönük yanal kanatçık açısına sahip kanatçıklarla bağlı olduğu için bu çalışmada bu yapı negatif açığa sahip, tersi yapı pozitif açığa sahip ve açısız (dik) kanatçıklara sahip yapı tam radyal olarak adlandırılmaktadır. Bu üç çeşit yanal kanatçık açısı seçeneğinin üst görünüşleri Şekil 2 de görülmektedir.



Şekil 2. (a) Açısız, (b) $+10^\circ$ ve (c) -10° Yanal Kanatçık Açısına Sahip Fan Çarklarının Üst Görünüşleri

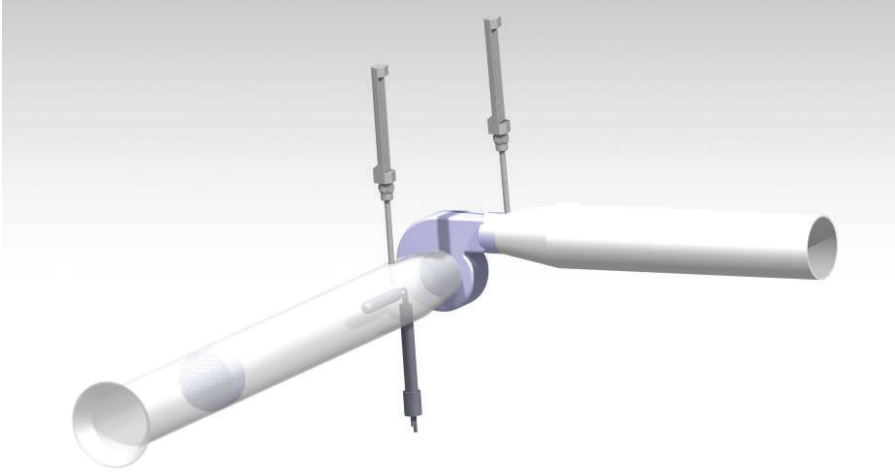
Ancak bu çalışmaların matematiksel modellerinin yapılarak yanal kanatçık üzerine çalışma yapmanın yolu mevcut tam radyal yapıya sahip radyal fanların doğrulamasının yapılmasıdır. Matematiksel model ile deney düzeneği özdeş olmalı ve güvenilirliğe sahip olmalıdır. Bu güvenilirliğe sahiplik ancak standart yapılarla sağlanabileceğinden literatür araştırmasında da yaygın olarak kullanıldığı görülen [2]-[3]-[4], uluslararası kabul görmüş AMCA 210 standardı [5] fan performansının ölçümü için kullanılacak düzeneğin tasarımının kaynağı olarak seçilmiştir.

Bu standart içinden seçilen düzenek kurulduğunda düzelticinin hava hızına etkisinin büyük olduğu görülerek doğrulama ölçümünün

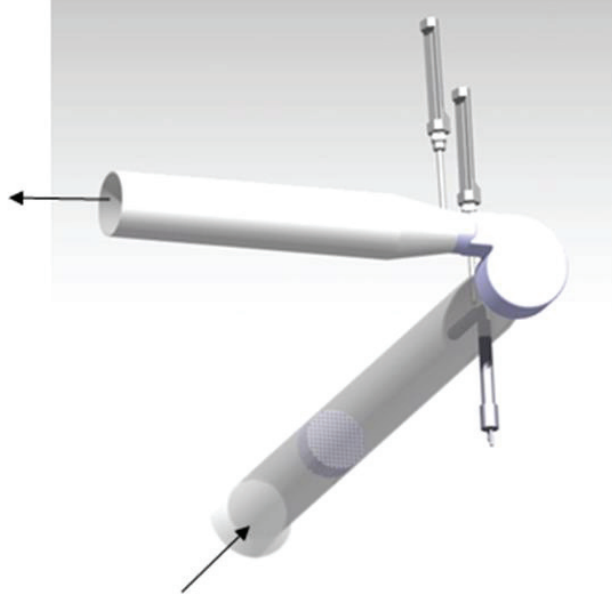
düzelticisiz de yapılması ve düzelticinin etkisinin incelenmesine karar verilmiştir.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

“ANSI/AMCA-210: Fanların Derecelendirilmesi Testleri için Laboratuvar Yöntemleri” Standardı ve deney düzeneği üretim sınır koşullarına göre 110 mm çapa sahip ileriye dönük uçlu yanal kanatçık açısı bakımından tam radyal 34 kanatçıklı fan için, Şekil 3 ve Şekil 4’de görülen Bilgisayar Destekli Tasarım Programı (CATIA V5R21) yardımı ile modellenmiş deney düzeneği bu tip çalışmalarda [6]-[7]-[8]-[9]-[10]-[11]-[12]-[13] yapıldığı gibi oluşturulmuştur ve doğrulama etabında literatüre uygun metot izlenmiştir.



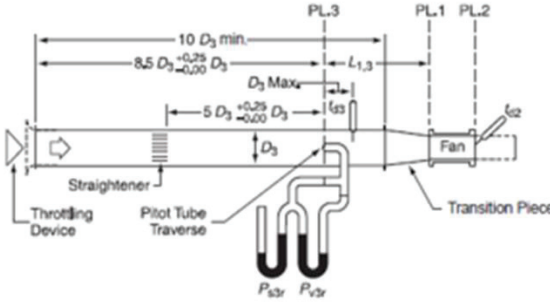
Şekil 3. Deney Düzeneği Görünümü



Şekil 4. Deney Düzeneği Alttan Görünümü

Lüleden hava akışının başlamasının ardından 1036 mm boru içinde akışına başlayan hava, standartta konumu belirlenen 46,62 mm uzunluğundaki düzelticiden geçirilerek normalleştirilir ve boru başlangıcına 880,6 mm mesafedeki pitot tüpünde hızı ve basıncı ölçülür (Şekil 4). Bu ölçümden 103,6 mm sonrasında 1.termometrede sıcaklığı da ölçülerek emiş fanı öncesindeki daralma lülesinde 103,6 mm çapından 80 mm çapa 110 mm uzunluğundaki lülede daralarak emiş fanı tarafından emilir. Salyangoz içerisinde çark içerisinde dönüşünü tamamlayarak emiş bölümünden üfleme bölümüne geçer burada 70 mm çapındaki salyangoz çıkışında sıcaklığı 2.termometre ile ölçülerek yine aynı büyüklükteki lüle ile 500 mm egzoz borusundan tahliye edilir.

Deney düzeneği, aşağıda görülen AMCA 210 standardı içerisinde istenen durumu ölçümlememizi sağlayabilen Giriş Borulu Deney Düzeneği Kurulumu'na (Standart içerisinde Şekil 16) göre oluşturulmuştur. Bu düzeneğin standardarttaki görüntüsü Şekil 5 te görülmektedir. Bu görselde görülen D₃ çapı kurulan düzenekte 103,6 mm'dir ve diğer ölçüler de aşağıdaki oranlar ile çarpılarak elde edilmiştir. Ölçüleri verilen bu düzenek ilk doğrulama düzeneği olarak anılır.



Şekil 5. AMCA 210 Giriş Borulu Deney Düzeneği Kurulumu

Bu doğrulamada hava akış şartlarının yeterli olup olmadığının anlaşılması için, emiş hattı üzerindeki düzeltici deney düzeneğinde içerisinde iptal edilerek bir doğrulama daha yapılır (Şekil 6). Çünkü deney düzeneği imalinde istenen hassasiyette düzeltici yapımının çok zor olduğu görülmüştür. Burada görülen düzeltici sert yalıtım malzemesinden iki kat sert mukavvadan iki kat üst üste konularak sıcak silikonla yapıştırılmış ve sonrasında standarttaki ölçüsel sıklıkta delinmiştir.



Şekil 6. Düzeltici Görünümü

Doğrulama deney düzeneğinin tahrik elemanı olan radyal fan içindeki çarkın görünümü Şekil 7 de görülmektedir. Bu radyal fan kombi baca emiş fanıdır. Bu fan çarkının hızının katalog verileri olan 2500 dev/dk hızını sağladığı takograf ile doğrulandığı da aynı şekil içerisinde görülmektedir.



Şekil 7. Radyal Fan Çarkı ve Takografla Çark Devir Ölçümü

Doğrulamaların ikisinin de yapılabilmesi için “ANSI/AMCA-210: Fanların Derecelendirilmesi Testleri için Laboratuvar Yöntemleri” Standardı’nın yukarıda açıklanan detaylarına göre deney düzeneği kurulmuştur (Şekil 8). Bu deney düzeneği kurulumunda kaide için sunta, akış boruları için 110 mm PVC Pis su Borusu, fan giriş ve çıkışlarında standarttaki ölçüye kesilmiş motor yağı doldurma hunisi, girişteki büyütme lülesi için kombi bacası contası, düzeltici için üst paragrafta belirtilen malzemeler, tutucu olarak 4” demir boru kelepçesi ve elektrik beslemesi için 3x1,5 mm anahtarlı kablo bitiminde topraklı priz kullanılmıştır.



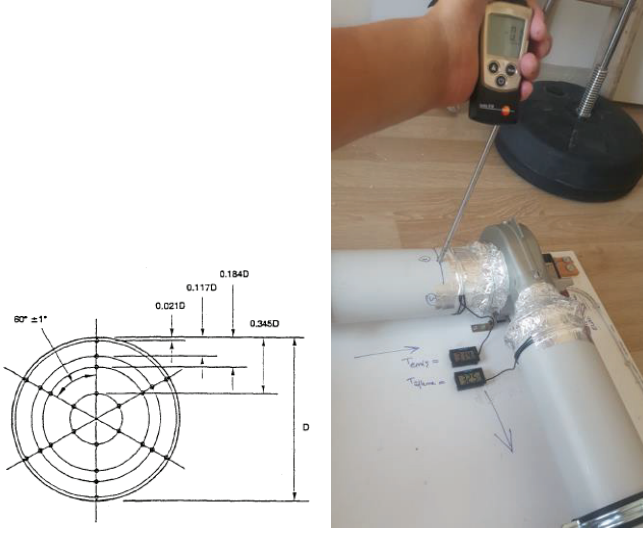
Şekil 8. Deney Düzeneği

Kurulan deney düzeneğinin ölçüm noktaları standarttaki mesafesine konulmuştur ancak üfleme borusu çıkışına doğrulama ölçümü yapılabilmesi adına ilave bir ölçüm noktası ilave edilmiştir. Bu ilave ölçüm noktası, diğer ölçüm noktası ve dijital termometreler ile birlikte Şekil 9’da görülmektedir.



Şekil 9. Deney Düzeneği Fan Yakın Görünümü

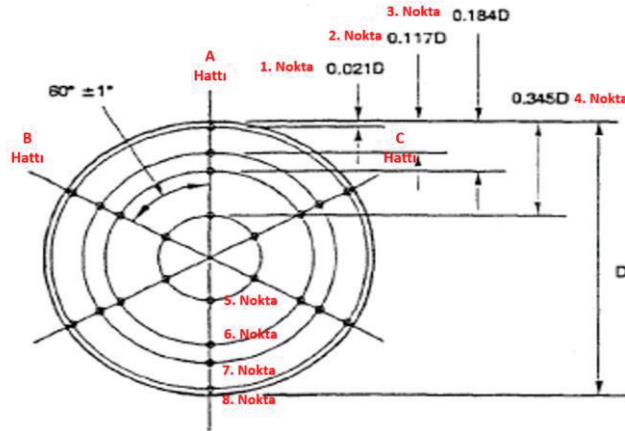
Bu deney düzeneğinin yakından görünümünde görünen birden çok ölçüm noktası Şekil 10’da görülen “ANSI/AMCA-210: Fanların Derecelendirilmesi Testleri için Laboratuvar Yöntemleri” Standardı’nın ölçüm yöntemine göre yapılarak alınan ölçümlerin ortalaması ölçüm sonucu olarak alınmıştır. Bu ölçümün pitot tüpüyle alınma şekli de aynı şekil içerisinde görülmektedir. Bu ölçüm yöntemi 3 farklı delikten 8 farklı yükseklikte toplam 24 ölçüm alınmasıdır. Üfleme için alınan ilave doğrulama ölçümleri de aynı standarda göre alınmıştır.



Şekil 10. Pitot Tüpüyle Ölçüm Alım Yöntemi ve Ölçüm Alımı

III. BULGULAR

Doğrulama deneyleri düzelticili ve düzelticisiz olarak yapılır. Şekil 11 de görülen ölçüm kesiti haritasında olduğu gibi normal eksenden 60° negatif ve pozitif iki noktada olacak şekilde 3 noktadan 8 farklı derinlikte toplam 24 noktadan ölçüm yapılır. Buradan çıkan değerler kayıt altına alınır. Aynı durum üfleme borusu çıkışında fan çıkışından 500 mm sonrasında da doğrulama kıyaslaması için de kayıt edilir. Bu kayıt sonuçları Tablo 1 de düzelticili deney düzeneği için, Tablo 2 de düzelticisiz deney düzeneği için görülmektedir.



Şekil 11. Ölçüm Kesiti Haritası

Tablo 1. Düzelticili Analiz Ölçüm Sonuçları

Düzelticili Analiz Ölçüm Sonuçları (mmH₂O)						
Ölçüm Noktası	Emiş Hattı			Üfleme Hattı		
	A	B	C	A	B	C
1	0,3	0,2	0,2	0,5	0,2	0,1
2	0,4	0,3	0,3	0,6	0,3	0,1
3	0,4	0,2	0,3	0,6	0,3	0,2
4	0,5	0,4	0,3	0,6	0,5	0,4
5	0,4	0,5	0,3	0,7	0,4	0,3
6	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3
7	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4	0,1
8	0,4	0,3	0,2	0,4	0,3	0,1
Ortalama	0,425	0,3375	0,2875	0,5375	0,3375	0,2
Ort. (Pa)	4,16778	3,3097	2,8194	5,271	3,3097	1,9613

Tüm ölçümler yapıldığı süreçte kuru termometre sıcaklığı 28,9 ile 31,7 °C arasında değişiklik göstermiştir, bu doğrultuda ortalama sıcaklık 30 °C olarak alınmıştır. Ortam neminin %66 olması göz önüne alınarak, psikometrik diyagram üzerinden yaş termometre sıcaklığının da 26,5 °C olduğu görülmüş, havanın özgül hacmi okunarak yoğunluğunun (ρ) 1,1774 kg/m³ olduğu tespit edilmiştir. Bu elde edilen basınç verisi ile AMCA standardı içerisinde bu deney düzeneği için belirtilen hava hızı hesaplama denklemiyle basınç değerlerinden hava hızı değerleri ve bu değerlerin ortalaması hesaplanır.

$$V_{ort} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{P_{ort}}{\rho}}$$

$$V_{ort_{EmişA}} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{4,16778}{1,1774}} = 2,6608 \text{ m/s}$$

$$V_{ort_{EmişB}} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{3,3097}{1,1774}} = 2,3711 \text{ m/s}$$

$$V_{ortEmişC} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{2,8194}{1,1774}} = 2,1884 \text{ m/s}$$

$$V_{GenelOrtalamaEmiş} = (V_{ortEmişA} + V_{ortEmişB} + V_{ortEmişC}) / 3$$

$$V_{GenelOrtalamaEmiş} = (2,6608 + 2,3711 + 2,1884) / 3$$

$$V_{GenelOrtalamaEmiş} = 2,4068 \text{ m/s}$$

$$V_{ortÜflemeA} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{5,271}{1,1774}} = 2,9923 \text{ m/s}$$

$$V_{ortÜflemeB} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{3,3097}{1,1774}} = 2,3711 \text{ m/s}$$

$$V_{ortÜflemeC} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{1,9613}{1,1774}} = 1,8253 \text{ m/s}$$

$$V_{GenelOrtalamaÜfleme} = (V_{ortÜflemeA} + V_{ortÜflemeB} + V_{ortÜflemeC}) / 3$$

$$V_{GenelOrtalamaÜfleme} = (2,9923 + 2,3711 + 1,8253) / 3$$

$$V_{GenelOrtalamaÜfleme} = 2,3962 \text{ m/s}$$

Tablo 2. Düzelticisiz Analiz Ölçüm Sonuçları

Düzelticisiz Analiz Ölçüm Sonuçları (mmH ₂ O)						
Ölçüm Noktası	Emiş Hattı			Üfleme Hattı		
	A	B	C	A	B	C
1	1,8	1,8	1,7	2,4	1,4	3,4
2	2	2	1,8	2,7	1,7	3,5
3	2,3	2,2	1,9	3,4	1,9	1,7
4	2,4	2,2	1,8	1,8	1,9	1,6
5	2,6	2,4	1,9	1,2	2,1	1,2
6	2,7	1,7	1,8	1,4	1,5	2,1
7	2,1	2	1,6	1,5	1,3	1,9

8	1,8	1,9	1,5	1,2	1,2	1,7
Ortalama	2,2125	2,025	1,75	1,95	1,625	2,1375
Ort. (Pa)	21,697	19,8583	17,1615	19,1228	15,9356	20,9615

$$V_{ortEmişA} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{21,697}{1,1774}} = 6,0709 \text{ m/s}$$

$$V_{ortEmişB} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{19,8583}{1,1774}} = 5,808 \text{ m/s}$$

$$V_{ortEmişC} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{17,1615}{1,1774}} = 5,3992 \text{ m/s}$$

$$V_{GenelOrtalamaEmiş} = (V_{ortEmişA} + V_{ortEmişB} + V_{ortEmişC}) / 3$$

$$V_{GenelOrtalamaEmiş} = (6,0709 + 5,808 + 5,3992) / 3$$

$$V_{GenelOrtalamaEmiş} = 5,7594 \text{ m/s}$$

$$V_{ortÜflemeA} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{19,1228}{1,1774}} = 5,6994 \text{ m/s}$$

$$V_{ortÜflemeB} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{15,9356}{1,1774}} = 5,2028 \text{ m/s}$$

$$V_{ortÜflemeC} = \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{20,9615}{1,1774}} = 5,9671 \text{ m/s}$$

$$V_{GenelOrtalamaÜfleme} = (V_{ortÜflemeA} + V_{ortÜflemeB} + V_{ortÜflemeC}) / 3$$

$$V_{GenelOrtalamaÜfleme} = (5,6994 + 5,2028 + 5,9671) / 3$$

$$V_{GenelOrtalamaÜfleme} = 5,6231 \text{ m/s}$$

Bu deney düzeneği üzerinden yapılan her iki ölçümdeki emiş ve üfleme genel ortalamaları arasındaki fark yüzdesel olarak hesaplanır.

Emiş için,

$$Verim_{Emiş} = \frac{V_{GenelOrtalamaDüzeltiliciliEmiş}}{V_{GenelOrtalamaDüzeltilicisizEmiş}}$$

$$Verim_{Emiş} = \frac{2,4068}{5,7594} = \%41,79$$

Üfleme için,

$$Verim_{Üfleme} = \frac{V_{GenelOrtalamaDüzeltiliciliÜfleme}}{V_{GenelOrtalamaDüzeltilicisizÜfleme}}$$

$$Verim_{Üfleme} = \frac{2,3962}{5,6231} = \%42,61$$

değerlerinde olduğu görülür.

IV. TARTIŞMA

Ölçüm ve matematiksel model üzerinden analiz yapılan literatürdeki çalışmalarda görüldüğü gibi [14] özdeş düzeneklerde bir eleman iptal edildiğinde ya da değiştirildiğinde kıyaslamanın en iyi yolu yüzdesel farklılığı [15] hesaplamaktır.

Deney düzeneğinin iki hali üzerinden ölçülen basınçlardan ve standartta belirtilen hız hesap yöntemi sayesinde bu basınç ölçümlerinden faydalananarak deney düzeneklerindeki ortalama hızlar hesaplanmıştır. Bu hesaplanan deney düzeneğindeki ortalama hava hızları kıyaslandığında, kullanılan düzelticinin performansı emiş ve üfleme ortalamasında %42 düşürdüğü görülmüştür.

Bu elemanın kullanılmaması düzelticili ve düzelticisiz her iki doğrulama düzeneği üfleme ile emiş ortalama hızları arasındaki düşüş miktarı kıyaslandığında hata yaratacak bir değişime sebep olmadığı da tespit edilmiştir.

V. SONUÇLAR

Düzeltilicinin hassas bir şekilde imal edilemediği durumlarda, düzeltici olmadan ölçüm yapılmasının daha sonraki çalışmalarda fayda sağlayacağı sonucuna varılmıştır.

Ayrıca, 6 m/s ve daha düşük hava hızlarında düzeltici elemanı doğrudan iptal edilerek kurulacak düzenekle, düzelticili düzenek arasındaki farkın ihmal edilebilecek düzeyde olduğu, dolayısıyla düzeltici elemanının kullanılmasına gerek olmadığı tespit edilmiştir.

Matematiksel model üzerinde yapılacak optimizasyon ve geliştirme çalışmalarında, farklı doğrulama düzenekleri ya da farklı matematiksel model oluşturulurken, düzeltici elemanın modellenmesine veya imaline gerek bulunmamaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmadaki deneyleri yapabilmem için ölçüm aletlerinin teminini sağlayan ve yayın sürecinde üst düzeyde akademik destek veren Dr. Öğr. Üyesi Alaattin Metin KAYA'ya ve deney düzeneği kurulumu ile deneylerin gerçekleştirilmesindeki yardımları için değerli eşim Seda DOĞRUOĞLU'na sonsuz teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- [1] Ö. Mutlu, “İleriye Dönük Kanatlı Radyal Fan Tasarım Yöntemlerinin HAD ile İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, Haziran 2018.
- [2] H. D. Akaydın, “Design and Optimization of Radial Impellers”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2006.
- [3] A. N. İlikan, “Kanat Profili Dizilimi Biçimlerinin Eksenel Fanların Performansına Etkileri”, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2014.
- [4] H. İ. Karaokur, “Salyangoz Gövdeli Radyal Fan Performansının Deneysel ve Nümerik Olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye, 2019.
- [5] ANSI, ANSI/AMCA 210: Laboratory Methods of Testing Fans for Ratings, American National Standard, Law Resorce. (2020) [Online] Available: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/001/amca.210.1999.pdf>
- [6] A. Aktaş, M. Balcı ve T. Uçar, “Pnömatik Pülverizatörler İçin Radyal Bir Kompresörün Tasarımı, Simülasyonu, Prototip İmalı ve Performans Analizi”, *Teknoloji Dergisi*, Cilt 5 (Sayı 3-4), sf. 79-88, 2002.
- [7] A. Aktaş ve M. Balcı, “Bir Sırt Pülverizatörü İçin Yeni Tasarlanmış ve İmal Edilmiş Radyal Bir Kompresör ile Aynı Amaçlı Radyal Bir Fanın Performanslarının Karşılaştırılması”, *Teknoloji Dergisi*, Cilt 7 (Sayı 4), sf. 615-623, 2004.
- [8] A. Aktaş, “Tarımsal İlaçlama Amaçlı Radyal Bir Kompresörün Tasarımı, Prototip İmalı ve Performans Analizi”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, 2001.
- [9] Y. Akyüz, “Hibrit Sokak Süpürme Aracının Emiş Fan Sisteminin Tasarımı ve Prototip İmalatı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2019.
- [10] İ. Ata, A. Acır, “Hava Akışkanlı Güneş Kollektöründe Isı Transferi İyileştirmesine Etki Eden Parametrelerin Taguchi Metodu ile Optimizasyonu”, *Politeknik Dergisi*, Cilt 23 (Sayı 2), sf. 527-535, 2020.
- [11] O. Hançerli, “Radyal Fan Performansına Etki Eden Parametrelerin Sayısal Olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Hitit Üniversitesi, Çorum, Türkiye, 2019.
- [12] M. Güney, “Radyal Fan Salyangozunun Fan Performansına Etkilerinin Had Yardımı ile İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2016.
- [13] A.M. Mohammed, “Effects of Mechanical Vibration on The Heat Transfer Characteristics of Tubular Turbulent Flow”, M. Eng. Thesis, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, 2018.
- [14] M. Çalışkan, “Eksenel Akışlı Fan Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2014.
- [15] Y. Doğan, “Numerical Noise Prediction: Application to Radial Fans”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2007.

“

Bölüm 13

LENFOSİT LÖSEMİ TARAMASI İÇİN BİLGİSAYAR DESTEKLİ MİKROSKOP GÖRÜNTÜLEME SİSTEMİ

Murat SELEK¹

Ahmet ÖZCAN²

”

1 Doç. Dr. Murat SELEK, Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, ORCID ID: 0000-0001-8642-1823

2 Ahmet ÖZCAN, Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, ORCID ID: 0000-0003-4907-5327

Danışman: Doç. Dr. Murat SELEK Yüksek Lisans Öğrencisi: Ahmet ÖZCAN
Yüksek Lisans Tezi: Bilgisayar Destekli Akut Lenfosit Lösemi Taraması - 2019

1. GİRİŞ

Çocukluk dönemi kanserlerinin 1/4 - 1/3'ünü çocukluk döneminde en yaygın görülen kanser türü olan lösemi oluşturmaktadır (Yöntem ve Bayram, 2018). Vakaların 4/5 – 3/4'ünü oluşturan akut lenfosit lösemi en sık görülen alt tipidir. (Uzunhan ve Karakaş, 2012). Lösemi erken dönemde tespit edildiği takdirde tedaviye cevap veren bir kanser türüdür. Erken dönemde başlanılan tedavi ile hastalığa bağlı can kayıpları ve bu hastalığın çocuklar üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirebilmektedir (Özen ve Parmaksız, 2011).

