YAPAY ZEKA VE DİJİTAL TEKNOLOJİ

EDİTÖR
Dr. Öğr. Üyesi Gökalp ÇINARER

YAZARLAR
Prof. Dr. Bülent SEZEN
Prof. Dr. Tuğrul OKTAY
Doç. Dr. Sibel DEMİRARSLAN
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Bora ORAN
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TOSUN
Dr. Öğr. Üyesi Oğuz KÖSE
Dr. Akın ERDEMİR
Dr. Fatih SEYRAN
Arş. Gör. Nurullah TAŞ
Arş. Gör. Osman ÇETİN
Burcu YILDIRIM

İKSAD
Publishing House

YAPAY ZEKA VE DİJİTAL TEKNOLOJİ

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Gökalp ÇINARER

YAZARLAR

Prof. Dr. Bülent SEZEN
Prof. Dr. Tuğrul OKTAY
Doç. Dr. Sibel DEMİRARSLAN
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Bora ORAN
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TOSUN
Dr. Öğr. Üyesi Oğuz KÖSE
Dr. Akın ERDEMİR
Dr. Fatih SEYRAN
Arş. Gör. Nurullah TAŞ
Arş. Gör. Osman ÇETİN
Burcu YILDIRIM

İKSAD
Publishing House

Copyright © 2021 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TURKEY TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2021©

ISBN: 978-625-8007-33-6
Cover Design: İbrahim KAYA
October/ 2021
Ankara / Turkey
Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

EDİTÖRDEN / ÖNSÖZ

Dr. Öğr. Üyesi Gökalp ÇINARER……..……1

BÖLÜM 1

DÜNYADA YAPAY ZEKA VE ROBOTİK TEKNOLOJİSİ UYGULAMALARINDA BÖLGESEL VE SEKTÖREL FARKLAR

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Bora ORAN …….……..…….……3

BÖLÜM 2

EŞ ZAMANLI PERTÜRBASYON RASSAL YAKLAŞTIRIM VE BİRLEŞTİRİLMİŞ BAŞKALAŞIM İLE QUADROTOR SAPMA UÇUŞ KONTROLÜ

Dr. Öğr. Üyesi Oğuz KÖSE & Prof. Dr. Tuğrul OKTAY …….35

BÖLÜM 3

TRAFİK YOĞUNLUĞU YÖNETİMİNDE GÖRÜNTÜ TANIMLAMA TEKNİKLERİNİN KULLANILMASI VE LİTERATÜR İNCELEMESİ

Prof. Dr. Bülent SEZEN & Arş. Gör. Nurullah TAŞ ……..……61

BÖLÜM 4

İÇ MİMARLIKTA YAPAY ZEKÂ: İNSANA ÖYKÜNEN MAKİNELER ÇAĞINDA YAPAY ZEKÂNIN MESLEKİ PAYDAŞLIĞI

Burcu YILDIRIM & Doç. Dr. Sibel DEMİRARSLAN…….……101

BÖLÜM 5

SAĞLIK KURUMLARI YÖNETİMİNDE DİJİTALLEŞME VE YAPAY ZEKÂ

Dr. Akın ERDEMİR & Dr. Fatih SEYRAN ……..……141

BÖLÜM 6

BEYİN-BİLGİSAYAR ARAYÜZLERİ

Arş. Gör. Osman ÇETİN & Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TOSUN ……165

ÖN SÖZ

Yapay Zeka, çeşitli endüstrilerde ve farklı multidisipliner alanlarda dijital teknolojik dönüşümün merkezi olarak kabul edilmiş, makinelerin deneyimlerden öğrenmesini, yeni girdilere uyum sağlamasını ve insan benzeri görevleri gerçekleştirmesini mümkün kılan çoklu teknolojilerin toplamıdır. Yapay Zeka, farkında olmasak bile her gün kullandığımız birçok teknolojik alt yapının gelişiminde etkin rol oynayan temel bileşendir.

Teknolojide yaşanan hızlı gelişmeler Yapay Zeka ve Dijital Teknolojiyi bu süreçte stratejik ve kritik faktör haline getirmiştir. Bu kitap, günümüz teknolojik bakış açısını ele alarak bugüne kadar farklı alanlarda yapılmış olan teorik ve uygulamalı çalışmaları, bilim ve mühendislikteki son teknolojik yenilikler ve yönelimlerle harmanlayarak size sunmaktadır.

Bu kitabın bölümlerinde tartışılan ve sunulan konular, tıp, mühendislik, mimari, işletme gibi farklı alanlarda geniş bir konu yelpazesini ve araştırma yöntemlerini kapsamaktadır. Kitap altı bölümden oluşmaktadır. Kitapta sırasıyla; dünyada yapay zeka ve robotik teknolojisi uygulamalarında bölgesel ve sektörel farklara, eş zamanlı pertürbasyon rassal yaklaştırım ve birleştirilmiş başkalaşım ile quadrotor sapma uçuş kontrolü, trafik yoğunluğu yönetiminde görüntü tanımlama tekniklerinin kullanılması ve literatür incelemesi, iç mimarlıkta yapay zeka insana öykünen makineler çağında yapay zekanın mesleki paydaşlığı, sağlık kurumları yönetiminde dijitalleşme

ve yapay zeka, beyin- bilgisayar arayüzleri gibi önemli bölümlere yer verilmiştir.

Bu kitap akademisyenler, öğrenciler ve araştırmacılar için yapay zeka tabanlı uygulamaları, dijital teknolojileri, farklı algoritmalarla gerçekleştirilen Yapay Zeka çalışmalarını içeren önemli ir kaynak niteliğindedir. Yapay Zeka alanında farklı bakış açılarını güncel bilgilerle sunan bu kitabın akademisyenler ve araştırmacılar için önemli bir kaynak olacağına inanıyorum. Bu değerli eserin hazırlanmasında emeği geçenlere canı gönülden teşekkür eder, kitabın okuyucularına faydalı olmasını temenni ederim.

Dr. Öğr. Üyesi Gökalp ÇINARER

BÖLÜM 1

DÜNYADA YAPAY ZEKA VE ROBOTİK TEKNOLOJİSİ UYGULAMALARINDA BÖLGESEL VE SEKTÖREL FARKLAR

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Bora ORAN[1]

[1] Oran, İbrahim Bora, Dr. Öğretim Üyesi, İstanbul Esenyurt Üniversitesi, İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi, Lojistik Yönetimi Bölümü, ibrahimoran@esenyurt.edu.tr, ORCID ID : 0000-0002-0274-0921

GİRİŞ

Dünyada yapay zeka ve robotik teknolojilerinin gelişimi oldukça eski yıllardan beri başlamıştır ve kullanım tercihi yıllar içinde giderek artmıştır. Genel anlamda ülkelerin ekonomik büyümesi üzerinde etkileri olduğu kabul edilmiş olsa da, aslında faydalarının eşit olarak dağıtılamayabileceği konusunda bazı görüş farklılıkları bulunduğu da gözlemlenmektedir. Bu konu üzerinde ülkelerin ekonomik güçlerinin farklı olması dışında, çeşitli açılardan risklerin göz ardı edilme olasılığı karşısında tereddütler bulunmaktadır. Tarihin çok eski dönemlerinden itibaren makinelerin insan emeğinin yerini alması karşısında karşılaşılması muhtemel işgücü zorlukları, yapay zeka ve robotik teknolojilerinin alt yapılarının maliyetli olması ihtimali, bazı meslekleri ortadan kaldırabilme sonucunda hangi tedbirlerin alınması gerektiğine dair görüşler açıklanmaktadır. Ancak içinde bulunduğumuz süreçte dünyada yaşanan COVID-19 pandemisinin etkileri de bu yeni teknolojilerin kullanımının önemini tekrar gündeme getirmiştir. Bahsedilen çelişkilerin dışında, yapılan çalışma kapsamında robotik teknolojilerin gelişimi ve kullanımında bölgesel farklılıklar hangi düzeydedir ve bu farklılıkların nedenleri nelerdir gibi soruların cevaplanması amaçlanmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde, dünyada robot kullanımının yıllara ve bölgelere göre değişimlerine dair analizlere yer verilmektedir. Aynı zamanda bu teknolojilerin kullanımı ile ülke ekonomileri üzerinde sağlanan katma değer artışının gelişimi değerlendirilmektedir. Geleceğe yönelik tahminler olarak bölgelerin yapay zeka kullanımından sağlaması beklenen yararlar belirlenmektedir. İkinci bölümde, dünyada robot

kullanımının sektörlere göre değişimlerine dair analizlere yer verilmektedir. Bu teknolojilerin kullanımı ile ülke ekonomileri üzerinde yaratılan etkiler incelenmektedir. Üçüncü bölümde, günümüzde halen hüküm sürmekte olan COVID-19 pandemisinin etkisiyle, yapay zeka teknolojileri sayesinde elde edilmesi beklenen yararlara bağlı olarak robotik teknolojilerinin kullanımının değişimleri incelenmektedir. Yaptığımız bu çalışma ile dünyanın her alanında aslında kullanılan dijitalleşmenin COVİD-19 etkisiyle hızlanması nedeniyle, yapay zeka ve robot teknolojisi uygulamalarının bölgesel ve sektörel olarak değişen öneminin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır. Bu alanlarda, ülke ekonomileri üzerinde geleceğin korunması adına, planlanması gereken stratejilerin belirlenmesine katkı sağlanması hedeflenmektedir.

1. DÜNYADA YAPAY ZEKA VE ROBOTİK TEKNOLOJİSİ UYGULAMALARININ DÜNYADA BÖLGESEL DAĞILIMI

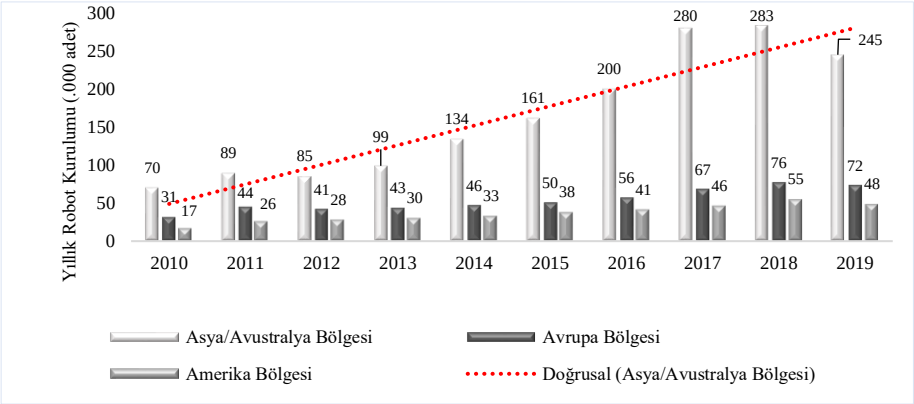
Yapay zeka ve robotik teknolojilerinin gelişimi ve kullanımı ülkelerin ekonomik büyümesi üzerinde etkili olsa da, aslında faydalarının eşit olarak dağıtılamadığı gözlemlenmektedir. Yapay zeka (AI) dağılımı, genel olarak ülkelerdeki üretkenliği artırabilmekte veya yeni ürünler oluşturarak yeni işler yaratılmasına ve sonuç olarak ekonomik büyümeye yol açabilmektedir. Bu açıdan ülkelerde ekonominin robotik teknoloji endüstrilerine ve yapay zekaya odaklanması gerektiği, gelişmekte olan ekonomilere örnek gösterilmektedir. Diğer taraftan bazı araştırmalarla, işlerin giderek robotikleşmesi ile insan hizmetlerinde ücretlerin düşmesi ihtimali olacağı ve sonuç olarak

dünyada genel eşitsizliğin muhtemelen artacağı ortaya konmaktadır. Bu açıdan “ mavi yakalı – beyaz yakalı - makine yakalı” üçlüsünün ortaklığı sonucu muhtemelen insanların işlerinin kolaylaşacağı öngörüsüyle tarihteki eski sanayi devrimlerinde insan emeğine duyulan ihtiyacın azalacağına yönelik endişelerin gerçekleşmediği örnek gösterilmektedir.

Yıllık endüstriyel robot kullanımlarının bölgesel olarak dağılımına bakıldığında, 2010 ve 2019 yılları arasında Asya ve Avustralya bölgelerinde artış oranlarının en yüksek düzeyde olduğu görülmektedir. Avrupa ve Amerika bölgelerine kıyasla Asya ve Avustralya bölgelerinde çok daha fazla robot kullanımı artışı bulunması üzerinde bazı ülkelerin yeni teknoloji gelişimlerinin daha hızlı olmasının etkisi bulunmaktadır.

Dünyada yıllık endüstriyel robot kurulumlarının 2010 ve 2019 yılları arasındaki bölgesel değişimleri Grafik 1’de gösterilmektedir. 2010 yılında robot kurulumu sayısı 2010 yılında Asya bölgesinde 70.000 adet, Amerika bölgesinde 17.000 adet ve Avrupa bölgesinde 31.000 adet iken, 2019 yılında Asya bölgesinde 245.000 adet, Amerika bölgesinde 48.000 adet ve Avrupa bölgesinde 72.000 adet olarak gerçekleşmiştir. Özellikle Asya bölgesinde diğer bölgelere kıyasla daha yüksek düzeylerde endüstriyel robot kurulumu gerçekleştirilmesinde Çin tarafından 2013'ten itibaren dünyanın en büyük endüstriyel robot pazarı oluşturulmasının rolü olduğu düşünülmektedir. Endüstriyel robot kurulumlarının 2017-2018

dönemindeki dünya toplamının %38'inin Çin tarafından oluşturulduğu belirlenmiştir (WR, 2020).



Grafik 1. Yıllık Endüstriyel Robot Kurulumları (.000 adet)

Dünyada robot kullanım tercihlerindeki artış oranlarının bölgesel değerlendirmelerinde aynı bölge içinde yer alan ülkelerin performanslarının önemli etkisi bulunduğu görülmektedir. Ülkelerin ekonomik güç farklılığı kadar, nüfusu, teknolojik beceri düzeyleri, coğrafi konumları ve toplumlarının yeni teknolojileri kullanma tercihleri gibi farklı nedenlere bağlı olarak yapay zeka kullanım düzeyleri değişmektedir.

Dünyada robot kullanımı yoğunluğunun ülkeler açısından araştırıldığı analizler elde edilen sonuçlara göre dünyada ülkelerin robot kullanımı eğilimi konusunda Kore Cumhuriyeti 2010'dan itibaren imalat endüstrisinde robot kullanımı artışı ile ilk sırada yer almaktadır ve 2016 yılında on bin işçi başına düşen 631 robot sayısı küresel ortalamanın sekiz katıdır. Singapur, 488 robotla Güney Kore'den sonra gelmektedir ve bu sayının yüzde 90'ı gibi önemli bir bölümünün

elektronik endüstrisinde kullanıldığı açıklanmaktadır. Almanya on bin işçi başına düşen 309 robot sayısıyla, 303 robot sayısına sahip Japonya'dan önce üçüncü sıradadır. ABD'deki robot yoğunluğunun 2016 yılında 189'a yükseldiği ve böylece dünyada yedinci sıraya geldiği görülmektedir. Kanada'da robot kullanımının artış eğilimi sonucu 2016 yılında 145 robot sayısına erişilmiştir. Bu sonuç üzerinde otomotiv endüstrisindeki robot kurulumlarının etkisi olduğu belirlenmektedir. Meksika, 2016 yılında on bin işçi başına düşen 33 robot sayısı ile dünya ortalaması olan 74 robot sayısının çok altında kalmıştır. Avrupa bölgesinin en üst sırada olan ülkesi Almanya'dır. Dünya sıralamasında 18. sırada yer alan Fransa'nın robot sayısı 132'dir küresel ortalamaya göre iyi durumda olmakla birlikte diğer Avrupa ülkelerine kıyasla geride kalmaktadır. Bu açıdan İsviçre (223 robot), Danimarka (211 robot), İtalya (185 robot) ve İspanya (160 robot) gibi diğer Avrupa Birliği ülkelerinin, imalat sektöründe otomasyondan daha fazla yararlandığı açıklanmıştır. Birleşik Krallık' ın robot yoğunluğu ise 71 birimdir ve Avrupa bölgesinde en alt sıradaki ülkeler arasında yer almaktadır. Doğu Avrupa ülkelerinden Slovenya 137 birimle ve Slovakya 135 birimle robot yoğunluğu 128 olan İsviçre'den daha önceki sıralarda yer almaktadır. Çek Cumhuriyeti 101 birimle 20. sırada yer almaktadır. Dünya ortalamasının her 10.000 kişi başına 74 robot sayısı olduğu belirlenmiştir (IFR, 2019). 2010-2016 yılları arasında yıllık ortalama robot yoğunluğu artış hızı Asya'da yüzde 9 iken Güney ve Kuzey Amerika'da yüzde 7 oranındadır. Aynı dönemde, yıllık ortalama robot yoğunluğu artış hızı Avrupa'da %5 oranındadır (Yujia He, 2018).

2020 yılına gelindiğinde dünya çapındaki fabrikalarda çalışan 2,7 milyondan fazla endüstriyel robot bulunmaktadır. Toplam stokların paylaşımında otomotiv sektörü %34, elektrik & elektronik %25 ve metal endüstrisi % 10 oranındadır. Yeni kullanımlarım değeri 13,8 milyar $ değerindedir. Kurulumların %73'ünün bulunduğu ilk beş ülke Çin, Japonya, ABD, Kore ve Almanya'dır. Dünya çapında, imalat endüstrisinde robot yoğunluğu, her 10.000 çalışana 113 robot olmuştur. İlk 5 ülkede robot yoğunluğu; Singapur 918, Kore, 855, Japonya 364, Almanya 346 ve İsveç 277 adettir (IFR, 2021).

Ülke ekonomilerinin temel kazançları birbirinden çok farklı olsa da, yapay zeka ve robotik teknolojilerinin birleşmesiyle, emek ve sermayenin fiziksel sınırlamalarının aşıldığı yeni bir döneme girilmiştir. Dünyadaki 12 gelişmiş ülke üzerinde yapılan analizde, ekonomilerinin daha güçlendirilmesi konusunda yapay zeka kullanımının 2035 yılına kadar yıllık büyüme oranlarını iki katı artırma ve aynı zamanda işgücü verimliliğini de %40 oranında artırma potansiyeli olduğu sonucu açıklanmıştır (Accenture & Frontier Economics, 2019). Yeni teknolojilerin etkisinin görülmesi için uzun zaman geçmesi gerektiği nedeniyle bir karşılaştırma yılı olarak 2035 yılı seçilen bir araştırmada gösterilen yapay zeka istikrarı yüzdesi, yapay zekanın etkisi ekonomiye katıldıktan sonra beklenen ekonomik büyümeyi göstermektedir ve reel brüt katma değer büyüme oranıdır. En yüksek orana sahip olan ABD'yi %4,1 oranı ile Finlandiya, %3,9 oranıyla İngiltere, %3,6 oranında İsveç ve %3,2 oranıyla Hollanda'nın takip etmesi beklenmektedir. Daha düşük oranların Fransa (%2,9), Japonya (%2,7), Belçika (%2,7) ve İspanya'da (%2,5) görüleceği

açıklanırken, en düşük orana sahip ülkenin İtalya (%1,5) olacağı tahmin edilmektedir. Dünyanın ekonomik çıktısının yüzde 50'sinden fazlasını üreten gelişmiş ekonomiler arasında en yüksek yapay zeka katkısının % 4,6 oranıyla ABD'ye ait olacağı tahmin edilmektedir (Accenture & Frontier Economics, 2019).

Dünyada COVID-19 pandemisi ile geçen 2020 yılında, ulusal ve uluslararası ekonomi alanlarında pandemi nedeniyle değişen koşullarda robotik otomasyonun tercih edilmesinin hız kazandığı dikkat çekmektedir. Önceden bu teknolojilerin sunduğu fırsatlara daha kararsız olan sektörlerde bile robotlaşmaya doğru itici bir güç olduğu görülmektedir. Örneğin otonom mobil robotlar, e-ticaret faaliyetlerinin devam etmesinde en önemli destek olarak kullanılmıştır. Lojistik sektöründe, tedarik zincirinin yürütülmesi ve kısaltılmasında pandemi şartlarının kolaylaştırılması potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Sanal ticaret, sanal konferans, sanal eğitim, sanal fuar, sanal iletişim gibi bir çok etkinlikte yapay zeka uygulamaları adeta zorunlu hale gelmiştir. Sosyal mesafe uygulamalarının yeni normal haline geldiği pandemi sürecinde, sanal etkinlikler daha yaygın hale gelmeye başladı. Robotlar ve yapay zeka teknolojilerinin kullanımı gelecekte artacak gibi düşünülürken, pandemi ortamında insanların hayatında en önemli rol olmuştur. Uluslararası Robotik Federasyonu'nun açıklamasına göre (IFR, 2021) günümüzde COVİD-19 etkisiyle ticari robot piyasası yükselerek dünya genelinde 11,2 milyar dolara ulaşmıştır. Küresel salgının devam eden etkisi nedeniyle pazar payının daha fazla artacağı beklenmektedir. Bu konuda dünyada farklı bölgelerinde yaşanan

değişimler ve gelişmelerin farklılığına dikkat çekmek amacıyla yapılan çalışmalarda, dijital eşitsizliklerin ülkelerin elektronik ticaret yapma yeteneklerini nasıl etkilediği gösterilmektedir. İnternet kullanıcısı başına uluslararası bant genişliği hacmi, uluslararası pazarlarda ulusal işletmeler için mevcut olan bağlantının niteliği açısından makul görüş sunmaktadır. 2015 ile 2019 arasında dünya genelinde ortalama olarak iki katından fazla artmasına rağmen, gelişmiş ülkelerdeki ortalama rakamın (189 kb/sn), gelişmekte olan ülkelerdekinin (91 kb/sn) iki katından ve en az gelişmiş ülkelerde (EAGÜ) olanın (21 kb/sn) dokuz katından fazla olduğu anlaşılmaktadır. Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (ITU) tarafından dünya çapında internet kullanan bireylerin oranının, 2005'te yüzde 13,8'den 2019'da yüzde 53,8'e istikrarlı bir şekilde büyüdüğü, ancak bu küresel rakamların aynı zamanda önemli farklılıkları da maskelediği iddia edilmektedir. Gelişmiş ülkeler için (yüzde 86,3), gelişmekte olan ülkeler için olanın neredeyse iki katı ve EAGÜ' ler için olanın (sırasıyla yüzde 47,0 ve yüzde 19,1) dört katından fazla olduğu görülmektedir. Avrupa için bu oranın (yüzde 82,5) Sahra Altı Afrika'nın (yüzde 28,2) üç katından fazla olduğu açıklanmaktadır (ITU, 2019).

Pandemi sürecinde her ülkenin pandemi deneyiminin aynı olmadığı gözlemlenmektedir. Özellikle Asya bölgesinde pandemiden daha erken etkilenen bazı ülkeler, 2020 yılının ikinci yarısında daha düşük enfeksiyon oranlarını korumayı başardığı için ekonomik performansının pandemiden önceki düzeylere daha çabuk dönülmesini sağlayabilmiştir. Oysa Avrupa bölgesindeki ülkeler de dahil olmak

üzere diğer bölgelerde, ilkbahar aylarında uygulanan kilitlenmelerin ardından ekonomik performanslarında düşüş yaşanmaya başlamıştır. 2020 yılının ilerleyen aylarında tekrarlanan kilitlenmelere ve kısıtlamalara neden olan ikinci bir enfeksiyon dalgası yaşanması ekonomik faaliyetlerde düşüş eğiliminin devam etmesine yol açmıştır. Pandeminin yarattığı sağlık risklerinin tekrarlanmasına bağlı olarak bölgelerin gelecekteki etkilenme düzeyleri halen belirsizliğini korumaktadır. Salgının seyrine göre ticaret faaliyetleri ve özellikle e-ticaret düzeyleri dünya genelinde eşitsiz dağılmıştır.

Hangi bölgelerin öne çıktığına dair analizlerde, Asya-Pasifik ve Kuzey Amerika bölgelerinin hem perakende hem de perakende e-ticaret satışları açısından öncülük ettiği görülmektedir. Asya-Pasifik bölgesi, dünya çapındaki perakende satışların %42,3'ünü, Kuzey Amerika bölgesi %22,9'unu ve Batı Avrupa bölgesi ise %16,2'sini oluşturmaktadır. E-ticaret faaliyetlerinde, Çin'in yüksek performansının etkisiyle, tüm dijital satışların %62,6'sının Asya-Pasifik bölgesinde gerçekleştiği görülmektedir. Geri kalanın büyük kısmı Kuzey Amerika ve Batı Avrupa bölgelerinde %19,1 ve %12,7 oranları ile daha düşük miktarlarda dijital satışlar gerçekleştirilmiştir. Latin Amerika, Orta Doğu ve Afrika bölgelerinin birlikte, toplam e-ticaretin sadece yüzde 3'ünü oluşturduğu gösterilmektedir. Çin ve ABD'deki dijital satışların, genel küresel satış düzeylerini önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmektedir. Örneğin, Çin'in 2020 yılında 2.090 trilyon dolarlık e-ticareti, Asya-Pasifik bölgesinin tüm dijital satışlarının (bölge geneli 2.448 trilyon dolar) büyük kısmını oluşturmaktadır. Pandeminin halen devam ediyor olması ve değişik

varyantların ortaya çıkması gibi sorunların yarattığı belirsizlik nedenleriyle dünyada yapay zeka olanaklarının en yoğun biçimde uygulandığı e-ticaret satışlarının 2021 yılında %16,8 daha artacağı beklenmektedir. Perakende satışlar konusunda, pandemiden önce dünya genelinde toplam perakende satışların 2020'de %4,4 artarak 26.460 trilyon dolara çıkacağı tahmin edilirken %2,8'lik bir düşüş yaşanarak satışların 2020'de sadece 23.624 trilyon $ olduğu görülmektedir. Ancak 2021'de pandemi öncesi (2019) seviyelere yükselmesi beklenmektedir (E-marketer, 2021).

2. DÜNYADA YAPAY ZEKA VE ROBOTİK TEKNOLOJİ UYGULAMALARININ SEKTÖREL DAĞILIMI

Dünyada, aslında 1950'li yıllardan itibaren ortaya atılan yapay zeka veya robotik anlamında kullanılan akıllı makineler fikri gerçekleşmiştir ve birçok sektörde yapay zekâlı ürünlerin kullanılması dördüncü sanayi devrimi ile birlikte başlamıştır. Bu sayede gerekli bilgilere ulaşma olanakları insanlık tarihinde şimdiye kadar görülenden çok daha kolay hale gelmiştir.

Dünyada bilgisayarların hızla yaygınlaşmaya başladığı 80'li yıllardan günümüze, oldukça önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Bilgisayarların, iş hayatında faaliyetlerin hem daha hızlı hem de daha düşük maliyetle gerçekleştirilmesi amacıyla kullanıldığı bilinmektedir. Dolayısıyla bilgisayarlar ile önce muhasebe mesleği, bilgisayarların kullanılmaya başlandığı ilk günden itibaren ayrılmaz şekilde gelişim göstermektedir (Pekdemir ve Önal, 1999: 8). Beyaz yakalıların çalıştığı mesleklerden yapay zeka kullanımına en yatkın olan iş grupları, muhasebe, denetim

ve kredi personeli olmuştur. En geç kullanıma geçilen iş grupları ise cerrahlar, terapistler ve CEO'lar olmuştur. Mavi yakalıların çalıştığı mesleklerden yapay zeka ve robotik kullanımına en kolay uyum sağlayanlar daha yüksek emek gerektiren işler arasında yer alan kasiyer, sürücü ve oyun sağlayıcıları olmuştur. En az uyum sağlayanlar ise bilgisayar bilimcileri, avukatlar, yazarlar, editörler ve tasarımcılar gibi iş kolları olmuştur (Pavaloiu, 2016: 23). Süreç içinde gelişen ve güçlenen planlama, hesaplama ve modelleme gerektiren yapay zekâ teknolojileri belirgin bir şekilde olgunlaşmıştır. Her geçen yıl örneğin mühendislik dallarının kademeli olarak alt uzmanlık dallarına ayrıldığı gibi, yapay zekâ teknolojilerinin de gelişmesi alt gruplara ayrılmaktadır (Nilsson, 2009: 589). 2010'lardan itibaren "derin öğrenme" denilen ve öğrendiğinden anlam çıkaran yapay zeka ürünlerinin yeni yapılandırılması başlatılmıştır (Başer, 2018: 84).

Yapay zekâ uygulamaları, "sürücüsüz araç, çevrim içi arama, sosyal medyada fotoğraflarda yüzleri tanıma, haberleri filtreleme, perakendecilerin çevrim içi alışverişleri, lojistik işletmelerinin en doğru ulaşım yolu seçmeleri, pazarlamacıların kişisel içerik uygulamaları ve sanal yardımcılarla etkileşim konusunda oldukça doğal bir dil kullanılması" gibi çok farklı alanlarda kullanılmaktadır (IIA, 2017a). Başlangıçta kullanım önceliğinin pazarlama, insan kaynakları, otomotiv, sigortacılık, finans ve sağlık sektörleri başta gelmektedir.

Çağımızda, ülkelerin ekonomik performansı üzerinde önemli etkiler yaratan iki büyük etken görülmüştür. Birincisi yapay zeka ve robotik

teknolojileri uygulamalarının artması ile yaygınlaşan dijitalleşmedir. İkinci etken COVID-19 pandemisi olmuştur. Çünkü bir taraftan dijital uygulamaların benimsendiği ülkelerde ekonomik gücün artmasının yanı sıra önemli sektörlerde daha başarılı sonuçlar yaratılmıştır. Diğer taraftan II. Dünya Savaşı'ndan bu yana karşılaşılan en büyük küresel krizlerden birini COVID-19 pandemisi başlatmıştır.

Endüstri 4.0 devrimi ile dünyada yapay zeka ve robotik teknolojinin kullanımının sağladığı kolaylıklar yaşanıyorken, COVID-19 gibi şiddetli bir pandeminin insan sağlığının yanı sıra ülkelerin ekonomik gücünü tehdit eden etkiler yarattığı bir süreçte, yapay zekanın daha hızla artan kullanımı ile dünyada yaşanan kriz koşullarının dengelendiği izlenmiştir. Örneğin, pandeminin yoğun yaşandığı ülkelerde toplumların en temel ihtiyaçlarının karşılanması konusunda yapay zeka uygulamalarıyla destek sağlanmıştır. Pandemi ortamında insanlar için riskli sayılabilecek işlerin yapılmasında kolaylık yaratılmıştır. Buna bağlı olarak, işletmelerin faaliyetlerini sürdürebilmesinde yapay zeka çözümleri önemli rol oynamıştır. E-ticaret modelinin artan tercihi ile krizin etkileri önemli ölçüde azaltılmıştır. Yapay zeka uygulamalarıyla başta sağlık sektörü olmak üzere, eğitim, iletişim, pazarlama, satış, lojistik ve savunma gibi birçok sektörlerde kısıtlamaların yarattığı güçlüklerin çözümünde kolaylık yaratılmıştır. Sonuç olarak yapay zeka ve robotik teknolojileri kullanımı COVID-19 etkilerinin yaşandığı günümüzde gereklilikten ziyade zorunlu hale gelmiştir.

Robotik teknolojileri arasında öne çıkan farklı robot modeli kategorileri arasında, Paralel (Delta), SCARA ve Eklemli (6 Eksen) gibi farklı sabit endüstriyel robot modelleri ile çok çeşitli kontrol cihazları kullanılarak hem ileri teknolojiye sahip üretim tesisleri uygulamalarında hem de çeşitli manuel operasyon süreçlerinde robotik otomasyon çözümleri uygulanmaya başlamıştır. Örneğin, Paralel (Delta) robotların ideal kullanım alanı yiyecek-içecek, ilaç ve sağlık sektörleridir çünkü bu model robotlar hem yüksek hız ve hassasiyete sahiptir hem de yüksek yük kapasiteli modelleri bulunmaktadır. Daha yüksek performanslı ve 4 eksenli SCARA robotlar, daha ziyade mekanik montaj, malzeme taşıma, paketleme, makine bakımı ve vidalama için kullanımı ideal olan robotlardır. Eklemli (6 eksen) robotlar ise diğerlerine kıyasla daha uzun mesafe erişime sahiptir ve EtherCAT veya Ethernet olmak üzere iki farklı modeliyle ihtiyaca göre geliştirilen farklı tiplerinin uygulamaları pandemi etkisiyle hızla artmıştır.

Dünyada yapay zeka ve robotik teknolojilerinin en çok kullanıldığı sektörler arasında sağlık sektörü gibi insan hayatını etkileyen çok önemli bir alanda kullanılan tıbbi robotların üretimi ve satışı 2019 yılında %28 artışla 5,3 milyar $ ile önemli bir rekor kırmıştır. 2018 yılı ile karşılaştırıldığında. 2019 yılında profesyonel hizmet robotlarının toplam cirosunun yaklaşık %50'sini medikal robotların oluşturduğu ve bunun büyük bir bölümünün en yüksek maliyetli cerrahi robotlar tarafından karşılandığı belirlenmektedir. Bu eğilime göre tıbbi robot satışlarının 2022 yılına kadar 11,3 milyar dolara ulaşacağı veya 2023 yılında 12,6 milyar dolara ulaşarak iki kattan

fazla artış sağlama potansiyeline sahip olduğu tahmin edilmektedir (Tablo 1). Dünyada robotik sistemlerin kullanımında en fazla yükselen sektörün medikal sektörü olduğu görülmektedir. 2020 yılında 2019 yılına göre en yüksek kullanım artış oranı %136 ile lojistik robotlarıdır. Bunu %124 ile medikal robotlar takip etmektedir. Diğerlerinin yanı sıra ev işleri, eğlence ve saha robotlarının kullanım oranı %116'dır (World Robotics, 2020).

Tablo 1. Dünyada Sektörel Kullanımda Robotik Teknolojisi

	LOJİSTİK ROBOTLARI	MEDİKAL ROBOTLARI	SAHA ROBOTLARI
2018	0,9	4,1	1,3
2019	1,9	5,3	1,3
2020	2,6	6,6	1,4
2021	3,7	8,6	1,6
2022	5,3	11,3	1,8
2023	7,5	12,6	2,0

Kaynak: WR, 2021 (Milyar $)

Bu sonuçlar üzerinde en büyük etkenin Covid-19 pandemisi olduğu değerlendirilmekte ve dijitalleşmenin yüksek oranlarda artması nedeniyle sağlık sektöründe ve ardından lojistik sektöründe robot kullanımında artış trendinin gelecek yıllarda devam etmesi beklenmektedir.

Pandemi koşullarında yapay zeka ve robotik teknolojileri kullanımının belirli sektörlerde artışı üzerinde, yaratılan teknolojik olanaklarla hızlı teslimat, verimlilik ve performans açısından yarar sağlanmasının etkisi bulunmaktadır. Yapay zeka teknolojileri sayesinde, bilgilerin toplanması ve paylaşılması ile verimliliğin artışına katkı yaratılmaktadır. Kontrol sürecinin robotlarla güçlendirilmesi

sayesinde üretilen iş hacmi garantilenerek performansın yükseltilmesine katkı sağlanmaktadır.

3- MATERYAL VE METODOLOJİ

Bilim insanlarının genelleştirilmiş yapay zekâ çalışmalarında COVİD-19 yönetimi sürecindeki etkileri kapsamında farklı görüşleri bulunmaktadır. Her yeni gelişen teknolojide olduğu gibi yapay zekâ uygulamalarının da yararlı amaçlarla olduğu kadar farklı zarar verici amaçlarla da kullanılabileceğine dair karşıt görüşler açıklanmaktadır.

3.1. Literatür İncelemesi

Yapay zekâdan kaynaklanan en büyük tehlike olarak, yapay zeka yaratan gelişmenin gelecekte insan neslinin tükenmesi veya telafisi mümkün olmayacak başka bir küresel felaketle sonuçlanabileceğine dair bir hipotez açıklanmıştır. Benzer bir görüşle, yapay zekanın genel zekada insanlığı aşarak "süper zeki" haline gelmesi sonucu insanlar tarafından kontrol edilmesinin zor veya imkânsız hale gelebileceği hipotezi dile getirilmektedir (Wikiwand, 2021). Pandemi nedeniyle dünya genelinde uzaktan çalışma modelinin artmasıyla birlikte bu süreçte siber saldırıların %542 oranında artması bu endişeyi arttırmıştır (Metin, 2020). İnternet kullanım oranının dünyada ilk kez bu kadar yüksek bir artış göstermesi, internet alt yapısı dünyasında ağlardan beklenen talebi azami düzeyde artmıştır. Ağ alt yapısı sistemlerinin güçlendirilmesi, güvenlik esaslarının sağlanması, etik ve ahlaki kurallara uyulması halinde hiçbir teknolojik gelişmenin endişe verici olmaması gerektiği konusunda fikir birliği bulunmaktadır. AI

ile COVİD-19 yönetimi konusunda, gelişmekte olan ekonomilerde yapay zeka ve robot teknolojileri kullanımı önceki yıllardan beri hızla yayılmakla birlikte, pandemi nedeniyle uygulanan kısıtlama koşulları bu eğilimi oldukça hızlandırmıştır. Gelişmekte olan ülkelerde özellikle temel hizmetlerin sürdürülmesi ve şirketlerin faaliyette kalabilmesi için önemli destekler sağlanmıştır (Sonneborn and Graf, 2020). Dünyada İspanyol Gribi salgınından sonra yaşanan en büyük salgın olan COVID-19 sürecinde, yapay zeka olmadan güçlü bir halk sağlığı stratejisi sağlanamayacağı nedeniyle çok daha büyük sosyal ve ekonomik çöküntüler yaşanabileceği görülmüştür (Chang, 2020). COVID-19 yönetiminde yapay zeka ve robotik teknolojisi kullanımı ile çok yararlı sonuçlar elde edilmiştir (COE, 2020); Salgının pandemi halini alması sürecinde ve sonrasında dünya çapında binlerce bilgiyi taramak için yapay zeka ile çalışılmıştır. Virüsün etkisini erken teşhis etmek ve yayılmasını izlemekle pandeminin eğilimleri gözlemlemek bir AI kullanarak mümkün olabilmiştir. Yapay zeka tabanlı teşhis yazılımı ve test kitleri kısa sürede sonuç elde edilmesini sağlamıştır. Toplum sağlığının kontrol altında tutulması için insanların vücut ısısının ölçülmesi ve riskli bireylerin belirlenmesi yapay zeka araçları ile desteklenmiştir. Hasta bakımı ile ilgili sağlık sektörünün birçok alanında robotlar kullanılması önemli yararlar sağlamıştır. Bu konuda yapılan çalışmalarla sağlık sektöründe yapay zeka ve robotik teknolojileri kullanımının önemi desteklenmektedir. Örneğin, Tavakoli ve arkadaşları (2020), Covid-19 pandemisi sırasında sağlık hizmetleri için akıllı giyilebilir teknolojiler ve otonom akıllı sistemler kullanılması ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalarında, son

teknolojinin bir analizi yapılmaktadır ve geleceğin vizyonu olacak robotiği, tele tıp dünyasında fiziksel muayene ve klinik bakımın dönüştürülmesinin yanı sıra uzak koşullarda hastaların izlenmesinde potansiyel uygulamaları olacağı konusunda gelecek vaat eden bir teknoloji olarak sunmaktadır. Hollander ve arkadaşları (2020), Covid-19 sırasında sağlık hizmetinin kesintiye uğradığı zamanlarda acil bir hasta için tedavi sürekliliğinin yolunun teletıp ile açılacağını vurgulamıştır. Luo ve arkadaşları (2020), Covid-19'un veri odaklı araçlar ve veri setleri kullanılarak geleceğin tahmin edilmesi, önlenmesi ve tedavisi için yapay zeka teknolojilerinin önemini işaret etmiştir. Yang ve arkadaşları (2020), sağlık çalışanlarının güvende tutulması için robotiğin bulaşıcı salgınlara daha fazla maruz kalmayı en aza indirmek için kullanılabildiğine dikkat çekilmektedir. Ayrıca Covid-19'un önlemesi ve kontrolü için hastaların izolasyon servisinde tele operasyonlu robot uygulamaları önermektedir. Coronavirüse karşı savaşta teknoloji tabanlı bir savunma aracı olarak yapay zeka ve robotik teknolojisi kullanılmasının sosyal mesafe gereksinimleri konusunda fırsatlar sunmakta olduğu kabul edilmektedir (Frost & Sullivan, 2020). Yapay zeka teknolojilerinin Covid-19 dışında diyabet ve metabolik sendromlar gibi diğer hastalıkların klinik araştırmalarında hastaların taranması, analizi ve takibinde kullanılabilmesi için öngörüler sunulmaktadır (Vaishya, 2020).

Lojistik sektörünün tedarik zinciri ve lojistik sektörünün depolama ve taşıma alanlarında robotların kullanılması yararlı olmuştur. Dünyada drone dediğimiz insansız hava araçları, hastanelerde, otellerde hizmet verme, süpermarketle ve mağazalarda alışveriş işlemlerine yardımcı

olma gibi işlerde pandemi sürecinde kolaylıklar sağlamıştır. Teknolojinin geliştiği ülkelerde, hastanelerde odaları temizleyebilen, hastalara yemek dağıtımı yapabilen, laboratuvar ortamında kan tahlili yapabilen robotlar, ilgi çekmiştir. Kurumlarda gişe işlemleri yapmak veya birçok büyük şehir belediyesi tarafından sokak, park ve bahçeleri dezenfekte etmek için robotlar kullanılmıştır.

Salgının olası ekonomik etkileri üzerine yapılmış bir çalışmada, araştırmacılar tarafından veri modelleme yöntemi ile yedi farklı makroekonomik senaryo sonuçları elde edilmiştir ve finansal piyasalar üzerindeki etkileri incelenmiştir (McKibbin & Roshen, 2020). Özellikle nüfusu fazla olan ve aynı zamanda sağlık sistemi gelişmemiş ülkelerde salgın konusunda bu çalışma ile pandeminin ekonomik etkilerinin veri analizi yapan yapay zekâ desteğiyle incelenmesi öngörülmektedir. Araştırmacılar, salgın ile ilgili analizler için "doğal dil işleme", "metin madenciliği" ve "sosyal ağ analizi" yöntemlerini kullanarak pandeminin etkilerini ve süreç içinde verilen tepkilerin nasıl değiştiğini belirlemişlerdir (Lopez, Vasu, & Gallemore, 2020). Yapay zekânın kullanımının pandemi virüsünün yayılımını engelleme ve toplum sağlığını başta sağlık çalışanları olmak üzere korumaya yönelik pozitif etkisi olabileceği görüşleri genel kabul görmektedir (McCall, 2020). Robot teknolojisinin hızla yaygınlaşması sonrası start-up şirketler de bu alandaki yatırımlarını artırmaya başlamıştır. Şirketler robotları mekanik olarak geliştirmenin yanı sıra, farklı algoritma ve yapay zeka teknolojisi uygulamasıyla hem robotların fonksiyonlarını hem de insanlarla olan etkileşimlerini artırmaktadır (Congar, 2020). Yapılan bütün çalışmalar göstermektedir ki; COVID-

19 salgınını yönetme konusunda insanlık aşı bulunması ve gerekli tedavi yöntemlerinin bulunması konusunda yayılmayı önlemek amacıyla büyük bir mücadele verirken, en çok yapay zeka uygulamalarından yararlanmaktadır. Örneğin, taşıma, ilaç verme, yemek servisi yapma gibi faaliyetlerde robotların kullanılması, dronelar ile video görüntüleri alınması, toplantıların veya eğitimlerin on-line yapılması gibi teknolojik uygulamaların hepsi insanlığın COVID-19'a karşı olan mücadelesinde kullanılan önemli bir mücadele aracı olmuştur. Yukarıda açıklanan önemli nedenlerle, çalışmamızda Türkiye'de yapay zeka uygulamaları ve çok değişkenli istatistik yöntemlerle dijital gelişimin seyri ÇKKY (Çok Kriterli Karar verme Yöntemi) ile analiz edilerek COVID-19 etkilerini azaltıcı gücü sektörel olarak değerlendirilmektedir.

3.2. Yöntem

Türkiye İstatistik Kurumundan alınan bilim, teknoloji ve bilgi toplumu içerikli dijital istatistikler kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır (TÜİK, 2021). COVID-19'dan önce, pandemi sürecindeki etkilerin değişiminde kullanılan kategoriler;

- İnternet erişimine sahip girişimlerin oranı
- Robot teknolojisi kullanan girişimlerin oranı,
- Web sitesi olan girişimler ve web sitesi üzerinden sunulan hizmetler,
- Sabit geniş bant internet kullanan girişimlerin abone olduğu en yüksek internet bağlantı hızlarının oranı,

- İnternet üzerinden mal veya hizmet sipariş verme ve satın alma oranları,
- İnternet üzerinden sipariş verilen veya satın alınan mal ve hizmet türleri,
- İnternet üzerinden sipariş verilen veya satın alınan mal ve hizmetlerin oranı,
- Sosyo-ekonomik hedeflere göre merkezi yönetim bütçesinden yapay zeka ve robotik teknolojik dijital Ar-Ge harcamalar.