İnsan vücudundaki kemik iliğinde bulunan kan hücreleri, belirli evrelerden geçerek olgunlaşmakta ve farklılaşmaktadır. Lösemi hastalarında farklılaşma aşamalarında lenfoblast olarak adlandırılan kanser hücreleri oluşmakta ve kana geçmektedir (Yöntem ve Bayram, 2018). Lösemiden şüphelenilen hastalardan alınan kan örnekleri mikroskopla incelenip, morfolojik olarak sınıflandırılmakta ve lenfoblast adı verilen kanser hücreleri tespit edilmektedir (Fındık ve Oltulu, 2018).

Kemik iliğindeki kök hücreler ilk olarak Lenfoblast ve Miyeloblast hücrelerine, daha sonra bu hücreler olgunlaşarak Bazofil, Nötrofil, Ezonofil, Monosit ve Lenfosit adlı beyaz kan hücrelerine dönüşerek kana karışırlar. Bu süreçte, Lenfoblast veya Miyeloblast hücreleri olgunlaşmadan kana karışırsa lösemi olarak adlandırdığımız hastalık görülür.

Bu çalışma çocuklarda görülen Akut Lenfoblast Löseminin erken aşamada tespiti üzerinedir. 2-15 yaş aralığındaki çocuklarda görülen akut lenfosit löseminin erken aşamada tespit edilmesini sağlayarak, lösemiye bağlı can kayıplarını en aza indirmek amaçlanmıştır. Bununla birlikte hastalığın teşhisi safhasındaki doktora bağlı olan öznelliği ve vakit kaybını azaltarak teşhis sürecinin daha etkin geçmesini sağlamaktır. Amacımız lösemi tanısında pediatri uzmanlarının kullandığı periferik yaymada lenfoblast arama yöntemini, görüntü işleme ve sınıflandırma yöntemi ile birlikte kullanmaktır. Böylece daha kısa sürede ve daha etkin bir şekilde tanı süreci tamamlanarak, lösemi tanısını konulabilecektir.

Bu çalışmada K-ortalama algoritması kullanılarak mikroskop görüntülerindeki beyaz kan hücreleri bölütlenmeye ve daha sonra sitoplazma ve çekirdek olarak ayrılmaya çalışılmıştır. Ayrılan çekirdekler otomatik eşikleme yöntemi kullanılarak ikili görüntüye dönüştürülmektedir. Görüntülerin bir bütün olarak işlenmesi için işaretçi kontrollü su-seddi algoritması kullanılarak, birbiri ile temas eden hücrelerin birbirinden ayrılması sağlanmaktadır.

Bugüne kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde öncelikle görüntülerden beyaz kan hücreleri elde edilmekte, daha sonra ise sitoplazma ve çekirdek olarak ayırmak için hücreler alt görüntülere ayrılmaktadır. Bir başka problem ise çekirdeğin sınırlarının belirlenmesi ve bu sınırların içerisindeki komşu çekirdeklerin istenmeyen alanlarının bulunmasıdır. Bu problemi aşmak için çekirdeğin sınırları belirlenip genişletilmekte ve sınırları genişletilmiş çekirdeğe işaretçi kontrollü su-seddi algoritması uygulanmaktadır. Bu çalışmada, beyaz kan hücrelerinin görüntüleri bir bütün olarak işlenmekte ve devamında sitoplazma ve çekirdek şeklinde iki farklı görüntü elde edilmektedir. Bu yöntem ile birbirine temas eden çekirdeklerin azaltılabileceği ve temas eden çekirdekleri birbirinden ayırmada kullanılan işaretçi kontrollü su-seddi algoritmasının daha etkili sonuç verebileceği düşünülmektedir. Sınıflandırma aşamasında, elde edilen veri seti üzerinde hangi çekirdek fonksiyonunun daha etkili olacağı incelenecektir.

Bu çalışmada görüntü işleme çalışmasına ek olarak mikroskop altında incelenen preparatın taranarak bilgisayar ortamına aktarılması için Mikroskop Görüntüleme Sistemi (MGS) tasarlanmıştır. Mikroskop görüntüleme sisteminin amacı; doktorların periferik yayma incelemelerinde zaman kaybetmeden preparat görüntülerini elde etmeleri, preparat görüntülerini uzaktan yorumlayabilmeleri, ikinci bir görüş alınmasını kolaylaştırmak ve incelenen örneğin taranarak tek bir görüntü haline getirilmesidir. Bunların yanında mikroskop görüntüleme sisteminin yaygınlaşmasıyla tıp alandaki görüntü işleme uygulamalarına kaynak oluşturulacağı düşünülmektedir. Gazi Osmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi ve Fırat Üniversitesi Tıp Fakültelerinde yapılan araştırmamızda mikroskop görüntüleme sistemlerinin maliyetinden dolayı yaygın olarak kullanılmadığı tespit edilmiştir. Preparat incelemesi yapan doktorlardan aldığımız bilgiler doğrultusunda ve fiyat araştırması sonucunda, bu tür sistemlerin maliyetli olduğu tespit edilmiştir. Mikroskop görüntüleme sistemi; Matlab ortamında yazdığımız bir program (Preparat Tarama Programı), hareketli mikroskop tablası ve mikroskobun oküler bölümüne takılan kameradan oluşmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Lösemi hastalığının teşhisi ve tespiti için günümüze kadar birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan bazıları aşağıda incelenmiştir.

Scotti tarafından kan hücrelerinin mikroskop görüntüleri üzerinde birçok araştırma yapılmıştır. Beyaz kan hücrelerinin biçimsel özelliklerine bakarak lösemi taraması gerçekleştirilmiştir (Scotti, 2005). Bu çalışmada

mikroskop görüntülerine, kenar bulma ve morfolojik açma-kapama yöntemleri uygulanmakta ve gri görüntüde Lenfoblast hücrelerin konumu belirlenmektedir. Bu işlemten sonra Otsu eşikleme yöntemi kullanılarak sitoplazma ve çekirdek birbirinden ayrılmaktadır. Birbirinden ayrıştırılan çekirdek ve sitoplazmanın öz nitelikleri çıkartılarak, K en yakın komşu algoritmasıyla sınıflandırılmaktadır. Bu yöntem hücrelerin konumunu belirleme başarılı olmuştur. Ancak bitişik hücreler ile boyama ve parlaklıktan kaynaklanan problemlerde yetersiz kalmaktadır.

Reta ve ark.'larının yaptığı çalışmada, kemik iliğinden elde edilen görüntülerindeki hücrelerin renk ve doku özellikleri kullanılarak Markov rastgele alan algoritması ile hücre bölgeleri belirlenmiştir. Kural tabanlı sınıflandırma kullanılarak, renk ve doku özellikleri yardımıyla çekirdek ve sitoplazma birbirinden ayrıştırılmaktadır. Lenfoblast hücrelerini bölütlemek için sabit eşikleme kullanılmıştır. Ancak bu durum, bazı hücrelerde sitoplazmanın kaybedilmesine sebep olmuştur. Sınıflandırma algoritması olarak K en yakın komşu algoritması ile birlikte beş farklı sınıflandırma algoritması kullanılmıştır (Reta ve ark., 2010).

Madhloom ve ark.'larının yaptığı çalışmada, lenfoblastların bölütlenmesi mikroskop görüntüleri kullanılarak yapılmıştır (Madhloom ve ark., 2012). Hücreleri bölütlemek için matematiksel morfoloji ve eşikleme yöntemleri kullanılmıştır. Uygulanan yöntemin, hücrelerin konumunu belirlemede başarılı olduğu görülürken, yan yana olan hücreleri bölütlemeye başarısız olduğu görülmüştür.

Mohapatra ve ark.'larının yaptığı bir diğer çalışmada, Lenfosit ve lenfoblast hücrelerini bölütlemek ve sınıflandırmak için K-ortalama algoritmasını kullanılmıştır (Mohapatra ve ark., 2014). Kümeleme algoritmaları birlikte kullanıldığı zaman daha iyi sonuçlar alınmıştır. K-ortalama algoritması ve bulanık C algoritması birlikte kullanılmıştır. K-ortalama algoritması ile birlikte sınır belirleyici kullanılarak görüntü alt görüntülere ayrılmakta ve her alt görüntü çekirdek, sitoplazma ve arka plan olmak üzere üç farklı bölgeye ayrılmaktadır. Bu yöntem, bölgeler arasında belirgin renk ve yoğunluk farklılıkları olduğu takdirde iyi çalışmaktadır. Fakat bölgeler arasında farklılıklar azaldıkça bölütleme performansı düşmektedir. Sınıflandırma için K en yakın komşu algoritması kullanılmıştır.

Diğer bir çalışmada, mikroskop görüntüleri kullanılarak beyaz kan hücrelerinin tanımlanması ve sınıflandırılması için Shahin ve ark.'ları tarafından yapılmıştır (Shahin ve ark., 2017). Çalışmada, derin öğrenme yöntemleri kullanıldığı takdirde beyaz kan hücrelerinin tanımlanma

performansının artacağı öngörülmektedir. Bu amaçla, beyaz kan hücrelerini tanımlamak için derin kıvrımlı sinir ağları (Deep Convolutional Neural Network) kullanılmıştır. Öğrenme transferinde, derin aktivasyon özellik ve derin hassas ayar yöntemleri olmak üzere iki yöntem kullanılmıştır. Çalışmada, 2551 görüntü kontrol edilmiş ve %96,1 başarı elde edilmiştir.

Abdulhay ve ark.'larının yapmış olduğu bir diğer çalışmada, eğitilebilir bölütleme yöntemi kullanılarak lökosit hücrelerinin bölütlenmesi gerçekleştirilmiştir (Abdulhay ve ark., 2018). Diğer algoritmalarla karşılaştırıldığında, eğitilebilir bölütleme yönteminin daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Çalışmada önerilen yöntem ile manuel olarak yapılan bölütleme yöntemi karşılaştırılmıştır. Kullanılan yöntemde destekçi vektör makinesi bölütleme yapmak için eğitilmiş ve böylece ilgili bölgenin konumu kesin olarak tanımlanmıştır. Daha sonra diğer bölgeler histogram tabanlı filtreleme yöntemiyle filtre edilmiştir. 100 adet görüntü üzerinde, tanımlanan hücrelerin doku özelliği kullanılarak, yöntemler karşılaştırılmış ve eğitilebilir bölütleme yönteminin manuel bölütlemeye karşı alternatif olarak kullanılabileceği belirtilmiştir.

Bir başka çalışmada, kemik iliği mikroskop görüntüleri kullanılarak, bölütleme aşamasında su-seddi algoritması kullanılmıştır. Bu çalışmada, görüntü gri seviyeye sonra ikili görüntü seviyesine dönüştürülmüş ve ikili görüntüye morfolojik açma-kapama yöntemi uygulanmış; öznetelik çıkartma aşamasında hücre özelliklerinden hangilerinin kullanılacağına karar vermek için genetik algoritma; hücreleri sınıflandırmak için ise destekçi vektör makinesi kullanılmıştır. Bu yöntemler problemleri çözmede yetersiz kalmıştır (Osowski ve ark., 2009).

Khashman ve ark.'larının çalışmasında çift modlu eşikleme ve matematiksel morfolojik yöntemler kullanılarak bölütleme işlemi yapılmış ve hücrelerin alt görüntüsü, manuel olarak görüntüden çıkartılmıştır. Sitoplazma ve çekirdeği birbirinden ayırmak için Zack algoritması kullanılmıştır. Ancak üç ana problemten herhangi biri tam olarak çözilememiştir (Khashman ve Al-Zgoul, 2010).

Lökosit hücrelerinin tespit edilmesi ve sınıflandırılması üzerine Kasım ve ark.'ları tarafından çalışma yapılmıştır. Hastalık gösteren lökosit hücrelerini tespit etmek için bir algoritma geliştirilmiştir. Bu algorithmada Otsu ve Parçalı lineer filtre yöntemleri ile görüntü zenginleştirilerek lökosit hücre alanları daha belirgin hale getirilmiştir. Daha sonra K-ortalama algoritmasıyla desteklenen Markov rastsal alanlar yöntemini içeren hibrid yapıyla lökosit hücre alanları bölütlenmiştir. Bölütleme sonucunda elde

edilen lökosit hücreleri için 34 farklı bilgiyi içeren öznitelik vektörü oluşturulmuştur. Lökosit hücreler olasılıksal yapay sinir ağları ile sınıflandırılmış ve sınıflandırma başarısı %91,5 olarak ölçülmüştür (Kasım ve Kuzucuoglu, 2015).

Görüntü işleme yöntemi kullanılarak akut lenfosit lösemi tespit sistemi üzerine Putzu ve ark.'ları tarafından bir çalışma yapılmıştır. Bu yaklaşımda eşikleme ve renk dönüşüm yöntemleri kullanılarak beyaz kan hücreleri tespit edilmiş ve bu hücreler çekirdek ve sitoplazma olarak ayrıştırılmıştır. Çekirdek ve sitoplazmanın renk, biçim ve doku özellikleri kullanılarak öznitelikleri çıkartılmıştır. Çıkartılan özniteliklere bakılarak lenfosit hücresinin durumuna karar verilmiştir. Beyaz kan hücrelerini tespit ederken, RGB renk modelinden CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Siyah) renk uzayına dönüşüm yapılmış ve daha sonra histogram eşitleme ve Zack algoritmaları kullanılarak bölütleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma aşamasında destekçi vektör makinesi ve K-en yakın komşu algoritması kullanılmıştır. Bu yöntem farklı parlaklık ve boyama koşulları altındaki görüntüler üzerinde başarısız olmuştur (Putzu ve ark., 2014).

Beyaz kan hücrelerinin sayısı hastalık teşhisi için önemlidir. Beyaz kan hücrelerinin sınıflandırılması ve bu hücrelerin sayımı üzerine Theera-Umpun ve ark.'ları tarafından bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada hücrenin tamamıyla ilgilenmek yerine hücrenin çekirdeklerine bakılarak bölütleme yapılmaya çalışılmıştır. Kemik iliği görüntüleri kullanılmış ve hücrelerin, kemik iliği görüntülerinde daha yoğun olduğu tespit edilmiştir. Hücreleri sınıflandırmak için ise Bayes sınıflandırma ve yapay sinir ağları kullanılmıştır ve bu sınıflandırma sonucunda %77'lik bir başarı tespit edilmiştir (Theera-Umpun ve Dhompongsa, 2007).

Mikroskop görüntülerini kullanarak lösemi teşhisi üzerine Karthikeyan ve ark.'ları tarafından bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada bölütleme algoritması olarak K-ortalama ile Bulanık C ortalama algoritması karşılaştırılmış ve Bulanık C algoritması %90 başarı gösterirken, K-ortalamalar algoritması %83 başarı oranı göstermiştir. Öznitelik çıkarmak için renk özelliği; sınıflandırma algoritması olarak ise destekçi vektör makinesi kullanılmıştır (Karthikeyan ve Poornima, 2017).

Görüntü işleme yöntemiyle Akut miyeloid lösemi hücrelerinin bölütlenmesi ve sınıflandırılması üzerine Patel ve ark.'ları tarafından bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada sınıflandırma algoritması olarak birçok algoritma karşılaştırılmıştır. Bunlar; yapay sinir ağları, destekçi vektör makinesi, rastgele orman algoritmalarıdır. Sonuç olarak da destekçi vektör makinesi en iyi sonucu vermiştir. Aynı zamanda bölütleme algoritması

olarak birçok algoritma karşılaştırılmıştır. Bunlar; bulanık C ortalama, K-ortalama algoritmalarıdır. K-ortalama algoritmasında CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Siyah) ve LAB renk uzayı kullanılmış ve en iyi sonucu veren bölütleme algoritması olmuştur (Patel ve Prajapati, 2018).

Beyaz kan hücrelerini sınıflandırmak ve lösemili kan hücrelerini tespit etmek için Hakim ve ark.'ları tarafından çalışma yapılmıştır. Çalışmada Scotti tarafından yayınlanan “ALL IDB1” veri tabanı mikroskop görüntüleri kullanılmıştır, 108 adet mikroskop görüntüsü içerisinde sadece 7 tanesi kullanılarak 100 adet kanserli ve sağlıklı hücre elde edilmiştir. Bölütleme işleminden sonra hücrelerin öznelikleri çıkartılmış ve bunun için hücrelerin istatistiksel ve biçimsel özellikleri kullanılmıştır. Öznelik çıkartma aşamasında ardışıl ileri yönlü öznelik seçim algoritması (sequential forward selection); sınıflandırma aşamasında ise K-en yakın komşu ve destekçi vektör makinesi algoritmaları kullanılmıştır. Önerilen yöntemin başarısı %84 olarak belirlenmiştir (Hakim ve Mohamed, 2017).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmamızda veri seti olarak ALL-IDB1 veri tabanı kullanılmıştır. Veri setindeki mikroskop görüntüleri üzerine uygulanan işlemler Matlab görüntü işleme aracı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler ile mikroskop görüntülerindeki kanserli lenfosit hücrelerinin merkez noktaları bulunmaktadır (Scotti, 2005). Lenfosit lösemi hücrelerinin tespit edilmesi aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır:

- Mikroskop görüntülerinin elde edilmesi,
- Mikroskop görüntülerinden beyaz kan hücrelerinin tespit edilmesi,
- Beyaz kan hücrelerinin bölütlenmesi,
- Özneliklerinin çıkartılması ve öznelikler kullanılarak hücrelerin sınıflandırılması.

3.1 Mikroskop Görüntüleme Sistemi

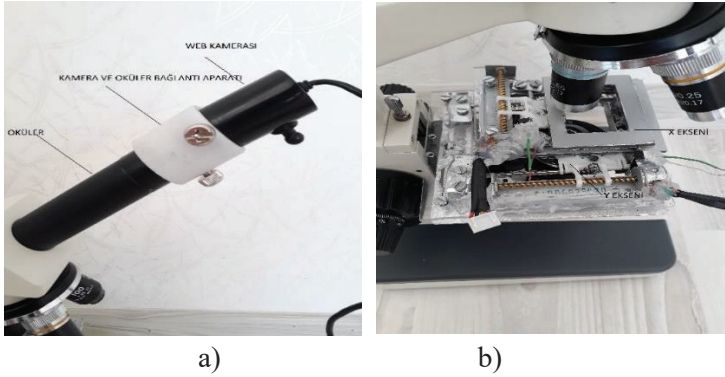
Uzmanlar, mikroskop ile herhangi bir preparatı (kan, doku, vb.) incelemekte ve mikroskop tablasını X,Y eksenlerinde hareket ettirerek aynı zamanda mikroskopun oküler bölümünden bakarak incelenen örneğin görüntüsünü yakalamaya çalışırlar.

Mikroskop altında incelenen herhangi bir preparatın taranarak bilgisayar ortamına aktarılması ve burada görüntülerin bir bütün olarak incelenmesi uzmanların işini kolaylaştırmaktadır. Mikroskop altında incelenen preparatları taramak amacıyla Mikroskop Görüntüleme Sistemi (MGM) tasarlanmıştır. Burada amaç hem zaman kazancı hem de incelenen preparatın taranarak bütün olarak tek bir görüntüsünü elde etmektir.

Tasarlanmış MGM, hareketli mikroskop tablası, kamera ve Matlab ortamında yazılmış bir programdan (Preparat Tarama Programı) oluşmaktadır (Özcan, 2019).

3.1.1 Hareketli mikroskop tablası

Hareketli mikroskop tablası (HMT) X, Y eksenlerinde hareket ederek preparatın tabla üzerindeki konumunu değiştirmektedir. Hareketli mikroskop tablasının kontrolü için Arduino Uno kartı kullanılmıştır. Mikroskop tablasının X, Y eksenlerindeki hareketi iki adet adım motor kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu amaçla kullanılan adım motorları sürmek için üzerinde L293D motor sürücü entegresi bulunan Arduino komponenti kullanılmaktadır. Kamera olarak 1920x1080p çözünürlüğünde 30fps hızında bir web cam kullanılmıştır. Hareketli mikroskop tablasının görüntüleri Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1 Hareketli mikroskop tablası a) Oküler ve kamera bağlantısı b) Mikroskop tablası ve mikroskoba bağlantısı (Özcan, 2019)

Hareketli mikroskop tablasının kontrol birimi olarak Arduino Uno kullanılmaktadır. Arduino Uno üzerinde Atmega328 mikrodenetleyici bulunmaktadır. Adım motorları sürmek amacıyla Arduino Uno üzerine entegre edilebilen motor sürücü komponenti kullanılmıştır.

Preparat Tarama Programı (PTP) ile Arduino Uno seri port üzerinden haberleşmektedir. Seri port üzerinden Arduino’ya gelen verilere

göre X ve Y eksenlerindeki adım motorlar hareket etmektedir. Adım motorların her bir adımından sonra mikroskobun oküler kısmına bağlanan kamera ile görüntüler elde edilmektedir. Mikroskop tablasının kontrol biriminde çalışan programın kodları aşağıda verilmektedir (Özcan, 2019).

```

if(Serial.available()>0)
{
    int gln=Serial.read();
    switch (gln)
    {
        //motorların konumunu sıfırla
        case 0:
            //X motorunun konumu sıfırlanıyor
            //y motorunun konumu sıfırlanıyor
            int g1;
            int g2;
            do
            {
                delay(1000);
                g1=digitalRead(motor_x_sifirlama);
                if(g1!=1)
                {
                    motorx.step(1,BACKWARD,SINGLE)
                }
                g2=digitalRead(motor_y_sifirlama);
                if(g2!=1)
                {
                    motory.step(1,BACKWARD,SINGLE)
                }
            }while(g1!=1||g2!=1)
            Serial.println(1);
            break;
            //x motoru hareket ettir
        case 1:
            motorx.step(1,FORWARD, SINGLE);
            break;
            //y motorunu hareket ettir
        case 2:
            motory.step(1, FORWARD,SINGLE);
            break;
    }
}

```

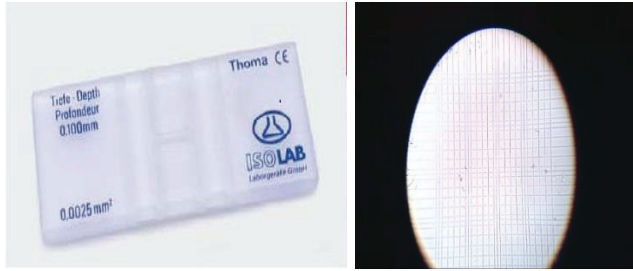
```

case 3:
    motorx.step(1,BACKWARD,SINGLE);
    break;
}
}

```

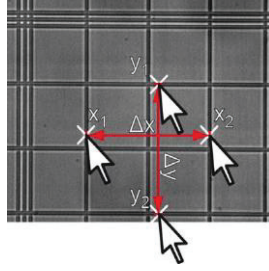
Eksenlerin hareketini sağlamak için DVD veya CD sürücülerde kullanılan adım motorlar kullanılmaktadır. Bu adım motorlar 18° ve 20° adımlık çözünürlüğe sahiptir. Motor sürücü komponentinin mikro adım özelliği kullanılarak adım motorların çözünürlüğü artırılmaktadır. Her bir adım $1/16$ kadar küçültülerek, 1.125° ve 320 adıma sahip olacak şekilde kullanılmıştır.

Adım motorların 1 adımda alacağı mesafeyi hesaplamak için 1 pikselin X ve Y eksenlerindeki gerçek uzunluğuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bir pikselin X ve Y eksenindeki gerçek uzunluğunun hesaplanmasında Thoma Lam'ı kullanılmıştır. Thoma Lam'ına mikroskop altında bakıldığında Şekil 3.2.b'de görüldüğü gibi en küçük hücrenin bir kenarının uzunluğu standart olarak $25\ \mu\text{m}$ dir. Thoma Lam'ında her bir hücrenin gerçek uzunluğu bilinmektedir. $25\ \mu\text{m}$, $50\ \mu\text{m}$, $250\ \mu\text{m}$ gibi kenar uzunluklarına sahip hücreler bulunmaktadır. Kan sayımında kullanılan Thoma Lam'ı ile 1 pikselin gerçek uzunluğu hesaplanabilmektedir.



Şekil 3.2 Thoma Lamı ve mikroskop altındaki görüntüsü a) Thoma Lam'ı
b) Mikroskop altındaki görüntüsü

Thoma Lam'ı kullanılarak 1920×1080 çözünürlükte 1 pikselin gerçek uzunluğu aşağıdaki yöntemle hesaplanmıştır. Mikroskop ile $10X$, $40X$ ve $100X$ özelliğindeki objektiflerinin her birinde Thoma Lam'ının görüntüsünü alınarak, bu görüntüler üzerinde Şekil 3.3'deki gibi X ve Y eksenlerinde herhangi iki nokta belirlenmektedir.



Şekil 3.3 40X objektifle çekilmiş Thoma Lam'ının örnek görüntüsü

X_2 ile X_1 noktaları arasında 2 adet hücre vardır. Bu da bize X_2 ile X_1 noktaları arasındaki mesafenin $100 \mu\text{m}$ olduğunu gösterir. Aynı işlem Y ekseninde geçerlidir. Daha sonra X_2 ile X_1 arasında kaç piksel olduğu Matlab'ın imtool aracı kullanılarak hesaplanmıştır. Bunu matematiksel olarak eşitlik (3.1) ve (3.2)'deki gibi ifade edersek;

$$P_x \left[\frac{\mu\text{m}}{\text{piksel}} \right] = \frac{x \text{ yönündeki gerçek uzunluk} [\mu\text{m}]}{X_2 - X_1} \quad (3.1)$$

$$P_y \left[\frac{\mu\text{m}}{\text{piksel}} \right] = \frac{y \text{ yönündeki gerçek uzunluk} [\mu\text{m}]}{Y_2 - Y_1} \quad (3.2)$$

40X de çekilmiş 1920×1080 çözünürlüğe sahip görüntü üzerinde 1 pikselin gerçek boyutunu hesaplamak için Şekil 3.4'de gösterildiği gibi Matlab ortamında Thoma Lam'ındaki $50 \mu\text{m}$ mesafedeki piksel sayısı bulunmaktadır.

$$P_x = \frac{50 \mu\text{m}}{135 \text{ piksel}}$$

$$P_x = 0,370 \mu\text{m}$$

$$P_y = \frac{50 \mu\text{m}}{130 \text{ piksel}}$$

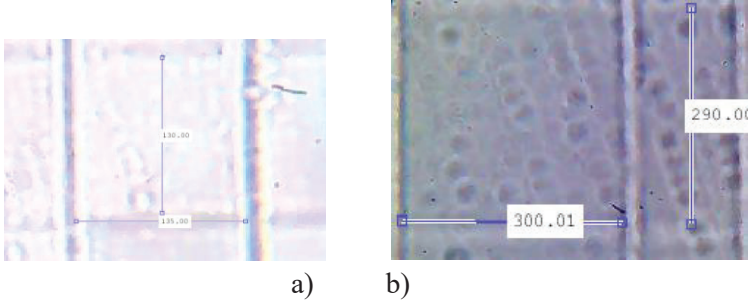
$$P_y = 0,384 \mu\text{m}$$

Sonuç olarak 40X objektif kullanılarak 1920×1080 çözünürlükle çekilmiş herhangi bir görüntüdeki 1 pikselin gerçek boyutunun genişliği $0,370 \mu\text{m}$, yüksekliği $0,384 \mu\text{m}$ olarak hesaplanmıştır.

Preparat taramalarında genelde 40X ile 100X objektifler kullanılmaktadır. Yukarıda anlatılan yöntemle 100X'de çekilmiş 1920×1080 çözünürlüğe sahip görüntü üzerinde 1 pikselin gerçek boyutu da aşağıda hesaplanmıştır. 100X objektif kullanılarak 1920×1080 çözünürlükle çekilmiş herhangi bir görüntüdeki 1 pikselin gerçek boyutunun genişliği $0,166 \mu\text{m}$ yüksekliği $0,172 \mu\text{m}$ olarak hesaplanmıştır.

Buradan yola çıkarak adım motorların piksel türünden 1 adımında aldığı mesafe aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır. 40X objektif kullanılarak Şekil 3.5.a'da görüldüğü gibi bir görüntü yakalanmış daha sonra adım

motor 1 adım ilerlediğinde Şekil 3.5.b’de görülen ikinci görüntü yakalanmıştır. Birinci görüntü ile ikinci görüntü arasındaki herhangi bir pikselin X ekseninde ne kadar yer değiştirdiği hesaplanmış ve bu sayı 655 olarak hesaplanmıştır.



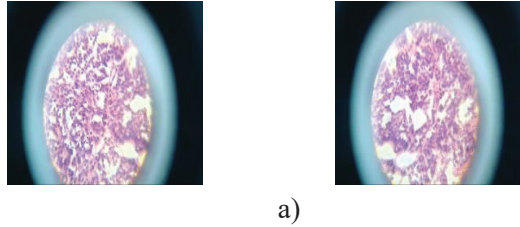
Şekil 3.4 50 μm mesafedeki piksel sayısı a) 40X’de b) 100X’de

$$P_x = \frac{50 \mu\text{m}}{300 \text{ piksel}}$$

$$P_x = 0,166 \mu\text{m}$$

$$P_y = \frac{50 \mu\text{m}}{290 \text{ piksel}}$$

$$P_y = 0,172 \mu\text{m}$$



Şekil 3.5 X eksenindeki herhangi bir pikselin yer değiştirmesinde kullanılan görüntüler a) İlk görüntü b) İkinci görüntü

Adım motorun 1 adım da aldığı mesafe=X ekseninde etiketlenmiş pikselin yer değiştirme sayısı * bir pikselin gerçek uzunluğu

$$\text{Mesafe} = 655 * 0.370 \mu\text{m}$$

Mesafe = 242,35 μm olarak hesaplanmaktadır. Buradan yola çıkarak adım motorların piksel türünden ve μm türünden 1 adımda aldığı mesafeler hesaplanabilmektedir.

Bu hesaplamalardan sonra Şekil 3.5’de görüldüğü gibi mikroskobun oküler bölümüne bağlanan kameradan alınan görüntülerde istenmeyen bölgeler bulunmaktadır. Görüntüler yakalanırken ilgilenilen bölgeden, istenilen büyüklükte görüntüler yakalamak için Matlab’ın

görüntü akış aracı (imaqtool) kullanılarak görüntünün başlangıç noktası, genişliği ve yüksekliği hesaplanmaktadır.

Her adımda yakalanacak olan görüntünün yüksekliği ve genişliği hesaplanmaktadır. 40X objektif altında 1 pikselin X eksenindeki genişliği 0.370 μm , Y eksenindeki genişliği 0,384 μm olarak hesaplanmıştır. Adım motorun 1 adımda aldığı mesafe en az 242 μm olarak hesaplanmıştır. Bu bilgiler kullanarak yakalanan görüntülerin yükseklik ve genişlik bilgilerini hesaplarsak:

$$\text{Genişlik} = \frac{242}{0.370} = 655 \text{ piksel}$$

$$\text{Yükseklik} = \frac{242}{0.384} = 630 \text{ piksel}$$

Sonuç olarak 40X objektif kullanılarak yapılacak preparat taramalarında yakalanacak tek bir görüntünün çözünürlüğü 655x630 piksel olarak hesaplanmıştır.

3.1.2 Preparat Tarama Programı

Preparat tarama programı matlab ortamında yazılmıştır. Mikroskop tablasında kullanılan Arduino programı ile seri port üzerinden haberleşerek motorların adım atması için gereken sinyalleri göndermektedir. Motorlar adım attıktan sonra mikroskobun oküler kısmına bağlanan kamera ile görüntü yakalanmakta ve her gelen görüntü önceki görüntü ile birleştirilmektedir. Preparat tarama programı üzerinden hareketli mikroskop tablasının kontrol ünitesine 0, 1, 2, 3 rakamları gönderilmektedir. Her bir rakamın karşılık geldiği işlem aşağıda verilmektedir.

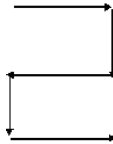
0: konum sıfırlamayı ve motorların ilk konuma gelmesini.

1: X eksenindeki motorun 1 adım ileri yönde hareket etmesini,

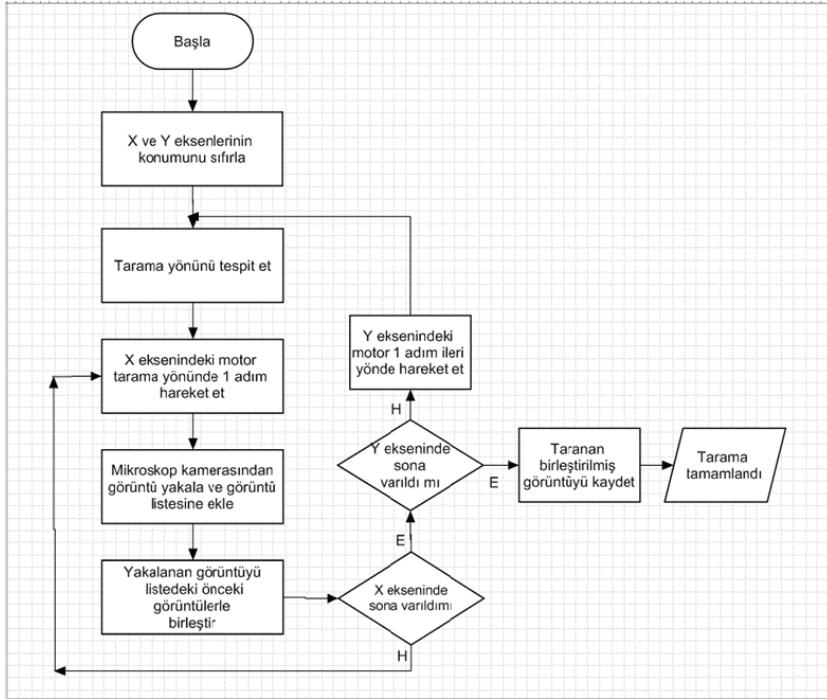
2: Y eksenindeki motorun 1 adım ileri yönde hareket etmesini,

3: X eksenindeki motorun 1 adım geri yönde hareket etmesini

sağlamaktadır.



Şekil 3.6 Preparat taranırken izlenen yol



Şekil 3.7 Preparat tarama programının akış şeması (Özcan, 2019)

Tarama yönü ve sırası Şekil 3.6’da görüldüğü gibi X eksenindeki herhangi bir satır tarandıktan sonra X eksenindeki adım motor geri dönmeden Y eksenindeki adım motor bir adım atar ve daha sonra X eksenindeki adım motor geriye doğru hareket etmektedir. Bu da bize preparat taranırken zamandan kazanç sağlamaktadır.

Preparat tarama programı ile 12x12 mm’ye kadar preparat alanı taranabilmektedir. Her bir adımda en az 240 µm’lik bir hareket ile 50 satır ve 50 sütunluk bir alan taranabilmektedir. Böylece bir preparata ait toplamda 2500 adet görüntü elde edilebilir. Programın görüntü yakalama frekansı 3sn’dir. Ancak bu süre daha kaliteli adım motorlar ve kameralar kullanılarak azaltılabilir. Örneğin 20x20 görüntülük bir alan tarandığında 20x20=400 görüntü elde edilir. Her bir görüntü 3sn’de yakalandığında yaklaşık olarak (400x3=1200sn) 20 dakikada bir preparat taranmaktadır. Özellikle kan sayımlarında belli alandaki kan sayısına bakılır. İhtiyaç duyulan alana göre görüntü sayısını artırıp azaltabiliriz. Şekil 3.7’de PTP’nin akış şeması verilmiştir.

3.2 Beyaz kan hücrelerinin belirlenmesi ve bölütlenmesi

Görüntü işlemede en önemli işlemlerden biri, istenilen bölgenin tüm görüntüden elde edilmesidir. Bu sayede daha sonraki aşamaların daha başarılı olması sağlanabilir. Beyaz kan hücrelerini mikroskop görüntüsünden çıkarmak için K-ortalama algoritması kullanılmaktadır.

En eski kümeleme algoritmalarından olan K-ortalama algoritması (Yıldız ve ark., 2010), N adet verinin k adet kümeye bölünmesidir. K ortalama algoritmasının çalışma aşamaları aşağıda verilmiştir (Solak ve Altınışık, 2018):

1. K-adet küme merkezinin rastgele belirlenmesi,
2. Öklid uzaklık ölçütü kullanılarak her bir küme elamanının küme merkezlerine uzaklıklarının hesaplanması. Küme elemanlarının en yakın küme merkezine dâhil edilmesi,
3. Küme merkezinin yeniden hesaplanması,
4. Küme merkezi değiştiğinde 2. ve 3. maddelerin tekrarlanması.

K-ortalama algoritmasının amaç fonksiyonu eşitlik (3.3)'de verilmektedir.

$$F = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|X_i^{(j)} - C_j\|^2 \quad (3.3)$$

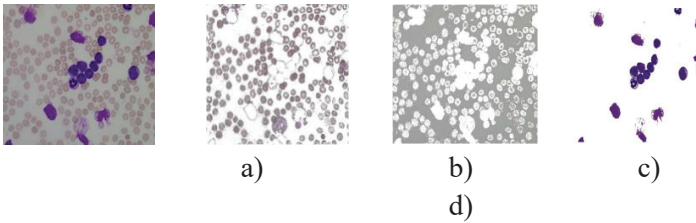
K : küme sayısı,

n : j. kümedeki piksel sayısı,

$X_i^{(j)}$: j kümesindeki herhangi bir piksel,

C_j : j kümesinin merkez noktasıdır.

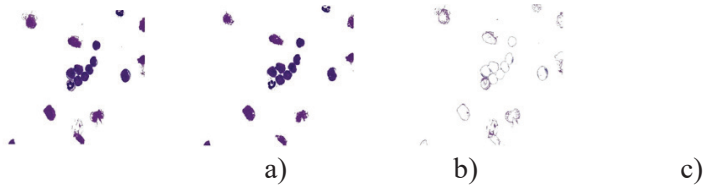
Mikroskop görüntüsü K-ortalama algoritması kullanılarak 3 farklı görüntüye bölütlenir.



Şekil 3.8 K-ortalama algoritması ile a) İşlenecek mikroskop görüntüsü b) 1.kümeye ait görüntü c) 2.kümeye ait görüntü d) 3.kümeye ait görüntü

3.kümeye ait mikroskop görüntülerinde, hücrelerin başarılı bir şekilde arka plandan ve diğer kan hücrelerinden bölütlendiği görülmektedir (Şekil 3.8.d).

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, öncelikle hücrelerin sınırları belirlenmekte ve daha sonra bu bilgiler kullanılarak beyaz kan hücreleri alt görüntülere ayrılmaktadır. Bu çalışmada, beyaz kan hücrelerinin görüntüleri bir bütün olarak işlenmekte ve beyaz kan hücrelerinin sitoplazma ve çekirdeklerinin ayrı ayrı elde edildiği görüntüler ortaya çıkmaktadır. Bu yaklaşımın amacı hücrelerin birbirine olan temasını azaltmak ve temas eden hücreleri daha başarılı bir şekilde birbirinden ayırmaktır (Özcan ve Selek, 2019). Hücreleri sitoplazma ve çekirdek olarak ayırmak için Şekil 3.8.d'deki beyaz kan hücrelerine ait görüntüye, aynı şekilde K-ortalama algoritmasının uygulanması ile hücrelerin çekirdeğinin ve sitoplazmasının birbirinden ayrı olarak bulunduğu görüntüler elde edilmektedir (Şekil 3.9.b ve c).

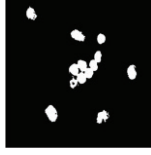


Şekil 3.9 Sitoplazma ve çekirdeklerin birbirinden ayrılması a) K-ortalama algoritmasına verilen hücreler b) Hücrelerin çekirdekleri c) Hücrelerin sitoplazmaları

Şekil 3.9.b'de görüldüğü gibi çekirdeklerin birbirine olan teması azaltılmaktadır. Birbiri ile temas eden çekirdekleri ayırmak için diğer bir algoritma olan işaretçi kontrollü su-seddi algoritması hücre çekirdeklerinin bulunduğu görüntüye (Şekil 3.19.b) uygulanmaktadır (Yang ve ark., 2006; Chinae Valdés ve Lorenzo-Ginori, 2011; Kaur, 2014).

Su-seddi algoritması yaygın olarak mesafe dönüşümü yöntemi ile kullanılmaktadır. Bu yöntem hücrelerin aşırı bölütlenmesine neden olmaktadır. Bu problemi aşmak için mesafe dönüşümü yöntemi ile birlikte işaretçi kontrollü yöntemi kullanılırsa birbirine temas eden hücreler başarılı bir şekilde bölütlenebilmektedir. İşaretçi kontrollü su-seddi algoritması, genellikle görüntü üzerindeki nesneleri işaretlemek için kullanılan belirteçleri hesaplamak amacıyla kullanılır. Bu yöntem ile her hücreye ait bir işaretçi belirlenmekte ve bu işaretçiler belirteç olarak kullanılarak birbirine temas eden hücreler birbirinden ayrılmaktadır. Başka bir ifade ile su-seddi algoritması görüntü üzerindeki bölgeleri

etiketlenmektedir. Su-seddi algoritmasının başarılı sonuç vermesi işaretçi belirteçlere bağlıdır.



a)

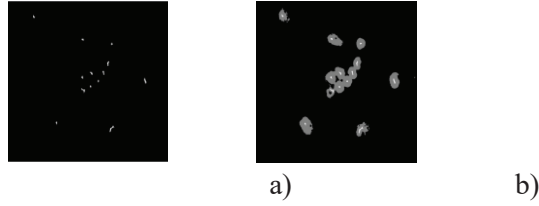


b)

Şekil 3.10 Çekirdek görüntüsü a) Mesafe dönüşümü uygulanmadan önceki örnek ikili görüntü b) Mesafe dönüşüm fonksiyonundan sonraki görüntü

Otomatik eşikleme yöntemiyle görüntü ikili görüntüye dönüştürülür (Şekil 3.10.a). Elde edilen görüntüye mesafe dönüşümü fonksiyonu uygulanır. Mesafe dönüşüm (distance transform) fonksiyonu, ikili görüntüdeki her bir pikselin kendisine en yakın değeri 1 olan piksele uzaklığını hesaplar ve geri dönüş değeri olarak ikili görüntü boyutuna ait ($m \times n$) matrise ekler. Matlab görüntü işleme fonksiyonu olarak `bwdist()` kullanılmaktadır.

Mesafe dönüşümü uygulandıktan sonraki görüntü üzerindeki gri yoğunluk, hücrelerin merkezinden çevresine doğru azalmaktadır (Şekil 3.10.b). Bu özellik kullanılarak, mesafe dönüşümü hesaplanmış görüntü üzerinde minimum (regional minima) veya maksimum (regional maxima) renk yoğunluğuna sahip bölgeler hesaplanmaktadır. Burada `imextendedmin()` fonksiyonu kullanılmıştır. `Imextendedmin()` fonksiyonu, gri görüntüye uygulanmakta ve minimum renk değerine sahip bölgeler hesaplanmaktadır (Şekil 3.11.a). Bu çalışmada, en az 6 piksel alana sahip bölgeler kullanılmıştır. 6 pikselden daha az alana sahip bölgeler kullanıldığı zaman çekirdeğin kendi içinde bölünmesine neden olabilmektedir. 6 pikselden daha büyük alana sahip bölgeler olmadığı zaman çekirdeklerin işaretçilerinin kaybına neden olmaktadır. Bizim çalışmamızda minimum renk değerine sahip bölge alanı için uygun değer 6 piksel olarak belirlenmektedir. Elde edilen işaretçiler ve mesafe dönüşümü hesaplanmış gri görüntü kullanılarak yeniden morfolojik yapılandırma uygulanmaktadır. Morfolojik yapılandırma ile her çekirdeğe ait işaretçinin gösterdiği konumdaki minimum renk değeri o hücrenin tamamına uygulanmaktadır. Böylece, su-seddi algoritması bu yaklaşımdan faydalanarak çekirdek bölgelerini etiketlenmektedir. Su-seddi algoritması ile bölgelerin etiketlenmesi Şekil 3.12.a'da görülmektedir. Su-seddinden elde edilen etiketlenmiş matris, rgb renk uzayına dönüştürülmektedir.

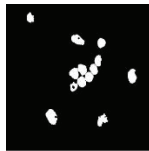


Şekil 3.11 İşaretçi belirteçler ve belirteçlerin çekirdek üzerindeki konumu
a) Çekirdeklerin işaretçi belirteçleri b) İşaretçi belirteçlerin çekirdekler üzerindeki görüntüsü



Şekil 3.12 İşaretçi kontrollü su-seddi algoritmasından elde edilen sonuçlar a) İşaretçi kontrollü su seddi algoritmasında etiketlenmiş çekirdek bölgeleri b) İşaretçi kontrollü su-seddi algoritmasından elde edilen çekirdekler

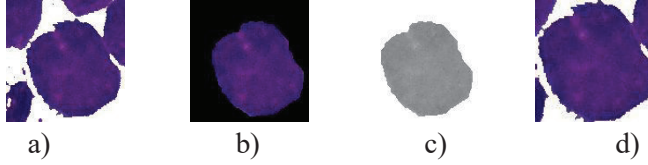
İşaretçi kontrollü su-seddi algoritması ile elde edilen görüntüde 13 adet bölge vardır (Şekil 3.12.a). Her bir bölge bir adet çekirdeği temsil etmektedir. Su-seddi dönüşümünde bölgeleri ayıran sınırlar ‘0’ olarak etiketlenmektedir. Bu özellik kullanılarak çekirdekler sınırlarından ayrılmaktadır. Daha sonra Şekil 3.12.b’deki görüntüye morfolojik aşındırma işlemi uygulanarak çekirdek etrafındaki gürültüler temizlenmektedir. Sonuçta Şekil 3.13’deki görüntü elde edilmektedir (Özcan, 2019).



Şekil 3.13 Birbirine temas eden çekirdeklerin ayrılmış hali

Bu aşamadan sonra her bir çekirdek alt görüntülere ayrılmaktadır. Çekirdek sınırlarının belirlenmesi aşamasında Şekil 3.13’deki ikili görüntü kullanılmaktadır. Bu görüntüdeki çekirdekler etiketlenmekte ve bunların sınır bilgileri elde edilmektedir. Bu sınır bilgileri kullanılarak elde edilen görüntü Şekil 3.14.d’de görüldüğü gibi ilgilenilen çekirdeğin alt ve sağ

kenarları sınırlara temas etmektedir. Bu görüntüye kenar temizleme fonksiyonu (imclearborder) uygulandığında ilgilenilen çekirdeğin kenarları sınırlara temas ettiğinden çekirdek kaybedilmektedir. Bu problemi çözmek için elde edilen sınır bilgilerinin x ve y eksenleri 20 piksel genişletilmektedir (Şekil 3.14.a). Bu görüntüye tekrar işaretçi-kontrollü su-seddi algoritması uygulanarak Şekil 3.14.b'deki görüntü elde edilmektedir (Özcan, 2019).



Şekil 3.14 Örnek alt görüntüler a) Sınırları genişletilmiş alt görüntü b) Kenarları temizlenmiş rgb görüntü c) Kenarları temizlenmiş gri görüntü d) Sınırları genişletilmemiş alt görüntü

3.3 Öz niteliklerin Çıkartılması ve Hücrelerin Sınıflandırılması

Birbirine temas eden hücreler ayrıldıktan sonra elde edilen görüntü üzerindeki her bir çekirdeğin öz nitelikleri çıkartılmaktadır. İkili görüntü üzerindeki çekirdekler etiketlenerek ve çekirdeklerin renk, biçim, doku özelliklerinden her bir çekirdeğe ait 14 adet öz nitelik hesaplanmaktadır. Literatür incelendiğinde genellikle Çizelge 3.1'deki öz nitelikler kullanılmaktadır (Putzu ve ark., 2014; Begum ve Razak, 2017; Negm ve ark., 2017)

Çizelge 3.1 Öz nitelikler tablosu

Biçim	Alan
	Çevre
	Eksantriklik (eccentricity)
	Katılık (solidity)
	Dairesellik (roundness)
	Uzama (elongation)
Doku	Yoğunluk (Compactness)
	Kontrast
	Korelasyon
	Enerji
	Entropi
Renk	Homojenlik
	Standart sapma
	Ortalama

Hücrelerin çevre, alan, en büyük eksen, en küçük eksen gibi öznitelikler, `regionprops()` fonksiyonu ile elde edilmektedir. Bu veriler kullanılarak Eksantriklik, Dairesellik, Uzama gibi öznitelikler hesaplanmaktadır (Putzu ve ark., 2014). Hesaplanan bazı özniteliklerin matematiksel ifadeleri eşitlik (3.4), (3.5) ve (3.6) verilmektedir.

Major axis=en büyük çap

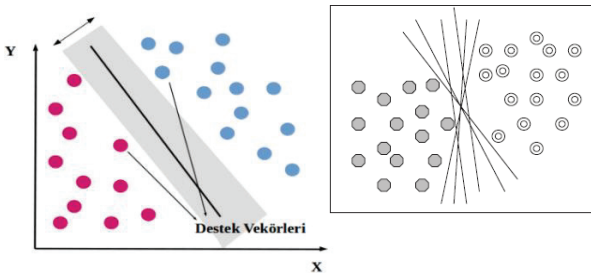
Minor axis=en küçük çap

$$\text{Eksantriklik} = \frac{\sqrt{\text{major axis}^2 - \text{minor axis}^2}}{\text{major axis}} \quad (3.4)$$

$$\text{Dairesellik} = \frac{4 \times \pi \times \text{Area}}{\text{convex perimeter}^2} \quad (3.5)$$

$$\text{Uzama} = 1 - \frac{\text{minor axis}}{\text{major axis}} \quad (3.6)$$

Bu çalışmada hücreleri sınıflandırma aşamasında destek vektör makineleri (DVM) kullanılmaktadır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde birçok çalışmada destek vektör makineleri kullanılmaktadır (Putzu ve ark., 2014; Patel ve Mishra, 2015; Begum ve Razak, 2017; Karthikeyan ve Poornima, 2017). Destek vektör makineleri sınıflandırma problemleri için kullanılan bir makine öğrenme algoritmasıdır. Destek vektör makinesinin amacı, farklı sınıfları birbirinden en iyi şekilde ayıran sınırı bulmaktır. Şekil 3.15.a'da görüldüğü gibi iki sınıflı verileri birbirinden ayırabilen birçok hiper-düzlem çizilebilir (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010).



Şekil 3.15 Hiper-düzlemler a) İki sınıflı bir problem için (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010) b) Destek vektörleri ve sınıfları birbirinden ayıran

Ancak DVM'nin amacı Şekil 3.15.b'de görüldüğü gibi kendisine en yakın noktalar arasındaki uzaklığı maksimuma çıkaran hiper-düzlemi

bulabilmektedir. Bu sınırı (hiper düzlem) kullanarak verilerin hangi sınıfa ait olduğunu bulup sınıflandırma işlemini gerçekleştirir.