3.3. Bulgular

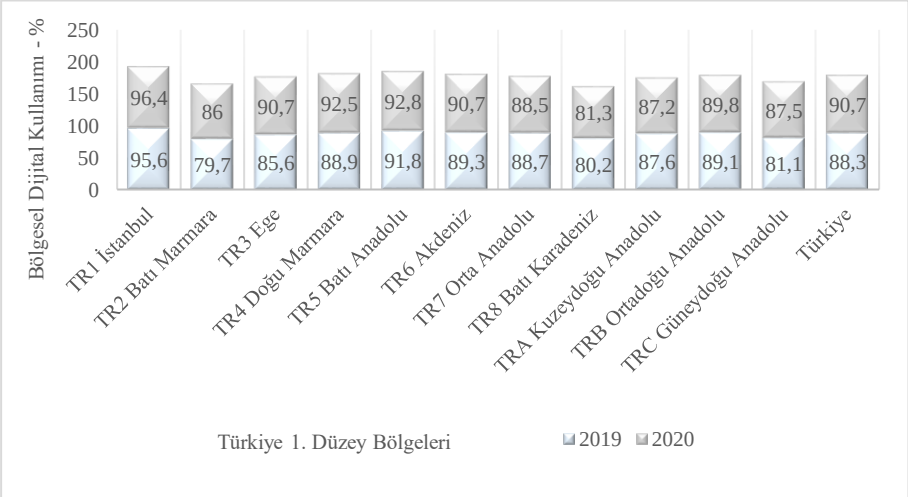
- Sosyoekonomik hedeflere göre merkezi yönetim bütçesinden Ar-Ge faaliyetleri için ayrılan ödenek ve harcamalar incelendiğinde, genel üniversite fonlarından finanse edilen genel bilgi gelişimi Ar-Ge harcamaları 2021 yılında en yüksek harcamalar olmuştur.
- Ar-Ge harcamalarını savunma harcamaları izlemektedir.
- Üçüncü sırada endüstriyel üretim ve teknoloji harcamalarında artış gerçekleştirilmiştir.
- Uzun Vadede E-Ticaret Alışveriş Oranlarının Pandemi Öncesi Düzeyine Göre Pandemi Sürecinde Artış Göstermiş Olduğu görülmektedir. Alışveriş düzeylerinin kadın ve erkekler açısından farklı artış gösterdiği izlenmektedir.
- Bireylerin kişisel kullanım amacıyla internet üzerinden mal veya hizmet siparişi verme ya da satın alma oranlarında eski yıllara göre azami yükselme gösterilmiştir.

Tablo 2. Sosyoekonomik hedeflere göre merkezi yönetim bütçesinden ayrılan harcamalar

	2020	2021
Ar-Ge Harcamaları (Tl)	6.988.483.261	8.170.370.839
Savunma Harcamaları (Tl)	1.917.847.816	5.206.763.970
Endüstriyel Üretim ve Teknoloji Harcamaları (Tl)	1.458.757.286	1.451.474.141
İnternet Üzerinden Sipariş Verme Oranı (%)	72,9%	136%

Kaynak: TÜİK, 2021

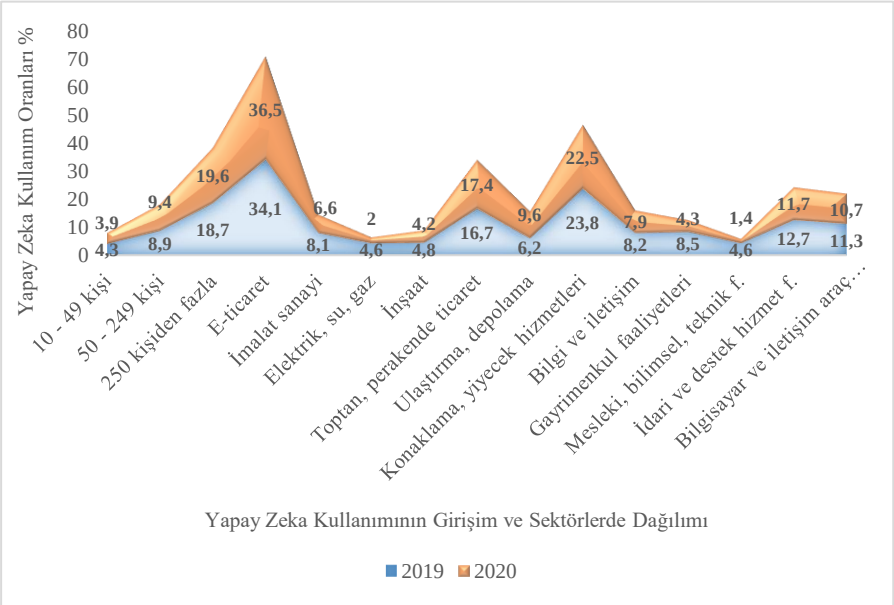
Türkiye'de 1. Düzey bölgelerde dijital kullanım oranlarının araştırılmasıyla elde edilen Grafik 2'de gösterilen verilere göre; 2019 ve 2020 yıllarında en yüksek kullanım oranı TR1-İstanbul'dadır. Onu sırasıyla en yüksek artış oranlarıyla TR5 Batı Anadolu Bölgesi ve TR4 Doğu Marmara Bölgesi takip etmektedir. En düşük oranlara TR8 Batı Karadeniz Bölgesi ve TR2 Batı Marmara Bölgesi sahiptir. Türkiye'nin bütün bölgelerinde dijitale erişim oranları 2019 yılına kıyasla 2020 yılında artış eğilimindedir. Türkiye ortalaması 2019 yılında %88,3 iken 2020 yılında %90,7'ye yükselmiştir (TÜİK, 2021).



Grafik 2. Türkiye'de 1. Düzeye Göre Bölgesel Dijitale Erişim

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de yapay zeka ve robotik uygulamalarının sektörel kullanımında farklılık görünmektedir. COVID-19 sürecinde kullanım düzeylerinin daha ziyade 250 kişiden fazla personeli olan işletmelerde artış eğilimi görülmektedir.

Sektörel farklılıklar konusunda tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de e-ticaret faaliyetleri, yapay zeka kullanımı diğer sektörlere kıyasla en yüksek artış hızı görülen sektör olmuştur. Toptan ve perakende ticaret sektörü ile lojistikte ulaştırma ve depolama sektöründe yapay zeka kullanımı artış göstermiştir, ancak diğer sektörlerde düşüş eğilimi başlamıştır (TÜİK, 2021).



Grafik 3. Yapay Zeka ve Robotik Kullanımının Sektörler Dağılımı

Türkiye'de yapay zeka çalışmalarının sektörel etkileri ile ilgili analizler sonucunda, yapay zeka uygulamalarından sonra özellikle telekomünikasyon ve finans sektörlerinde çok kısa bir süre içinde oldukça hızlı bir dönüşüm yaşandığı anlaşılmaktadır. Yapay zeka, kullanım oranı sıralamasına göre telekomünikasyon, bankacılık, medya, e-ticaret, sağlık, emniyet, perakende ve havacılık sektörlerinde yüksek etki göstermektedir. Yapay zeka orta vadede kullanım oranı sıralamasına göre, sigortacılık, savunma, enerji, üretim, otomotiv, altyapı, lojistik, servis, adalet, belediyecilik, tarım, eğitim ve kamu sektörlerinde etki etmektedir. Yapay zeka kullanım oranı sıralamasına göre en düşük etkilerin inşaat, gemi, konaklama, sosyal medya sektörlerinde yaratıldığı ve en az sanat faaliyetlerinde görüleceği izlenmektedir. Yapay zekâ kullanımını geliştirmek için, iş dünyasındaki sektörler tarafından seviyelerine göre yapay zekâ yaratma ve kullanma eğitimlerinin önemi artmıştır.

SONUÇ

Türkiye'nin endüstriyel dönüşümünü daha ziyade ulusal yapay zekâ teknolojilerinin geliştirilmesi ile gerçekleştireceği ve ülkenin dünyadaki ekonomik olarak güçlü arasındaki yerini bu stratejilerin belirleyeceği öngörülmektedir. Bu konuda bazı yapılandırmaların gerekli olduğu kabul edilmektedir. Bunlar;

- Ulusal yapay zekâ gelişimi kapsamında, özellikle eğitim, sağlık, savunma başta olmak üzere, imalat ve tarım sektörleri için yeni stratejiler belirlenmelidir,

- Yapay zekâ kullanımını teşvik etmek için araştırma geliştirme yatırımları kolaylaştırılmalıdır (Vergi muafiyeti, hibe … vb.),
- Dijital dönüşüm yatırımlarına yönelik fon oluşturulması, merkezi bütçeden her zaman ve daha fazla pay ayrılmalıdır.
- Yapay zekânın temelini oluşturan doğru veri sağlama güvenliği ve yeterliliği için toplumda, eğitim kurumlarında yeni eğitim olanakları yaygınlaştırılması, özellikle "veri analiz uzmanlığı" ve "siber güvenlik uzmanlığı" gibi iş fırsatlarının desteklenmesi ve bu alanlarda yetişmiş beyin göçünün önlenmesine yönelik tedbirler alınmalıdır,
- Yapay zeka teknolojilerinin gerektirdiği altyapı yatırımlarının artırılması, örneğin verilere kolay erişim sağlanmasına yönelik 5G gibi ağ altyapısı geliştirmelerine öncelik verilmelidir,
- Yapay zekâ uygulamalarının etkisiyle oluşması muhtemel toplumsal tercihler için özellikle sosyal güvenlik ağı gibi diğer tedbirlerle ilgili düzenlemeler hızlandırılmalıdır,
- Yapay zeka kullanımının önemi hakkında farkındalığı arttırmak ve konu ile ilgili yeni iş olanakları yaratmak için belirli eğitim standartları ve sertifika gibi fırsatlar yaratılmalıdır,
- Otonom araçlar ile ilgili düzenlemeler yapılmalı, pandemi ile mücadele kapsamında yapay zeka ve robotik teknolojilerine motivasyon desteklenmelidir.
- COVID-19 krizinin olumsuz etkilerinin azaltılması ve pandemiye yol açan virüsle mücadele yollarının yapay zekâ uygulamaları ile mümkün olacağı belirlenmiştir. Ancak yapay zekâ tekniklerinin COVID-19'la mücadele kapsamında daha

etkili olabilmesi için konuyla ilgili güncel ve doğru verilere ulaşımın kolaylaştırılması gerekmektedir. Örneğin, yeni algoritmalar ve yapay sinir ağlarını geliştirmek için çok daha fazla veri ve bilgi işlem gücüne ihtiyaç görülmektedir.

Dünyada yapay zekâ teknolojisi ile sağlanan olanaklardan yararlanmanın önemli uygulamalardan biri ülkede " devlet - özel sektör - üniversite" üçlüsü ortaklığında iletişim ve iş birliği sağlanmasıdır. Günümüzde halen pandemiye yol açan virüsün etkilerinin ne zaman sona ereceği ve tüm varyantlar için etkili bir çözüm (ilaç, aşı vs.) bulunup bulanamayacağı konusu açıklık kazanamamıştır. Bu açıdan yapay zekâ teknolojisi, en önemli ve etkin araç olma özelliği taşımaktadır. Yapay zekâ uygulamalarında, yaşanan koşullara bağlı olarak yüksek, orta ve düşük düzeylerde olmak üzere farklı bölgesel ve sektörel etkilerle karşılaşılmaktadır. Yaşanan hızlı değişim, tüm ticaret sistemlerini ve toplumların büyük bölümünü etkilemektedir. Bu etkilerin sonucunda da yapay zekâ çeşitli fırsatlar sunmaktadır.

Türkiye açısından yapılan değerlendirmeler sonucunda ülkenin daha kapsamlı bir yapay zekâ stratejisine ihtiyacı olduğu ve ulusal yapay zekâ stratejilerinin gözden geçirilerek yeni stratejilerin şekillendirilmesi gerektiği gözlemlenmiştir.

Bu konuda diğer ülkelerden örnek olarak örneğin, Japonya ve Almanya gibi endüstriyel ve hizmet robotları, drone araçlar, otonom arabalar gibi olanakların daha fazla geliştirilmesi öngörülmektedir. Ayrıca, Avrupa Birliği gibi robotların hukuki statüsü ile alakalı yasal

çalışmaların hızlandırılması önerilmektedir. ABD ve Çin'de olduğu gibi geleceğe yönelik olarak uzun vadeli ve temel yapay zekâ Ar-Ge stratejilerinin belirlenmesi, İngiltere gibi yapay zekâ benimseme stratejileri belirlenmesi, öncelikle eğitim ve sosyal güvenlik stratejilerinin yenilenmesi öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

Başer, D. D. (2018). “HBR Türkiye Olarak Liderlere Yapay Zekâ Çağında Pazarlamayı Sorduk” Röportajı. Harvard Business Review Türkiye, Haziran.

Chang, Anthony C. (2020), “Artificial Intelligence and COVID-19 - Current Situation and Future Vision”, Intelligence-Based Medicine.

COE (Council of Europe – Avrupa Konseyi), (2020), “AI and Control of COVID-19 Coronavirus”, Artificial Intelligence, https://www.coe.int/en/web/artificial-intelligence/ai-and-control-of-COVID-19-coronavirus, (20.12.2020)

Congar, K, 2020, Euronews, Ağustos-2020, https://tr.euronews.com/ 020/08/03/COVID-19-ile-birlikte-robotlar-n-kullan-m-yayg-nlast-en-cok-hangi-sektorlerde-kullan-l-yor, (18.12.2020).

Faggella, Daniel, (2019), “Valuing the Artificial Intelligence Market, Graphs and Predictions”, Emerj, Comprehensive Overview, Valuing the Artificial Intelligence Market.

He, Yujia, (2018), “Developing Resilient Economies in the Age of Artificial Intelligence”. Our World, Brought to you by United Nations University.

IFC (International Finance Corporation - Uluslararası Finans Birliği), (2020), World Bank Group, “ Creating Markets, Creating Opportunities”, Report 2020.

IFR (International Federation of Robotics – Uluslararası Robotik Federasyonu), (2020), “ IERA Innovation Award Winner 2020: Robots Get Eyes Like Humans”, https://ifr. org.

IIA (Institute of Internal Auditors - İç Denetçiler Enstitüsü), (2017a), Küresel Bakış Açıları ve Anlayışlar: Yapay Zekâ I, https://www.tide.org.tr/ file/documents/ pdf/GPAI-Artificial-Intelligence-Part-I-Revised.pdf , 08.04.2018.

Lopez, C. Vasu, M. & Gallemore, C. (2020). Understanding the perception of COVID-19 policies by mining a multilanguage Twitter data set. arXiv preprint arXiv:2003,10359

McCall, B. (2020). “COVID-19 and Artificial Intelligence: Protecting Health-care Workers and Curbing the Spread”. The Lancet Digital Health.

McKibbin, W. & Roshen, F. (2020). The global macroeconomic impacts of COVID-19: Seven scenarios. CAMA Working Paper No. 19/2020.

Metin, Bilgin, (2020), “COVID-19 Döneminde Siber Saldırılar % 542 Oranında Arttı’’, CyberMag, https://www.cybermagonline.com/bogazici-universitesi-ogretim-uyesi-doc-dr-bilgin-metin-COVID-19-doneminde-siber-saldirilar-542-oraninda-artti, (10.07.2020).

Nilsson, N. J. (2009). The quest for artificial intelligence. Cambridge University Press.

Pavaloiu, A. (2016). The Impact of Artificial Intelligence on Global Trends. Journal of Multidisciplinary Developments, 1(1), 21-37.

Pekdemir, R. ve Önal, M. (1999), Bilgi Teknolojisindeki Gelişmelerin Muhasebe Mesleğine Etkileri, Yönetim, 10(34), 7-14.

Sonneborn, William & Lana Graf| (16 Eylül 2020), “ How AI can Help Developing Countries Rebuild After Pandemic”, https://blogs.worldbank.org/digital-development/how-ai-can-help-developing-countries-rebuild-after-pandemic, (Erişim Tarihi: 17.12.2020)

Strusani, Davide and Georges Vivien, Houngbonon, International Finance Corporation (IFC), (2017) A Member of the World Bank Group, “The Role of Artificial Intelligence in Supporting Development in Emerging Markets”. www.ifc.org/thoughtleadership, (Erişim Tarihi: 23.12.2020)

ULISA (Uluslararası Çalışmalar Dergisi), (2021), Yapay Zeka Stratejileri ve Türkiye, ULİSA 12, Sayı.2, https://dergipark.org.tr/tr/pub/ulisa, Mayıs 2020.

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), (2021), Bilişim Teknolojileri İstatistikleri, https://www.tüik.gov.tr, (Erişim tarihi: 23.07.2021)

WB (World Bank – Dünya Bankası), (2020), https://www.worldbank.org

World Robotics, (2020), Executive Summary, Industrial Robots, p:13.

Wikiwand, (2021), “Yapay Genel Zekâ Kaynaklı Varoluşsal Risk”, https://ddo.link/Existential-risk-from-artificial-general-intelligence, (Erişim: 17.07.2021).

Tavakoli, M. and J. Carriere, A. Torabi, (2020), Robotics, Smart Wearable Technolohgies and Autonomous Intelligent Systems for Healthcare During the Covid-19 Pandemic: An Analysis of the State of the Art and Future Vision, *Adv, İntel Syst*

Hollander, J. E. and B.G. Carr, (2020), Virtually Perfect? Telemedicine for Covid-19, N. Engl, J.

Luo, E. M. and S. Newman, M. Amat, M. Charpignon, (2020), MIT Covid-19 Datation: Data Without Boundaries, *BMJ Innovation*

Yang, G. and H. Zhang, L. Yang, J. Deng, (2020), Keep Healthcare Workers Safe: Application of Teleoperated Robot in Isolation Ward for Covid-19 Prevention and Control.

Frost & Sullivan, (2020), *Telehealth – A Technology – Based Weapon in the War Against the Coronavirus*. Social Distancing Needs will Present Both Growth Opportunities and Challenges

Vaishya, R. and M. Javaid, I. H. Khan, E. Haleem, (2020), Artificial Intelligence (AI) Applications for Covid-19 Pandemic. *Clinical Research & Reviews*

BÖLÜM 2

EŞ ZAMANLI PERTÜRBASYON RASSAL YAKLAŞTIRIM VE BİRLEŞTİRİLMİŞ BAŞKALAŞIM İLE QUADROTOR SAPMA UÇUŞ KONTROLÜ

Dr. Öğr. Üyesi Oğuz KÖSE[1]

Prof. Dr. Tuğrul OKTAY[2]

[1] Gümüşhane Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Havacılık Yönetimi, Gümüşhane, Türkiye, oguzkose24@gmail.com
[2] Erciyes Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye, tugruloktay52@gmail.com

1. GİRİŞ

İnsansız Hava Araçları(İHA) üzerinde insan ya da pilot bulundurmayan, uzaktan ya da otonom olarak kontrol edilebilen, üzerindeki sensörler ve yazılım ile birlikte yönünü bulabilen, hızını ayarlayabilen, belirli görevleri yerine getirebilen sistemlerdir. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte İHA'lar savunma sanayi başta olmak üzere eğlence, hobi, yeryüzü şekillerinin incelenmesi, tarım, kargo ve trafik denetlemesi gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Çok motora sahip olan İHA'lar ise multicopter olarak isimlendirilir. Bunlar başlıca olarak tricopter, quadrotor(quadcopter), hexacopter ve octocopter olarak gösterilebilir. Bu çalışma kapsamında ele alınan quadrotor ise dört motora sahip İHA'dır. Boyut avantajı ve manevra kabiliyetinden hem kapalı hem de açık alanlarda en çok tercih edilen İHA'lar arasında gösterilebilir. Quadrotor sabit hatveli pervane sistemine sahiptir. Herhangi bir hareketi gerçekleştirmek için pervane hatvelerinin değiştirilmesine gerek yoktur. Ayrıca tasarımı ve bakımı basittir.

Quadrotor tipi İHA'lar dikey kalkış ve iniş yapabilme özelliğine sahiptir(Salih et al., 2010). Bu bakımdan her ortamda kalkışını rahat bir şekilde gerçekleştirir ve sabit kanat İHA'lar gibi bir piste ihtiyaç duymaz. Bu özellik sayesinde askeri operasyonlarda rahat bir şekilde kullanılır, afet bölgelerinde istenilen yerden uçurulabilir ya da yiyecek ve ilaç yardımı gibi durumlarda istenilen noktaya doğrudan iniş ve kalkış gerçekleştirebilir.

Öne çıkan bir diğer özellik ise 6 eksende hareket edebilme özelliğidir. Bu özellik ile üç dikey eksende ileri geri, aşağı yukarı, sağa sola hareket edebilme ve yine bu eksenler etrafında dönebilme hareketini gerçekleştirir.

Son yıllarda quadrotor tipi İHA'lar üzerine olan çalışmalar büyük önem kazanmıştır. Özellikle modelleme ötesinde quadrotor'un kritik görevleri yerine getirmesi için geometrik özelliklerinde değişiklik yapma ve bu değişiklikler doğrultusunda cihazı kontrol etme çalışmaları önem kazanmıştır(Gao et al., 2015). Quadrotor'un geometrik özelliklerinde değişiklik yapmak mağara, tünel gibi yerlere girmede kolaylık sağlamaktır. Bu değişimler ise başkalaşım olarak isimlendirilmektedir.

Yapay zeka bilgisayar bilimlerinde en çok tercih edilen alanların başında gelmektedir. İnsanların davranışlarını, düşüncelerini ve doğayı etkin ve tutarlı bir şekilde benzetim yapabildiği için yaşamın her noktasında yer alarak gücünü ispatlamıştır. Optimizasyonda yapay zekanın sıklıkla kullanıldığı alanların başında gelmektedir. Optimizasyon ise eldeki kaynaklara ile en uygunu bulma çalışmaları olarak nitelendirilebilir. Optimizasyon ile elde edilen başarılı sonuçlar neticesinde yapay zeka tabanlı optimizasyon problemlerine yönelik çalışmalar ortaya çıkmıştır. Yapay zeka optimizasyon algoritmaları genellikle matematik ve mantıksal çözüm yaklaşımları kullanarak doğal dinamiklerden esinlenen algoritmalar olarak bilinmektedir. Bu algoritmalar özellikle son yıllarda büyük bir hız kazanmış bilim insanlarının da ilgi alanları içerisine girmiştir. Bu çalışmada ise daha

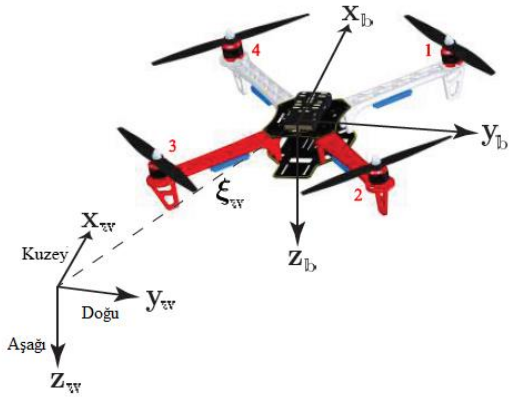
kolay kodlanabilen alternatif yapay zeka tabanlı optimizasyon olan Eş Zamanlı Pertürbasyon Rassal Yaklaştırım(SPSA) tercih edilmiştir. Geliştirilen yapay zeka optimizasyon algoritması ile elde edilen bulgular algoritmanın zeki optimizasyonda yeterli düzeyde başarılı olduğunu göstermiştir.