Doğrusal olarak ayrılabilen iki sınıflı bir sınıflandırma probleminde DVM'nin eğitimi için k sayıda örnekten oluşan eğitim verisinin (x_i, y_i) , $i = 1, \dots, k$ olduğu kabul edilirse, optimum hiper düzleme ait eşitsizlikler (3.7) ve (3.8) deki gibi olur (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010):

$$w \cdot x_i + b \geq +1 \text{ her } y = +1 \text{ için} \quad (3.7)$$

$$w \cdot x_i + b \leq -1 \text{ her } y = -1 \text{ için} \quad (3.8)$$

$x \in R^N$ olup N boyutlu bir uzayı,

$y \in \{-1, +1\}$ sınıf etiketlerini,

w ağırlık vektörünü, b eğilim değerini göstermektedir.

Sınıfları birbirinden ayıran en iyi sınır düzlemi bulmak için Şekil 3.15.b'de görüldüğü gibi destek vektörlerinden faydalanılır. Destek vektörleri;

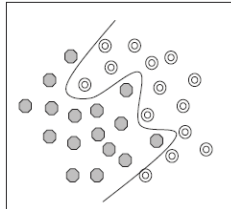
$$w \cdot x_i + b = \pm 1 \quad (3.9)$$

şeklinde ifade edilir.

Doğrusal olarak ayrılabilen iki sınıflı bir problem için karar fonksiyonu eşitlik (3.10)'daki gibi yazılır (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010).

$$f(x) = \text{sign}\left(\sum_{i=1}^k \lambda_i y_i(x \cdot x_i) + b\right) \quad (3.10)$$

Görüntülerin sınıflandırılmasında olduğu gibi gerçek hayatta birçok problemde verilerin doğrusal olarak ayrılması mümkün değildir (Şekil 3.16).



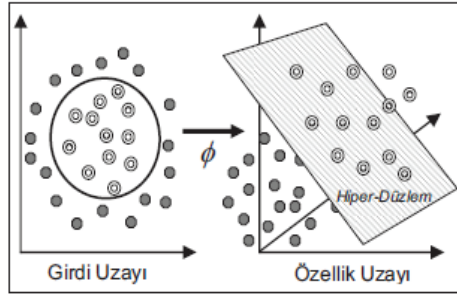
Şekil 3.16 Doğrusal olarak ayrılabilen veri seti (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010)

Destek vektör makineleri doğrusal olarak ayrılabilen verileri sınıflandırmak için matematiksel olarak $K(x_i, x_j) = \varphi(x) \cdot \varphi(x_j)$ şeklinde

ifade edilen çekirdek fonksiyonunu kullanarak doğrusal olmayan dönüşümler yapabilmekte ve bu şekilde verilerin yüksek boyutta doğrusal olarak ayırılmasına imkân sağlamaktadır (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010). Doğrusal olarak ayırlamayan iki sınıflı bir veri kümesi problemi çekirdek fonksiyonu kullanarak çözen karar fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$f(x) = \text{sign}(\sum_i \alpha_i y_i \varphi(x) \cdot \varphi(x_i) + b) \quad (3.11)$$

Şekil 3.17’de görüldüğü gibi girdi uzayında doğrusal olarak ayırlamayan veri, özellik uzayı olarak tanımlanan yüksek boyutlu bir uzayda görüntülenmektedir.



Şekil 3.17 Çekirdek fonksiyonu ile verinin daha yüksek bir boyuta dönüştürülmesi (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010)

Destek vektör makinelerinin başarısında çekirdek fonksiyonu ve parametre optimizasyonu önemlidir (Ayhan ve Erdoğan, 2014). Destek vektör makinelerinde Lineer, Polinomial, Radyal Tabanlı çekirdek fonksiyonları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çekirdek fonksiyonlarının matematiksel ifadeleri eşitlik (3.12), (3.13), (3.14) deki gibidir.

Lineer çekirdek fonksiyonu:

$$K(x, y) = x + y \quad (3.12)$$

Polinomial çekirdek fonksiyonu:

$$K(x, y) = (x + y + 1)^d \quad (3.13)$$

Radyal tabanlı çekirdek fonksiyonu:

$$K(x, y) = \exp(-\|x - y\|^2 / 2\sigma^2) \quad (3.14)$$

4. Mikroskop Görüntüleme Sisteminin Test Edilmesi

Mikroskop görüntüleme sistemini test etmek amacıyla preparat örnekleri 100X objektif ile taranmıştır. Tarama alanı olarak 10x10

görüntülük bir alan seçilmektedir. İsteğe bağlı olarak bu tarama alanı artırılabilir. 50x50 görüntülük alana kadar tarama yapılabilir. Tarama sistemiyle her bir alt görüntü ve alt görüntüler kullanılarak birleştirilmiş bütün görüntü kaydedilmektedir. Her bir alt görüntü 650x630 piksel boyutundadır. Birleştirilmiş görüntü 65000x63000 piksel boyutundadır. Görüntüleri yakalama frekansı 3 saniyedir. 100X objektif ile mikroskop altında herhangi bir inceleme yaparken immersion yağı kullanılmadan kaliteli bir görüntü elde edilememektedir. İmmersion yağı lam ile objektif arasında damlatılmaktadır. Motorlar hareket ettikten sonra objektif ile lam arasındaki immersion yağıda hareket etmektedir. Bu yağın hareketsiz hale gelmesi, motorların adımını tamamlaması gibi etkenler göz önünde bulundurulduğunda her bir görüntü için 3 saniye yakalama süresi belirlenmiştir (Özcan, 2019).

Özellikle kan sayımlarında belli bir alandaki hücre sayısına bakılır. Örneğin 2 mm² alandaki beyaz kan hücresinin sayısına bakılır. Bizde PTP ile yaklaşık 1,1 cm² 'lik alandaki beyaz kan hücrelerini görüntü işleme yöntemiyle saydırma işlemini gerçekleştirdik (Özcan, 2019).

Taranan alanı hesaplarsak;

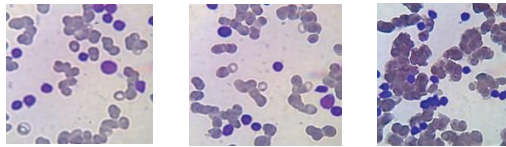
$$650 \text{ piksel} * 0.166 \mu\text{m} = 107,9 \mu\text{m}$$

$$630 \text{ piksel} * 0.172 \mu\text{m} = 108,36 \mu\text{m}$$

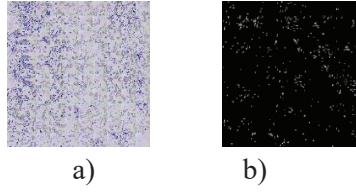
$$107,9 \mu\text{m} * 108,36 \mu\text{m} = 11 \text{ mm}^2$$

Buradan her bir görüntünün alanı 11 mm² olduğuna göre 100 görüntülük bir alan taratıldığında 1,1 cm² alandaki hücre sayısı elde edilmektedir.

Elde edilen bütün haldeki görüntü Şekil 4.2'de, alt görüntüler Şekil 4.1'de gösterilmektedir (Özcan, 2019).



Şekil 4.1 Preparat taramasından elde edilen örnek alt görüntüler



Şekil 4.2 a) Preparat taramasında 10x10 görüntülük birleştirilmiş bütün görüntü b) Preparat taramasından sonra elde edilen ikili görüntü

Elde edilen alt görüntüler sırasıyla tek tek işlenerek her bir görüntüdeki beyaz kan hücresi saydırılmaktadır ve daha sonra her bir görüntüye ait ikili görüntüler birleştirilerek tek bir görüntü haline getirilmektedir. Şekil 4.2'deki preparatın ikili görüntüsü Şekil 4.2.b'de verilmektedir.

Tarama sonucunda 1,1 cm² alandaki beyaz kan hücresi 543 adet olarak tespit edilmiştir. Intel Core İ5-2410M 2.30 Ghz işlemci, 4GB RAM özelliklerine sahip bilgisayar ile 100 görüntülük bir alandaki beyaz kan hücrelerini saymak için geçen süre 25 dakikadır (Özcan, 2019).

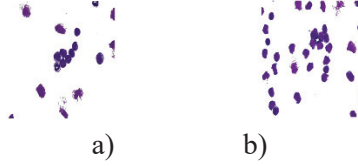
Hastanelerde özellikle enfeksiyondan şüphelenilen hastalar için Hemogram (Tam Kan sayımı) sonucundan beyaz kan hücrelerinin sayısına bakılmaktadır. Bu işlem için geçen süre yaklaşık 45 dakikadır. Her bir kan sayımı için kullanılan araçların maliyeti ve zaman gibi faktörler göz önünde bulundurulduğunda sadece beyaz kan hücrelerinin sayısına bakılmak istendiğinde daha ekonomik ve daha hızlı sonuç almak için görüntü işleme yöntemiyle kan sayımı yapılabilir.

Preparat görüntülerinin dijital ortama aktarılması ile herhangi bir hastanın farklı zamanlardaki periferik yayma sonuçları kıyaslanması gerektiğinde büyük kolaylık sağlayacaktır. Yasal olarak periferik yayması yapılan her bir Lam'ın belli bir süre muhafaza edilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte periferik yayma yapılarak tanı konulan hastalıklarda görüntüler üzerinde hücreler işaretlenerek hangi hücrelere bağlı olarak tanı konulduğu dijital ortamda kaydedilecektir. Bu veriler daha sonra eğitim amaçlıda kullanılabilir (Özcan, 2019).

Hareketli mikroskop tablasından görüntü yakalanırken bölgesel olarak görüntülerde bozulmalar yaşanmaktadır. Bunun sebebi araştırıldığında preparatın her noktasındaki yüksekliğin aynı olmaması, 100X objektif kullanıldığı için lam ile objektif arasında kullanılan immersion yağının her yerde aynı yükseklikte olmamasından kaynaklandığı tespit edilmiştir (Özcan, 2019).

5. Beyaz Kan Hücrelerinin Bütün Olarak İşlenmesi ve Sınıflandırılması

Test aşamasında beyaz kan hücrelerinin alt görüntülere ayrılarak işlenmesi ve bütün olarak işlenmesi karşılaştırılmaktadır. Test edilen örnek görüntüler aşağıdaki gibidir.



Şekil 5.1 Test edilen örnek hücre görüntüleri a) Test edilen örnek 1.görüntü b) Test edilen örnek 2. görüntü

Burada her iki yöntemde de hücreler alt görüntülere ayrılmaktadır ancak dikkat edilmesini istediğimiz adım hücrelerin sitoplazma ve çekirdekleri ayrıştırılırken, birinde alt görüntüler diğerinde ise tüm görüntünün kullanılmasıdır (Özcan, 2019).

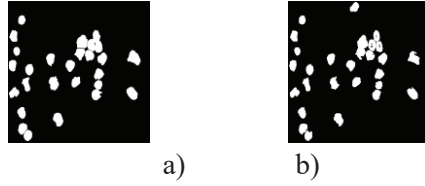
Her iki yöntemde Şekil 5.1.a ve b görüntülerine uygulanmaktadır ve elde edilen sonuçlar Şekil 5.2 ve 5.3’de verilmektedir.



Şekil 5.2 Şekil 5.1.a’daki görüntünün test edilmesi a) Geleneksel yöntemle elde edilen sonuç b) Bütün olarak işlenen yöntemle elde edilen sonuç

Test edilen Şekil 5.1.a’daki görüntüde birbirine temas eden hücreler her iki yöntemde de başarılı bir şekilde birbirinden ayrılmaktadır. Her iki yöntemde de 13 adet hücre elde edilmektedir.

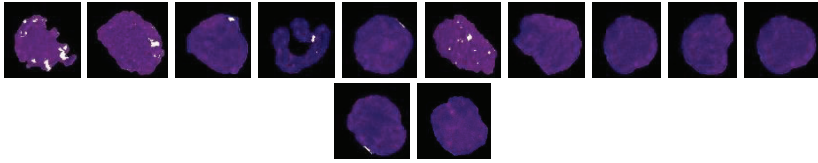
Test edilen Şekil 5.1.b’deki görüntüde geleneksel yöntem yoğun bir şekilde temas eden hücreleri ayırmakta başarısız olmuştur. Geleneksel yöntemin başarısız olduğu bölge Şekil 5.3.a’daki görüntü üzerinde ‘1’ olarak işaretlenmektedir. Bu bölgede üç adet hücre varken geleneksel yaklaşım kullanıldığında üç adet hücre tek bir hücre olarak algılanmaktadır.



Şekil 5.3 Şekil 5.1.b’deki görüntünün test edilmesi a) Geleneksel yöntemle elde edilen sonuç b) Bütün olarak işlenen yöntemle elde edilen sonuç

Aynı görüntü bir bütün olarak işlendiğinde yoğun bir şekilde temas eden bölgeden üç adet çekirdek başarılı bir şekilde birbirinden ayrılmaktadır (Şekil 5.3.b).

Birbirine temas eden çekirdekler ayrıldıktan sonra bölüm 3.2’de bahsedilen yöntemle çekirdeklerin sınırlarının belirlenmesi ve bu sınırların içindeki komşu çekirdeklerin istenmeyen alanlarının temizlenmesi test edilmektedir. Elde edilen çekirdekler Şekil 5.4’teki gibidir.



Şekil 5.4 Şekil 5.1.a görüntüsünden elde edilen çekirdekler

Alt görüntüler elde edilirken genişletilmiş sınırların kullanılması ile ilgilenilen bölgedeki istenmeyen çekirdek alanları başarılı bir şekilde temizlenmektedir (Şekil 5.4).

Scotti tarafından hazırlanmış 108 adet mikroskop görüntüsünden bölüm 3.2’de anlatılan yöntem ile 198 adet akut lenfosit lösemi ve 212 adet sağlıklı beyaz kan hücresi elde edilmektedir. Bu hücrelere ait her bir çekirdek için Çizelge 3.1’deki öznitelikler hesaplanmaktadır. Bu öznitelikler kullanılarak hücreler sınıflandırılmaktadır (Özcan, 2019).

108 adet mikroskop görüntüsü kullanılarak elde edilen 410 adet hücre üzerinde en iyi sınıflandırmayı yapacak çekirdek fonksiyonunu belirlemek için Linear, Radial, Polynomial çekirdek fonksiyonları kullanılarak üç adet sınıflandırma modeli üretilmektedir. Üretilen sınıflandırma modelleri, farklı sayıda ve farklı hücre kombinasyonlarında test edilmekte ve elde edilen sonuçlar aşağıdaki çizelgelerde verilmektedir. Eğitim ve test verileri belirlenirken “Dışarıda Tutma” (Hold-out) yöntemi kullanılmaktadır (Özcan, 2019).

Çizelge 5.1 1.Test verileri ve sınıflandırma modellerinin başarı oranları

Test 1	Sağlıklı hücre sayısı	Kanserli hücre sayısı	Polynomial Çekirdek Fonksiyonu	Radial (RBF) Çekirdek Fonksiyonu	Linear Çekirdek Fonksiyonunu
Eğitim veri seti	152	125	%89,5	%80,5	%91,8
Test veri seti	60	73			

Çizelge 5.2 2.Test verileri ve sınıflandırma modellerinin başarı oranları

Test 2	Sağlıklı hücre sayısı	Kanserli hücre sayısı	Polynomial Çekirdek Fonksiyonu	Radial (RBF) Çekirdek Fonksiyonu	Linear Çekirdek Fonksiyonunu
Eğitim veri seti	175	148	%96,6	%87,4	%90,9
Test veri seti	37	50			

Çizelge 5.3 3.Test verileri ve sınıflandırma modellerinin başarı oranları

Test 3	Sağlıklı hücre sayısı	Kanserli hücre sayısı	Polynomial Çekirdek Fonksiyonu	Radial (RBF) Çekirdek Fonksiyonu	Linear Çekirdek Fonksiyonunu
Eğitim veri seti	166	134	%95,5	%81,9	%91
Test veri seti	46	64			

Çizelge 5. 4 4.Test verileri ve sınıflandırma modellerinin başarı oranları

Test 4	Sağlıklı hücre sayısı	Kanserli hücre sayısı	Polynomial Çekirdek Fonksiyonu	Radial (RBF) Çekirdek Fonksiyonu	Linear Çekirdek Fonksiyonunu
Eğitim veri seti	153	127	%93,9	%80,8	%85,4
Test veri seti	59	71			

Sınıflandırma aşamasında yapılan testlerde en iyi sonucu Çizelge 5.3'deki veriler ve Polynomial çekirdek fonksiyonu kullanılarak üretilen sınıflandırma modeli vermektedir. Üretilen sınıflandırma modeli 87 hücrenin 3 tanesini yanlış sınıflandırarak %96,6 ile en iyi sonucu vermektedir (Özcan, 2019).

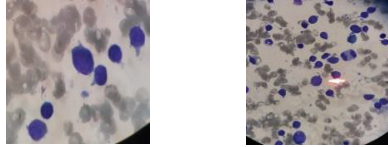
Yukardaki testlerin yanı sıra sınıflandırma modellerinin doğruluk oranını tespit etmek amacıyla 10 kez çapraz doğrulama yöntemi

kullanılarak sınıflandırma yapılmaktadır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5.5'deki gibidir (Özcan, 2019).

Çizelge 5. 5 10-kez çapraz doğrulama ile modellerin başarı oranları

Test 5	Sağlıklı hücre sayısı	Kanserli hücre sayısı	Polynomial Çekirdek Fonksiyonu	Radial (RBF) Çekirdek Fonksiyonu	Linear Çekirdek Fonksiyonunu
Veri seti	198	212	%89,3	%85,9	%87,3

Son olarak yapılan çalışmayı farklı bir veri üzerinde test etmek amacıyla, Fırat Üniversitesi Tıp fakültesinde ALL tanısı konmuş 18 yaşındaki bir erkek hastanın kemik iliği yaymasında kullanılan preparatın Şekil 5.5'deki mikroskop görüntüleri elde edilmiştir.



Şekil 5.5 ALL tanısı konmuş hastanın preparatından elde edilen mikroskop görüntüleri

Şekil 5.5'deki görüntülerden toplam 36 adet beyaz kan hücresi elde edilmektedir. Elde edilen bu hücreler test verisi, ALL-IDB1 veri tabanından elde edilen 410 adet hücre ise eğitim verisi olarak belirlenmektedir. Eğitim verileri ve Polinomial çekirdek fonksiyonu kullanılarak sınıflandırma modeli üretilmektedir. Bu model üzerinde 36 adet hücre sınıflandırılmış ve sonuçlar Fırat Üniversitesi Hematoloji bölümündeki uzman doktor tarafından kontrol edilmiştir. Sınıflandırma modeli 36 adet hücrenin 33 tanesini doğru 3 tanesini yanlış sınıflandırmaktadır. Böylece sınıflandırma başarı oranı %91,6 olarak belirlenmektedir (Özcan, 2019).

Hematoloji uzmanına göre Bilgisayar Destekli Akut Lenfosit Tarama sisteminin; zaman kazandırma, tanıda destekleyici, maliyet düşürücü ve uzman yetiştirici gibi birçok avantajlı özelliği bulunmaktadır.

6. SONUÇLAR

Beyaz kan hücrelerini bölütleme aşamasında hücreler birbirine temas etmiyor ya da büyük bir temas yoksa hücrelerin alt görüntülere ayrılarak işlenmesi ile bütün olarak işlenmesi arasında herhangi bir fark

görülmemektedir. Fakat hücreler birbirine yoğun bir şekilde temas ediyor ise geleneksel yöntem yoğun temas eden bölgedeki hücreleri ayırmakta başarılı olamamaktadır.

Birbiri ile yoğun bir teması olan hücreler bütün olarak işlendiğinde ayırma işlemi başarılı sonuç vermektedir. Bu tür çalışmalarda hücrelerin sitoplazma ve çekirdekleri ayrıştırılırken görüntünün bütün olarak işlenmesi işaretçi kontrollü su-seddi algoritmasından daha başarılı sonuçlar ortaya koymaktadır. Beyaz kan hücrelerinin bölütlenmesinde daha iyi sonuçlar elde edilmektedir.

Farklı çekirdek fonksiyonları kullanılarak yapılan testlerde, veri seti üzerinde en iyi sonucu veren çekirdek fonksiyonu “Polynomial” olarak tespit edilmiştir. Sınıflandırma aşamasında en iyi sonucu veren çekirdek fonksiyonu ve parametreler farklı veri setleri üzerinde test edilmektedir. Sınıflandırma modelinin ALL tanısı konmuş hastadan elde edilen hücreler üzerindeki sınıflandırma başarısı, bu yöntemin ALL tanısında kullanılabileceğini desteklemektedir. Sınıflandırma aşamasında destek vektör makinesinin başarısı seçilen çekirdek fonksiyonuna ve eğitim aşamasında kullanılan hücre sayısına bağlıdır. Eğitim veri setindeki kanserli ve sağlıklı hücre sayısı arttıkça daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir.

Çalışmada hücreler bölütlenirken renk özelliği kullanılmaktadır. Buna bağlı olarak sitoplazma ve çekirdeklerin birbirinden başarılı bir şekilde ayrılması ve hücrelerin başarılı bir şekilde sınıflandırılabilmesi için preparatların kaliteli bir boyama işlemine tabi tutulması iyi sonuç vermektedir. Hastanelerde preparat incelemelerinde, MGS’lerin yaygınlaşmasıyla görüntüler çok kolay bir şekilde ve zaman kaybetmeden kaydedilebilir. Bu görüntüler üzerindeki kanserli ve sağlıklı hücreler etiketlenerek büyük bir veri seti oluşturulabilir. Bu veri seti kullanılarak farklı hastanelerdeki lösemi veya preparat incelemesiyle teşhisi konan hastalıkların daha objektif, daha ekonomik, uzman doktorların iş yükünü azaltacak tıbbi araçlar geliştirilebilir.

Preparat tarama programının ve hareketli mikroskop tablasının fonksiyonları artırılabilir, çözünürlüğü daha yüksek adım motorlar kullanılarak daha hassas taramalar yapılabilir. Hareketli mikroskop tablasının tarama alanı genişletilerek sırasıyla arka arkaya birçok preparat taranabilir.

KAYNAKLAR

- Abdulhay, E., Mohammed, M. A., Ibrahim, D. A., Arunkumar, N. ve Venkatraman, V., 2018, Computer Aided Solution for Automatic Segmenting and Measurements of Blood Leucocytes Using Static Microscope Images, *Journal of medical systems*, 42 (4), 1-12.
- Ayhan, S. ve Erdoğan, Ş., 2014, Destek vektör makineleriyle sınıflandırma problemlerinin çözümü için çekirdek fonksiyonu seçimi, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 9 (1), 175-198.
- Begum, A. J. ve Razak, T. A., 2017, A Proposed Novel Method for Detection and Classification of Leukemia using Blood Microscopic Images, *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8 (3), 147-151.
- Valdés, C., Lyanett, L. ve Lorenzo-Ginori, J.V., (2011). Evaluation of Distance Transform-based alternatives for image segmentation of overlapping objects. *Memorias de la XIV Convención Internacional Informatica*, (February), 1-9, Palacio de Convenciones, Havana.
- Fındık, S. ve Oltulu, P., 2018, Kemik iliği biyopsi raporlamada zaman tasarrufu sağlayan pratik yaklaşım: şablon kullanım, *Abant Tıp Dergisi*, 7 (1), 15-21.
- Hakim, R. Y. S., & Mohamed, Y. M. A. (2017). Segmentation of White Blood Cells for Detection of Leukemia (Doctoral dissertation, AlMughtaribeen University).
- Karthikeyan, T. ve Poornima, N., 2017, Microscopic Image Segmentation Using Fuzzy C Means for Leukemia Diagnosis, *Leukemia, International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 4 (1), 3136-3142.
- Kasım, Ö. ve Kuzucuoglu, A. E., 2015, Lökosit Hücrelerinin Preparat Görüntüsünden Tespiti ve Sınıflandırılması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30 (1), 95-109.
- Kaur, A., 2014, Aayushi, "Image Segmentation Using Watershed Transform", *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJDCE)*, 4, 5-8.
- Kavzoğlu, T. ve Çölkesen, İ., 2010, Destek vektör makineleri ile uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında kernel fonksi. etkilerinin incelenmesi, *Harita Dergisi*, 144 (7), 73-82.
- Khashman, A. ve Al-Zgoul, E., 2010, Image segmentation of blood cells in leukemia patients, *Recent Advances in Computer Engineering and Applications*, 104-109.
- Madhloom, H. T., Kareem, S. A. ve Ariffin, H., 2012, An image processing application for the localization and segmentation of lymphoblast cell using peripheral blood images, *Journal of medical systems*, 36 (4), 2149-2158.
- Mohapatra, S., Patra, D. ve Satpathy, S., 2014, An ensemble classifier system for early diagnosis of acute lymphoblastic leukemia in blood microscopic images, *Neural Computing and Applications*, 24 (7), 1887-1904.