Bu çalışma kapsamında bir quadrotor İHA matematiksel modellemesi yapılarak bu model üzerinde quadrotor geometrik özellikleri değiştirilerek bu değişiklerin sapma(yaw) uçuşu üzerine etkisi incelenmiştir. Quadrotor uçuşa başlangıç durumu ve geometrik özelliklerinde ki değişiklikleri içeren 122 durum Solidworks programında çizilerek kütle ve atalet momenti gibi parametreler elde edilmiştir. Oransal integral türev(PID) kontrol algoritması ise quadrotor kontrolü için kullanılmıştır. Başkalaşım durumlarında quadrotor kontrol algoritması PID içerisinde bulunan K_p, K_i ve K_d katsayıları başkalaşım oranına göre değişmektedir. Bu değişikliği analitik olarak kestirim yapmak zor bir iştir. Başkalaşım durumuna göre değişen katsayıları tahmin edebilmek için SPSA kullanılmıştır. SPSA ile birlikte katsayılar başarılı bir şekilde tahmin edilerek başkalaşım durumunda quadrotor'un sapma uçuşu üzerine etkisi başarılı bir şekilde incelenmiştir.

2. QUADROTOR MODELLEMESİ VE BAŞKALAŞIM

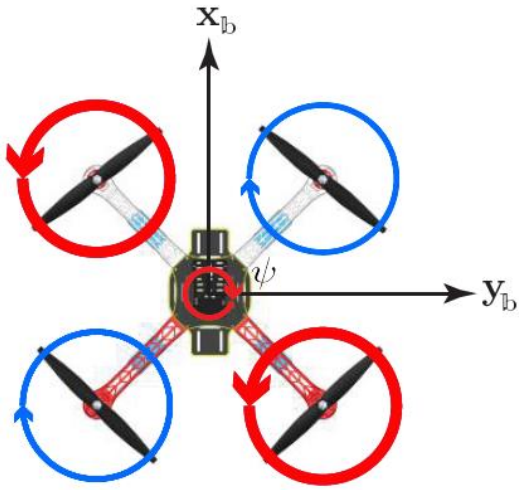
Quadrotor tipi insansız hava aracı dört adet simetrik olarak yerleştirilmiş motor ve pervaneye sahiptir. Pervanelerin bir çifti saat yönünde dönerken diğer çifti ise saat yönünün tersinde dönmektedir. Quadrotor'un uzaydaki konumunu ve yönelimini tanımlayabilmek

yeryüzü sabit ekseni(w) ve gövde sabit ekseni(b) olarak nitelendirilen iki koordinat sistemi ile ifade edilmektedir(Bak, 2002). Yeryüzü sabit ekseni Kuzey-Doğu ve Aşağı yönlerini gösterirken, gövde sabit ekseni ise quadrotor ağırlık merkezi ile çakışık olarak hizalanmıştır.



Resim 1: Quadrotor ve Koordinat Sistemi(Grujic et al., 2016)

Bu çalışma kapsamında ele alınan sapma hareketi quadrotor'un *z* ekseni etrafında yapmış olduğu dönme hareketidir. Sapma hareketinin gerçekleşmesi için aynı yöne dönen rotor çiftlerinde birinin hızının artırılması diğer rotor çiftinin ise hızının azaltılması gerekmektedir. Aşağıdaki resimde quadrotor sapma hareketi gösterilmiştir. Kırmızı oklar ile belirtilen rotor çiftinin hızı artırılırken, mavi oklar ile gösterilen rotor çiftinin hızı azaltılarak hızı artırılan rotor çiftinin dönme yönünde sapma hareketi gerçekleştirilir.



Resim 2: Sapma Hareketi

Quadrotor dinamik modelini elde edebilmek için Newton-Euler yaklaşımı kullanılır. Bu yaklaşımda quadrotor yapısının katı ve simetrik olduğu, pervanelerin katı olduğu, itki ve sürüklemenin pervane hızlarının karesi ile orantılı olduğu ve yer etkisinin ihmal edildiği varsayımları kabul edilmektedir(Bouabdallah et al., 2009; Mian et al., 2008; Yali et al., 2010).

Quadrotor dinamik modeli matematiksel olarak lineer olmayan bir yapıya sahiptir. Lineer olmayan yapılar PID gibi kontrol sistemlerinde verimli olarak çalışmamaktadır. Bundan dolayı lineer olmayan model çeşitli yaklaşımlar kullanılarak lineer modele dönüştürülür. Lineer hareket denklemleri aşağıda gösterilmiştir.

$$\dot{r} = \frac{\tau_z}{I_z} \tag{1}$$

$$\dot{\psi} = r \tag{2}$$

Burada ψ quadrotor açısal pozisyon bilgisini tutmaktadır.

Kütle dağılımı quadrotor üzerine homojen olarak dağıldığı için ağırlık merkezi ile gövde sabit ekseni çakışık olacaktır. Denklem 1'de verilen I_z ise z ekseni etrafında oluşan atalet momentini temsil etmektedir. Atalet momenti ise döndürülebilen her nesnenin sahip olduğu bir özelliktir ve döndürülen nesnenin açısal hızının değiştirilmesinin ne kadar zor olduğunu temsil eden değerdir. Atalet momenti x, y ve z eksenleri üzerinde oluşan bir değer olduğu için köşegen bir matris olarak aşağıdaki gibi gösterilir.

$$I = \begin{bmatrix} I_x & 0 & 0 \\ 0 & I_y & 0 \\ 0 & 0 & I_z \end{bmatrix} \tag{3}$$

Quadrotor'un sapma hareketini gerçekleştirilebilmesi için rotor hızlarının değiştirilmesi gerekmektedir. Bu hız değiştirme denklemi ise modele giriş olarak uygulanır.

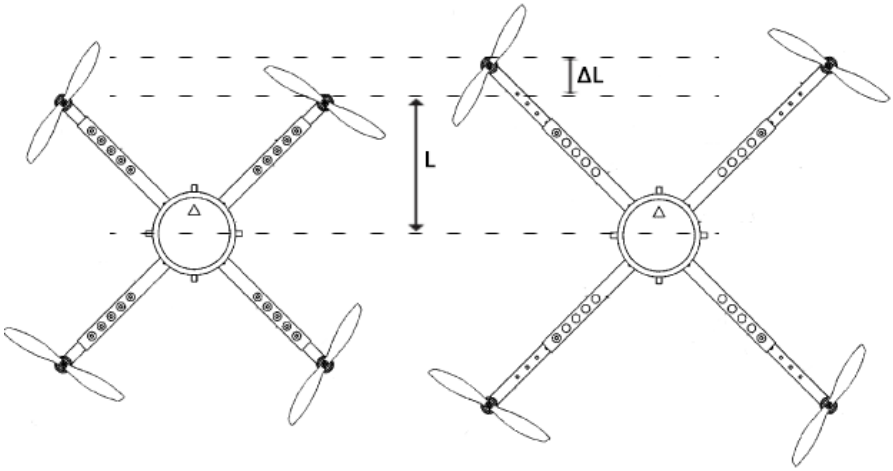
$$U = \tau_z = \mathrm{d}(-\Omega_1^2 + \Omega_2^2 - \Omega_3^2 + \Omega_4^2) \tag{4}$$

Burada d sürüklenme katsayısını, Ω_i ise ilgili rotor hızını göstermektedir.

Quadrotor tipi İHA'lar manevra kabiliyetleri yüksek olan araçlar olduğu için karmaşık binalar arasında gezinme, mağara ve yer altı tünellerini keşif için kullanımları gün geçtikçe artmaktadır. Bu durumlarda quadrotor'un kuşlar gibi uçuşlarını optimize etmesi gerekmektedir ve buna kuşların kanat şekillerinde yaptıkları değişikler taklit edilerek gerçekleştirilir(Pennycuick, 1968). Quadrotor'da

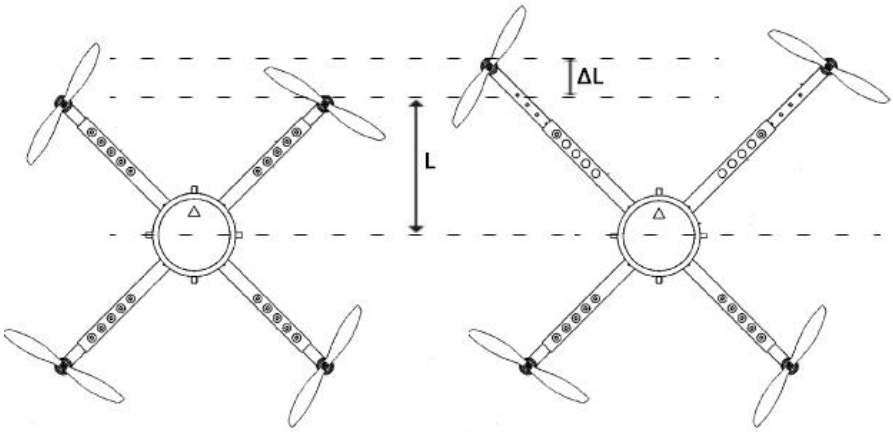
başkalaşım, geometrik şeklinde meydana gelen değişikler olarak nitelendirilebilir. İHA'larda başkalaşım iki şekilde gerçekleşebilir. Bunlar aktif ve pasif başkalaşımdır(Oktay et al., 2017). Eğer bir İHA uçuş sırasında yani havada iken geometrisinde değişiklik yapıyorsa aktif başkalaşım ve havalanmadan önce yerde iken geometrisinde bir değişiklik yapıyorsa pasif başkalaşım olarak nitelendirilir. Bu çalışma kapsamında ise aktif başkalaşım durumu düşünülmüştür. Quadrotor'da başkalaşım kol uzama kısalması, kol kesişim açılarının değiştirilmesi gibi yöntemler ile gerçekleştirilebilir(Bai, 2017). Bu çalışmada kol uzama kısalma durumu göz önüne alınarak başkalaşım gerçekleştirilmiştir.

Quadrotor başkalaşım esnasında kol uzunluğu uzatılır ya da kısaltılır. Eğer quadrotor'un ön ve arka kolları aynı anda aynı miktar uzuyor ya da kısalıyorsa bu durum kolektif başkalaşım olarak nitelendirilir. Eğer ön kollar uzarken arka kollar kısalıyor ya da ön kollar kısalırken arka kollar uzuyorsa bu durum da diferansiyel başkalaşım olarak nitelendirilir. Bu çalışma da iki durumun birlikte ele alındığı karma durum ele alınmıştır. Aşağıdaki resimde kolektif ve diferansiyel başkalaşım gösterilmiştir.



(a) (b)

Resim 3: (a) Normal Quadrotor, (b) Kolektif Başkalaşım(Kol uzaması)



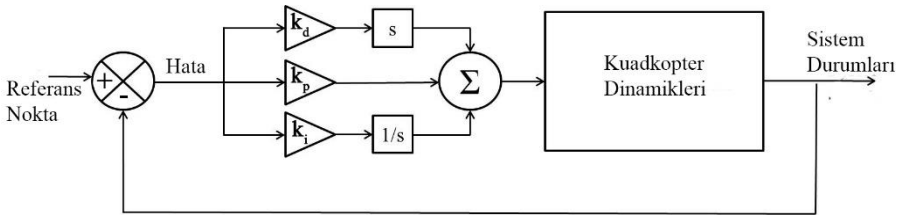
(a) (b)

Resim 4: (a) Normal Quadrotor, (b) Diferansiyel Başkalaşım(Ön Kol Uzar, Arka Kol Kısalır)

Bu çalışmada kolektif ve diferansiyel başkalaşımın ne kadar olacağı SPSA ile tahmin edilmiştir.

3. PID KONTROL VE SPSA

Kontrol sistemlerinin cevap süresini kısaltmasından dolayı PID kontrol endüstriyel sistemlerde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. PID kontrol oransal(P), integral(I) ve türevsel(D) olmak üzere üç kontrol etkisinin birleşiminden oluşmaktadır(Bouaiss et al., 2020). PID kontrolör ölçülen sistem çıkışı ile istenilen bir ayar noktası arasındaki farkı alarak bunu "hata" değeri olarak hesaplar. PID kontrolörün asıl amacı ise bu hata değerini minimize etmeye çalışmaktadır(Ma et al., 2016). PID kontrolör yapısı aşağıdaki gibi gösterilir.



Resim 5: PID Kontrolör(Kose, 2021)

PID çıkışında elde edilen değerin matematiksel olarak ifadesi ise aşağıdaki gibidir.

$$U(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (5)$$

Burada $e(t)$ hatayı, K_p, K_i ve K_d sırası ile oransal, integral ve türev katsayılarıdır ve SPSA içerisinde başkalaşım oranına göre tahmin edilen değerlerdir. Ayrıca bu katsayılar sistemin tasarım performans kriterleri olan yükselme zamanı, yerleşme zamanı ve aşım değerleri üzerinde de etkilidir. Bu etki aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 1: PID Katsayılarının Tasarım Performans Kriterlerine Etkisi

Denetleyici	Yükselme Zamanı	Aşım	Yerleşme Zamanı
K_p	Kısalır	Artar	Az değişir
K_i	Kısalır	Artar	Artar
K_d	Az Değişir	Azalır	Azalır

Bu çalışmada quadrotor performansını iyileştirmek için, kolektif ve diferansiyel başkalaşım oranlarını belirlemek ve bu oranlara göre PID katsayılarını belirlemek için SPSA olarak bilinen optimizasyon yöntemi kullanılmıştır. SPSA, çok değişken içeren optimizasyon problemlerinin çözülmesinde etkin ve hızlı bir rol oynamaktadır. SPSA çözüm arayışında amaç fonksiyonun ölçümlerini kullanır. Bundan dolayı hava trafik yönetimi(Kleinman et al., 1997), denizlerde gemilerin trafiğini yönetme(Burnett, 2004) ve karayollarında trafik ışıkları sinyalizasyonları yönetme(Spall et al., 1997) gibi karmaşık problemlere başarı ile uygulanmıştır. Son yılarda, amaç fonksiyonun gradyanın ölçümlerine değil sadece optimize edilecek amaç fonksiyonun ölçümlerine dayanan özyinelemeli yapay zeka optimizasyon algoritmalarına ilgi artmaktadır. Bu tür algoritmalarda optimize edilecek parametreler ile amaç fonksiyonu arasındaki ilişki tanımlayacak modelleme bilgisine gerek duymama avantajı ön plan çıkmaktadır. Böylece modelden bağımsız tahminler gerçekleştirilmesi bu tür algoritmalar ile kolay bir şekilde gerçekleştirebilmektedir. Çok değişkenli optimizasyon problemlerine başarı ile uygulanabilen SPSA, ele alınan optimizasyon probleminin boyutundan bağımsız olarak iterasyon başına sadece iki amaç fonksiyonu ölçümü gerektiren temel

gradyan yaklaşımı kullanır. Ölçüm ise tüm değişkenleri uygun olarak rasgele bir şekilde aynı anda değiştirerek yapmasıdır.

SPSA diğer algoritmalardan ayıran fark ise gradyan değerinin analitik olarak hesap edilememesinden kaynaklanmaktadır. SPSA yerine genetik algoritmalarda tercih edilebilir fakat SPSA çözüm arayışında her iterasyonda 2 hesap yaparken genetik algoritmalar ise 2^n adet hesap yapmaktadır. Bu da SPSA çözüme hızlı ve optimum değerler ile ulaşmasını sağlamaktadır. SPSA her zaman optimum sonucu vermeyebilir bu bakımdan birkaç kez denemede doğru sonuca ulaşılabilir.

Quadrotor kontrolü SPSA ile tahmin edilen PID katsayıları ve başkalaşım parametrelerine bağlıdır. Bu parametrelerin sağlıklı değerler olup olmadığı ise tasarım performans kriterleri değerlerine bağlıdır. Bu bakımdan SPSA tahmin ettiği değerlerin optimum değerler olup olmadığını anlamak için tasarım performans kriterlerinden oluşan maliyet fonksiyonu oluşturulur ve bu fonksiyon J ile gösterilir.

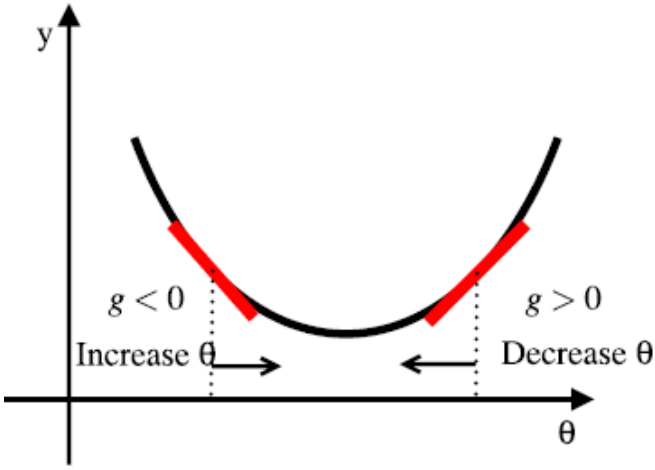
$$J = \sum g(T_{rt}, T_{st}, \%OS) \tag{6}$$

Optimizasyonda $k.$ iterasyonda iken $k+1.$ iterasyona geçilmesi ve tahminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu da aşağıdaki denklem ile gerçekleşir.

$$\hat{\theta}_{k+1} = \hat{\theta}_k - a_k \hat{g}_k(\hat{\theta}_k) \tag{7}$$

Denklem 7'de, $\hat{g}_k(\hat{\theta}_k)$ değeri k. iterasyonda gradyanın değerini verir. a_k ise k. iterasyondaki adım boyutunu verir.

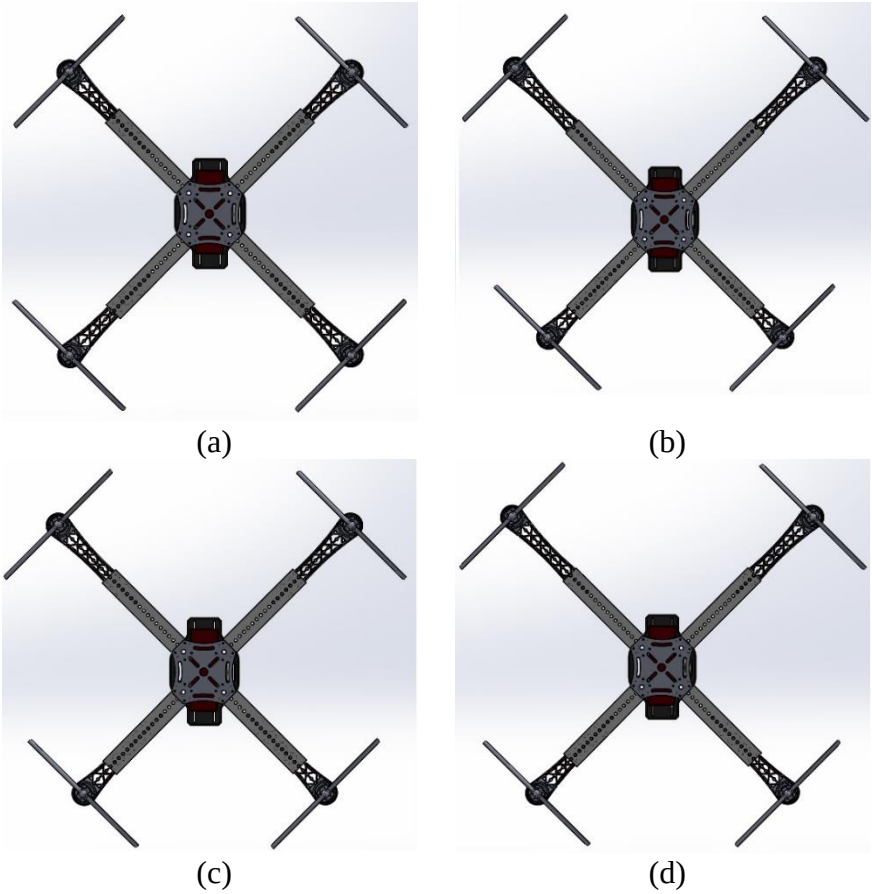
Amaç fonksiyonun sezgisel olarak gösterimi aşağıdaki resimde gösterilmiştir.



Resim 6: Amaç Fonksiyonu(Ito et al., 2016)

SPSA ile PID katsayılarının ve başkalaşım oranlarının tahmin edilmesi yanı sıra quadrotor'un her başkalaşım durumunda katı cisim modeli değiştiği için atalet momentlerinde de değişikler meydana gelmektedir. Kolektif başkalaşım durumunda atalet momentlerini çeşitli yaklaşımlar ile hesaplayabilmek mümkün iken diferansiyel başkalaşımda ön kol ve arka kol uzunlukları simetrik olmadığı için analitik olarak hesaplamak mümkün değildir. Bu problemin üstesinden gelmek için başlangıç durumu dâhil olmak üzere kolektif ve diferansiyel başkalaşım durumlarını içeren 122 adet model çizilmiştir. Bu modellerin ise kütle ve atalet momenti değerleri veri

kümesi olarak oluşturulmuştur. Çizilen modellere ait örnekler aşağıda gösterilmiştir.



Resim 7: (a) Başlangıç Durumu, (b) %50 kolektif, %50 Diferansiyel Başkalaşım, (c) %25 Kolektif, %50 Diferansiyel Başkalaşım, (d) %50 Kolektif, %25 Diferansiyel Başkalaşım

Aşağıdaki tabloda ise 122 durumdan rasgele olarak alınan bazı durumların atalet momenti bilgileri verilmiştir.

Tablo 2: Çeşitli Başkalaşım Oranları ve Atalet Momentleri

Kolektif Oran(%)	Diferansiyel oran(%)	$I_x(kg*m^2)$	$I_y(kg*m^2)$	$I_z(kg*m^2)$
50	10	0,08724	0,08745	0,02684
75	12	0,08596	0,08605	0,02416
60	15	0,08634	0,08652	0,02511
40	20	0,08697	0,08729	0,02652

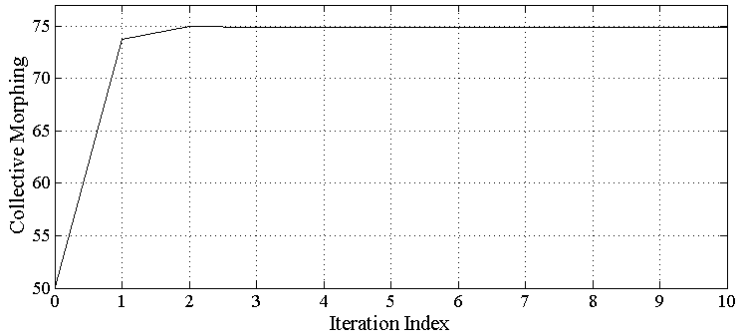
Quadrotor kolektif ve diferansiyel başkalaşımın sapma uçuşu üzerine etkisini incelemek için SPSA ile yapılan optimizasyonun sözde kodu aşağıdaki gibidir.

- Optimizasyon ve diğer parametreler için başlangıç değerlerini ayarla(quadrotor kütlesi, SPSA için alpha, theta, ak, ck vb. değerler)
- SPSA için maksimum yapılacak iterasyon sayısını ayarla(genellikle 11)
- Döngü kur (sayaç<iterasyon sayısı)
    - Optimize edilecek parametrelerin gideceği maksimum ve minumum değerleri belirle
    - SPSA ile PID katsayıları ve başkalaşım değerlerini tahmin et
    - Başkalaşım değerine göre veri tablosuna git ve atalet momentlerini en yakın olan değerleri al
    - Atalet momentlerine göre tasarım performans kriterlerini bul
    - Tahmin edilen değerlere göre maliyeti bul
    - Toplam maliyeti bul
    - Tüm değerleri ilgili değişkenlerde matris olarak sakla
- Döngü bitir.

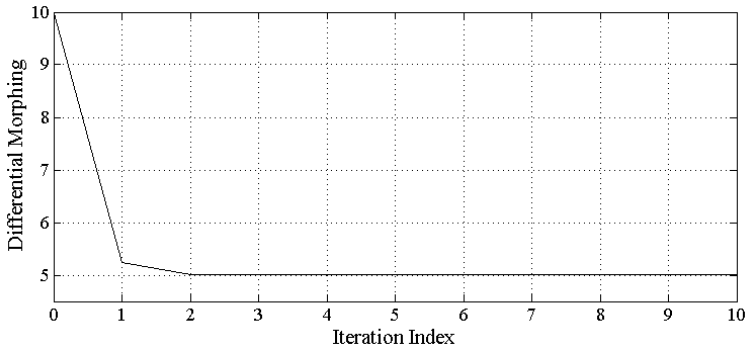
- Matrislerde saklanan değerlere göre Matlab/Simulink ortamında simülasyonları yap ve sapma uçuşunu incele.

4. BULGULAR

Bu çalışmada optimizasyon ve simülasyonlar Matlab ortamında gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada optimizasyon yapılarak simülasyon için gerekli parametreler toplanmıştır. Simülasyon için gerekli olan parametreler PID katsayıları, başkalaşım oranları, her başkalaşım oranına ait atalet momenti değerleri ve maliyet fonksiyonu gibi değerlerdir. Bu parametreler aşağıdaki resimlerde gösterilmiştir.



(a)

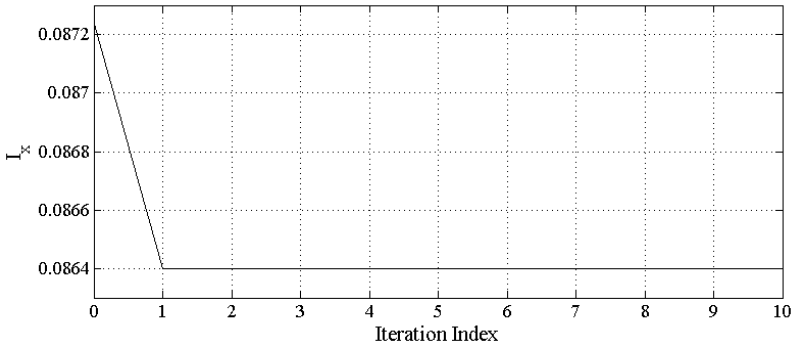


(b)

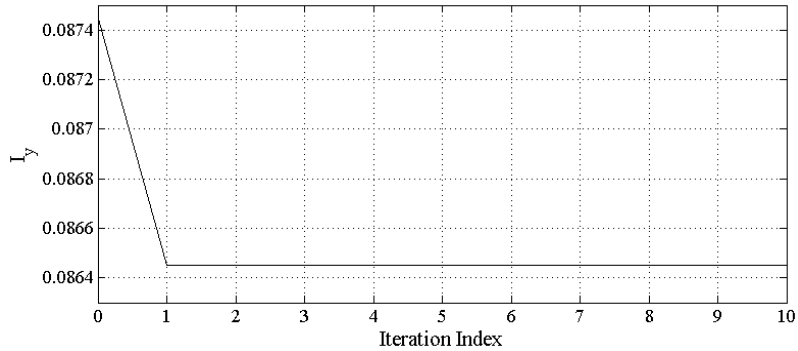
Resim 8: (a) Kolektif Başkalaşım, (b) Diferansiyel Başkalaşım

Optimizasyon toplamda 11 iterasyon yapılmıştır. Başlangıç değeri olarak kolektif başkalaşım %50 değerinde başlamış ve 11 iterasyon sonunda en iyi değerlerin yaklaşık %75 değerinde olduğu belirlenmiştir. Diferansiyel başkalaşım ise başlangıç değeri olarak %10 değerinden başlamış ve 11 iterasyon sonunda en iyi değerin %5 olduğu belirlenmiştir.

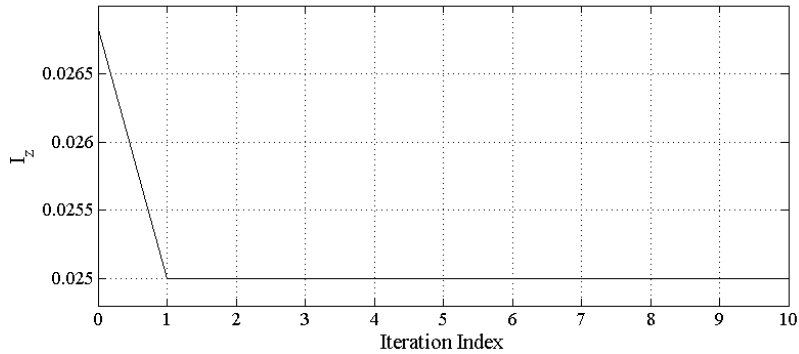
Başkalaşım oranlarına bağlı olarak veri setinden alınan atalet momentleri ise aşağıdaki gibidir.



(a)



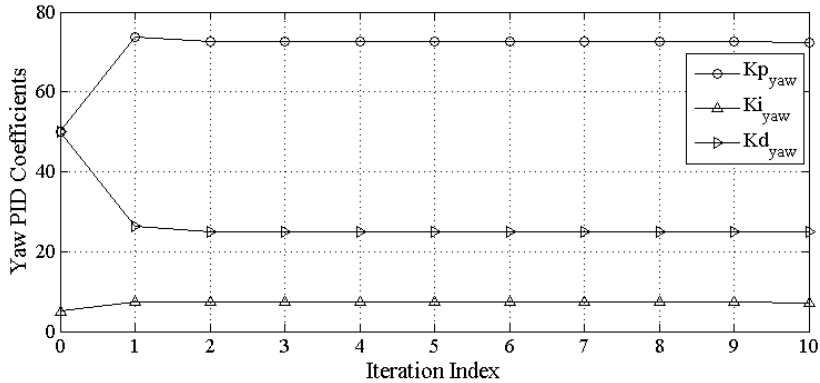
(b)



(c)

Resim 9: Atalet Momentleri (a) I_x, (b) I_y, (c) I_z

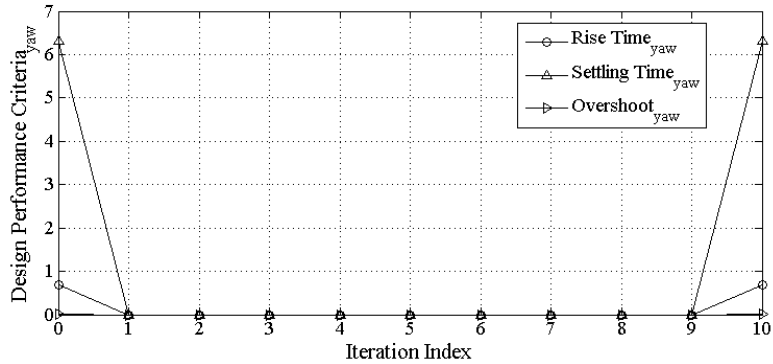
Belirlenen başkalaşım ve atalet momentleri ile birlikte sapma uçuşu kontrolünde kullanılacak olan PID katsayılarının tahmini ise SPSA ile yapılmıştır.



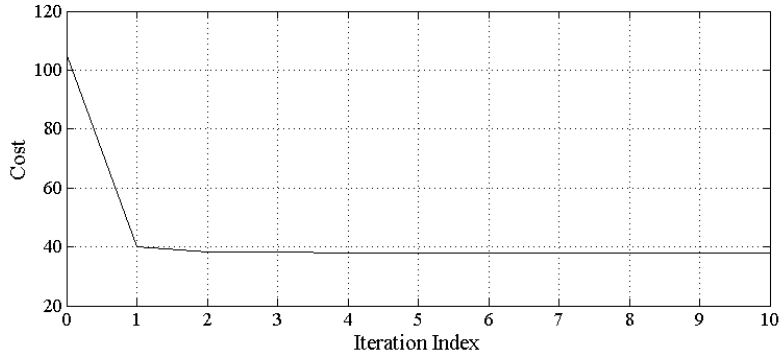
Resim 10: Sapma Uçuşu PID Katsayıları

Belirlenen parametrelere göre SPSA tarafından her iterasyon için maliyet fonksiyonu ve tasarım performans kriterleri hesaplanmıştır. Ayrıca toplam maliyet fonksiyonu da hesaplanmıştır. Tasarım performans kriterleri tatmin edici sınırlar içerisinde kalmıştır. Toplam

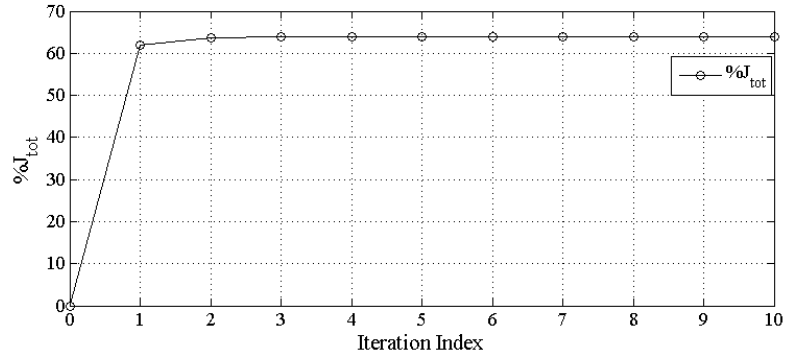
maliyet incelendiğinde ise optimizasyonun %65 civarında iyileştirme yaptığı görülmüştür.



(a)



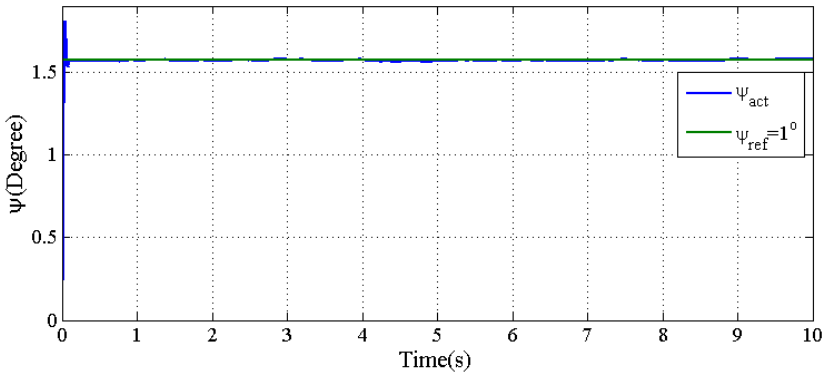
(b)



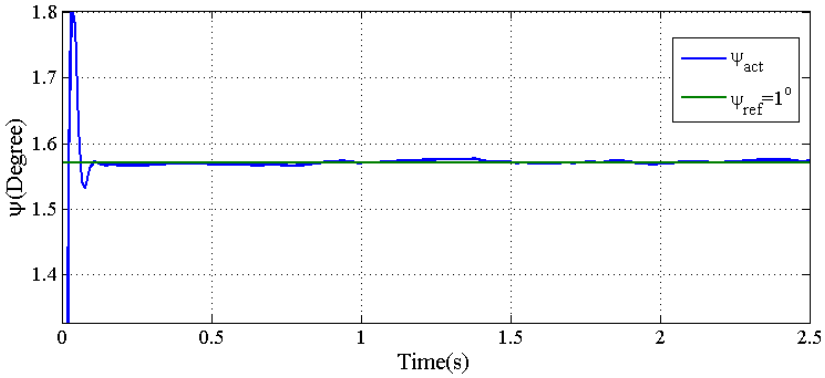
(c)

Resim 11: (a) Tasarım Performans Kriterleri, (b) Maliyet, (c) Toplam Maliyet

Optimizasyon ile elde edilen değerler doğrultusunda Matlab/Simulink ortamında sapma uçuşu kontrolü gerçekleştirilmiştir. Sapma uçuşu için 1°'lik bir yörüngenin takip edilmesi istenilmiştir. Elde edilen parametreler ile belirlenen yörünge başarılı bir şekilde takip edilmiştir.



(a)



(b)

Resim 12: (a) Simülasyon Sonucu, (b) Yakınlaştırılmış Simülasyon Sonucu

4. SONUÇ

Bu çalışmada, quadrotor tipi bir İHA'nın kolektif ve diferansiyel başkalaşımda sapma uçuşu SPSA kullanılarak kontrol edilmiştir. Quadrotor lineer dinamik modeli Newton-Euler yaklaşımı kullanılarak

elde edilmiştir. Quadrotor başkalaşımına ait 122 durum ise Solidworks programında çizilmiştir. Başkalaşım durumunda quadrotor kütlesi sabit kalırken katı cisim modeli ve kol uzunluklarının dönme eksenine olan uzaklıkları değiştiği için atalet momenti değerleri de değişmektedir. Bu 122 çizimden atalet momentleri elde edilerek veri seti oluşturulmuştur. SPSA ile kolektif ve diferansiyel başkalaşım ile birlikte kontrol algoritması PID için gerekli olan katsayılar tahmin edilmiştir. 11 iterasyonda SPSA ile tahmin edilen başkalaşım oranlarına bağlı olarak atalet momentleri veri seti içerisinde çekilerek simülasyonlarda kullanılmıştır.

SPSA ile birlikte sapma uçuşu optimize edilmiştir. Optimizasyon sonuçları incelendiğinde toplam maliyet fonksiyonunda iyileştirmeler elde edilmiş ve her başkalaşım durumu için en uygun PID katsayıları elde edilerek quadrotor sapma uçuşu başarılı bir şekilde kontrol edilmiştir. SPSA burada tasarım performans kriterlerini de tatmin edici sınırlar içerisinde tutmayı başarmıştır. SPSA kullanımı başkalaşım değerlerine göre PID katsayılarını hızlı ve etkili bir şekilde elde edilmesini sağlamıştır.

Burada SPSA'dan farklı olarak diğer yapay zeka temelli algoritmalarda ele alınabilirdi. Ancak bu algoritmalar her iterasyonda 2^n adet işlem yapmaktadır. Bu ise hem optimizasyonun çözüm arayışında süresini artırmakta hem de daha fazla örneklem kümesine ihtiyaç duymasını sağlamaktadır. Bu bakımdan SPSA her iterasyonda sadece 2 tercih yaparak çözüm süresini kısaltmaktadır. Ayrıca yapay zeka temelli genetik algoritmalar, Girdap Optimizasyon Algoritması

ya da Bilişsel Gelişim Optimizasyon Algoritması gibi algoritmalar da tercih edilse idi parametre değişimlerine karşı duyarsız olacakları da literatürdeki araştırmalardan da bilinmektedir. Bu kapsamda SPSA hem çözüm arayışında hem de parametre değişimlerine karşı hızlı ve etkili bir yapay zeka optimizasyon algoritması olarak bu çalışmada kullanılması uygundur.

Bilgilendirme: Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FBA-2020-10102 kodlu proje ile desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

Bai, Y. (2017). Control and Simulation of Morphing Quadcopter. Saint Louis University, MSc Thesis.

Bak, T. (2002). Modeling of Mechanical Systems, MSc Thesis.

Bouabdallah, S., & Siegwart, R. (2009). Quad Rotor Design, Simulation and Implementation. The International Conference on Computer Science from Algorithms to Applications, December 8-10, 2009 (CSAA09) JW Marriott, Mirage City, Cairo, Egypt, April, 4393–4398.

Bouaiss, O., Mechgoug, R., & Ajgou, R. (2020). Modeling, Control and Simulation of Quadrotor UAV. (1), 340–345. doi: 10.1109/ccssp49278.2020.9151687

Burnett, R. (2004). Application of stochastic optimization to collision avoidance. Proceedings of the American Control Conference, 3, 2789–2794. doi: 10.1109/ACC.2004.182529

Gao, Q., Yue, F., & Hu, D. (2015). Research of precision flight control for quadrotor UAV. 2014 IEEE Chinese Guidance, Navigation and Control Conference, CGNCC 2014, 2369–2374. doi: 10.1109/CGNCC.2014.7007539

Grujic, I., & Nilsson, R. (2016). Model-Based Development and Evaluation of Control for Complex Multi-Domain Systems: Attitude Control for a Quadrotor UAV. 4(23).

Ito, K., & Dhaene, T. (2016). Adaptive initial step size selection for Simultaneous Perturbation Stochastic Approximation. SpringerPlus, 5(1), 1–18. doi: 10.1186/s40064-016-1823-3

Kleinman, N. L., Hill, S. D., & Ilenda, V. A. (1997). SPSA/SIMMOD optimization of air traffic delay cost. Proceedings of the 1997 American Control Conference (Cat. No. 97CH36041), 2, 1121–1125.

Kose, O. (2021). İnovatif yöntemlerle kuadkopter modellenmesi, kontrolü ve gerçek zamanlı uygulamaları. Erciyes Üniversitesi.

Ma, J., & Ji, R. (2016). Fuzzy PID for quadrotor space fixed-point position control. Proceedings - 2016 6th International Conference on Instrumentation and Measurement, Computer, Communication and Control, IMCCC 2016, 721–

726. doi: 10.1109/IMCCC.2016.131

Mian, A. A., & Daobo, W. (2008). Nonlinear flight control strategy for an underactuated quadrotor aerial robot. 2008 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control, 938–942.

Oktay, T., & Coban, S. (2017). Simultaneous longitudinal and lateral flight control systems design for both passive and active morphing TUAVs. Elektronika Ir Elektrotechnika, 23(5), 15–20. doi: 10.5755/j01.eie.23.5.19238

Pennycuick, C. J. (1968). A wind-tunnel study of gliding flight in the pigeon Columba livia. Journal of Experimental Biology, 49(3), 509–526.

Salih, A. L., Moghavvemi, M., Mohamed, H. A. F., & Gaeid, K. S. (2010). Flight PID controller design for a UAV quadrotor. Scientific Research and Essays, 5(23), 3660–3667.

Spall, J. C., & Chin, D. C. (1997). Traffic-responsive signal timing for system-wide traffic control. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 5(3–4), 153–163. doi: 10.1016/S0968-090X(97)00012-0

Yali, Y., Changhong, J., & Haiwei, W. (2010). Backstepping control of each channel for a quadrotor aerial robot. 2010 International Conference on Computer, Mechatronics, Control and Electronic Engineering, 3, 403–407.

BÖLÜM 3

TRAFİK YOĞUNLUĞU YÖNETİMİNDE GÖRÜNTÜ TANIMLAMA TEKNİKLERİNİN KULLANILMASI VE LİTERATÜR İNCELEMESİ

Prof. Dr. Bülent SEZEN[1]
Arş. Gör. Nurullah TAŞ[2]

[1] Gebze Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Kocaeli, Türkiye, bsezen@gtu.edu.tr ORCİD ID : 0000-0001-7485-3194
[2] Gebze Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Kocaeli, Türkiye, nurullahtas@gtu.edu.tr ORCİD ID : 0000-0001-6221-0204

GİRİŞ

Ülkelerin nüfusları sürekli bir artış göstermektedir. Bu artışların mevcut hızıyla devam etmesi halinde dünya nüfusunun 2030 yılında 10 milyara yaklaşacağı tahmin edilmektedir (Çamurcu, 2005). Halihazırda kentsel alanlarda yaşayan insanların oranı %55 iken, bu oranın 2050 yılına kadar %68'e çıkması bekleniyor. Bu da kentsel alanlara 2,5 milyar insan daha eklenebileceği anlamına gelmektedir. Öte yandan, 2030 yılına kadar dünyada, nüfusu 10 milyonu aşan 43 mega kent olacağı tahmin edilmektedir. Günümüzde ise bu kentlerin sayısı 33' tür ve her 8 kişiden birisi bu şehirlerde yaşamaktadır (UN, 2018).

Artan nüfusla, araç kullanımı ve dolayısıyla trafik yoğunluğu da giderek büyümektedir (Sathuluri vd., 2016). Trafikteki araç sayısının, sanayileşmiş ülkelerde 2050 yılına kadar ikiye katlanarak 1 milyar adete ulaşması; gelişmekte olan ülkelerde ise 200 milyon adetten 2.5 milyar adet araca çıkarak 12 kat artış göstermesi beklenmektedir (Kumar vd., 2005). Böylece, gelişmekte olan ülkelerdeki araç miktarı, dünya araçlarının %75'inden fazlası sayısına ulaşacaktır. Dünyanın en çok nüfusuna sahip 2 ülkesi olan Çin ve Hindistan'daki toplam otomobil stoğunun ise, yaklaşık beş kat artarak 877 milyon adete ulaşacağı düşünülmektedir (OECD, 2017). Bu devasa artış sayıları, trafik kaynaklarının daha sofistike ve daha akıllıca kullanılmasını zorunlu kılmaktadır (Kumar vd., 2005).

Artan trafik yoğunluğu, geçmişte olduğu gibi günümüz kent yaşamında da temel problemlerden birisidir. Gerek hali hazırdaki

nüfus yoğunluğu gerekse de gelecek yıllarda kent yaşamına eklenecek insan sayısı göz önünde bulundurulduğunda, ulaşım ihtiyacı ile birlikte trafik talebi de her geçen gün artmakta ve bunun sonucunda da ortaya daha büyük trafik yoğunluğu problemi çıkmaktadır. Bu nedenle, söz konusu problemi yönetmek, geçmişe kıyasla artık daha önemli hale gelmiştir. Etkili bir trafik yönetimi için, sürekli takip ile olası problemlere zamanında müdahaleye, değişen şartlara göre modernizasyona ve dolayısıyla da akıllı bir trafik yönetimi sistemine ihtiyaç vardır. Son yıllarda, gelişen teknolojiyle birlikte, IoT tabanlı sistemler kullanılarak bu doğrultuda etkin sonuçlar elde edilebilmektedir. Gelinen teknoloji seviyesinde, videolardan hareketle nesneler algılanıp işlenebildiği gibi, verilerin analizi ile de akıllı planlamalar yapılıp optimum kararlar alınabilmektedir. Bu teknolojik gelişmişlik trafik alanında da kullanılmaktadır.

Trafik sorunu, dünya çapında ekonomik ve sosyal zorluklara yol açan kalıcı bir sorundur (Ho vd., 2019). Kentsel alanlarda olduğu kadar kırsal alanlarda da zorluklar doğurmaktadır (Khan vd., 2018). Özellikle, büyük kentlerde ve şehirlerarası ulaşımda yaşanan trafik gecikmeleri gittikçe artmaktadır ve bu da günlük yaşamı etkilemektedir (O'Flaherty, 2006). Rekabet gücünü artırmak için, sorunsuz trafik koşulları her şehir için son derece önemlidir (Ho vd., 2019).