- Negm, A. S., Hassan, O. A., & Kandil, A. H. (2018). A decision support system for Acute Leukaemia classification based on digital microscopic images. *Alexandria engineering journal*, 57(4), 2319-2332.
- Osowski, S., Siroic, R., Markiewicz, T. ve Siwek, K., 2009, Application of support vector machine and genetic algorithm for improved blood cell recognition, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 58 (7), 2159-2168.
- Özcan, A. ve Selek, M., 2019, Görüntü İşleme Yöntemiyle Akut Lenfosit Lösemi Taraması, *International Science and Academic Congress(INSAC 2019)*, KONYA, 71-82.
- Özen, F. ve Parmaksız, E., 2011, Akut Lenfosit Lösemi Teşhisinde Yeni Bir Yöntem: Destek Vektör Makineleri Tabanlı Sınıflandırma, *Geleceğin Teknolojileri Sempozyumu*, İstanbul, Turkey.
- Kishan Patel, Rashmin B. Prajapati, 2018, Segmentation and Classification Techniques of Acute Myeloid Leukemia using Image Processing: A Survey, *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology (IJSRCSEIT)*, ISSN : 2456-3307, Volume 3, Issue 1, pp.623-628, January-February-2018.
- Patel, N. ve Mishra, A., 2015, Automated leukaemia detection using microscopic images, *Procedia Computer Science*, 58, 635-642.
- Putzu, L., Caocci, G. ve Di Ruberto, C., 2014, Leucocyte classification for leukaemia detection using image processing techniques, *Artificial intelligence in medicine*, 62 (3), 179-191.
- Reta, C., Robles, L. A., Gonzalez, J. A., Diaz, R. ve Guichard, J. S., 2010, Segmentation of Bone Marrow Cell Images for Morphological Classification of Acute Leukemia, *FLAIRS Conference*, 142-147.
- Scotti, F., 2005, Automatic morphological analysis for acute leukemia identification in peripheral blood microscope images, *Computational Intelligence for Measurement Systems and Applications*, 2005. CIMS. 2005 IEEE International Conference on, 96-101.
- Shahin, A. I., Guo, Y., Amin, K. M., & Sharawi, A. A. (2019). White blood cells identification system based on convolutional deep neural learning networks. *Computer methods and programs in biomedicine*, 168, 69-80.
- Solak, S. ve Altınışık, U., 2018, Görüntü işleme teknikleri ve kümeleme yöntemleri kullanılarak fındık meyvesinin tespit ve sınıflan., *Sakarya University Journal of Science*, 22 (1), 56-65.
- Theera-Umporn, N. ve Dhompangsa, S., 2007, Morphological granulometric features of nucleus in automatic bone marrow white blood cell classification, *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 11 (3), 353-359.
- Uzunhan, T. A. ve Karakaş, Z., 2012, Çocukluk Çağı Akut Lenfoblastik Lösemisi, *Çocuk Dergisi*, 12 (1), 6-15.

- Yang, X., Li, H., & Zhou, X. (2006). Nuclei segmentation using marker-controlled watershed, tracking using mean-shift, and Kalman filter in time-lapse microscopy. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 53(11), 2405-2414.
- Yıldız, K., Çamurcu, Y., & Doğan, B. (2010). Veri madenciliğinde temel bileşenler analizi ve Negatifsiz matris çarpanlarına ayırma tekniklerinin karşılaştırmalı analizi. *Akademik Bilişim*, 10, 207-213.
- Yöntem, A. ve Bayram, İ., 2018, Çocukluk Çağında Akut Lenfoblastik Lösemi, *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 27 (4), 483-499.
- Zhao, L. ve Yue, P., 2016, Study on Chaotic Neural Network and its Application in Blood Cell Classification of Medical Image, *Chemical Engineering Transactions*, 51, 463-468.

“

Bölüm 14

GAZ TÜRBİNLİ KOJENERASYON SİSTEMLERİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ

Rabi KARAALİ¹

Arzu KEVEN²

”

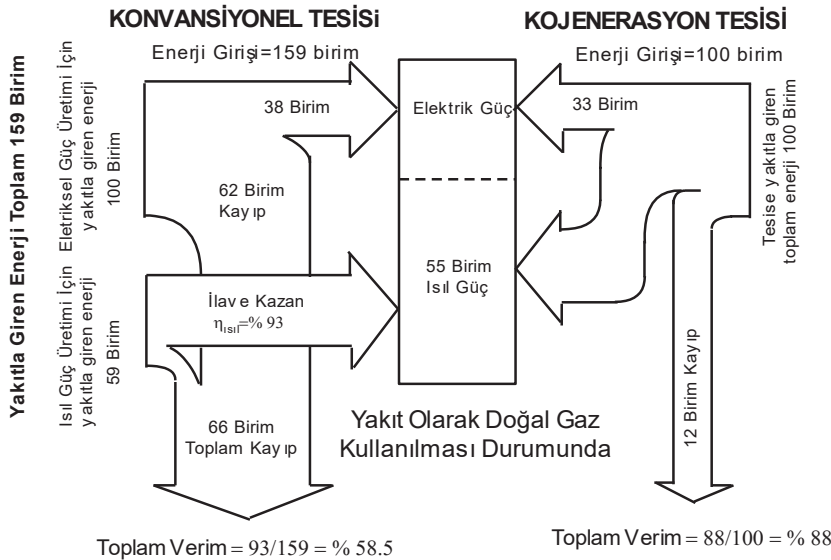
1 Doç.Dr.; Bayburt Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği
Bölümü rabikar@gmail.com ORCID No: 0000-0002-2193-3411

2 Dr.Öğr.Gör; Kocaeli Üniversitesi Gölçük Meslek Yüksek Okulu Motorlu
Araçlar ve Ulaştırma Teknolojisi Bölümü arzu.keven@kocaeli.edu.tr ORCID
No: 0000-0003-0040-9167

GİRİŞ

Enerji kullanımı, maliyeti ve ihtiyacı artmakta olup enerjinin verimini önemli hale getirmektedir. Kojenerasyon enerjinin verimli üretiminin en önemli yollarındandır. Aynı anda iki enerji türünü aynı sistemde üretmeye kojenerasyon denir. En çok ve en yaygın kullanılan enerji türleri elektrik ve ısı enerjisinin kojenerasyonu önem kazanmaktadır. Isı ve elektrik enerjisi konvansiyonel sistemlerde ayrı ayrı üretildiğinden verimleri düşüktür (Karaali ve Oztürk, 2017).

Kojenerasyon sisteminde tek bir ısı üretim sistemiyle üretilen ısıdan, bu enerjiyi taşıyan akışkandan önce elektrik elde edilmekte, arta kalan ısı enerjisi ile de buhar üretimi yapılmaktadır. Şekil 1’de gösterildiği gibi, konvansiyonel sistemin toplam verimi %58 dolaylarında olup kojenerasyon çevriminin verimi %88’a kadar çıkmaktadır. Bu iki sistem yakıtın enerjisinden yakıttan faydalanma yönünden karşılaştırılırsa kojenerasyon çevriminde % 30 dolaylarında daha fazla verim olduğu açıktır. Yani enerji ve ekserji verimi kojenerasyonda 30% civarında klasik sistemlerden daha fazladır. Bunun yanında ısı ve elektrik enerjisi tek bir tesiste üretildiğinden sistemin işletme ve yatırım maliyetleri önemli miktarda düşmektedir (Boyce, 2002).



Şekil 1: Klasik (konvansiyonel) ısı ve elektrik üretim tesisi ile kojenerasyon tesisinin karşılaştırılması (değerler yaklaşık alınmıştır) (Wilkinson ve Barnes, 1993).

Endüstriyel kuruluşlar kojenerasyon tesisleri kurarak hem elektrik hem de ısı ihtiyacını karşılayabilmekte ve yakıtları düşük maliyetle daha verimli değerlendirebilmektedir. Ayrıca küçük tesislerde, bölgesel ısıtma tesislerinde, otellerde, üniversite kampüslerinde kullanılabilir (Karaali ve Öztürk, 2003).

Gaz türbinli kojenerasyon tesislerinin ana makinesi gaz türbinidir. Gaz türbini, özellikleri, tüm tesisin çalışma tarzını ve özelliklerini belirlemektedir. Kojenerasyon tesislerini çalışma metodlarına göre; gaz türbinli, buhar türbinli, gaz-buhar türbinli kombine, motorlu sistemler, yakıt pilleri şeklinde sınıflandırabiliriz (Jaluria, 2008).

Buhar türbini olan kojenerasyon tesislerinde, yakıtın yakılmasıyla elde edilen enerji, kazandaki suya verilerek yüksek basınçta ve sıcaklıkta buhar elde edilir. Bu buhar, türbinden geçirilerek mekanik iş üretilir. Rankine çevrimi olan bu tür sistemlerde, yakıt olarak doğalgaz, sıvı yakıt, kömür gibi çeşitli yakıtlar kullanılabilir. Buhar türbini olan birleşik sistemler karşı basınçlı olanlar ve ara buhar almalı olanlar olarak iki çeşittir (Boyce, 2002).

Gaz türbinli kojenerasyon tesislerinde, hava kompresörde 10–12 kat dolaylarında sıkıştırılarak bir yakıt ile yanma odasında yakılır. Bunun sonucunda yaklaşık 900–1500 °C’de yanma odasından çıkan egzoz gazı enerjisinden bir kısmını mekanik enerji olarak türbinde dönüştürür. Böylece türbinden egzoz 500–900 °C’lere düşer. Kalan bu enerji ile buhar atık ısı kazanında üretilir (Horlock, 1997).

Gaz buhar çevrimli kombine kojenerasyon tesislerinde, çevrimden çıkan yüksek egzoz enerjisinden üretilen buhardan tesise buhar türbini eklenerek elektrik elde edilir. Tesisten elde edilen alçak basınçlı buhar da proseste kullanılır. Ek yanma kullanılarak kombine tesis esnek bir elektrik ısı oranı sağlayabilir hale gelir (Horlock, 1997). Üretilen buhar veya sıcak su kurutma, ısıtma, proseste kullanılacak ısı olarak veya buhar türbini eklenerek elektrik üretiminde, absorpsiyonlu soğutmada, bölgesel ısıtmada veya benzeri yerlerde kullanılır. Değişik çevrimler elde etmek için ana makineye buhar türbini, ısı değiştiricileri, rekuperatörler, buhar enjeksiyonu cihazları, absorpsiyonlu soğutmacihazları gibi başka cihazlar eklenebilir. Ayrıca hava yerine CO₂ gibi değişik akışkanların iş akışkanı olarak kullanıldığı çevrimlerde mevcuttur.

Kojenerasyon tesislerinin motorlu olanlarında 400 – 600 °C sıcaklığında çıkan egzoz gazlarıyla buharda üretilir ve verimi %80–90 civarında olabilir. Bu tür tesislerin kısmi yük verimi ve elektrik verimi

yüksek, tesis maliyeti ve ısı oranları düşük ve kısa çalıştırma zamanı gibi avantajları vardır (Peters vd., 2003).

Hidrojen veya metan yakıt olarak yakıt pillerinde, oksijenle elektrokimyasal reaksiyona girmesi sonucu elektrik elde edilmekte ve yaklaşık 280 °C civarında bir sıcaklıktaki ısı atıklarından da ısıtma vb. gibi işlemler faydalanılabilmektedir. Bu tesislerde elektrik verimi %75'ler ve kojenerasyon verimi de %90'lar civarına çıkabilmektedir (Horlock, 1997).

Endüstride ilk gaz türbinleri 1950 dolaylarında buhar uygulanmaya başlanmıştır. Bunların tasarımları aerodinamik tasarımlardan ve buhar türbinlerinden etkilenmiştir. Uçakların motorları örnek alınarak 1960'larda hafif gaz türbinleri üretilmiştir. Bunlar güç ve elektrik üretiminde ve boru hatlarındaki kompresyon işlemleri gibi tesislerde kullanılmıştır. Endüstride kullanılan gaz türbinleri buhar türbinleri gibi $r=12$ sıkıştırma oranına sahiptir. Bunların egzoz gazları çıkış sıcaklığı 650–820 °C olup shaft verimi %22–28 civarındadır. İkinci nesil endüstriyel gaz türbinleri 1970'lerde üretilmiş mekanik verimleri %31–38'lara ulaşmıştır Bu ikinci nesillerde egzoz gazları çıkış sıcaklığı yükseldiği için türbin kanatları daha dayanıklı üretilmiştir (Çetinkaya, 1999).

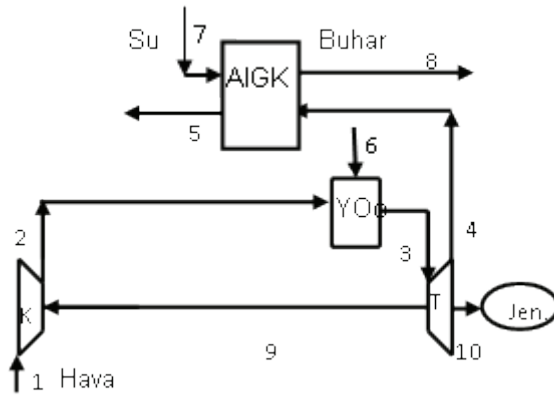
Özellikle 1980'li yıllarda endüstride daha fazla ısı enerjisine ve güce ihtiyaç duyulduğundan gaz türbinli kojenerasyon tesisleri yaygınlık kazanmıştır. Birçok araştırmacı kojenerasyon tesislerinin ekserji analizi konusunda çalışmaya başlamıştır (Tozlu vd., 2017). Doğal gazın diğer yakıtlardan daha üstün olması ile yaygınlaşması sonucu gaz türbinli tesislere ilgiyi artırmıştır. Bu ilgi artan bir şekilde bu günlere kadar gelmiştir.

Bu çalışmada gaz türbinli kojenerasyon sisteminin çalışma şartları araştırılıp gösterilmiştir. Bunun için termodinamiğin birinci ve ikinci kanunu ve ekserji analizi yöntemleri kullanılmıştır. Bunun için Fortran programlama dilinde bir program yazılmıştır. Kojenerasyon sistemini oluşturan kompresör, yanma odası, türbin ve atık ısı geri kazanım cihazlarının ekserji kayıpları, verimlilikleri ve diğer performans özellikleri araştırılmış ve ne gibi iyileştirmelerin yapılabileceği incelenmiştir. Hava fazlalık katsayısının, atmosfer basıncı ve sıcaklığının ve kompresyon oranlarının cihazlar üzerindeki etkisi incelenmiştir. Her bir cihazın giriş ve çıkışlarının enerji ve ekserji değerleri hesaplanarak tabloda gösterilmiştir. Ekserji kayıpları tüm sistem ve tek tek cihazları için çıkarılıp hangi çalışma şartlarında azaltılabileceği gösterilmiştir. En çok hava fazlalık katsayısının ve ikinci sırada kompresyon oranının kojenerasyon sisteminin ve

cihazlarının çalışma şartları ve performansları üzerinde etkili olduğu gösterilmiş ve tartışılmıştır.

GAZ TÜRBİNLİ KOJENERASYON SİSTEMLERİNİN TERMODİNAMİK ANALİZİ

Şekil 2’de gösterildiği gibi, yüksek basınçla kompresörden çıkan hava, yanma odasında doğal gazın yanması sonucu, yüksek sıcaklıkta egzoz gazları elde edilir. Bu yüksek sıcaklık ve yüksek basınçtaki egzoz gazları gaz türbininde geçerken bir kısım enerjisini mekanik enerji olarak bırakır. Atık ısı geri kazanım cihazında kalan ısı enerjisinden bir miktarını suya bırakarak atmosfere verilir. Böylece elde edilen mekanik enerjiden elektrik enerjisi elde edilirken, ısı değiştiricisinden de buhar veya sıcak su üretilir (Karaali, 2010).



Şekil 2: Gaz türbinli kojenerasyon sisteminin basit şeması

Kojenerasyon tesisleri değişik cihazlar mevcut olup bu cihazlarda basınç, sıcaklık ve kimyasal kompozisyon değişimi gibi birçok değişiklikler olmaktadır. Bunlardan başka yanma odasında bir kimyasal reaksiyon meydana gelmektedir. Sistemin analizinde yapılan kabuller (Bejan ve diğ., 1996) şunlardır; sistem sürekli rejimde çalışmakta olup, ideal gaz kanunları egzoz ve havaya uygulanmıştır. Yakıt olarak doğal gaz seçilmiş ve metan olarak kabul edilmiştir. Metan ideal gaz olarak alınmıştır. Metanın yüksek basınçta yanmaya gönderildiği kabul edilmiştir. Yanma tam yanma olup, NO_x oluşumu yoktur. Isı kaybı sadece

yanma odasında olup yakıt üst ısııl değeriinin %2 kadarıdır. Diğer cihazlarda ısı kaybı yoktur. Kinetik ve potansiyel enerjilerin etkisi yok farz edilmiştir (Karaali ve Oztürk, 2015).

Maddenin özelliklerinin kütle alışverişi olan kontrol yüzeyinin her bir bölgesinde homojen ve düzgün dağılım gösterdiği farz edilmiştir. Ayrıca sistem bir andaki iş ve ısı alışverişlerinin zamanla değişmediği açık sistemler olan SASA-sürekli akışlı sürekli açık sistem olarak tanımlanmıştır (Bejan, vd., 1996).

Açık sistem ve kararlı rejimde termodinamiğin birinci kanunu;

$$\dot{Q}_{KH} - \dot{W}_{KH} + \sum_g \dot{m}_g \left(h_g + \frac{V_g^2}{2} + gz_g \right) - \sum_c \dot{m}_c \left(h_c + \frac{V_c^2}{2} + gz_c \right) = 0 \quad (1)$$

Sürekli rejim için kütle korunumu kanunu;

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_c \quad (2)$$

Maddenin entalpi ve iç enerjisi doğrudan ölçülemediğinden özgül hacim, basınç ve sıcaklık gibi doğrudan ölçülebilen özelliklere bağlı olan bağıntılar kullanılır. Bu şekilde entalpi ve iç enerji fonksiyonları bulunur. Sabit hacimdeki ve basınçtaki özgül ısılar mükemmel gazlar için özelik bağıntılarından bulunur (Moran ve Tsatsaronis, 2000).

$$c_{v0} = \left(\frac{du}{dT} \right)_{v=st} \quad (3)$$

$$c_{p0} = \left(\frac{dh}{dT} \right)_{p=st} \quad (4)$$

Yukarıdaki gibi ideal gazın sabit basınç ve sabit hacimde özgül ısıları sıcaklığın fonksiyonudur (Çengel ve Boles, 2000). Bunlar

$$c_{p0} - c_{v0} = R \quad (5)$$

olarak R gaz sabitidir (Bejan, vd., 1996). Entalpilerin ve iç enerjilerin mükemmel gazın sıcaklığına bağlı olarak değişimi

$$u_2 - u_1 = \int_1^2 c_{v0} dT \quad (6)$$

$$h_2 - h_1 = \int_1^2 c_{p0} dT \quad (7)$$

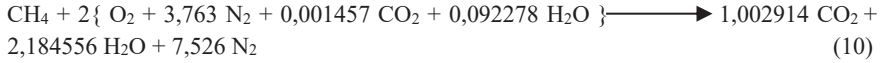
SASA için

$$\sum_C \dot{Q} - \sum_C \dot{W} = \Delta \dot{H} \quad (8)$$

$$\Delta \dot{H} = \sum_{\text{çık.}} \dot{n}h - \sum_{\text{gir.}} \dot{n}h \quad (9)$$

yazılır (Çengel ve Boles, 2000).

Yanma işleminde reaksiyona giren malzemelerin toplam kütlesi ile reaksiyondan çıkan malzemelerin toplam kütesine birbirine eşittir. Ayrıca, elementlerin atomlarının sayısı sabit olup reaksiyona giren-çıkan maddelerin mol sayısı değişmektedir. Burada yanma işlemi için aşağıdaki kimyasal reaksiyon temel alınmıştır (Bejan, vd., 1996).



Stokiyometrik hava miktarı teorik tam yanma için gerekli olan minimum hava miktarıdır. Fakat çoğu zaman tam yanma için teorik hava miktarının üzerinde fazla hava verilir. Gerçek hava miktarının, teorik hava miktarına oranına, hfk-hava fazlalık katsayısı denmektedir. Yüzde fazla hava olarak gösterilir (Çengel ve Boles, 2000).

$$hfk = \frac{\text{Gerçek hava miktarı}(kg)}{\text{Teorik hava miktarı}(kg)} \quad (11)$$

Yanmada maddelerin cinsi ve miktarı değişime uğradığından bir referans haline göre özellik ve özelliklerin formülleri kullanılır. Referans hal olarak normal şartlar (25 °C, 100 kPa) seçilir. Normal şartlarda bulunan Fe, N₂, C, Al, O₂ gibi maddelerin entalpileri sıfır kabul edilir (Taner ve Sivrioglu, 2017). Bunlardan elde edilen NO, CO₂, FeO, H₂O, AlO, CO gibi maddelerin oluşumu için verilen yada alınan ısıya oluşum veya formasyon (h_f^0 veya $h_{oluş.}$) entalpisi denir (Karaali ve Oztürk, 2016).

$$h = \Delta h_{oluş.} + \int_{T_0}^T c_p dT \quad (12)$$

298,15 < T < T_{max} ve P_{ref}=1 bar için, $y=10^{-3}T$ alınırsa entalpilerin genel denklemi;

$$c_p^0 = a + by + cy^{-2} + dy^2 \quad (13)$$

$$h^0 = 10^3(H^+ + ay + \frac{by^2}{2} - cy^{-1} + \frac{dy^3}{3}) \quad (14)$$

olur (Bejan ve diğ., 1996).

Tablo 1’de sıcaklığın fonksiyonu olarak oluşum entalpilerinin de içinde olduğu entalpi denklemleri verilmiştir. Tesiste kullanılan iş akışkanı gerçekte gaz karışımıdır. Ayrıca, gaz karışımlarının özellikleri de karışanların özelliklerine ve miktarına bağlıdır.

Tablo 1: Tesisteki saf maddelerin oluşum entalpileri dahil edilmiş entalpi denklemleri (Bejan ve diğ., 1996).

Madde	M (Kg/mol)	Geçerli aralık (K)	h^0 (kJ/kmol) $y=10^{-3}T$ (T (K))
CH ₄	16,043	298,15- 2000	$h^0_{CH_4} = 10^3(-81,242 + 11,933y + 77,647 \frac{y^2}{2} - 0,142 y^{-1} - 18,414 \frac{y^3}{3})$
N ₂	28,013	298,15- 3000	$h^0_{N_2} = 10^3(-9,982 + 30,418y + 2,544 \frac{y^2}{2} + 0,238 y^{-1})$
O ₂	31,999	298,15- 3000	$h^0_{O_2} = 10^3(-9,589 + 29,154y + 6,477 \frac{y^2}{2} + 0,184 y^{-1} - 1,017 \frac{y^3}{3})$
CO ₂	44,01	298,15- 3000	$h^0_{CO_2} = 10^3(-413,886 + 51,128y + 4,368 \frac{y^2}{2} + 1,469y^{-1})$
H ₂ O (Buhar)	18,015	298,15- 2000	$h^0_{H_2O} = 10^3(-253,871 + 34,376y + 7,841 \frac{y^2}{2} + 0,423 y^{-1})$
H ₂ O (Sıvı)	18,015	298,15- 500	$h^0_{H_2O} = 10^3(-289,932 + 2,355y + 109,198 \frac{y^2}{2} - 2,033y^{-1})$

Mol oranı (x_i), karışanın mol sayısının (n_i) toplam mol sayısına (n) oranına denmektedir.

$$x_i = \frac{n_i}{n} \quad (15)$$

Kütle oranı da karışanın kütlelerinin toplam kütleye oranıdır.

$$y_i = \frac{m_i}{m} \quad (16)$$

Özgül ısıların sabit alındığı yöntemler ile sıcaklıkla değiştiği gerçek durumda kojenerasyon çevrimlerinin sonuçlarında % 10–15 dolayında hata görülmektedir (Bejan ve ark, 1996). Bunun için bunlar sıcaklığın fonksiyonu şeklinde alınmıştır. Bu şekilde yüksek sıcaklıklarda çalışılan gaz türbinlerinde hatalar minimize edilmiştir. M_i ve M_{kar} aralarındaki ilişki;

$$y_i = x_i \frac{M_i}{M_{kar}} \quad (17)$$

Veya

$$M_{kar} = \sum x_i \cdot M_i \quad (18)$$

olur. Mol oranları belli gaz karışımı için kütle oranları

$$\frac{1}{M_{kar}} = \sum \frac{y_i}{M_i} \quad (19)$$

Karışımın gaz sabiti ile molar özgül ısıları;

$$R_{kar} = \sum x_{m_i} R_i \quad (20)$$

$$\overline{c_{p0}} = \sum x_i \overline{c_{p0_i}} \quad (21)$$

$$\overline{c_{v0}} = \sum x_i \overline{c_{v0_i}} \quad (22)$$

Atık ısı geri kazanım cihazı HRSG etkinliği

$$\varepsilon = \frac{T_{soç} - T_{sog}}{T_{sıcg} - T_{sog}} \quad (23)$$

Belli bir hal değişiminden sonra sistem çevrede hiçbir etki bırakmaksızın başlangıç haline dönebiliyorsa bu hal değişimi tersinirdir denir. Tersinirde hal değişimi sonsuz küçük hızda gerçekleşir ve termodinamik denge halinden sapmalar sonsuz küçük derecededir. Gerçek sistemlerde ise hal değişimi belli bir hızda olup, hal değişimleri her derecede tersinmezdir. Denge halinden ayrılma büyüdükçe tersinmezlik büyür. Tersinir bir hal değişiminde entropi değişimi (Çengel ve Boles, 2000);

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \left(\frac{\partial Q}{T} \right)_{tr} \quad (24)$$

Tersinir adyabatik hal değişiminde ısı alışverişi sıfırdır ve entropi değişimi de sıfır olur;

$$S_2 - S_1 = 0 \quad (25)$$

Molar olarak entropi değişimi ideal gazlar için;

$$d\bar{s} = \frac{\bar{c}_{v0}(T)}{T} dT + \bar{R} \frac{dv}{v} \quad (26)$$

$$d\bar{s} = \frac{\bar{c}_{p0}(T)}{T} dT - \bar{R} \frac{dP}{P} \quad (27)$$

İki nokta arasındaki molar entropi değişimi;

$$\bar{s}(T_2, P_2) - \bar{s}(T_1, P_1) = \int_1^2 \frac{\bar{c}_{p0}(T)}{T} dT - \bar{R} \ln \frac{P_2}{P_1} \quad (28)$$

$$\bar{s}(T_2, v_2) - \bar{s}(T_1, v_1) = \int_1^2 \frac{\bar{c}_{v0}(T)}{T} dT + \bar{R} \ln \frac{v_2}{v_1} \quad (29)$$