Trafikte yoğunluk kontrolü hususunda, günümüzde de yaygın olarak kullanılan izleme ve operasyon sistemleri geliştirilmiştir. Önceden bu sistemler, döngü dedektörleri ve radarlar aracılığıyla ve daha

çoğunlukla otoyollarda kullanılıyorken; teknolojik ilerlemeyle birlikte örnekleme stratejileri, eşleştirme uygulamaları ve farklı algoritmalar vasıtasıyla daha geniş alanlarda uygulanmaktadır (Hofleitner ve Bayen, 2011). Video kameralar yardımıyla araçların algılanması da büyük boyutlu veri toplama, araç yönlendirme ve gelişmiş trafik kontrol ve yönetimlerinin uygulanması için yeni teknolojilerden birisidir (Michalopoulos, 1991).

Bir ulaşım sisteminin başarılı bir şekilde planlanması, bakımı ve kontrolünün esasını, etkili trafik verisi elde etme süreci oluşturur (Wan ve Dickinson, 1990). Trafik izleme sistemleri, karayolu trafik parametreleri ile ilgili önemli veriler sunarak; trafik yönetimi, seyahat süresi, zaman ve enerji tasarrufu hususlarındaki avantajlarıyla akıllı bir ulaşım sistemin için önemli bir rol oynamaktadır (Aissaoui vd., 2014). Video bazlı ölçüm sistemleri ise, geliştirme ve maliyet konularında sağladığı büyük kolaylıklarla Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) için etkili uygulamalardır. AUS, video işleme tekniklerini uygulamak ve istenilen bilgileri erişmek için kameralardan yararlanır (Tourani vd., 2019). Geleneksel görüntü tabanlı trafik algılama yöntemleri perspektif, gürültü, aydınlatma ve hava koşullarını sunmada karşılaşılan sorunlar nedeniyle zorluklar çıkarmaktayken; öte yandan AUS, olası riskleri azaltmak için yüksek kaliteli trafik verisi sunmaktadır (Janet ve Bagyamani, 2015).

Yapay zeka konusundaki ilerlemeler sayesinde, trafik alanında yapılan çalışmalar yüksek doğruluk oranları sunmaktadır. Örneğin, trafik kazalarının önemli nedenlerinden birisi olan yorgunluk/ sürücü

uyuşukluğu tespitine dair yapılan çalışmalarda; Deng ve Wu, %92; Reddy vd., %89,5; Mehta vd., gerçek zamanlı olarak %84 ve Galarza vd., sürücülerin göz, baş ve esneme hareketlerinden tespit etmede ise %93,37 oranında doğruluk elde etmiştir (Deng ve Wu, 2019; Galarza vd., 2018; Mehta vd., 2019; Reddy vd., 2017).

Trafik yoğunluğu; hız, ulaşım altyapısı, nüfus artışı, meteorolojik etkenler, trafik kazaları, trafikteki araç sayısı, lokasyon, gün ve saat vb. pek çok nedenden kaynaklanabilmektedir. Uygulanan gelişmiş sistemler ile trafik yönetimi konusundaki karar alma süreçlerinde insan faktörü devre dışı bırakılarak yapay zeka destekli yönlendirmeler yapılabilmektedir. Teknolojinin daha ileri safhalarında, video görüntüler üzerinden kurulan bir veri akışı sonrası yapay zeka sistemleri ile karar alınabilmekte ve tamamen esnek bir trafik akış sistemi sayesinde, anlık olarak hava koşulları, gün ve saat bazlı faktörler ve çevresel özellikler dikkate alınarak, trafik yönetimi sağlanıp bunlar aracılığıyla da şehir trafiğinin anlık tespiti yapılıp olası bir yoğunlukta bu durum önlenebilecektir.

1.GÖRÜNTÜ TANIMLAMA

1.1. Görüntü Tanımlama ve Tarihsel Gelişimi

On altıncı yüzyılda fotoğrafçılığın ortaya çıkması ile imge ihtiyacı ve kullanımı artmıştır. Yirminci yüzyılda ise, teknoloji ve bilgisayar bilimindeki gelişmeler ile dijital verilerin görüntü halinde elde edilmesi süreci hızlanmıştır. Görüntü verileri; otomatik veya bilgisayar destekli görüntü analizi ile elde edilen ham görüntü ve verileri içerir (Sonika ve Nitika, 2017). Görüntü alma, geniş bir

koleksiyondan kullanıcılar tarafından ilgili görüntülerin alınmasıyla ilgilidir (Aslandogan ve Yu, 1999). İlgili olayların karakterize edilmesi için bir video akışının işlenmesi, ilgili nesnelerin her bir çerçevede saptanması ile bu çerçeveye dayalı bilginin de basit ve karmaşık davranışlar için zamansal entegrasyonuna dayanır. Video akışının bu yüksek seviyeli açıklaması, hareketli nesnelerin doğru bir şekilde algılanmasına, izlenmesine ve yörüngelerinin sahne ile ilişkisine dayanmaktadır (Cohen ve Medioni, 1998).

1.2. Nesne Tespiti ve Takibi

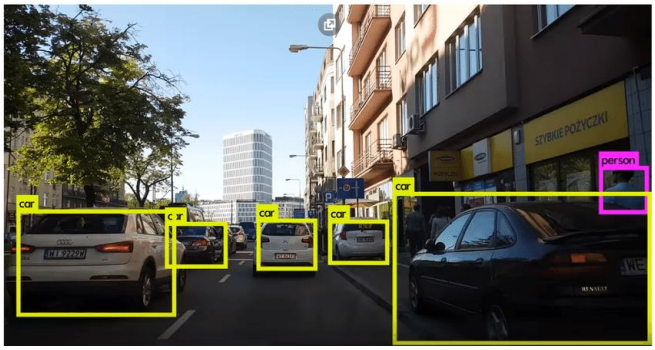
Videolar aracılığıyla nesne takibi iki aşamadan oluşmaktadır: Birinci aşamada belirgin hale gelen nesne, ikinci aşamada arka planından ayrılmaktadır. Nesne tespiti aşaması, nesnenin izlenmesinde uygulanacak optimum algoritmanın tercihinde yakalanacak başarıdaki önemli bir etkendir (Tan vd., 2021). Video toplama donanımındaki sistemlerin geliştirilmesi çeşitli zorlukları ortaya çıkarsa da bu alandaki son gelişmeler, kaliteli video akışlarının elde edilmesini mümkün kılmış ve video gözetim sistemlerine olan ilgiyi arttırmıştır (Medioni vd., 2001; Hsu vd.,1995). Nesne tanıma ve tespiti için R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN, Mask R-CNN ve SSD yöntemleri günümüzde sıkça kullanılmaktadır (Daş vd., 2019; Tan vd., 2021):

•R-CNN (Region Based Convolutional Networks): R-CNN yöntemi, nesne algılama için önemli CNN çerçevelerden birisidir. R-CNN, CNN uzantısı olan bölge tabanlı bir yöntemdir ve nesneye dair bölgesel öneriler çıkarımı ve bunlara dair sinir ağı kullanımı olmak üzere iki yaklaşımın birleşimiyle ilgili tespiti gerçekleştirmektedir

(Girshick vd., 2016). Bu yöntemle, karma gibi yaklaşık tekniklere başvurmadan binlerce nesne sınıfına ölçeklenebilir (Girshick vd., 2014). R-CNN, fazla sayıdaki bölgeden ziyade, kutu şeklindeki görüntüleri belirler ve bunun bir nesneye karşılık gelme durumunu kontrol eder (Bektaş, 2020). Resim 1' de R-CNN kullanılarak elde edilen görüntü verilmiştir.

Resim 1: R-CNN ile Elde Edilen Görüntü (Zhang vd., 2020)

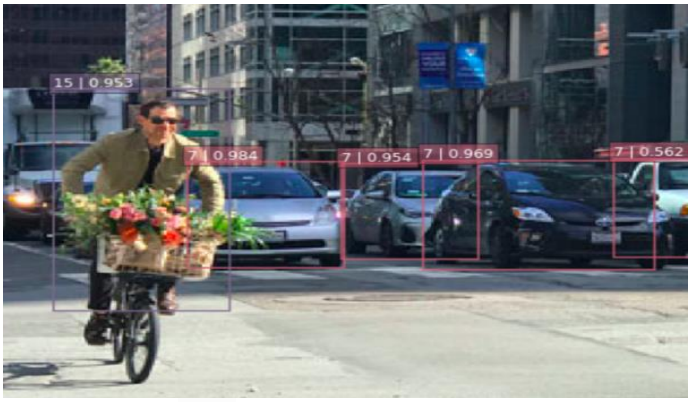
• **YOLO (You Only Look Once):** Günümüzde yaygın kullanılan ve tek bir evrişimli ağ olan bu yöntem, eş anlı olarak birden fazla kutuyu ve bunlara dair sınıf olasılıklarını tahmin eder (Redmon vd., 2016).



Resim 2: YOLO v3 ile Elde Edilen Görüntü (Oosterhuis and Schomaker, 2020).

Hızlı olması, tahmin yaparken küresel olarak akıl yürütmesi ve genellenebilir temsillerini öğrenebilmesi ile geleneksel nesne algılama yöntemlerine göre çeşitli avantajlara sahiptir (Redmon vd., 2016). Resim 2' de, YOLO v3 nesne algılama yöntemi ile elde edilen görüntüsü yer almaktadır.

• **SSD (Single Shot Multibox Detector)**: SSD yaklaşımı, sabit boyutlu bir kutu üreten ve bu kutulardaki nesne sınıfı örnekleri için puanlamalar yapan ileri beslemeli bir ağa dayanır (Biswas vd., 2018). SSD, tek bir derin sinir ağı kullanarak ve tek seferde tanıma işlemi yapmakta ve Faster R-CNN'den daha hızlı çalışmaktadır (Liu vd., 2016). Resim 3' te, SSD yaklaşımı ile elde edilen görüntü yer almaktadır.



Resim 3: SSD ile Elde Edilen Görüntü (Hui, 2018)

• **Mask R-CNN:** İki adımlı bir çerçevedir. İlk adımda, girdi için nesnesinin olabileceği bölgeler etrafında öneriler üretir. İkinci adımda ise sınıfı tahmin eder ve sınırlayıcı kutuyu iyileştirir (Yang vd., 2021). Algoritma olarak en gelişmişi olan bu yöntemde, görüntülerdeki nesneleri algılarken tüm pikseller için segmantasyon maskesi

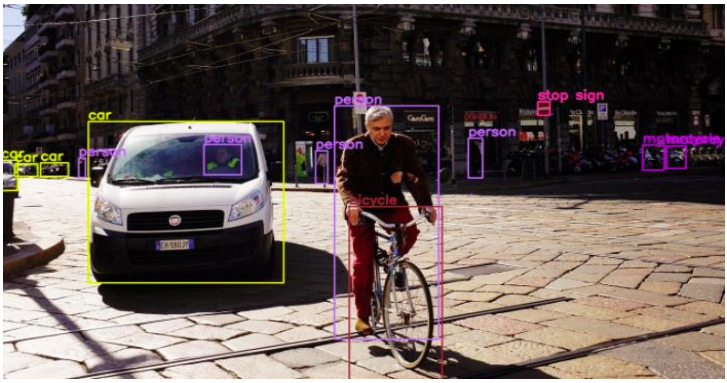
oluşturulur (He vd., 2017). Resim 4' te, Mask R-CNN yaklaşımı ile elde edilen görüntü yer almaktadır.

Resim 4: Mask R-CNN ile Elde Edilen Görüntü (Sharma, 2019)

• **Fast R-CNN**: Bu yöntemde ise nesne tespiti, geçmiş çalışmalardan faydalanılarak yapılmaktadır (Girshick, 2015). Görüntü ilk olarak konvolüsyon katmanına aktarılır, devamında önerilen bölgeler belirlenir ve yalnız bir tane özellik haritası oluşturulur (Bektaş, 2020). Resim 5' te, Fast R-CNN yaklaşımı ile elde edilen görüntü yer almaktadır.

Resim 5: Fast R-CNN ile Elde Edilen Görüntü (Girshick, 2015)

• **Faster R-CNN**: R-CNN'deki süreyi kısaltmak amacıyla ve Region Proposal Network (RPN) tavsiyesiyle oluşturulmuş bir yöntemdir (Ren vd., 2016). Her bölgede bir nesnenin olduğunu varsayar ve bölgelere puanları verir ve sonra yeni bir özellik haritası çıkartılır (Bektaş, 2020). Resim 6' da, Faster R-CNN yaklaşımı ile elde edilen görüntü yer almaktadır.



Resim 6: Faster R-CNN ile Elde Edilen Görüntü (Rath, 2020)

Görüntü almayı gerçekleştirmek için birçok teknik bulunmaktadır. Bunlar, genel olarak üç kategoriye ayrılabilir: Metin Tabanlı Erişim, İçerik Tabanlı Erişim ve Anlambilim Tabanlı Erişim. Her yöntemin kendi güçlü ve zayıf yönleri vardır. Metin Tabanlı Yöntem; soyut sorgu belirtmesi kolay ve yalnızca metin açıklamaları kadar iyi performansa sahipken; İçerik Tabanlı Yöntem; özniteliklerin otomatik olarak çıkarılmasına sahip ve soyut sorguları belirtmesi zordur; Anlam Temelli Yöntem ise; Konsepte dayalı sorgulara sahip ve etki alanına özel konsepttedir (Hsu vd.,1995).

Nesnenin tespit edilmesi, aşamalar halinde gerçekleşir. Verinin gürültüden ve eksik verilerden arındırıldığı aşaması, ön işlem ve veri

girişi aşamasında gerçekleştirilir. Daha sonra, görüntü verileri, belirlenmiş standartlar çerçevesinde öznitelik çıkarsaması ile tespit işlemine tabi tutulur. Bunu tanımlama takip eder. Tanımlanan görüntü verileri ise, nihayet belli bir sınıflandırma ve kümeleme ile tasnif edilir. Nesnelerin tespitindeki başarılar sayesinde, gerek ön işlemler ve sınıflandırma gerekse de takip işlemi gibi aşamalarda bütüncül bir iyileşme elde edilmiştir (Daş vd., 2019).

Nesnelerin takip edilmesi, çoğunlukla bir video görüntüsü üzerinden gerçekleştirilir. Bu işlem 3 ana kategoriye ayrılmaktadır. İlki, Nokta İzlemedir; burada ardışık haldeki çerçevelerle belirlenmiş nesneler noktalarla gösterilir. Noktaların birbiriyle olan ilişkisi, önceki nesnenin durumuna dayanır. Bu yaklaşımda, her çerçeve için ayrı bir sistem gereklidir. İkinci kategori, Çekirdek İzlemedir. Nesnenin şekli çekirdek halindedir. Nesneler, yine ardışık çerçeveler halindedir ve nesne çekirdeğin öteleme ve döndürme gibi olan hareketi hesaplanarak izlenir. Son kategori ise, Siluet İzlemedir. Buradaki izleme, her bir çerçevede nesnenin bölgesi tahmin edilerek gerçekleştirilir. Silüet tabanlı yöntemler genellikle takip edilen nesnenin insan ya da hayvan gibi belli bir şekille ifade edilemediği durumlarda kullanılır. Bu yöntemin temel amacı nesneyi tanımlayacak kenar bilgisi ya da şekil bilgisi çıkartılarak sonraki imgelerde bu bilgiyi aramaktır (Yilmaz vd., 2006).

Görüntü işleme alanı; dijital bilgisayarların ve ilgili sinyal işleme teknolojilerinin boyut, hız ve maliyet etkinliğindeki iyileştirmelerle birlikte, son yıllarda önemli ölçüde ivme kazanmış ve bilimsel,

endüstriyel, uzay ve hükümet uygulamalarında da önemli bir rol bulmuştur (Osman vd., 2011). Video görüntülerinin bilgisayarla işlenmesindeki ilerleme ile eğlence elektroniği, güvenlik sistemleri, endüstriyel ve proses kontrolü ve trafik mühendisliğinde çeşitli pratik uygulamalara yol açmıştır ve belki de en olağanüstü ilerleme, karayolu trafik analizi ve kontrolü alanında elde edilmiştir (Versavel vd. 1989).

2.GÖRÜNTÜ TANIMLAMA ve TRAFİK

Büyük kalabalıkların yaşadığı şehirlerde trafik talebinde görülen artış, trafik yoğunluğunun daha sık yaşanmasına neden olmaktadır. Öte yandan, zayıf trafik yönetimi ise trafik sıkışıklığı oluşturarak rutin insan yaşamını etkileyecek birçok soruna ve daha ötesinde yaralanma ve hatta can kayıplarına neden olmaktadır. Bu nedenle, hızla büyüyen bu şehirlerde trafik sorunlarının yönetilmesi zorunluluk arz etmektedir (Dharani ve Anitha, 2014).

Trafik sorununun üstesinden gelmenin birçok yöntemi olmakla beraber bunlardan birisi de akıllı sistemlerden yararlanılmasıdır. Bu yöntemlerde, görüntü yakalama ve gerçek zamanlı görüntü işleme teknikleri kullanarak bir yoldaki trafik yoğunluğu için trafik kontrol sistemleri geliştirilmektedir (Dharani ve Anitha, 2014). Akıllı ulaşım sistemleri, video işleme tekniklerini uygulamak ve istenilen bilgilere erişmek için kameralardan yararlanır. Bu sistemler, geliştirme ve maliyet gibi konularda sağladığı büyük kolaylıklarla da avantaj sağlamaktadır (Tourani vd., 2019). Öte yandan, geleneksel manuel

video analiz sistemleri ise, gözetim sistemleri uygulamalarının artması ve artan video veri tabanları için yetersiz kalmaktadır (Zhu vd., 2015).

Bir yolun önemli kısımlarının izlenmesi amacıyla Kapalı Devre Televizyon (CCTV) sistemleri giderek daha fazla kurulmaktadır. Kamera görüntülerini izlemek ve trafik akışında bir olumsuz durum tespit edildiğinde operatörün dikkatini ilgili notaya çekmek için bilgisayarların ve bu kameraların kullanılması, insan gözlemcilerine kıyasla, önemli ölçüde faydalı olacaktır (Hoose, 1989). Geçen araç sayısı, hız, yol doluluk oranı ve mesafe gibi trafik parametrelerinin gerçek zamanlı çıkarımı, yolun üzerine kurulan kameradan elde edilen trafik sahnelerindeki araçlar arasında akıllı ulaşım sisteminin temel bir bileşeni bulunmaktadır (Thao, 2002).

Video kameralar yardımıyla araçların algılanması, yönlendirilmesi, kontrol ve yönetimi teknolojiyle birlikte gelişme kat etmiştir (Michalopoulos, 1991). Trafik akışında hem herhangi bir bozulmaya neden olmadan, hem de gerekli trafik akışı ölçümlerini sağlayabilecek bir şekilde yolun bir bölümünü görüntülemek için nitelikli bir video kamera görüş sistemi kurulması fayda sağlayacaktır. Video görüntü analizi ise, bu kameralardan elde edilecek video resimlerinden yapılacak değerlendirme ile yararlı bilgilerin otomatik olarak çıkarılmasıyla ilgilidir. Öte yandan, trafik verisi toplamasına uygulanan mevcut görüntü teknikleri ise, görüntü dizilerinin yalnızca düşük seviyeli yorumlanmasını içerir (Wan ve Dickinson, 1990). Geleneksel görüntü tabanlı trafik algılama yöntemleri perspektif, gürültü, aydınlatma ve hava koşullarını sunmada karşılaşılan sorunlar

nedeniyle zorluklar çıkarmaktayken; akıllı sistemler ise, olası riskleri azaltmak için yüksek kaliteli trafik verisi sunmakadır (Janet ve Bagyamani, 2015).

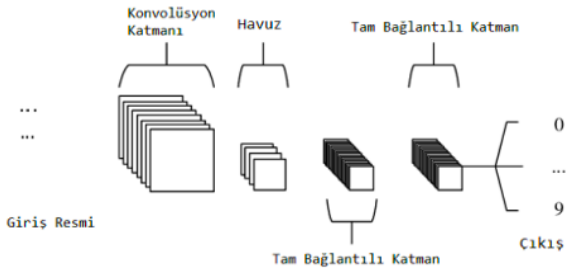
Video görüntü işleme, bir trafik sahnesine bakan video kameralar tarafından oluşturulan görüntülerden araçların algılanmasını ve trafik parametrelerinin gerçek zamanlı olarak çıkarılmasını gerektirir (Michalopoulos, 1991). Hareket halindeki nesneler, arka fondaki görüntüden Gaussian Mixture Model ve Kalman filtresi gibi filtreleme işlemleri ile ayrıştırılarak izlenmektedir (Al-qaness vd., 2021). Video tabanlı makine anlayışı, trafik izleme için alternatif, daha ekonomik ve bilgilendirici bir sistem sağlar (Kumar vd., 2003).

Yoğunluğa etki eden nedenlerden birisi olan farklı hava koşullarında doğru ve gerçek zamanlı trafik bilgisi tespit edilmesi, son zamanlarda önemli bir sorun haline gelmiştir. Pratik ve faydalı trafikle ilgili bilgiler; trafik hacmi / akışı, araçların hızı, kazaları tespit etme / bulma, şeritler arasındaki hareketler veya birbirini izleyen araçlar arasındaki mesafeyi içerir; ancak bunlarla sınırlı değildir. Farklı hız ve davranışa sahip farklı araç türleri olduğu gerçeği göz önüne alındığında, bu kadar geniş trafikle ilgili bilgileri toplamak için çeşitli yaklaşımlar önerilmiş ve uygulanmıştır. Ultrasonik algılama yöntemleri, elektromanyetik indüksiyon tabanlı cihazlar ve video tabanlı trafik yaklaşımları, trafik verisi elde etme amaçlı kullanılmıştır (Janet ve Bagyamani, 2015).

2.1.Derin Öğrenme

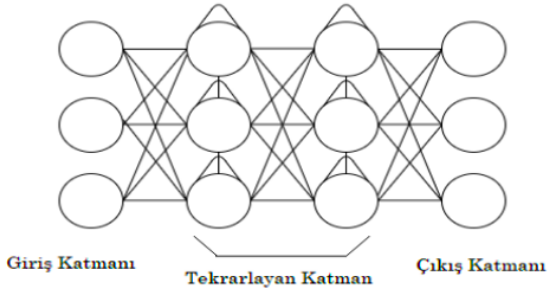
Makine öğrenimi yöntemi yapay zekânın, derin öğrenme yöntemi de makine öğreniminin alt dalıdır. Makine öğrenmesinden farklı olarak derin öğrenmede, çok katmanlı bir sinir ağı bulunmaktadır ve öğrenme bu katmanlarda gerçekleşir. (Tan vd., 2021). Buradaki her bir katman kendisinden sonraki katmanı besler (Deng ve Yu, 2013). İlk katmana, girdi katmanı; son katmana ise, çıktı katmanı denir. Bu iki katman arasında ise gizli katmanlar bulunmaktadır. Konvolüsyonel sinir ağları, tekrarlayan sinir ağları, sınırlı boltzmann makineleri, uzun kısa vadeli bellek ağları, derin oto-kodlayıcılar ve derin inanç ağları, derin öğrenmede kullanılan mimarilerdir ve kullanılacak sinir ağı modeli probleme göre değişkenlik göstermektedir (Tan vd., 2021):

• **Konvolüsyonel Sinir Ağları (Convolutional Neural Network-CNN):** İleri beslemeli ve denetimli bir sinir ağı olan CNN, yapay sinir ağı tabanlıdır. Girdi nesnelerini tanımak, sınıflandırmak ve kategorilere ayırmak için kullanılır (O'Shea ve Nash, 2015). AlexNet, VGG ve GoogleLeNet örnek olarak verilebilir (Tan vd., 2021). Şekil 1'de konvolüsyonel sinir ağına ait mimari gösterilmiştir.



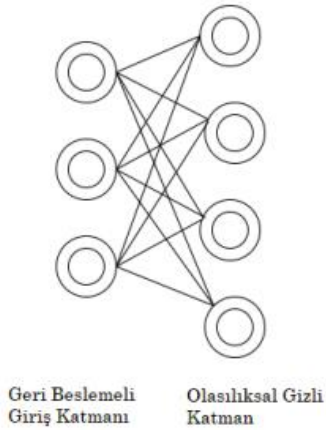
Şekil 1. Konvolüsyonel Sinir Ağı (O'Shea ve Nash, 2015)

• **Tekrarlayan Sinir Ağları (Recurrent Neural Network – RNN):** Ardışık bilgileri kullanarak eğitim modelini oluşturmak amacındadır (Tan vd., 2021). İleri beslemeli ağlardan farklı olarak isteğe bağlı giriş ve çıkışları olan ve bunları yine istek doğrultusunda işleyen denetimli bir sinir ağıdır (Medsker ve Jain, 2001). Şekil 2'de tekrarlayan sinir ağına ait mimari gösterilmiştir.



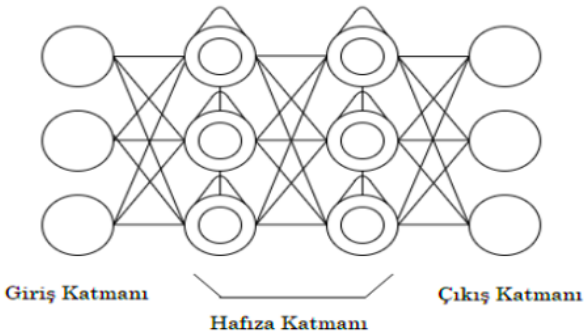
Şekil 2. Tekrarlayan Sinir Ağı (Leijnen and Veen, 2020)

• **Sınırlı Boltzmann Makineleri (Restricted Boltzman Machine – RBM):** Denetimli ve denetimsiz öğrenebilen ve katmanları bağlantısız olan bu ağ ile modelleme, sınıflandırma ve boyut azaltma yapılabilir (Shetty vd., 2020). Şekil 3'te Sınırlı Boltzmann Makinelerine ait mimari gösterilmiştir.



Şekil 3. Sınırlı Boltzmann Sinir Ağı (Leijnen and Veen, 2020)

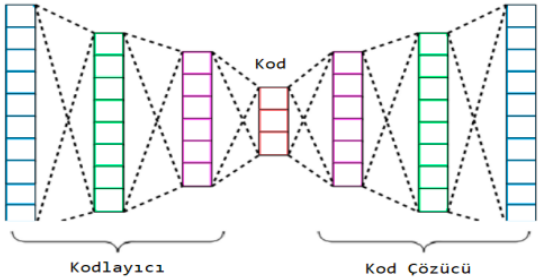
• **Uzun Kısa Süreli Bellek Ağları (Long-Short Term Memory – LSTM):** Geri bildirimli ve tekrarlayan bir ağdır (Shetty vd., 2020). Sınıflandırma ve tahmin yapmak için yararlanılır. Bu ağlar, sahip olduğu hafızayı kontrollü bir şekilde günceller (Hochreiter ve Schmidhuber, 1997). Şekil 4'te uzun kısa süreli bellek ağlarına ait mimari gösterilmiştir.



Şekil 4: Uzun Kısa Süreli Bellek Ağı (Leijnen and Veen, 2020)

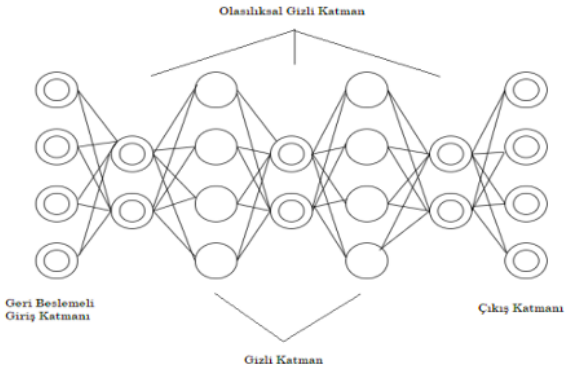
• **Derin Oto-Kodlayıcılar (Deep Autoencoders – DAE):** Kodlama ve kod çözücü olmak üzere 2 kısımdan oluşur. İleri beslemeli ve

tekrarlanmayan bir ağdır (Şeker vd., 2017). Bu yöntemden hareketle, Gürültü Temizlemeli, Varyasyonel ve Seyrek gibi kodlayıcılar oluşturulmuştur. Şekil 5'te derin oto-kodlayıcılara ait mimari gösterilmiştir.



Şekil 5: Derin oto-kodlayıcı sinir ağı mimarisi (Liu vd., 2017)

• **Derin İnanç Ağları (Deep Belief Networks – DBN)**: Giriş ve çıkış boyutları farklılık gösterir. Katmanları bağlantılıyken düğümleri yatay bağlantılı değildir. Kümeleme ve sınıflandırma yapabilme özelliğine sahiptir (Hinton vd., 2006). Şekil 6'da derin inanç ağlarına ait mimari gösterilmiştir.



Şekil 6: Derin İnanç Ağları (Leijnen and Veen, 2020)

2.2. Görüntü Tanımlamanın Trafikte Uygulama Aşamaları

Trafikle ilgili görüntü işleme çerçeveleri, genel olarak aşağıdaki aşamaları içermektedir (Dharani ve Anitha, 2014; Wu vd., 2006; Osman vd., 2011):

2.2.1. Trafik İzleme ve Görüntü Yakalama

Kameralarla elde edilen görüntüler sonraki adımda, kareler şeklinde gerçek zamanlı videodan çıkarılır. Bu dijital veriler, görüntülerin RGB'den (Kırmızı-Yeşil-Mavi) gri ölçeğe dönüştürülmesiyle işlenir. Başlangıçta kamera, araç olmayan boş bir yolun görüntüsünü yakalar ve bu görüntü daha sonra tüm sistemin işlemesi için bir referans görüntü olarak kullanılır.

2.2.2. Görüntü Kırpma

Görüntü kırpma, yalnız araçların bulunduğu yola odaklanmak ve kamera tarafından yakalanan öteki gereksiz arka plan bilgilerini elemek amacıyla yapılmaktadır. Böylece, daha önceden alınan referans görüntü yardımı ile karayolu trafiği ile ilgili olmayan bu istenmeyen bölgeler kaldırılarak hedeflenen bölge kırpılır. İşlem sırasında, ilk olarak referans görüntü ile aynı boyutlara sahip ikili bir görüntü oluşturulur ve ardından yol alanı bir renk ve kalan bölge ise başka bir renk olacak şekilde gölgelendirilir. Son olarak, referans görüntünün kırpılan bu iki renkli görüntü ile çarpılması nihai istenen hedef alanı ile sonuçlanır.

2.2.3. Araç Algılama

Bu aşama, hedeflenen alanda bulunan araçları saymak için yapılacak araç tespitidir. Bunu gerçekleştirmek için, ilk olarak gerçek zamanlı video dizisinden kare çıkarılır. Daha sonra, hem referans görüntüyü hem de gerçek zamanlı görüntüyü gri tonlamaya dönüştürülür ve ardından bu iki görüntünün farkı bulunur. Bu aşamada, araçların görünürlüğünü iyileştirmek için fark görüntüsü, bir eşik değerine dayalı olarak ikili bir görüntüye dönüştürülür.

2.2.4. Trafik Yoğunluğu

Bu aşamada ise, istenen hedef bölgede bulunan araçların sayısını bulmaktır. Araç sayısını belirlemek için önce araçlar işaretlenir ve ardından sayıları alınır.

3. LİTERATÜR İNCELEMESİ

İlgili literatür incelendiğinde, videolar aracılığıyla trafiğin izlenmesinin, birçok araştırmacı tarafından çalışılan bir alan olduğu görülmektedir:

Blosseville vd., şerit algılama modülü, yoğun trafiğin analizi ve gece trafiğinin analizi üzerine yaptıkları çalışmada, hafif trafikte; hacim, zaman ve ortalama hızı gibi ölçümlerin; sıkışık trafik durumunda ise, yalnızca araçların kapladığı yolun uzunluğunun oranı gibi mekansal doluluk ve akış hızı bilgileri elde edilebileceği sonucuna varmıştır (Blosseville vd., 1989). Comelli vd., tarafından yapılan çalışmada, bir gişeden geçen bir arabanın plakasından hareketle sürücünün ehliyet numarasını otomatik olarak okuması amaçlanmış ve farklı hava ve

aydınlatma koşullarında %91'e yakın bir tanıma oranı elde edilmiştir (Comelli vd., 1995). Cohen ve Medioni, hareket halindeki bir hava platformuyla elde edilen bir video akışından, hareket eden nesnelerin tespiti ve takibini ele alarak; etkin bir tanıma, algılama ve izleme yapılabileceğini sonucuna varmışlardır (Cohen ve Medioni, 1998).

Başka bir çalışmada, havada hareket eden bir platformdan elde edilen bir video akışını girdi olarak alan ve sahnedeki hareketli nesnelerin davranışının bir analizini üreten, gerçek video akışlarına has düşük kaliteli algılama ve izleme sonuçlarına karşı daha sağlam bir sistem sunulmaktadır (Medioni vd., 2001). Kumar vd., trafikte nesne sınıflandırması için, hedeflerin ölçülen görüntü özelliklerinin iç bağımlılıklarını modelleme yeteneğine sahip olan yeni bir yaklaşım önermiş ve bu, farklı araç tipleri ve yayalar için güvenilir sonuçlar vermiştir (Kumar vd., 2003).

Önerilen bir diğer sistemde ise, videolardan davranışı tanıyabileceği ve ilgili davranışın kavramsal bir çıktısını verebileceği ve bu yolla trafikteki uygunsuz davranışların tespit edilebileceği, bunun da trafik kurallarının daha iyi uygulanması için fayda sağlayacağı belirtilmiştir (Kumar vd., 2005). Rad vd., tarafından yapılan çalışmada, otobana monte edilmiş sabit bir kamera ile seyir halindeki araçların hızları ortalama 7 km/sa hata ile tespit edilmiştir. Ayrıca, burada sunulan hız algılama sistemi, olası hava değişikliklerinden etkilenmemektedir (Rad vd., 2010).

Osman vd., radarlara alternatif olarak uygulanabilen ve geleneksel radarların sorunlarından kaçınarak hareketli nesnelerin hızını

hesaplayabilmesini yeni bir hız sistemi sunmaktadır (Osman vd., 2011). Hofleitner ve Bayen tarafından geliştirilen bir algoritma ile optimal seyahat süresi, öteki yönteme kıyasla %50' ye kadar önemli bir gelişme sağlamıştır (Hofleitner ve Bayen, 2011).

Trafik ışıklarındaki zamanlama ile ilgili yapılan bir çalışmada, trafik kontrolünde birden fazla sinir ağının uygulanması temel amacıyla, sabit zamanlı bir trafik sinyali denetleyicisi türü sunulmuş ve önerilen kontrol sistemi araçların trafik akışını iyileştirmiştir (Olivera ve Neto, 2013). Mobese kameralar yardımıyla yapılan bir çalışmada, düşük ışık koşullarında araç sayısının tespiti ve araç hızı ölçümü için aracın tespiti için far algılama olarak yeni bir yöntem önerilmiştir (Sina vd., 2013).

Araç takibi için düşük aydınlatma ve kötü hava koşullarında da çalışabilen ve RFID bazlı bir sistem sunulan çalışmada, radar ve görüş tabanlı araç sisteminde, gece ve gündüz için tahmin hataları iyileştirilerek %2,67 oranına çekilmiştir (Singh vd., 2014). Aissaoui ve diğerleri tarafından yüksek güvenilirlik, doğruluk ve detayla trafik izlemeyi mümkün kılan yeni bir gerçek zamanlı trafik izleme önerilmiştir. Bu sistem ile mevcut verilerin %99' undan fazlası toplanıp ek yük oranı %25 oranında azaltabilir (Aissaoui vd., 2014).

Dharani ve Anitha, şerit bazlı trafik yoğunluğunu tahmin etmek ve trafik sinyalini gerçek zamanlı videolar ile akıllı bir şekilde kontrol etmek amacıyla yaptıkları çalışmada, tespit edilen araç yoğunluğu ile trafiğin diğer yönlerinin karşılaştırılabileceği sonucuna varmışlardır (Dharani ve Anitha, 2014). Zhu vd. ise, doğrudan öğrenebilen bir Q-

öğrenme tabanlı hareketli nesne tanıma algoritması önermiştir. Böylece, düşük çözünürlüklü ve çok gürültülü olan trafik videolarından nesneleri doğru bir şekilde ve gerçek zamanlı hız seviyesinde tanımla yapılabileceği belirtilmiştir (Zhu vd., 2015).

Trafikten bağımsız sabit süreli çalışan trafik sinyalleri sorununu gidermek için yapılan çalışmada ise; arka plan farklılaştırma, eşikleme ve filtreler gibi görüntü işleme teknikleri aracılığıyla, araçların analizi ve tespiti için ucuz ve ideal doğruluğa sahip bir yaklaşım sunulmuştur (Janet ve Begyamani, 2015). Sathuluri vd. tarafından, kaynak görüntüdeki araçların algılanıp, tipine göre sınıflandırıldığı ve sayıldığı bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntemde, araç bilgileri internet aracılığıyla elde edilmektedir ve bu yöntem, acil seyahatler için fayda sağlamaktadır (Sathuluri vd., 2016). Ho vd., yüksek çözünürlüklü kameraların kablosuz iletişimle entegrasyonuna tam uyumlu bir çözüm geliştirilmiştir. Böylece, belirli yollardaki trafik sıkışıklığının düzeyi %41.2 ve çift park sorunu ise %33 oranında azalmıştır (Ho vd., 2019).

Bir diğer çalışmada, basit işleme problemleri için işleme zamanı ve hesaplama süreci daha az ve yüksek başarı oranlı bir Faster R-CNN kullanılması önerilmiştir. Kalman Filtresi ve Parçacık Filtresi ile takip açısından başarılı sonuçlar alındığı, sadece hızın önemli olduğu gerçek zamanlı işlemlerde ise Single Shot Multibox Detactor (SSD) tercih edilebileceği belirtilmiştir (Daş vd., 2019). Chen vd., kötü hava koşullarında algılama doğruluğunu artıran ve görünürlük tamamlamayabilen bir araç algılama sistem ile, doğruluk düzeyini,

daha hızlı olacak şekilde ve açık havalarda yaklaşık %5, yağmurlu havalarda ise %50 oranında iyileştirmişlerdir (Chen vd., 2020). Video tabanlı araç sayma yönteminin önerildiği diğer bir çalışmada, el kameraları kullanılarak araçların doğru bir şekilde tespit edilebildiği, takip edebildiği ve sayılabildiğini görülmüştür (Al-qaness vd., 2021).

Coifman vd., halihazırdaki sistemlerin tıkanıklık, gece ve gece geçişleri, kamera sallanması ve araç gölgeleri konusundaki problemlerini çözebilecek bir sistem geliştirmiştir (Coifman vd., 1998). Bir diğer çalışmada, araçlar ile diğer kullanıcılara ait yol kenarı faaliyet ve davranışlarını, gerçek zamanlı olarak gözlemlemek için ucuz maliyetli, çok sensörlü ve uyarlanabilir sistemler üzerinde durulmuştur (Valera ve Valestin, 2005).

Farklı bir çalışmada, gerçek zamanlı gölge algılama, araç sayma ve sınıflandırma için, histogramlar ve sinir ağı kullanılmıştır. Önerilen bu yöntem, diğerlerine kıyasla yüksek doğruluk ile çalışmaktadır (Saran ve Sreelekha, 2015). Diğer bir çalışmada, araç sınıflandırması için kalibre olmayan kameralarla, uzunluk bazlı araç sınıflandırması yapılmış ve eğer bir araç uzunluğu, belirli bir türün %75 ila %125 oranında uzunluğu ile örtüşüyorsa, bu aracın o türe ait olduğu varsayılmıştır (Huang, 2010).

Bir diğer çalışma, bulut tabanlı araçlar ve engelli bireylere yardım amacıyla kavşaklarındaki nesnelerin eş anlı olarak algılanması ve takip edilmesini ele almaktadır. Çoklu nesneleri, araçlar için %73.2; yayalar için ise %2.8 doğruluk oranları ile takip etmiştir (Yang vd., 2020). Farklı bir çalışmada, ağın katmanlara eklenerek özellik çıkarma

yeteneğini güçlendirmek için yeni bir yapı sunulmuştur. Yapı, hem küçük araçları doğru algılayabilmekte hem de bunu araç hızını düşürmeden ve %94 oranında yapabilmektedir (Han vd., 2021). Shustanov ve Yakimov, gerçek zamanlı bir trafik işareti tanıma sistemi tasarlanmıştır. Trafik işaretlerinin koordinatları belirlenmeye çalışılmış ve bu belirlenen alanlardaki işaretlerin sınıfı tespit edilmeye çalışılmıştır. %99,94 oranla başarılı olmuştur (Shustanov and Yakimov, 2017).

Huang vd. tarafından yapılan çalışmayla, trafik işareti tanıma için bir yöntem önerilmektedir. Deneysel sonuçlar, önerilen bu yöntemin hem eğitim hem de tanıma süreçlerinde yüksek tanıma başarısının yanında, hesaplama verimliliği elde edildiğini de göstermiştir (Huang vd., 2017). Farklı bir çalışmada, yorgunluğu tespit etmek için sürücünün göz ve ağız özelliklerinden faydalanılmıştır ve önerilen modelde %98.81 oranında doğruluk elde edilmiştir (Savaş and Becerikli, 2020). Başka bir çalışmayla, görüntü işleme teknikleri ile sürücünün uyuşukluk seviyesini tespit etmek için bir sistem önerilmiş ve bu sistem, göz oranlarından yararlanarak uyuşukluk seviyesini doğru hesaplayabilmiştir (Mehta vd., 2019). Kazalarının şiddetini tahmin etmek için özelleştirilmiş fonksiyonlu yeni bir yöntem önerilen çalışmada, CNN tabanlı algoritması kullanılmış ve ölümcül ve yaralanmalı kazaların çarpışma şiddetini tahmin etmede başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Rahim and Hasan, 2021).

Ölümlü kazaların temel nedeninin, sürücülerin yorgun olarak araç kullanmaları olduğu belirtilen bir çalışmada, iki akışlı ve çok yönlü bir

yorgunluk algılama algoritması sunulmuş ve sonuçlarda %97.06 doğruluk elde edilmiştir (Liu vd., 2019). Görüntü işleme teknikleri kullanarak yapılan çalışmada, bir çatışma analizi yöntemi önerilmektedir. Yöntemin, iki kavşağın tehlikeli çatışma noktalarını başarıyla tespit ettiği ve kazaları önlemek amacıyla kullanılabileceği belirtilmiştir (Ngoc vd., 2021). Diğer bir çalışma, bulut tabanlı ve gerçek zamanlı yorgunluk algılama sistemi önermektedir. Bu sistemin, konumsal bilgilere ulaşma ve yaralıların hayatta kalma oranını arttırdığı görülmüştür (Ravi vd., 2020). Havadan kaydedilmiş ve coğrafi özellikleri barındıran görüntüler ile mobil ışık algılamasıyla elde edilen verilerden hareketle yapılan çalışmada, trafik işaretleri tespiti için bir yöntem önerilmiş ve çalışma başarılı sonuçlar vermiştir (Javanmardi vd., 2020). Araç sürücüsünün uyuşukluk durumunu tespit etmek ve onu uyarmak için bir gözetim sistemi geliştirilmiştir. Sistem, sürücünün kullandığı eşya ve takılardan bağımsız olarak, gün ışığında %93,37 doğrulukla çalışmaktadır (Galarza vd., 2018).

4. DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Trafikteki araç sayısının, sanayileşmiş ülkelerde 2050 yılına kadar 2 kat; gelişmekte olan ülkelerde ise 12 kat artış göstermesi beklenmektedir. Bu devasa artış sayıları, trafik kaynaklarının daha sofistike ve daha akıllıca kullanılmasını zorunlu kılmaktadır (Kumar vd., 2005). Günümüzde yerel trafik bilgilerinin, yol kenarına yakın direğe monte edilen video kamera sistemi ile herhangi bir özel işlem yapılmadan yakalanan video görüntüleri formatında sunulması yaygın

bir durumdur. Trafik akışı, bu video görüntüleri aracılığıyla tespit edilebilir ve doğrudan insan gözüyle doğrulanabilir (Wu vd., 2006).

Trafiğin yoğunluk derecesi ve kazaların olası maliyetleri, şehir yaşamını; yol ağlarındaki doluluğa bağlı olarak farklı düzeylerde etkileyebilir. Bu tür olumsuzlukların azaltılabilmesinin büyük sosyal ve ekonomik faydaları olacaktır. Bu motivasyonla, sabit kameralardan gelen video akışlarıyla çeşitli trafik davranışları yönetilebilir ve ulaşmak istedikleri hedeflere alternatif rotalar düşünebilmeleri için sürücülere gerçek zamanlı bildirimlerde bulunulabilir (Kumar vd., 2005).

Geliştirilen teknolojiyle, kamera görüntüleri üzerindeki video işleme aracılığıyla elde edilen araç hızları ve trafik hacmi gibi parametreler, gerçek zamanlı olarak trafik ve tıkanıklığı belirlemek için kullanılmaktadır (Zeng ve Crisman, 1997). Video kamera aracılığıyla elde edilen bilgiler, çok sayıdaki detektörden elde edilenler kadar hacim ve kullanım verilerini sağlamanın yanında, geleneksel trafik izleme yöntemlerine göre birçok avantaj da sağlar. Araç hızında büyük değişiklik, yanlış yönde giden araçlar, düşen nesneler, savrulan ve hareket eden araçlar, görüntü işleme teknikleriyle elde edilen akış özelliklerine dayalı olarak kameranın görüşü dahilinde doğrulanabilir. Öte yandan, olayları tespit etmek ve daha sonra türü ve konumu ve nedenleri belirlemek için hız, doluluk, sıra uzunluğu gibi daha büyük bir trafik veri seti elde edilebilir (Wu vd., 2006).