Özgül ısılar ortalama bir sıcaklıkta sabit kabul edilirse ideal gazlarda için tersinir adyabatik hal değişimi;

$$k = \frac{c_{p0}}{c_{v0}} \quad (30)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{(k-1)}{k}} = \left(\frac{v_2}{v_1} \right)^{k-1} \quad (31)$$

$$P \cdot v^k = T \cdot v^{k-1} = T \cdot P^{\frac{(1-k)}{k}} \quad (32)$$

Tersinir olan sürecin sonunda çevreyle denge sağlanırsa teorik olarak üretililecek maksimum yararlı iş miktarına ekserji veya kullanılabilirlik denmektedir. Fiziksel ve kimyasal olarak iki bileşenlidir. İdeal gaz karışımları için fiziksel ekserji;

$$e_{fiz} = (\bar{h} - \bar{h}_0) - T_0 \cdot (s - s_0) = \int_{T_0}^T \bar{c}_{p0}(T) dT - T_0 \cdot \left(\int_{T_0}^T \frac{\bar{c}_{p0}(T)}{T} dT - \bar{R} \ln \frac{P_i}{P_0} \right) \quad (33)$$

$$e_{fiz} = (\bar{h} - \bar{h}_0)_{kar} - T_0 \cdot (s - s_0)_{kar} = \sum_i x_i \left[\int_{T_0}^T \bar{c}_{p0i}(T) dT - T_0 \cdot \left(\int_{T_0}^T \frac{\bar{c}_{p0i}(T)}{T} dT - \bar{R} \ln \frac{P_i}{P_0} \right) \right] \quad (34)$$

Kimyasal ekserji de referans haldeki (T_0 , P_0) bir maddenin çevresiyle kimyasal bileşim bakımından termodinamik denge haline gelmesiyle ortaya çıkan maksimum kullanılabilir iştir (Karaali ve Keven, 2022). Her maddenin yapısı kimyasal yönden farklı olduğu için kimyasal ekserjisi de farklıdır. Kimyasal ekserji gaz karışımlarında;

$$\bar{e}_{kim,kar} = \sum_i x_i \cdot \bar{e}_{kim,i} + \bar{R} \cdot T_0 \cdot \sum_i x_i \cdot \ln x_i \quad (35)$$

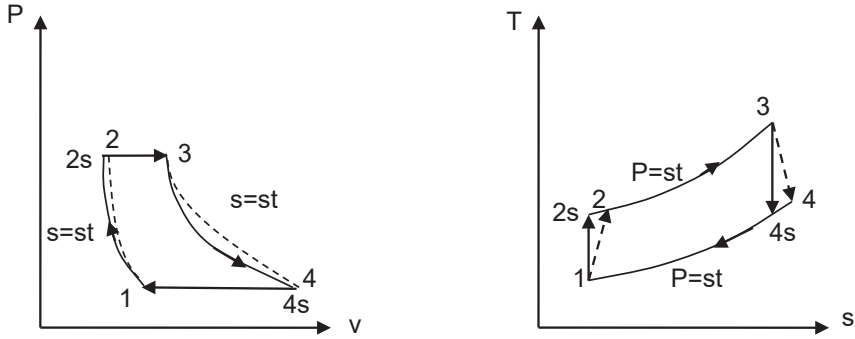
Böylece bir kontrol kütlelerinin ya da akışın toplam ekserjisi şöyle yazılabilir.

$$\bar{E} = \bar{E}_{fiz} + \bar{E}_{kim} \quad (36)$$

Kararlı, zamandan bağılı olmayan ve giren-çıkan kütleleri birbirine denk olan açık sistemlerde ekserji;

$$\sum_i \dot{m}_i h_i - \sum_i T_0 \dot{S}_i - \sum_j \dot{m}_j h_j + \sum_j T_0 \dot{S}_j + \sum \dot{Q}_k - \sum \dot{Q}_k \frac{T_0}{T_k} - \dot{W} = \dot{E}_{KAYIP} \quad (37)$$

$$\eta_{ekver} = \frac{\text{Elde edilen ekserji}}{\text{Beslenen ekserji}} \quad (38)$$



Şekil 3: Gaz türbini çevrimi (gerçek Brayton çevrimi) P-v ve T-s diyagramı

Gaz türbini çevriminin P-v ve T-s şemaları şekil 3'te gösterilmiştir. Gaz türbinlerinde (Brayton çevrimli) dört içten tersinir durum vardır.

- 1–2 kompresörde izentropik sıkıştırma
- 2–3 sisteme sabit basınçta ısı geçişi
- 3–4 türbinde izentropik genişleme
- 1–4 çevreye sabit basınçta ısı geçişi

Gaz türbinlerinde (Brayton çevrimli) verim (1–2 ve 3–4 hal değişimleri, izentropik, $P_2=P_3$ ve $P_1=P_4$ olduğu kabul edilerek),

$$\eta_{th,Brayton} = \frac{W_{net}}{Q_{BESLEN.}} = \frac{Q_{BESLEN.} - Q_{çıkan}}{Q_{BESLEN.}} = 1 - \frac{c_p(T_4 - T_1)}{c_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{T_3 - T_2} \quad (39)$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1)/k} = \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{(k-1)/k} = \frac{T_3}{T_4} \quad (40)$$

Bunlarla ısı verim,

$$\eta_{th,Brayton} = 1 - \frac{1}{r_p^{(k-1)/k}} \quad (41)$$

Elde edilir ve $r_p=P_2/P_1$ oranı kompresör sıkıştırma ya da basınç oranı olup çevrimin ısı verimi kompresör sıkıştırma oranına ve iş akışkanlarının özgül ısıları oranına bağlıdır (Çengel ve Boles, 2000).

İşletmeye uygun kojenerasyon sisteminin standart bir seçim yöntemi yoktur. Fakat sistem tasarımı yapılırken ya da seçim yapılırken, işletme,

termodinamik, ekonomik ve termoekonomik faktörler göz önüne alınmalıdır. Termodinamik faktörler olarak; çevrim analizi termodinamik metotlarla hesaplanıp üretilen elektrik için verilmesi gerekli yakıt bulunmalı ve çevrimin durumları için kayıp miktarı hesaplanmalıdır. Kojenerasyon tesisinin kurulacağı yerin çevre sıcaklığı, rakımı ve nem oranı, ayrıca kullanılacak yakıtı gibi çevresel faktörler hesaplanmalıdır. Tesisin termodinamik performansının hesabında şu kriterler önemlidir (Horlock, 1997).

Verim tesisten çıkan faydalı ısı ile net iş toplamalarının, çevrime yakıtla beslenen enerjiye oranıdır.

$$\eta = \frac{W + Q_{buh.}}{Q_{BESLEN.}} \quad (42)$$

Elektrik verimi ve ısı verimi;

$$\eta_{elek} = \frac{W}{Q_{BESLEN.}} \quad (43)$$

$$\eta_{ısıl} = \frac{Q_{buh}}{Q_{BESLEN.}} \quad (44)$$

Elektrik ısı oranı da;

$$EIO = \frac{W_{net}}{Q_{net}} \quad (45)$$

Elde edilen işin, kullanılan yakıtın ısı değerine oranı yapay termal verimliliğidir (Horlock, 1997).

$$\eta_a = \frac{W}{Q_{BESLEN.} - (Q_{NET} / (\eta_{YO})_H)} \quad (46)$$

$$\eta_{elekt.} = W / Q_{BESLEN.} \quad (47)$$

Klasik tesislerde elektrik ve ısı üretimi için ayrı verilen yakıt miktarı toplamının, kojenerasyonda bileşik üretimde verilen yakıt miktarı farkının, konvansiyonel tesisteki toplam yakıt miktarı oranına yakıt enerjisi kazanç oranıdır. Yakıt enerjisi kazanç oranı kriteri kojenerasyon tesislerini değerlendirmede en kapsamlı ve açıklayıcı olan kriterdir (Horlock, 1997).

$\Delta Q_{BESLEN.}$ konvansiyonel sisteme göre elde edilmiş ısı;

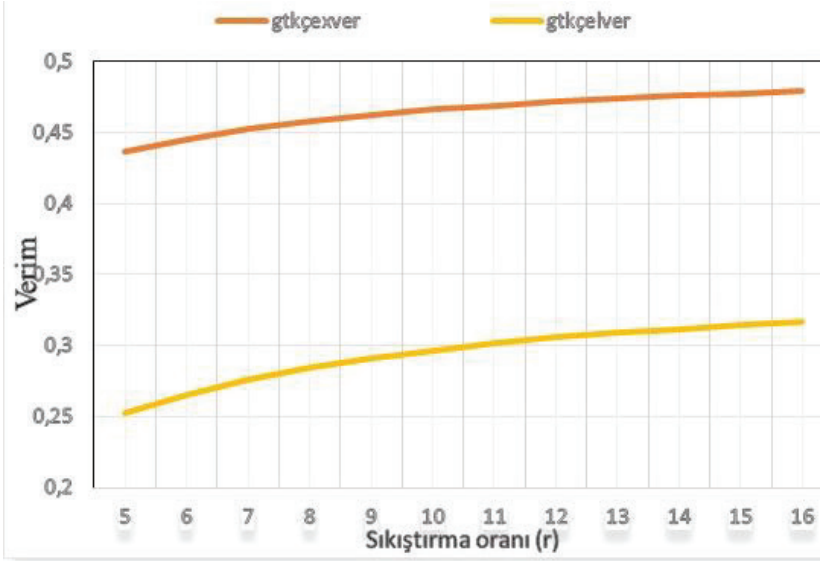
$$\Delta Q_{BESLEN.} = (Q_{NET} / (\eta_{YO})_H) + (W / \eta_{elekt.}) - Q_{BESLEN.} \quad (48)$$

Isının ile elektriğin ayrı tesislerde elde edildiği konvansiyonel sistemde yanma odası verimi $(\eta_{YO})_H = 0,9$, ve elektrik verimi de $\eta_{elekt.} = 0,4$ kabul edilmiştir. YEKO-yakıt enerjisi kazanç oranı,

$$YEKO = \frac{\Delta Q_{BESLEN.}}{\left(\frac{Q_H}{(\eta_{YO})_H} + \frac{W}{\eta_{elekt.}} \right)} \quad (49)$$

BULGULAR VE TARTIŞMA

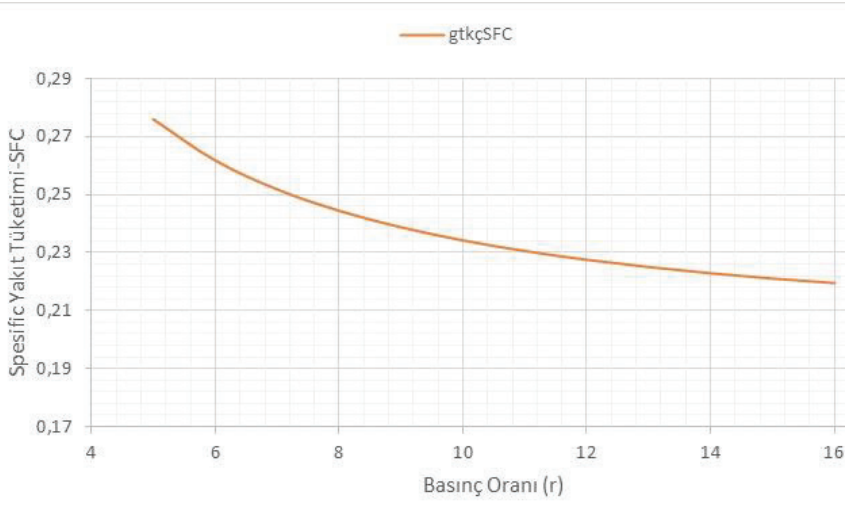
Burada kompresör basınç oranı ($r = P_2/P_1 = 10$) alınmış olup, izentropik kompresör ve türbin verimleri ($\eta_{sc} = 0,86$), ($\eta_{st} = 0,86$), ayrıca kompresör basınç oranı ($P_2/P_1 \leq 16$), malzemenin sıcaklığa dayanım sınırı için türbin giriş sıcaklığı $T_{ÇYO} < 1550$ K, ve maliyet probleminden dolayı da izentropik kompresör ve türbin verimleri ($\eta_{sc} < 0,90$), ($\eta_{st} < 0,92$) alınmalıdır (Bejan ve diğ., 1996). Hava kompresörü hava giriş sıcaklığı $T_1 = 298,15$ K (25°C), basıncı $P_1 = 1,013$ bar (1atm) ve havanın bileşimi mol yüzdesi ile % 77,48 N_2 , % 20,59 O_2 , % 0,03 CO_2 , % 1,9 $\text{H}_2\text{O(g)}$ alınmıştır. Suyun giriş sıcaklığı atık ısı geri kazanım cihazına $T_{HRSG} = 298,15$, giriş basıncı $P_{HRSG} = 20$ bar, egzoz atılma basıncı $P_{egz} = 1,013$ bar, basınç kaybı da gaz tarafında olup, %5 alınmıştır. Yakıt giriş sıcaklığı (yanma odasına) $T_{YO} = 298,15$ K ve yanma odası basınç düşüşü %5'tir. Yakıtın yanma odasına girme basıncı $P_{yakıt} = 12$ bar alınmıştır (Bejan ve diğ., 1996). $T_{buhar} = 485,57$ K ve $T_{bacasic} = 426$ K alınmıştır.



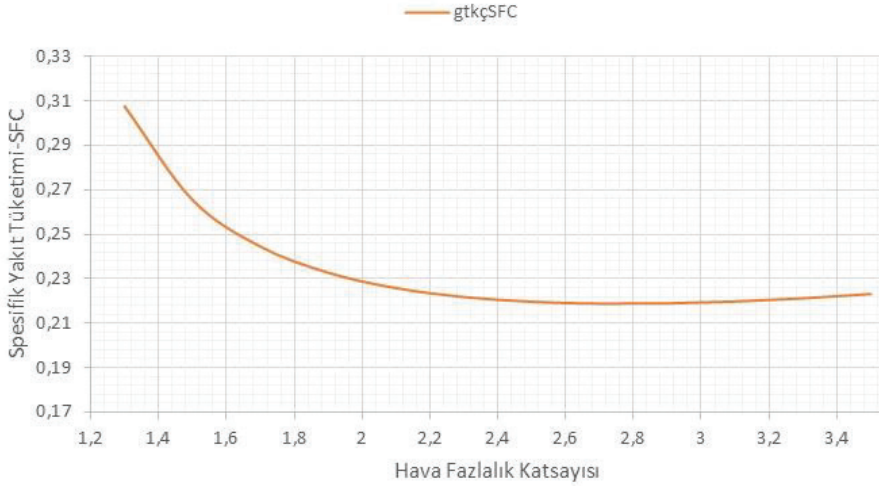
Şekil 4: Basınç (sıkıştırma) oranlarının ekserji ve elektrik verimi üzerine olan etkisinin değişimi.

Şekil 4'te sıkıştırma (basınç) oranlarının ekserji ve elektrik verimi üzerine olan etkisinin değişimi verilmiştir. Sıkıştırma oranı arttıkça çevrimin ekserji verimi artmakta ve $r=5$ 'ten $r=16$ 'ya kadar artış %10'u bulmaktadır. Aynı şekilde sıkıştırma oranı arttıkça çevrimin elektrik verimi artmakta ve $r=5$ 'ten $r=16$ 'ya kadar artış %35'i bulmaktadır.

Şekil 5'te sıkıştırma (basınç) oranlarının Spesifik Yakıt Tüketimi-SFC üzerine olan etkisinin değişimi verilmiştir. Sıkıştırma oranı arttıkça çevrimin Spesifik Yakıt Tüketimi-SFC azalmakta birim kWsaat için yakıt tüketimi ve $r=5$ 'ten $r=16$ 'ya kadar düşüş %20'yi bulmaktadır.



Şekil 5: Sıkıştırma (basınç) oranlarının Spesifik Yakıt Tüketimi-SFC üzerine olan etkisinin değişimi.

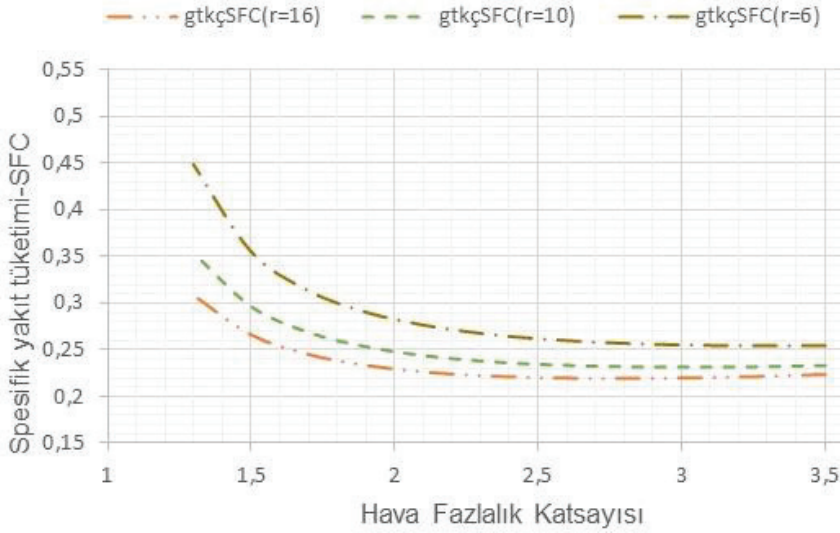


Şekil 6: Hava fazlalık katsayısının Spesifik Yakıt Tüketimi-SFC üzerine olan etkisinin değişimi.

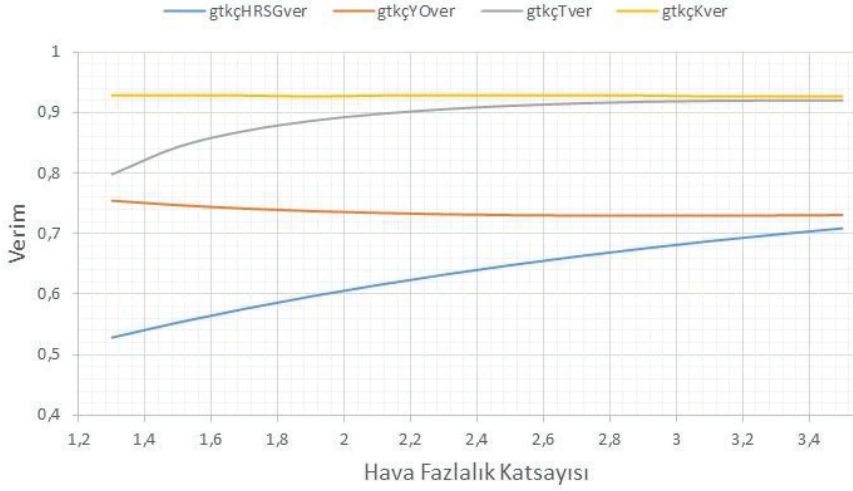
Şekil 6’da hava fazlalık katsayısının Spesifik Yakıt Tüketimi-SFC üzerine olan etkisinin değişimi verilmiştir. Hava fazlalık katsayısı arttıkça çevrimin Spesifik Yakıt Tüketimi-SFC 2,8-2,9 civarında minimum olmakta daha sonra artmaya başlamaktadır. Hava fazlalık katsayısının 2,8-2,9 civarında olduğu değerlerinde optimum çalışma şartları bulunmaktadır. Hava fazlalık katsayısının 1,3’ten 2,8’e kadar artırılması Spesifik Yakıt

Tüketimi-SFC'yi %30 civarında düşürmektedir. Tesisin optimizasyonu için bu durum dikkatle değerlendirilmelidir.

Şekil 7'de değişik basınç oranları için hava fazlalık katsayısının Spesifik Yakıt Tüketimi-SFC üzerine olan etkisinin değişimi verilmiştir. Daha önceki şekillerin daha iyi anlaşılabilmesi ve basınç oranının etkisinin daha iyi görülebilmesi için bu açıklayıcı hesaplar ve elde edilen verilerden bu çizimler yapılmıştır. Burada da spesifik yakıt tüketimi artan hava fazlalık katsayılarında düşmekte ve yine artan basınç oranlarında birim kW saat için harcanan yakıt miktarı azalmaktadır.

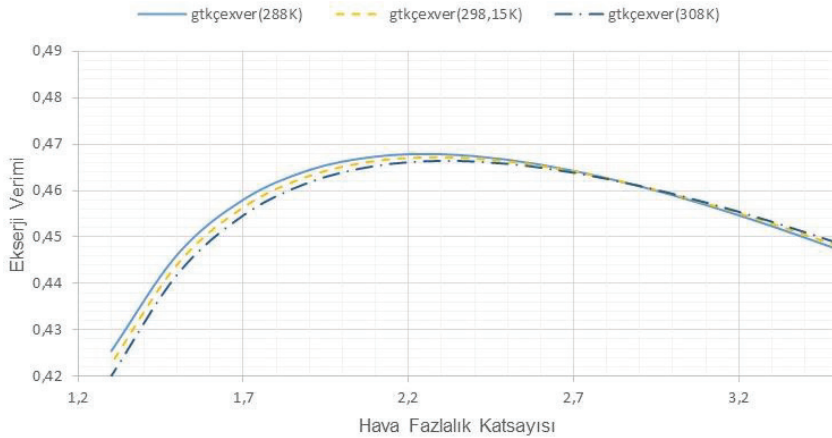


Şekil 7: Değişik basınç oranları için hava fazlalık katsayısının Spesifik Yakıt Tüketimi-SFC üzerine olan etkisinin değişimi.

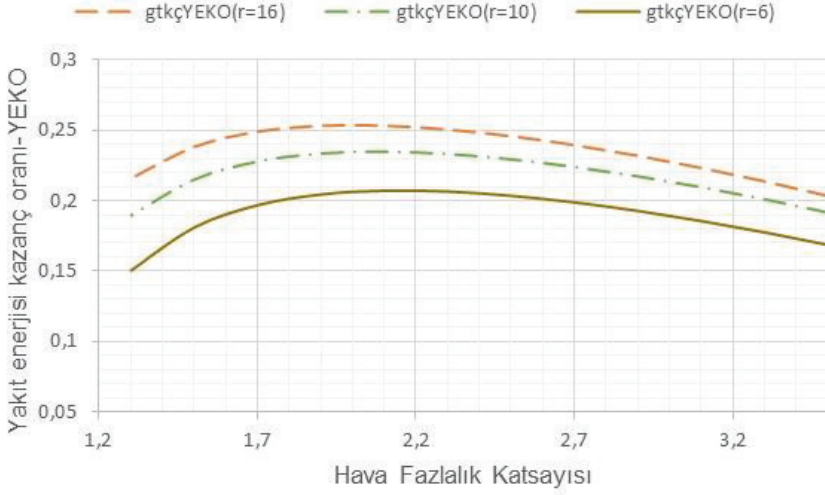


Şekil 8: Hava fazlalık katsayısının yanma odası, türbin, ısı değiştiricisi (HRSG) ve kompresör verimleri üzerine olan etkisinin değişimi.

Şekil 8’de hava fazlalık katsayısının yanma odası, türbin, ısı değiştiricisi (HRSG) ve kompresör verimleri üzerine olan etkisinin değişimi verilmiştir. Hava fazlalık katsayısının 1.3’ten 3.5’e kadar artırılması yanma odasının verimini %4 civarında düşürmekte, türbin verimini %15 civarında artırmakta, ısı değiştiricisi (HRSG) verimini %34 civarında artırmakta ve kompresör verimi üzerinde ise ciddi etkisi bulunmamaktadır.



Şekil 9: Kompresör giriş havası değişik sıcaklıklarında hava fazlalık katsayısının ekserji verimi üzerine olan etkisinin değişimi.



Şekil 10: Hava fazlalık katsayısının yakıt enerjisi kazanç oranı üzerine olan etkisinin değişimi.

Şekil 9’da kompresör giriş havası değişik sıcaklıklarında hava fazlalık katsayısının ekserji verimi üzerine olan etkisinin değişimi verilmiştir. Görüldüğü gibi soğuk hava koşullarında yani 15 °C sıcaklıkta ekserji verimi 30 °C sıcaklığa göre bu çevrim için %1-2 civarında artırmaktadır. Ancak ekserji verimi üzerinde asıl etkili olan faktörün hava fazlalık katsayısı olduğu açıktır.

Şekil 10’da hava fazlalık katsayısının yakıt enerjisi kazanç oranı üzerine olan etkisinin değişimi verilmiştir. Konvansiyonel sistemlerde yani elektriğin ayrı ısının ayrı üretildiği sistemlerde harcanan yakıt miktarının kojenerasyon ile harcanan yakıt miktarı farkının kojenerasyonda harcanan yakıt miktarına oranıdır. Kojenerasyonun kazancını en açık biçimde ortaya koyan kriterdir. Burada da basınç oranı arttıkça yani 6’dan 16’ya çıkarıldığında yakıt enerjisi kazanç oranı %16 civarında artırmaktadır. Hava fazlalık katsayısının 1.3’ten 3.5’e kadar artırılması esnasında yakıt enerjisi kazanç oranı önce 2.2’de maksimum yapmakta daha sonra ise düşmeye başlamaktadır. Çalışma şartlarında bu durumun göz önüne alınması gereklidir. Kojenerasyon tesisinin optimum şartlarda çalıştırılması gerektiği açıktır.

SONUÇ

Bu çalışmada gaz türbinli kojenerasyon tesisinin termodinamik analizi, termodinamiğin birinci ve ikinci kanunları ile ekserji metotları kullanılarak yapılmıştır. Ekserji analizi ile çevrimin performansı ve çalışma şartları elde edilmiştir. Çevrimin performansı ve çalışma şartları üzerinde en fazla etkili olan hava fazlalık katsayısının, basınç oranlarının ve çevre sıcaklığının ekserji ve elektrik verimi, Spesifik Yakıt Tüketimi-SFC, yakıt enerjisi kazanç oranı ve tesisi oluşturan cihazların verimi üzerine etkisi bulunmuştur.

Ekserji verimi üzerinde hava fazlalık katsayısının belli oranlarında (2.2-2.7 arası) maksimum etki yapmakta ve verimi yaklaşık %10'un üzerinde artırmaktadır. Yine sıkıştırma oranı arttıkça çevrimin ekserji verimi artmakta ve $r=5$ 'ten $r=16$ 'ya kadar artış %10'u elektrik veriminde artış %35'i bulmaktadır. Çevre havasının 10 °C soğuk olması ekserji verimini %1 civarında artırmaktadır. Sıkıştırma oranı ve hava fazlalık katsayısı arttıkça çevrimin Spesifik Yakıt Tüketimi-SFC azalmaktadır. Ancak çevrimin Spesifik Yakıt Tüketimi-SFC hava fazlalık katsayısının 2.8-2.9 civarında minimum olmakta daha sonra artmaya başlamaktadır. Hava fazlalık katsayısının 1.3'ten 3.5'e kadar artırılması yanma odasının verimini %4 civarında düşürmekte, türbin verimini %15 civarında artırmakta, ısı değiştiricisi (HRSG) verimini %34 civarında artırmakta ve kompresör verimi üzerinde ise ciddi etkisi bulunmamaktadır. Basınç oranı arttıkça yani 6'dan 16'ya çıkarıldığında yakıt enerjisi kazanç oranı %16 civarında artırmaktadır. Hava fazlalık katsayısının 1.3'ten 3.5'e kadar artırılması esnasında yakıt enerjisi kazanç oranı önce 2.2'de maksimum yapmakta daha sonra ise düşmeye başlamaktadır. Kojenerasyon tesisinin bulunan optimum şartlarda çalıştırılması gerektiği açıktır.

REFERANSLAR

- Bejan, A., Tsatsaronis, G., Moran, M. (1996). *Thermal Design And Optimization*. Wiley Pub.
- Boyce, M.P. (2002). *Handbook For Cogeneration And Combined Cycle Power Plants*. Asme Press.
- Çengel, Y.A., Boles, M.A. (2000). *Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik*. Mc Graw Hill.
- Çetinkaya, S. (1999). *Gaz Türbinleri*. Nobel Yayın Dağıtım.
- Horlock, J.H. (1997). *Cogeneration-Combined Heat And Power (CHP)*. CRİEGER Pub.
- Moran, J.M., Tsatsaronis, G. (2000). *The CRC Handbook Of Thermal Engineering*. CRC Press LLC.
- Peters, M.S., Timmerhaus, K.D., West, R.E. (2003). *Plant Design And Economics For Chemical Engineers*. Mc Graw Hill Chemical Engineering Series, Fifth Edition,
- Wilkinson, B.W., Barnes, R.W. (1993). *Cogeneration Of Electricity And Useful Heat*. CRC Pres.
- Karaali R. (2010). Thermoeconomic optimization of cogeneration power plants. PhD Thesis. Kocaeli Univ.
- Karaali, R., Öztürk, İT. (2015). *Thermoeconomic analyses of steam injected gas turbine cogeneration cycles*. Acta Phys Pol A., 128(2B B-279), 279–81.
- Jaluria Y. (2008). *Design and optimization of thermal systems*. Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Bejan A., Tsatsaronis G., Moran, M. (1996). *Thermal design and optimization*. Danvers. Wiley Pub.
- Karaali, R., Öztürk, İT. (2015). *Thermoeconomic optimization of gas turbine cogeneration plants*. Energy. 80, 474–85.
- Karaali, R., Öztürk, İT. (2016). *Exergy Analysis of a Combined Power and Cooling Cycle*. ActaPhys. Pol. V.130 No. 1, 209-213.
- Karaali, R., Öztürk, İT. (2017). *Performance analyses of gas turbine cogeneration plants*. J. of Thermal Science and Technology (Isı Bilimi ve Tekniği Der.), V:37, No. 1, p. 25-33.
- Tozlu, A., Abusoglu, A., Özahi, E. (2017). *Thermoeconomic analysis and assessment of gaziantep municipal solid waste power plant*. Acta Phys Pol A.;132(3):513–7.
- Taner, T., Sivrioglu, M. (2017). *A techno-economic & cost analysis of a turbine power plant: A case study for sugar plant*. Renew Sustain Energy Rev. 78: 722–30.

Karaali, R., Oztürk, IT. (2017). *Effects of Ambient Conditions on Performance of Gas Turbine Cogeneration*

Cycles. J. of Thermal Science and Technology (Isı Bil.veTek.Der.), V.37, No. 1, p. 93-102.

Karaali, R., Oztürk, IT. (2017). *Efficiency improvement of gas turbine cogeneration systems*. Tehnicki vjesnik –

Technical Gazette , 24, Suppl. 1,p:21-27, DOI: 10.17559/TV20140509154652

Taner, T., Sivrioglu, M. (2015). *Energy-exergy analysis and optimisation of a model sugar factory in Turkey*.

Energy.93:641–54.

Özahi, E., Tozlu, A., Abusoglu, A. (2017). *Thermodynamic performance assessment of different fluids in a*

typical organic rankine cycle for usage in municipal solid waste power plant. Acta Phys Pol A.;132(3-II

No. 3-II):807–12.

Karaali, R., Keven, A. (2022). *Evaluation of four different cogeneration cycles by using some criteria*. Applied

Rheology 32: 122–137

“

Bölüm 15

KATILIM HİSSE SENETLERİNDEN OLUŞTURULAN PORTFÖYLERDE RİSK YÖNETİMİ İÇİN DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

Yunus EROĞLU¹

Mehmet Alp SALTİKER²

”

1 Dr. Öğr. Üyesi, Endüstri Mühendisliği / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Türkiye, yunus.eroglu@iste.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-8354-6783>

2 Endüstri Mühendisliği / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İskenderun Teknik Üniversitesi, Türkiye, mehmetaltiker.mdbf19@iste.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-3716-5867>

1. Giriş

Borsa, menkul kıymetlerin, dövizlerin, vadeli işlemlerin halka açık olarak satıldığı bir piyasadır. Bu piyasada hizmet veya mamul üreten şirketlerin faaliyetleri desteklenirken borsa bu faaliyetler ile yatırımcı arasında köprü görevi görmektedir. Borsa ilk olarak 15. yüzyılda Avrupa’da faaliyetlere başlamıştır sonrasında ise tüm Avrupa’da hızla yayılmıştır. Türkiye’de borsa 19. yüzyılın son çeyreğinde başladığı bilinmektedir (Karta, 2014).

Borsalarda işlem gören hisse senedi takasları birçok ülkede akredite olmuş aracı kurumlar tarafından yapılmaktadır. Türkiye’de hisse senedi işlemleri yaygın olarak Borsa İstanbul (BİST) hisseleri üzerinden yapılmaktadır. BIST bünyesindeki hisseler farklı kategorilerde gruplandırılabilirler. Temel olarak hissenin işlem gördüğü Yıldız Pazar, Ana Pazar, Alt Pazar gibi gruplar olduğu gibi yatırımcıların hassasiyetlerini göz önünde tutan çeşitli sınıflandırmalar da mevcuttur. Örneğin piyasadaki en değerli ve işlem hacmi en yüksek hisse senetleri için BIST 100, BIST 50, BIST 30 gibi endeksler ve gruplandırmalar vardır. Temettü dağıtan hisseler BIST TEMETTU, sürdürülebilirlik açısından performansları yüksek olan hisseler ise BIST SÜRDURULEBİLİRLİK endeksleri ile izlenir ve bu guruplar altında listelenir.

İslami finans kurallarına göre yatırım hassasiyeti olanlar için söz konusu kurallara uygun faaliyet gösteren şirketler arasından seçim yapılabilmesini sağlayan BİST tarafından katılım endeksleri (BİST Katılım 30, BİST Katılım 50, BİST Katılım 100 ve BİST Katılım Tüm) oluşturulmuştur (KAP, 2022). BİST’te işlem gören şirketler “Katılım Finans İlkeleri Bilgi Formu” ile Kamuyu Aydınlatma Platformu’na (KAP) periyodik olarak bilgilendirmelerde bulunurlar. Şirket esas sözleşmesinin Standart madde 1.1’de belirtilen faaliyet alanlarından elde edilen gelirlerin toplam gelirlere oranı %0 ile %5 arasında olan katılım şirketleri, belirli aralıklarla KAP’a yapmış oldukları bildirimlerle Katılım Finans ilkelerine uygun olmayan gelirlerinin oranı bildirilmektedir (KAP, 2022).

BIST KATILIM endeksine tabii şirketlerin temel faaliyet alanları aşağıdakiler arasından olamaz (Borsa İstanbul, 2022);

- Alkollü içki üretim ve ticareti,
- Tıbbi gayeler dışında uyuşturucu maddelerin üretim ve ticareti,
- Kumar ve kumar hükmündeki faaliyetler,
- Domuz ve mamullerinin üretim ve ticareti,
- Faizli finans işlemleri,
- Para ve/veya para hükmündeki varlıklar arasında yapılan vadeli işlemler,
- Ahlaka ve İslami değerlere aykırı yayıncılık,
- İslami değerlerle bağdaşmayan eğlence, otelcilik vb. faaliyetler,

- Çevreye ve canlılara büyük zararı olan faaliyetler,
- İnsan fitratını değiştirmeye yönelik biyolojik/genetik faaliyetler,
- Sağlığa zararlı tütün ürünleri üretim ve ticareti.

Diğer işletmelerde ise yukarıda belirtilen faaliyetlerden elde edilen gelirlerin toplam gelirler içindeki payının %5'i, Finansal tablosunda yer alan faizli varlıkların, ortalama piyasa değeri veya toplam varlıklardan büyük olana oranının %33'ü ve Finansal tablosunda yer alan faizli borçların ortalama piyasa değeri veya toplam varlıklardan büyük olana oranının %33'ü aşan işletmeler de KATILIM endeksi dışında tutulur (Borsa İstanbul, 2022). Tablo 1'de BİST KATILIM 50 indeksinde yer alan işletmeler ve onların borsada işlem gören hisse senedi kodları verilmiştir.

Tablo1. BİST KATILIM 50 indeksinde yer alan işletmeler ve onların borsada işlem gören hisse senedi kodları

SIRA	Şirket Unvanı	KOD
1	Aksa Akrilik Kimya Sanayii A.Ş.	AKSA
2	Aksa Enerji Üretim A.Ş.	AKSEN
3	Albaraka Türk Katılım Bankası A.Ş.	ALBRK
4	Alkim Alkali Kimya A.Ş.	ALKIM
5	Ard Grup Bilişim Teknolojileri A.Ş.	ARDYZ
6	Aselsan Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş.	ASELS
7	Başkent Doğalgaz Dağıtım Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı A.Ş.	BASGZ
8	Bera Holding A.Ş.	BERA
9	Bim Birleşik Mağazalar A.Ş.	BIMAS
10	Biotrend Çevre ve Enerji Yatırımları A.Ş.	BIOEN
11	Bursa Çimento Fabrikası A.Ş.	BUCIM
12	Çemaş Döküm Sanayi A.Ş.	CEMAS
13	Çemtaş Çelik Makina Sanayi ve Ticaret A.Ş.	CEMTS
14	Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş.	CIMSA
15	Doğuş Otomotiv Servis ve Ticaret A.Ş.	DOAS
16	Ege Endüstri ve Ticaret A.Ş.	EGEEN
17	Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş.	EREGL
18	Galata Wind Enerji A.Ş.	GWIND
19	Gen İlaç ve Sağlık Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.	GENIL
20	Girişim Elektrik Sanayi Taahhüt ve Ticaret A.Ş.	GESAN
21	Gözde Girişim Sermayesi Yatırım Ortaklığı A.Ş.	GOZDE
22	Gübre Fabrikaları T.A.Ş.	GUBRF
23	İskenderun Demir ve Çelik A.Ş.	ISDMR
24	Jantsa Jant Sanayi ve Ticaret A.Ş.	JANTS
25	Kardemir Karabük Demir Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş.	KRDMD

26	Kocaer Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş.	KCAER
27	Kontrolmatik Teknoloji Enerji ve Mühendislik A.Ş.	KONTR
28	Kordsa Teknik Tekstil A.Ş.	KORDS
29	Mavi Giyim Sanayi ve Ticaret A.Ş.	MAVI
30	Odaş Elektrik Üretim Sanayi Ticaret A.Ş.	ODAS
31	Otokar Otomotiv ve Savunma Sanayi A.Ş.	OTKAR
32	Oyak Çimento Fabrikaları A.Ş.	OYAKC
33	Özak Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı A.Ş.	OZKGY
34	Pasifik Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı A.Ş.	PSGYO
35	Pegasus Hava Taşımacılığı A.Ş.	PGSUS
36	Qua Granite Hayal Yapı ve Ürünleri Sanayi Ticaret A.Ş.	QUAGR
37	Sasa Polyester Sanayi A.Ş.	SASA
38	Selçuk Ecza Deposu Ticaret ve Sanayi A.Ş.	SELEC
39	Sinpaş Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı A.Ş.	SNGYO
40	Smart Güneş Enerjisi Teknolojileri Araştırma Geliştirme Üretim Sanayi ve Ticaret A.Ş.	SMRTG
41	Teknosa İç ve Dış Ticaret A.Ş.	TKNSA
42	Tukaş Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.	TUKAS
43	Türk İlaç ve Serum Sanayi A.Ş.	TRILC
44	Tümosan Motor ve Traktör Sanayi A.Ş.	TMSN
45	Tüpraş-Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş.	TUPRS
46	Türk Hava Yolları A.O.	THYAO
47	Türk Prysmian Kablo ve Sistemleri A.Ş.	PRKAB
48	Türk Traktör ve Ziraat Makineleri A.Ş.	TTRAK
49	Vestel Beyaz Eşya Sanayi ve Ticaret A.Ş.	VESBE
50	Yayla Agro Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş.	YYLGD

BİST bünyesinde işlem gören şirketler belirli periyotlarla Kamuyu Aydınlatma Platformu'na (KAP) "Katılım Finans İlkeleri Bilgi Formu" adındaki belgeyi paylaşması ile gelirlerinin oranlarını Kamuyu ile paylaşırlar. Katılım Finans ilkelerine uygun olmayan gelirlerinin oranı ilgili bilgi formunda açık ve net bir şekilde ifade edilir. Bu oranın maksimum %5 olması gereklidir. Tablo 2'de bu çalışmada kullanılan hisse senetlerine ait arındırma oranları verilmiştir.

Tablo 2. Hisse senetlerine ait arındırma oranları

Hisse Kodu	Arındırma Oranları	Hisse Kodu	Arındırma Oranları	Hisse Kodu	Arındırma Oranları
AKSA	0.0061	GWIND	0.0258	PGSUS	0.0166
AKSEN	0.0179	GENIL	0.005	QUAGR	0.0389

ALBRK	0.05	GESAN	0.0296	SASA	0.0074
ALKIM	0.0274	GOZDE	0.0275	SELEC	0.0039
ARDYZ	0.0162	GUBRF	0.0113	SNGYO	0
ASELS	0.009	ISDMR	0.0136	SMRTG	0
BASGZ	0.0287	JANTS	0	TKNSA	0.0024
BERA	0.0142	KRDMD	0.0177	TUKAS	0.0009
BIMAS	0	KCAER	0.0149	TRILC	0.0161
BIOEN	0.0119	KONTR	0.0178	TMSN	0.03
BUCIM	0.016	KORDS	0.0051	TUPRS	0.0021
CEMAS	0.005	MAVI	0.0247	THYAO	0.0154
CEMTS	0.0106	ODAS	0.0122	PRKAB	0.0015
CIMSA	0.0167	OTKAR	0.0487	TTRAK	0.0027
DOAS	0.0066	OYAKC	0.0027	VESBE	0.0486
EGEEN	0	OZKGY	0.0338	YYLGD	0.0055
EREGL	0.015	PSGYO	0.0042		

Literatürde hisse senedi portföyleri oluşturulurken risk minimizasyonu (Saritaş ve Kaya, 2012; Urun vd., 2020) ile ilgili çeşitli çalışmalar mevcut iken İslami finans hassasiyeti olanlar açısından önemli olan katılım finans ilkelerine uygun olmayan gelirlerin oranını (bu çalışma boyunca arındırma oranı olarak adlandırılacaktır) dikkate alan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Gerçek hayatta oluşturulmaya çalışılan optimal portföy içerisinde yer alan hisse senetleri fiyatları her türlü spekülative haberlerden olayca etkilenebildiği için riskli ve bulanık bir durumdur (Güngör vd., 2005). Portföy oluşturmada matematiksel modelleme yöntemlerinin en temel sebebi özellikle büyük boyutlu portföyler için tek tek hesaplama yapılmasının güçlüğü ve takibinin zorluğudur (Kardiyen, 2010). Arındırma oranı birçok yatırımcı tarafından hisse işlemlerinden elde edilen kârdan feragat edilmesi/arındırılması gereken oran olarak da kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu oran kârdan düşürülmektedir.

Bu çalışmada, BİST Katılım 50 hisse senetlerinin son 24 aylık (10/2020 – 09/2022) kapanış değerlerini kapsayan, minimum riskli katılım hisse senetleri portföyü sunabilen bir doğrusal programlama modeli önerisi yapılmaktadır. Portföy planlaması yapılırken dikkat edilen hususlar arasında birçok yatırımcı maksimum kâr amacı güderken yatırım riskini de azaltmak istemektedir. Portföyün çeşitlendirilmesi riski azaltabilecek bir etkidir (Uğurlu vd., 2016). Portföy yatırımlarında özellikle çeşitlendirme yapmak büyük önem taşır. Kaldı ki portföy oluşturma temel amacı ya beklenen getiri düzeyinde minimum risk almak ya da belirli bir risk düzeyinde en yüksek getiriyi sağlamaktır (Bayramoğlu ve Yayalar, 2017). Diğer yandan maksimum kâr için muhtemel yükselme potansiyeli olan

hisse senetleri seçilmelidir (Mortaş ve Garip, 2016). Konno ve Yamazaki risk olarak hisse senetlerinin önceki dönemlerde elde ettiği ortalama getiri oranlarının her dönem için mutlak sapmasını kullanarak portföy seçiminde doğrusal programlama yaklaşımını geliştirmiştir (Konno ve Yamazaki, 1991). Bu çalışmada Konno ve Yamazaki modeli katılım hisse senetlerinde bulunan Katılım Finans ilkelerine uygun olmayan gelirlerinin oranı da dikkate alınarak yeniden modellenmiştir. Ayrıca, ilgili modelin portföy oluştururken sektör bazlı davranamaması da bir olumsuzluk olarak düşünülmüş ve çalışmaya sektörel bazlı hisse senetlerinin portföydeki sektör dağılım oranı istekleri de dikkate alınarak yeni kısıtlar eklenmiştir.

2. Veriler ve Yöntem

2.1 Veriler

Bu çalışmada Tablo 1’de verilmiş olan BIST KATILIM 50 (katılım endeksine giren ilk 50 hisse) baz alınarak riski minimum yapan portföy oluşumu modellenmiştir. Bunun için ilgili hisse senetlerinin Ekim 2020 – Eylül 2022 tarihleri arasında aylık kapanış değerlerini kapsayan veriler Borsa İstanbul Tarihsel ve Referans Veri Platformu’ndan (BIST DataStore, 2022) elde edilmiştir. Bu verilerde hisse bedelli ve bedelsiz sermaye arttırmaları geriye dönük işlemlerle normalize edilmiş, ilgili tarih aralığında işlem görmeyen hisseler için ise halka arz fiyatları dikkate alınarak işlemler yapılmıştır.

Çalışmada ayrıca sektörel tercihler de dikkate alınacağı için ilgili şirketlerin bulunduğu sektörler Borsa İstanbul Data Store’dan elde edilmiş ve Tablo 3’te verilmiştir. Bu tabloda verilen portföy içerisinde minimum ve maksimum sektörel oranları yatırımcıya bağlı olup ve örnek olarak verilmiştir. Herhangi bir yatırım tavsiyesi içermemektedir. Portföyde oluşacak sektör dağılımlarının, istenilen sektörden minimum bulunma yüzdesi ve maksimum bulunma yüzdesi arasında olması istenmiştir.

Tablo 3. Hisse senetlerinin sektörel dağılımları ve ilgili sektör için minimum ve maksimum portföy ağırlığı tercihleri

Sektörler	Hisse Kodları	Minimum %	Maksimum %
Kimya İlaç Petrol Lastik ve Plastik Ürünler	AKSA, ALKIM, GUBRF, SASA, TRILC, TUPRS	1	10
Elektrik Gaz ve Su	AKSEN, BIOEN, GWIND, ODAS, SMRTG	1	10
Bankalar	ALBRK	0	5
Bilişim	ARDYZ	2	10
Savunma	ASELS	0	5
Gayrimenkul Yat. Ort.	BASGZ, OZKGY, PSGYO, SNGYO	0	5

Holding	BERA	0	5
Perakende Ticaret	BIMAS, MAVI, TKNSA	0	5
Toptan Ticaret	DOAS, GENIL, SELEC	0	5
Taş ve Toprağa Dayalı Sanayi	BUCIM, CIMSA, OYAKC, QUAGR	0	5
Metal Ana Sanayi	CEMAS, CEMTS, EREGL, ISDMR, KRDMRD, KCAER	2	7
Metal Eşya Makine Elektrikli Cihazlar ve Ulaşım Araçları	EGEEN, JANTS, OTKAR, TMSN, PRKAB, TTRAK, VESBE	2	7
İnşaat ve Bayındırlık	GESAN	0	5
Girişim Sermayesi Yat. Ort.	GOZDE	2	5
Mimarlık ve Mühendislik Faaliyetleri Teknik Muayene ve Analiz	KONTR	0	5
Tekstil Giyim Eşyası ve Deri	KORDS	0	10
Ulaştırma ve Depolama	PGSUS, THYAO	0	5
Gıda İçecek ve Tütün	TUKAS, YYLGD	0	5

2.2 Yöntem

Konno ve Yamazaki modeli ve sektörel tercihleri kapsayan yeni kısıtları ilave edilen matematiksel model IBM ILOG CPLEX Optimization Studio Programı'nda çözümlenmiştir.

IBM ILOG CPLEX Modelleme Programı'nın kullanılma sebebi ise doğrusal programların çözümünde kullanılan CPLEX çözücüsünün bulunması ve İskenderun Teknik Üniversitesi'ne akademik lisans verilmiş olmasıdır.

Çalışmada belirlenen portföy için toplam bütçe kısıtı 100₺ (Türk lirası) olarak alınmıştır. Bütçenin 100₺ olarak belirlenme sebebi ise yüzdelik olarak net bir biçimde hisselerin portföy içerisinde dağılımının görülmek istenilmesidir. Modelde iki farklı senaryo uygulanmıştır.

Birinci senaryoda Bütçenin tamamını kullanma zorunluluğu bulunmakta iken diğer senaryoda bütçenin tamamının kullanılma zorunluluğu bulunmamaktadır.

Konno ve Yamazaki (1991) modelinin oluşturduğu amaç fonksiyonu aşağıda gösterilmiştir.

$$\text{MIN } \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T Y_t \quad (1)$$

Bu amaç fonksiyonu risk düzeyini minimize etmek için oluşturulmuştur. (1) numaralı fonksiyonda bulunan değişkenler aşağıda belirtilmiştir.

T : Dönem uzunluğunu, (T = Aylık Dönem, 24)

t : T dönemi içindeki herhangi bir t . dönemini,

Y_t : Yardımcı değişkeni belirtmektedir.

Amaç fonksiyonu burada, tüm periyotlar boyunca portföyün ortalama riskini minimize etmek için yazılmıştır.

Kısıtlar,

$$Y_t + \sum_{j=1}^n (r_{jt} - r_j)x_j \geq 0, \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (2)$$

$$Y_t - \sum_{j=1}^n (r_{jt} - r_j)x_j \geq 0, \quad t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (3)$$

(2) ve (3) numaralı kısıtlar portföyün getiriden mutlak sapmasını belirlemek için oluşturulmuştur. Burada kullanılan değerler hisse senetlerinin getiri değerleri ile ele alınmış olup aşağıda formülleri verilmiştir.

$$\sum_{j=1}^n r_j x_j \geq pM_0 \quad (4)$$

(4) numaralı kısıt minimum beklenen getiri oranını belirlemek için yazılmıştır.

$$\sum_{j=1}^n x_j = M_0 \quad (5)$$

(5) numaralı kısıt bütçe kısıtıdır. Belirlenen bütçenin burada kullanılmak istenilen kısmı buraya yazılmalıdır. Çalışmada bu kısıt için iki farklı senaryo uygulanmıştır. İlk senaryoya göre portföy için planlanan bütçenin tamamı kullanılmalıdır ve kısıt 5'te belirtilmiştir. İkinci senaryoda ise riski minimize etmek için bütçenin tamamının kullanılmayabileceği durumu olup (5) numaralı kısıttaki işaret küçük eşittir olarak değiştirilmiştir.

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (6)$$

$$Y_t \geq 0, t = 1, 2, 3, \dots, T \quad (7)$$

(6) ve (7) numaraları kısıtlar ise karar değişkenleri için işaret kısıtlarıdır.

Bu kısıtlarda kullanılan r_j , r_{jt} ve p değerlerini bulmak için ise aşağıda verilen formüller kullanılır.

$$r_{jt} = \frac{p_{jt} - p_{jt-1}}{p_{jt-1}} \quad (8)$$

$$r_j = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T r_{jt} \quad (9)$$

$$p = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n r_j \quad (10)$$

Konno ve Yamazaki modelinin kısıtlarında ve formüllerinde kullanılan değişkenlerin anlamları aşağıda verilmiştir.

n : Hisse senedi sayısını,

p : Hisse senetlerinin ,

p_{jt} : j hisse senedinin t dönem sonundaki fiyatını,

p_{jt-1} : j hisse senedinin $(t - 1)$ dönem sonundaki fiyatını,

r_j : Hisse senetlerinin ortalama getirilerinin toplamını,

r_{jt} : j hisse senedinin bir önceki dönem için ortalama getiri oranını,

M_0 : Portföye yapılacak toplam yatırım miktarını,

x_j : j hisse senedine yatırılan para miktarını belirtmektedir.

Konno ve Yamazaki modelinden farklı olarak bu çalışmada Katılım Endeksinde bulunan hisse senetleri için KAP'a bildirilmiş olan arındırma oranları dikkate alınarak (8) numaralı denklem sonrasında aşağıdaki denklem (11) oluşturulmuştur;

$$r'_{jt} = \begin{cases} r_{jt}, & r_{jt} \leq 0 \\ r_{jt} - r_{jt} * c_j, & r_{jt} > 0 \end{cases} \quad (11)$$

Burada r'_{jt} bir önceki döneme göre hisse senedi fiyatında bir artış yaşanmamış ve satış gerçekleşmiş ise elden çıkartılan hisse için herhangi bir arındırma yapılmadığını fakat artış yaşanmış ve kâr gözlemlenmiş ise kârın arındırma oranı c_j oranında düşürülerek (arındırılarak) hesap edilmesiyle elde edilmektedir. Denklem (9) ise aşağıdaki denklem (12) gibi güncellenmelidir;

$$r_j = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T r'_{jt} \quad (12)$$

Bu güncellenmiş modelde ayrıca sektörel portföy tercihleri de eklendiği zaman portföy için her sektörde belirlenen minimum oranlar denklem (13) ile maksimum oranlar ise denklem (14) ile sağlanmıştır.

$$\sum_{j=1}^n (S_{ji})(x_j) \geq \frac{(Smin_i)(M_0)}{100}, i = 1,2,3, \dots, S_i \quad (13)$$

$$\sum_{j=1}^n (S_{ji})(x_j) \leq \frac{(Smax_i)(M_0)}{100}, i = 1,2,3, \dots, S_i \quad (14)$$

Sektörel portföy oran tercihlerini sağlayan kısıtların parametreleri aşağıda verilmiştir.

S_{ji} : j hisse senedinin i sektöründe olma durumunu (1,0) olarak tablolaştırılmıştır,

$Smin_i$: i sektörünün portföydeki minimum ağırlığını,

$Smax_i$: i sektörünün portföydeki maksimum ağırlığını göstermektedir.

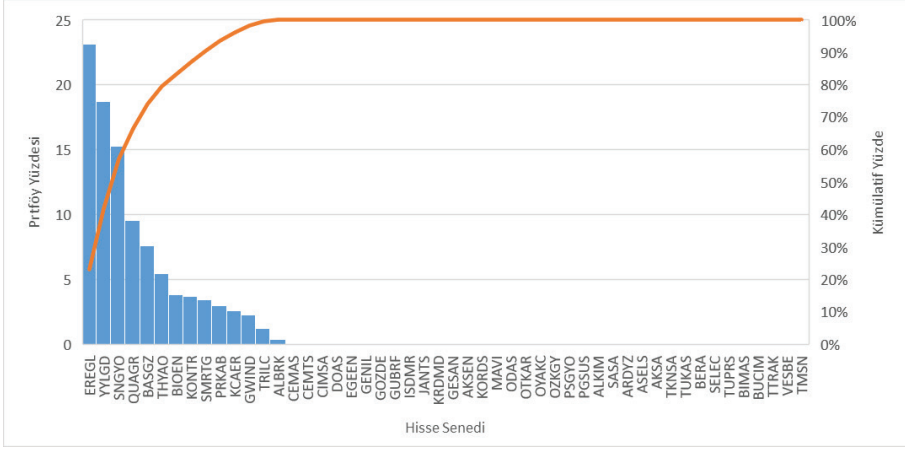
Bu çalışmada sadece pozitif olan değerler yani kazanç sağlayan değerlerden arındırma oranları çıkarılmıştır. Çünkü negatif yani kazanç sağlamayan durumlardan arındırma oranlarının çıkarılmasına gerek yoktur. Arındırma oranının kazançtan düşürülmesi durumu sadece kazanç sağlanan yatırımlardan yapılmaktadır.

Çalışmanın sonuçlarının kıyaslanabilmesi için, Konno ve Yamazaki modeli Model 1, sektörel tercihler eklenerek güncellendiği model Model 2 ve Model 2'ye arındırma oranlarının eklenerek güncellendiği model Model 3 olarak ifade edilmiştir.

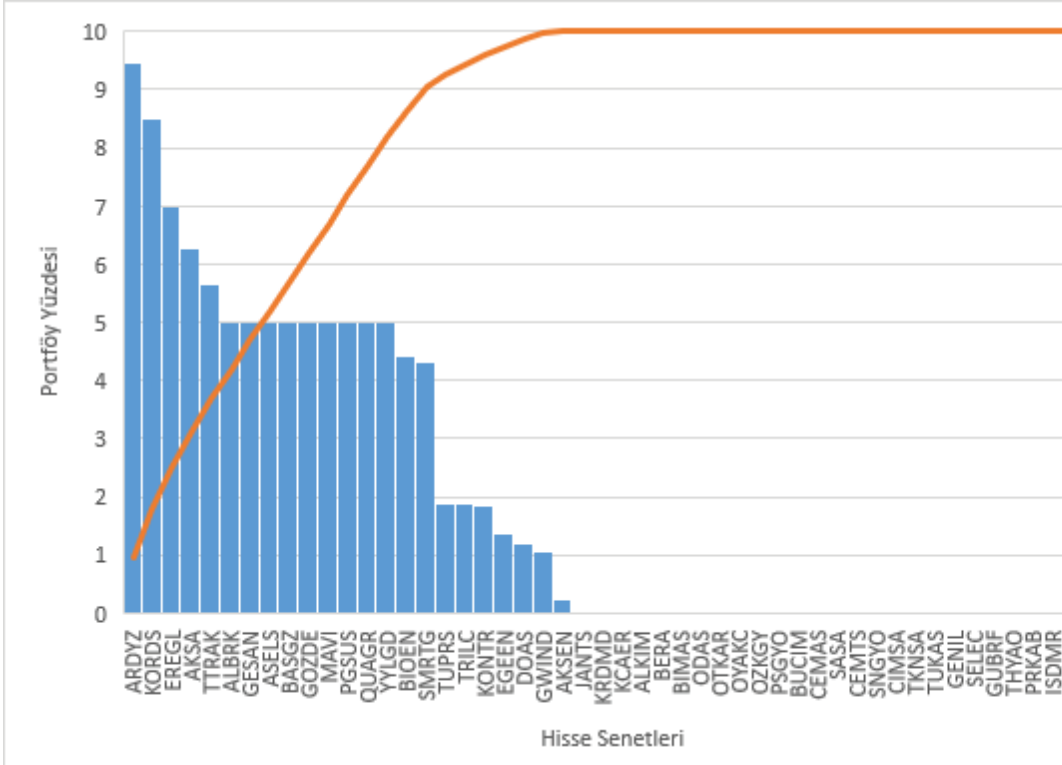
3. Sonuçlar

Model 1, Model 2 ve Model 3 IBM ILOG CPLEX Programı'nda çözülmüştür. Tüm modeller, bütçenin tamamının kullanılması gerektiği Senaryo 1 için çözüldüğünde hangi hisse senetlerine ne kadarlık bir yatırım yapılacağı portföy aşağıda yer alan şekillerde verilmektedir.

Şekil 1'e göre Konno ve Yamazaki (Model 1) modelinin yatırım yapacağı hisse senetleri sektör olarak değerlendirmemekte ve bir üst sınır belirlemeden yatırım yapmaktadır.



Şekil 1. Senaryo 1; Model 1: Konno ve Yamazaki Modeli portföy dağılımı

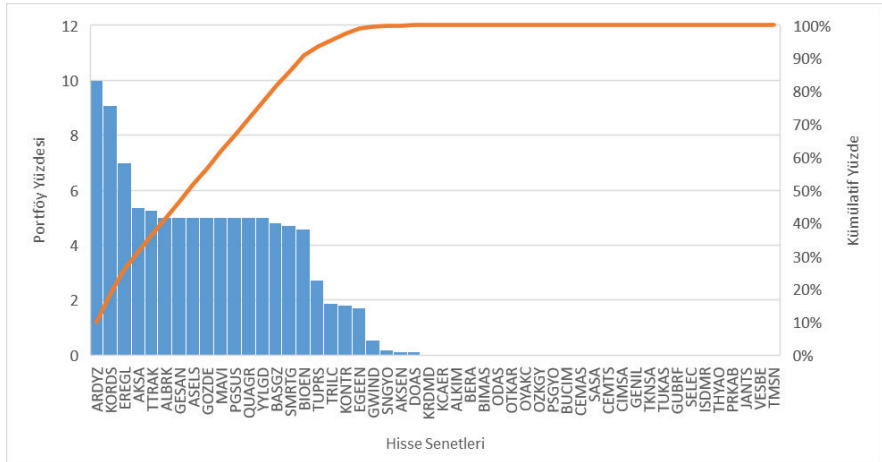


Şekil 2. Senaryo 1; Model 2: Konno ve Yamazaki + Sektörel Tercihler Modeli portföy dağılımı

Konno ve Yamazaki modelinde hissenin artış durumuna göre (dönemlik getiriler) bir çözüm sunup minimum riski hedeflemiştir. Bu durum riski minimum tutmuş ve ne sektörel dağılımı ne de arındırma oranlarını dikkate almamıştır.

Şekil 2’de Konno ve Yamazaki modeline ek olarak yazılan Sektörel Tercih kısıtlarının da beraber olduğu (Model 2) modelin oluşturduğu portföydeki hisse senetleri dağılımı verilmiştir. Bu şekilde de görüldüğü üzere sektörel tercih ön planda tutulmuş, minimum – maksimum tercih sınırları dikkate alınmıştır. Model 1’e göre oldukça farklı bir portföy oluşturmuştur. Bu da kişisel tercihlerin risk değerlendirmesini doğrudan etkilediğini göstermektedir.

Şekil 3’te Konno – Yamazaki modeline eklenen Sektörel Tercih kısıtları ve bu çalışmanın en temel katkısı olan Arındırma Oranlarının dikkate alındığı (Model 3) modele göre belirlenmiş olan portföydeki hisse senetleri dağılımı görülmektedir.



Şekil 3. Senaryo 1; Model 3: Konno ve Yamazaki + Sektörel Tercihler + Arındırma Oranı Modeli portföy dağılımı

Model 2 ve Model 3 sonuçlarına göre oluşturulan portföy dağılımları incelendiğinde, arındırma oranları farklılık gösteren şirketlerin, özellikle arındırmaları fazla olan şirketlerin portföydeki ağırlıklarının düştüğünü görülmektedir. Bazı şirketlerin Model 2’de yer almayıp Model 3’de yer aldığı ve buna benzer durumun tam tersi içinde var olduğu söylenebilmektedir.

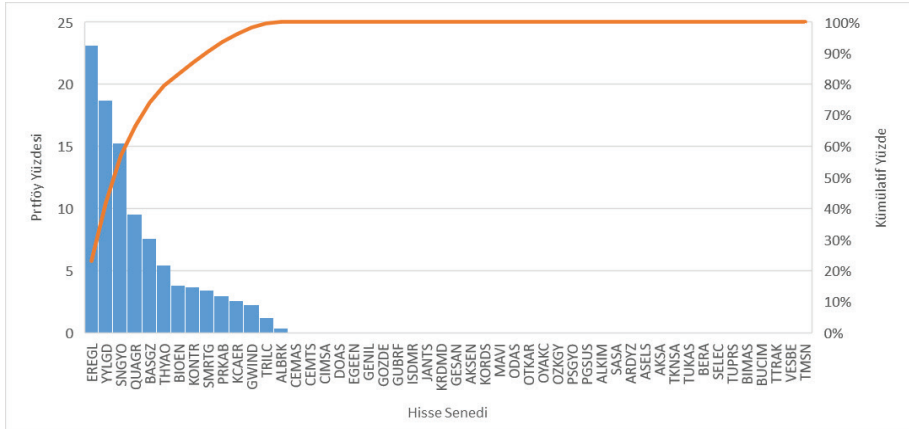
Birinci senaryo (bütçenin tamamının kullanılma zorunluluğu olan kısıtların yer aldığı) modellerin çıktıları Tablo 4’te verilmiştir. 24 aylık kapanış fiyatları haricinde 25. Ay (Ekim 2022) sonu kapanış fiyatlarını dikkate alınarak tüm modeller için, 24. Ay sonunda yatırım yapılması halinde 25. Ay sonu kâra geçilmiş olacaktır. Model 1, Model 2 ve Model

3'ün tablodaki risk değerlerine baktığımız zaman en düşük riski Konno ve Yamazaki modeli vermektedir ancak bu durum sektör ve arındırma oranı dikkate alınmadan verilen sonuçtur. Model 2 Sektörel Tercih kısıtının dikkate alınması sonucu oluşturulduğu için risk daha fazladır. Model 3'te ise Arındırma Oranlarının dikkate alındığı portföy dağılımının riski Model 2'ye göre daha düşüktür. Bu durum portföyde oluşan dağılımın, matematiksel verilere dayanması sonucudur. Tüm modellerin Senaryo 1'e göre kâr farklılıkları incelendiğinde en fazla kâr veren portföyü Model 3 sunmuştur.

Tablo 4. Birinci senaryo için her bir modelin bulduğu risk değerleri, 24 aylık muhtemel getirisi, son bir aylık muhtemel getirisi.

	Amaç Fonksiyonu (z) % Risk	Ekim 2020-Eylül 2022 Kâr/Zarar TL	Eylül 2022-Ekim 2022 Kâr/Zarar TL
Model 1	3.594730124	272.9952879	115.4500321
Model 2	7.561361806	272.9658322	110.6835131
Model 3	7.430315559	266.849882	111.2530812

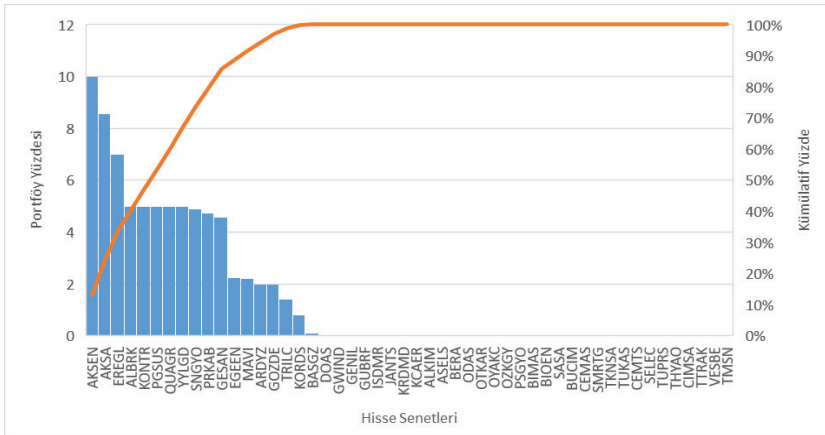
Model 1, Model 2 ve Model 3 ikinci senaryoya (bütçenin tamamını kullanma zorunluluğu olmadan) göre yeniden modellenmiş ve çözümlenmiştir. Bu senaryodaki amaç bütçe kullanım durumunu görebilmek ve daha az bütçe ile daha düşük risk ve daha fazla kâr elde edilebileceğini sağlamak içindir. Tüm modellerde hangi hisse senetlerine ne oranda yatırım yapılacağı aşağıda yer alan şekillerde verilmektedir. Şekil 4'e göre Model 1 Senaryo 2 uygulanmasına rağmen bütçenin tamamını kullandığı görülmektedir. Model riski minimum tutmak için bütçenin tamamını kullanmıştır. Bu durum Model 1'in Senaryo 1 ve Senaryo 2'de aynı portföy oluşturduğunu göstermektedir.



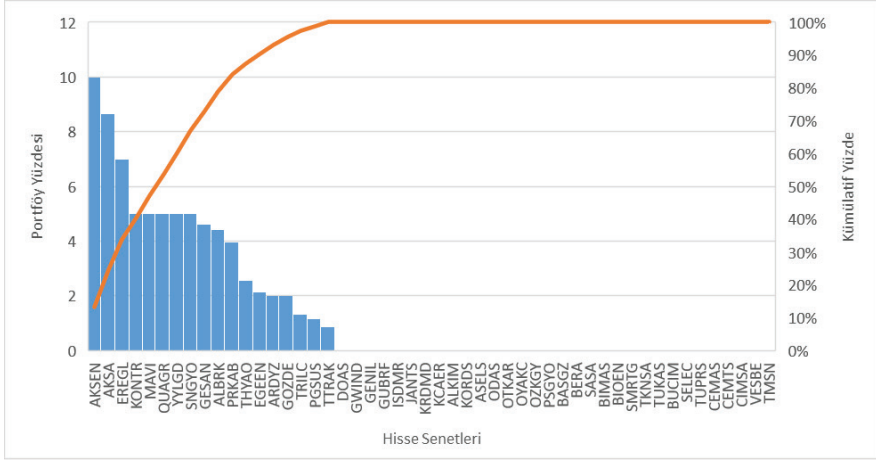
Şekil 4. Senaryo 2; Model 1: Konno ve Yamazaki Modeli portföy dağılımı

Şekil 5'te Model 2'nin Senaryo 2'deki portföy dağılımını görülmektedir. Senaryo 2'ye göre bütçenin tamamını kullanmak zorunda olmayan model riski Senaryo 1'e göre düşürmüş ve Sektörel Tercih kısıtını dikkate almıştır. Model 2 bu senaryoda bütçesinin tamamını kullanmadığı ve sadece 75.61244 ₺ kullandığı bulunmuştur.

Şekil 6'da Model 3'ün Senaryo 2 uygulanmış halinin portföy dağılımı görülmektedir. Model 3 bu senaryoya göre amaç fonksiyonu olan risk faktörünü minimum yapmakta oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Risk faktörünün, bu çalışmada kullanılan Model 2'ye göre Senaryo 1 ve Senaryo 2 etkenleri içinde en düşük riski verdiği görülmüştür. Tablo 5'te ikinci senaryo için elde edilen sonuçlar gözlemlenebilir. Model 3, Senaryo 2'de bütçenin tamamını kullanmamakla beraber en yüksek kârı veren model olduğu görülmektedir. Bu modelin, ele alınan bu senaryoda bütçesinden 75.77297784 ₺ kullanıldığı görülmektedir.



Şekil 5. Senaryo 2; Model 2: Konno ve Yamazaki + Sektörel Tercihler Modeli portföy dağılımı



Şekil 6. Senaryo 2; Model 3: Konno ve Yamazaki + Sektörel Tercihler + Arındırma Oranı Modeli portföy dağılımı

Tablo 5. İkinci senaryo için her bir modelin bulduğu risk değerleri, 24 aylık muhtemel getirisi, son bir aylık muhtemel getirisi.

	Amaç Fonksiyonu (z) % Risk	Ekim 2020-Eylül 2022 Kâr/Zarar TL	Eylül 2022-Ekim 2022 Kâr/Zarar TL
Model 1	3.594730124	272.9952879	115.4500321
Model 2	6.219808356	370.2660498	126.0035803
Model 3	6.026201641	373.8245948	128.4641428

Model 1, Senaryo 1 ve Senaryo 2’de bütçesinin tamamını kullanmış olup herhangi bir sektörel davranış göstermemektedir. Bu durum sadece risk seviyesini minimum tutmak amacıyla yapıldığı gözlenmektedir. Model 1’in oluşturduğu portföy dağılımı, geçmiş dönemlerinde sürekli artarak kapanış gösteren hisse senetlerinin olduğu görülmektedir. Model 2 ve Model 3, Senaryo 2’de Senaryo 1’e göre risklerini azalttığı ve bütçenin tamamını kullanma zorunluluğu olmadan optimal portföyleri oluşturmaya çalıştıkları görülmektedir. Model 2 ve Model 3 Senaryo 2’de bütçelerinin tamamını kullanmadan yapılan yatırımları baz alınarak, dönem sonunda daha fazla kâr elde ettikleri görülmektedir.

4. Tartışma

Konno ve Yamazaki Modeli sadece geçmiş dönemlerin kapanış değerlerini ortalama mutlak sapma kullanarak portföy oluşturmaktadır. Bu model yatırımcının kişisel sektörel tercih isteklerini ele almamaktadır. Ayrıca İslami finans ilkeleri doğrultusunda hassasiyet gösterebilecek yatırımcıların durumunu da dikkate almaz. Bu çalışmada sunulan Modeller

(Model 2 ve Model 3) yatırımcıyı kişisel tercihlerinde serbest bırakmıştır. Arındırma Oranları hassasiyeti olmayan yatırımcı sadece Model 2'yi kullanarak kişisel istekleri doğrultusunda istediği sektöre yatırım yapma özgürlüğü tanımaktadır. Yatırımcı bu modelde, portföyünde olmasını istemediği sektörün ağırlık maksimum değerini %0 olarak belirtirse portföyünde o sektörden hiçbir şirket bulunmayacaktır. Farklı bir örnekte, bir başka yatırımcı sadece tek bir sektöre yatırım yapmak isterse o sektöre ait minimum sektörel ağırlık yüzdesini %100 yaparak o sektörde yer alan şirketlere yatırım yapmış olur ve portföy dağılımı ona göre gerçekleşir.

Sektörel Tercih kısıtların yer aldığı Model 2 ve Model 3'ün, Konno ve Yamazaki modeli ile yatırım riski açısından kıyaslanması tek başına doğru olmamaktadır. Çünkü bu durum yatırımcının kişisel tercihlerine dayalıdır. Bu çalışmada kurulan Model 2 ve Model 3 sektörel ağırlıklar sebebiyle Konno ve Yamazaki modeline göre daha riskli bir portföy oluşturmaktadır.

Konno ve Yamazaki modeline Sektörel Tercih ve Arındırma Oranları dâhil edildiği zaman kâr oranlarında artma gözlenmektedir. Model 2 ve Model 3 yatırımcının fikir sahibi olduğu sektörlerle daha çok yatırım yapma imkânı sağlamaktadır.

Konno ve Yamazaki modeli her 2 Senaryoda da bütçenin tamamını riski düşürmek için kullanmıştır. Bu çalışmada kurulan Model 3 risk bakımından Model 2'ye göre daha düşük bir risk sunmaktadır. Ayrıca kurulan bu model kâr bakımından Model 1 ve Model 2'ye göre daha fazla kâr getirmekte olduğu görülmektedir.

KAYNAKÇA

- Bayramoğlu, M. F. & Yayalar, N. (2017). Portföy Seçiminde Toplam Riski Temel Alan Portföy Performans Ölçütlerinin Değerlendirilmesi. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17 (1), 1-28.
- Bist DataStor. (2022). Borsa İstanbul Tarihsel ve Referans Veri Platformu. Adres: <https://datastore.borsaistanbul.com/> 16/09/2022 tarihinde erişilmiştir.
- Borsa İstanbul. (2022), Katılım Endeksleri. Adres: <https://borsaistanbul.com/tr/sayfa/6842/bist-katilim-endeksleri> 16/09/2022 tarihinde erişildi.
- Güngör, İ. , Aycan, M. & Demir, Y. (2005). Bulanık Ortamda Portföy Optimizasyonu. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 5 (10 , 104-120.
- H. Konno, H. Yamazaki, (1991), Mean-AbsoluteDeviation Portfolio Optimization Model And Its Applications to Tokyo Stock Market, *Management Science*, Vol.37, No.5, 519-531.
- KAP. (2022). Endeksler. Adres: <https://www.kap.org.tr/tr/Endeksler>. 16/09/2022 tarihinde erişildi.
- Kardiyen, F. (2010). Doğrusal Programlama İle Portföy Optimizasyonu ve İMKB Verilerine Uygulanması Üzerine Bir Çalışma. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21 (2), 15-28.
- Karta, N. (2014). 18. ve 19. Asırda Avrupa’da Para, Banka ve Mevduat Alanında Yaşanan Gelişmelerin Osmanlı İmparatorluğu’na Yansımaları. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 28(1), 149-164.
- Mortaş, M. & Garip, O. (2016). Optimum Portföy Seçimi ve BİST’te İşlem Gören Firmalar Üzerinde Bir Araştırma. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1 (13), 245-282.
- Sarıtaş, H. & Kaya, Y. (2012). Finansal Yatırımlarda Risk Ayırıştırması: Bir İMKB Uygulaması. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, (566), 41-41.
- Uğurlu, M. , Erdaş, M. L. & Eroğlu, A. (2016). Portföy Yönetiminde Sistemati Olmayan Riski Azaltacak Bir Doğrusal Programlama Model Önerisi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6 (1), 147-174.
- Urun, K. , Taş, O. & Uğurlu, U. (2020). Portföy Optimizasyonunda Veri Setlerinin ve Optimizasyon Seçeneklerinin Karşılaştırılması: Bist-30 Endeksi Üzerine Bir Uygulama. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 38 (1), 139-165.