Derin öğrenme ve makine öğreniminin gibi yapay zeka uygulamaları ile, belirli bir amaca özgü olanların aksine, öğrenen algoritmalarla,

görüntü işleme alanında karmaşık problemler kolay şekilde çözülebilmektedir (Daş vd., 2019). Ayrıca video işlemeden elde edilen bilgiler, trafik mühendisleri tarafından ulaşım altyapısı için de kullanılabilir (Zeng ve Crisman, 1997).

Trafik ışıkları, trafiğin durumuna göre esnek olmayıp sabit bir yanma sönme süresine sahiptir. Bu süreler, gün vb. göre kısmen değişiklik gösterse de akış koşullarıyla eş zamanlı değillerdir. Trafik ışıkları, yalnızca birbirini kesmeyen yönlerdeki trafiğin hareket etmesine izin verecek şekilde çalışmakta, öteki yönlerdeki trafiğin hareket etmesini ise kısıtlamaktadır (Kosonen, 2003). Gelişmiş trafik altyapısı bulunan şehirlerde ve buralardaki büyük ve kalabalık kavşaklarda kontrol bir merkez tarafından yapılmaktadır. Yalnız, bu yöntemin de bazı dezavantajları bulunmaktadır. Kontrol merkezlerindeki deneyimli operatörler, trafik kontrol konsol masasında her zaman trafik koşullarını optimize etmeye çalışmaktadırlar. Kompleks bir iş olması ve kontrol esnasında birçok faktörün dikkate alınması gerektiğinden, karar verme ve uygulama aşamasında kalifiye personele ihtiyaç duyulması; yeterli kalifiye eleman istihdamı halinde bile iş yükü fazlalığı nedeniyle kısa karar verme süresine sahip olunması ve insan bazlı karar verme sürecindeki hata payının sürekli bulunması nedenleriyle trafik akışı istenilen akıcılıkta yönlendirilememektedir (Mehan, 2011). Mevcut trafik ışığı kontrol sistemi halihazırda trafiği tek bir kavşakta yönetmektedir ve tıkanıklığa neden olmaktadır. Bunun için yoğunluğunu kontrol eden ve farklı düzeylerde dinamik zaman dilimleri elde eden bir denetleyici sistem kullanılabilir. Ayrıca

taşınabilir kontrolör, sıkışıklığı çözerek ekonomiye, topluma ve çevreye fayda sağlayacaktır (Chabchoub vd., 2021).

Trafiğe uygulanan görüntü işleme sistemlerinden, belirli bir yol boyunca hareket eden araç sayısının belirli bir anda doğrudan ölçülmesi beklenebilir. Büyük bir trafik sıkışıklığı durumunda, araçların kapladığı yol uzunluğunun oranı olan uzaysal doluluk ölçülebilir. Hafif trafik durumunda ise; araç yörüngelerinden türetilebilen tüm mikroskobik ölçümlerle beraber; konsantrasyon, hacim, zaman ve mekan, ortalama hız gibi makroskopik ölçümler elde edilebilir. Trafik sıkışıklığı durumunda ise, yalnızca mekansal doluluk ve akış hızı elde edilebilir (Blosseville vd., 1989).

Trafik yoğunluğu; hız, altyapı, nüfus, hava koşulları, kazalar, trafikteki araç sayısı, konum, gün ve günün saati vb. pek çok sebepten kaynaklanabilmektedir. Burada, artan trafik yoğunluğu problemi ve buna dair çözüm için kullanılan video tanımlama yöntemleri değerlendirilmiş ve önceki çalışmalar incelenmiştir. Trafik alanında çok sıklıkla kullanılan videolar üzerinden görüntü tanımlama ve buradan elde edilen veriler üzerinden otonom karar verme irdelenmiş ve bu yöntemle şehir trafiğinin kontrol edilip önlenebileceği belirtilmektedir. Video görüntüler üzerinden kurulacak tamamen esnek bir trafik akış sistemi ile, gerçek zamanlı hava koşulları, gün ve saat bazlı faktörlere göre ve ilgili çevrenin özellikleri de dikkate alınarak, anlık reaksiyonlarla, trafik akışı sağlanabileceği düşünülmektedir. Karar alma noktasında insan faktörünün devre dışı bırakılması halinde, insan kaynaklı hatalı kararlar önlenebilir.

Azaltılmış bir trafik yoğunluğu ve optimum trafik ışığı yönlendirmesi sayesinde ise başta zaman, yakıt, emisyon, ses ve görüntü olmak üzere birçok problem çözülebilir.

KAYNAKÇA

Aissaoui, R., Menouar, H., Dhraief, A., Filali, F., Belghith, A. and Abu-Dayya, A. (2014). Advanced Real-Time Traffic Monitoring System Based on V2X Communications. 2014 IEEE International Conference on Communications (ICC), Sydney, NSW, 2713-2718.

Al-qaness, M.A.A., Abbasi, A.A., Fan, H., İbrahim, R.A., Alsamhi, S. and Hawbani, A. (2021). An Improved YOLO-Based Road Traffic Monitoring System. Computing 103, 211–230.

Ali, T., Shahbahrami, A., Akoushideh, A., Khazaee, S. and Suen, Y.C. (2019). Motion-based Vehicle Speed Measurement for Intelligent Transportation Systems. International Journal of Image, Graphics and Signal Processing. 11. 42-54.

Aslandogan, Y. A. and Yu, C. T. (1999). Techniques and Systems for Image and Video Retrieval. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, vol. 11, no. 1, 56-63.

Bektaş, M. (2020). *Tensorflow Ortamında Nesne Tanıma Uygulaması (Defect Type Detection using Faster R- CNN).* Erişim Tarihi: 17.10.2021. https://medium.com/@mbektas/tensorflow-ortam%C4%B1nda-nesne-tan%C4%B1ma-uygulamas%C4%B1-defect-type-detection-using-faster-r-cnn-1be1e1f59c8c

Biswas, D.S, Hongbo W., Chengyi S. and Aleksandar W. (2018). An automatic traffic

density estimation using Single Shot Detection (SSD) and MobileNet-SSD. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C. 110

Blosseville, J. M., Krafft, C., Lenoir, F., Motyka, V. and Beucher, S. (1989). TITAN: A Traffic Measurement System Using Image Processing Techniques. Proceedings of the Second International Conference on Road Traffic Monitoring, London, 84-88.

Chabchoub, A., Hamouda, A., Al-Ahmadi, S. and Cherif, A. (2021). Intelligent Traffic Light Controller using Fuzzy Logic and Image Processing.

International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA), 12(4).

Chen, X.Z., Chang, C.M., Yu, C.W. and Chen, Y.L. (2020). A Real-Time Vehicle Detection System under Various Bad Weather Conditions Based on a Deep Learning Model without Retraining. Sensors, 20(20), 5731.

Cohen, İ. and Medioni, G. (1998). Detecting and Tracking Moving Objects in Video from an Airborne Observer. Proceedings of the Image Understanding Workshop Conference, Vol. 1, 217- 222.

Coifman, B., Beymer, D., McLauchlan, P. and Malik, J. (1998). A Real-Time Computer Vision System for Vehicle Tracking and Traffic Surveillance. Transport. Res. C-Emer. 6, 271–288.

Comelli, P., Ferragina, P., Granieri M.N. and Stabile, F. (1995). Optical recognition of motor vehicle license plates. In IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 44 (4), 790-799.

Çamurcu, H. (2005). Dünya Nüfusunun Getirdiği Sorunlar. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 8 (13), 87-105.

Daş, R., Polat, B., ve Tuna, G. (2019). Derin Öğrenme ile Resim ve Videolarda Nesnelerin Tanınması ve Takibi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 31(2), 571-581.

Deng, W. and Wu, R. (2019). Real-Time Driver-Drowsiness Detection System Using Facial Features. IEEE ACCESS, Volume 7.

Deng, L. and Yu, D. (2013). Deep learning: Methods and applications. Foundations and Trends in Signal Processing, 197-387.

Dharani.S.J. and Anitha,V. (2014). Traffic Density Count by Optical Flow Algorithm using Image Processing. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, Volume 3, Special Issue 2.

Galarza, E. E., Egas, F. D., Silva, F. M. & Velasco, P. M. (2018). Real Time Driver Drowsiness Detection Based on Driver's Face Image Behavior Using a System of Human Computer Interaction Implemented in a Smartphone.

Proceedings of the International Conference on Information Technology & Systems (ICITS), 563-572.

Girshick, R.B., Donahue, J., Darrell, T., & Malik, J. (2014). Rich Feature Hierarchies for Accurate Object Detection and Semantic Segmentation. 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 580-587.

Girshick, R. (2015). Fast R-CNN. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 1440-1448.

Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T. and Malik, J. (2016). Region Based Convolutional Networks for Accurate Object Detection and Segmentation. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 142 – 158.

Han, X., Chang, J., and Wang, K. (2021). Real-time object detection based on YOLO- v2 for tiny vehicle object. Procedia Computer Science. 183. 61-72.

He, K., Gkioxari, G., Dollar, P. And Girshic, R. (2017). Mask RCNN. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2961-2969.

Hinton, G., Osindero, S. and Teh, Y.W. (2006). A Fast Learning Algorithm for Deep Belief Nets. Neural Computation, 1527- 1554.

Ho, G.T.S., Tsang, Y.P., Wu, C.H., Wai H. W. and Choy, K. L. (2019). A Computer Vision-Based Roadside Occupation Surveillance System for Intelligent Transport in Smart Cities. Sensors 19 (8), 1796.

Hochreiter, S., Schmidhuber, J. (1997). LONG SHORT-TERM MEMORY. Neural Computation, 1735-1780.

Hofleitner, A. and Bayen, A. (2011). Optimal Decomposition of Travel Times Measured by Probe Vehicles Using a Statistical Traffic Flow Model. Proceedings of the 14th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2011, 815-821.

Hoose, N. (1989). Queue detection using computer image processing. Proceedings of the Second International Conference on Road Traffic Monitoring, London, 94-98.

Hsu, W., Chua, S.T. and Pung, H.H. (1995). An Integrated Color-Spatial Approach to Content-Based Image Retrieval. In Proceedings of The Third ACM International Conference on Multimedia, Association for Computing Machinery, New York, 305–313.

Huang, L. (2010). Roadside Camera Calibration and Its Application in Length-Based Vehicle Classification. Proceedings of the 2nd International Asia Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics (CAR 2010),Wuhan, China.

Huang, Z., Yu, Y., Gu, J. and Liu, H. (2017). An Efficient Method for Traffic Sign Recognition Based on Extreme Learning Machine, in IEEE Transactions on Cybernetics, vol. 47(4), 920-933.

Hui, J. (2018). *SSD object detection: Single Shot MultiBox Detector for real-time processing.* Erişim Tarihi: 17.10.2021. https://jonathan-hui.medium.com/ssd-object-detection-single-shot-multibox-detector-for-real-time-processing-9bd8deac0e06

Janet, R.S. and Begyamani, J. (2015). Traffic Analysis on Highways based on Image Processing. International Journal of Computational Intelligence and Informatics, Vol. 5 (1), 14-23.

Javanmardi, M., Song, Z., & Qi, X. (2020). A Fusion Approach to Detect Traffic Signs Using Registered Color Images and Noisy Airborne LiDAR Data. Applied Sciences, 11(1), 309.

Khan, S., Hazrat, A., Zia U. Bulbul, F. (2018). An Intelligent Monitoring System of Vehicles on Highway Traffic. Proceedings of the 2018 International Conference on Open Source Systems and Technologies (ICOSST), 71-75.

Kosonen, L. (2003). Multi-Agent Fuzzy Signal Control Based on Real-Time Simulation. Helsinki University of Technology Transportation Engineering, Transportation Research Part C 11, 389-403.

Kumar, P., Ranganath, S. and Weimin, H. (2003). Bayesian Network Based Computer Vision Algorithm for Traffic Monitoring Using Video. Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, vol. 1, 897-902.

Kumar,P., Ranganath,S., Weimin, H. and Sengupta, K. (2005). Framework for Real-Time Behavior Interpretation from Traffic Video. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol. 6 (1), 43-53.

Leijnen, S. and Veen, F. (2020). The Neural Network Zoo. Proceedings, 47(1), 9. doi:10.3390/proceedings2020047009

Leuva, C. (2015). Content Based Image Retrieval Using Machine Learning Technique. IJSTE- International Journal of Science Technology & Engineering, Vol. 1(12), 166-171.

Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C.- Y., C. Berg, A. (2016). SSD: Single Shot MultiBox Detector. European Conference on Computer Vision, 21-37.

Liu, W., Wang, Z., Liu, X., Zeng, N., Liu, Y., Alsaadi, F. (2017). A Survey of Deep Neural Network Architectures and Their Applications. Neurocomputing.

Liu, W., Qian, J., Yao, Z., Jiao, X. And Pan, J. (2019). Convolutional Two-Stream Network Using Multi-Facial Feature Fusion for Driver Fatigue Detection. Future Internet, 11(5).

Medioni, G., Cohen, I., Bremond, F., Hongeng S. and Nevatia, R. (2001). Event Detection and Analysis from Video Streams. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 23 (8), 873-889.

Medsker, L., Jain, L. (2001). Recurrent Neural Network Design and Applications. Boca Raton London New York Washington, D.C.: CRC Press.

Mehan, S. (2011). Introduction of Traffic Light Controller with Fuzzy Control Systm. Dept. of ECE, RIEIT, Railmajra, Punjab, India.

Mehta S., Dadhich, S., Gumber, S. & Bhatt, A. J. (2019). Real-Time Driver Drowsiness Detection System Using Eye Aspect Ratio and Eye Closur Ratio. Proceedings of International Conference on Sustainable Computing in Science, Technology and Management (SUSCOM), Amity University Rajasthan, Jaipur - India, February 26-28.

Michalopoulos, P. G. (1991). Vehicle Detection Video Through Image Processing: The Autoscope System. In IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 40 (1), 21-29.

Ngoc, B., Ngoc, T., Dinh, H. and Nguyen, Tuan. (2021). Application of Traffic Conflict Technique for Traffic Safety Evaluation at Intersection Based on Image Processing. Laplage em Revista. 7. 134-142.

OECD. (2017), ITF Transport Outlook, OECD Publishing, Paris.

O'Flaherty, C. A. (2006). Transport Planning and Traffic Engineering. Elsevier Ltd.

O'Shea, K. and Nash, R. (2015). An Introduction to Convolutional Neural Networks. Neural and Evolutionary Computing.

Oliveira, M. B. W. D. and Neto, A. D. A. (2013). Optimization of Traffic Lights Timing Based on Multiple Neural Networks. Proceedings of the 2013 IEEE 25th International Conference on Tools with Artificial Intelligence, 825-832.

Oosterhuis, T. and Schomaker, L. (2020). Who is Driving around Me? Unique Vehicle Instance Classification using Deep Neural Features.

Osman, I., Hazem, E., Ahmed, E. (2011). Speed Detection Camera System using Image Processing Techniques on Video Streams. International Journal of Computer and Electrical Engineering. 771-778.

Rad, A. G., Dehghani, A. and Karim, M. R. (2010). Vehicle Speed Detection in Video Image Sequences Using CVS Method. International Journal of Physical Sciences, vol. 5 (17), 2555 – 2563.

Rahim, M.A., & Hassan, H.M. (2021). A deep learning based traffic crash severity prediction framework. Accident; analysis and prevention, 154, 106090 .

Reddy, B., Kim, Y. H., Yun, S., Seo, C. and Jang, J. (2017). Real-Time Driver Drowsiness Detection for Embedded System Using Model Compression of

Deep Neural Networks. In 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 438–445.

Redmon, J., Divvala, S.K., Girshick, R.B. and Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection. 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 779-788.

Ren, S., He, K., Girshick, R., Sun, J. (2016). Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1137 – 1149.

Rath, S. R. 2020. *Faster RCNN Object Detection with PyTorch*. Erişim Tarihi: 17.10.2021. https://debuggercafe.com/faster-rcnn-object-detection-with-pytorch/.

Ravi, T. R. Phanigna, Y. Lenina, P. Ramcharan and P. S. Teja. (2020). Real Time Driver Fatigue Detection and Smart Rescue System. 2020 International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC), 434-439.

Saran, K.B.; Sreelekha, G. (2015). Traffic Video Surveillance: Vehicle Detection and Classification. In Proceedings of the 2015 International Conference on Control Communication & Computing India (ICCC), Trivandrum, India, 19–21, (Nov, 2015).

Savaş, B. K. and Becerikli, Y. (2020). Real Time Driver Fatigue Detection System Based on Multi-Task ConNN, in IEEE Access, vol. 8, 12491-12498.

Sathuluri, M. R., Bathula, S. K., Yadavalli, P. and Kandula, R. (2016). Image Processing Based Intelligent Traffic Controlling and Monitoring System Using Arduino. Proceedings of the International Conference on Control Instrumentation Communication and Computational Technologies (ICCICCT), 393-396.

Sharma, P. (2019). *Computer Vision Tutorial: Implementing Mask R-CNN for Image Segmentation (with Python Code). Erişim Tarihi: 17.10.2021. https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/07/computer-vision-implementing-mask-r-cnn-image-segmentation/.*

Shetty, D., Varma, J., Navi, S. and Ahmed, M. (2020). Diving Deep into Deep Learning: History, Evolution, Types and Applications. The International Journal on Media Management, 2278-3075.

Singh, S., Chawla, R. and Singh, H. (2014). Intelligent Speed Violation Detection System. International Journal of Engineering and Technical Research, vol. 2 (1), 92 – 95.

Sonika, J. and Nitika, S. (2017). A Review on Content Based Image Retrieval. International Journal of Computers & Technology, Vol. 15, 7498-7503.

Shustanov, A. and Yakimov P. (2017). CNN Design for Real-Time Traffic Sign Recognition. Information Technology and Nanotechnology, Samara-Russia, 718-725.

Şeker, A., Diri, B. ve Balık, H. (2017). Derin Öğrenme Yöntemleri ve Uygulamaları Hakkında Bir İnceleme. Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 47-64.

Tan, G., Yüksel, A., Aydemir, E. ve Ersoy, M. (2021). Derin Öğrenme Teknikleri ile Nesne Tespiti ve Takibi Üzerine Bir İnceleme (A Review on Object Detection and Tracking with Deep Learning Techniques). European Journal of Science and Technology. 159-171.

Thao D. (2002). Fusing Optical Flow and Stereo Disparity for Object Tracking. The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems, 3-6 September, Singapore, 112-117.

UN (United Nations). (2018). 68% of the world population projected to live in urban areas by 2050, says UN. Erişim Tarihi:17.10.2021. https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html

Valera, M. and Velastin, S.A. (2005). Intelligent Distributed Surveillance Systems: A Review. IEE P- Vis. Image Sign., 152, 192–204.

Versavel, J., Lemaire F. and Stede, D. V. (1989). Camera and Computer-Aided Traffic Sensor. Second International Conference on Road Traffic Monitoring, London, UK, 66-70.Wan, C.L. and Dickinson, K.W. (1990). Road Traffic Monitoring Using Image Processing-A Survey of Systems, Techniques and Applications. IFAC Proceedings Volumes, Vol. 23(2), 27-34.

Wu, Y., Lian, F. and Chang, T. (2006). Traffic Monitoring and Vehicle Tracking using Roadside Cameras. Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, Taipei, 4631-4636.

Yang, S., Bailey, E.,Yang, Z., Ostrometzky, J., Zusman, G., Seskar, I., Kostic, Z. (2020). COSMOS Smart Intersection: Edge Compute and Communications for Bird's Eye Object Tracking. IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom), 1-7.

Yang, D., Wang, X., Zhang, H., Yin, Z. Y., Su, D. and Xu, J. (2021). A Mask R-CNN based particle identification for quantitative shape evaluation of granular materials. Powder Technology, 392, 296-305.

Yilmaz, A., Javed, O. and Shah, M. (2006). Object Tracking: A Survey. Acm Computing Surveys (CSUR), 38(4), 13.

Zeng, N. and Crisman, J. D. (1997). Vehicle Matching Using Color. Proceedings of Conference on Intelligent Transportation Systems, Boston, 206-211.

Zhang, J., Xie, Z., Sun, J., Zou, X and Wang, J. (2020). A Cascaded R-CNN With Multiscale Attention and Imbalanced Samples for Traffic Sign Detection, in IEEE Access, vol. 8, 29742-29754.

Zhu, F., Liu, Q., Zhong, S. and Yang, Y. (2015). Human-level moving object recognition from traffic video. Comput. Sci. Inf. Syst., vol. 12 (2), 787–799.

BÖLÜM 4

İÇ MİMARLIKTA YAPAY ZEKÂ: İNSANA ÖYKÜNEN MAKİNELER ÇAĞINDA YAPAY ZEKÂNIN MESLEKİ PAYDAŞLIĞI[1]

Burcu YILDIRIM [2]

Doç. Dr. Sibel DEMİRARSLAN[3]

[1]Yapılan bu çalışma, İç Mimar Burcu Yıldırım tarafından Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İç Mimarlık Anasanat Dalı'nda Doç. Dr. Sibel Demirarslan danışmanlığında gerçekleştirilen Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

[2]Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İç Mimarlık Anasanat Dalı, Kocaeli, Türkiye burcuyldrm3@hotmail.com ORCID ID: 000-0002-7128-6080.

[3]Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, İnşaat Teknolojisi Programı, Kocaeli, Türkiye sdarslan@kocaeli.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-6979-5150.

GİRİŞ

Günümüzde teknoloji ve insanlık arasında oldukça yoğun bir bağ vardır. Öyle ki insanın nerede başlayıp teknolojinin nerede bittiği belirsizleşmiştir. Bireylerin kendi adına birçok yarar sağladığı bu kommensalist ilişki yakın geçmişte hızla dönüşüm geçirerek bugünkü durumuna erişmiştir. Bu nedenle teknolojinin insan hayatına girişinin yakın dönemlerle tarihlenebileceği düşünülebilir. Fakat aslında teknoloji tarihi insanlık tarihi kadar eskidir. "Kültür ve alet yapımının başladığı andan itibaren insanlığın tarih ve evrimi, teknolojinin tarih ve evrimiyle derinlemesine iç içedir" (Yonck, 2019, s. 9). Alet yapımı ile başlayan teknolojinin tarihi, insanlığın süreç içerisinde meydana getirdiği her yeni araç, üretim yöntemi ve ürün ile gelişme kaydetmiştir. İlerleyen dönemlerde kaydedilen gelişmeler, bireysel ve toplumsal faydalar elde edilmesi amacıyla birçok bilimsel çalışma ve araştırma alanları meydana getirilmesine neden olmuştur. Yapay zekâ da bu alanlardandır.

"Yapay zekânın temel fikrinin, insanın doğadaki canlılara öykünerek, kendi kendine hareket etme ve edimde bulunma yetisine sahip nesneler, yani otomatlar inşa etmesi olduğu" (Güzeldere, 1998, s. 29) söylenebilir. Oysa insan; öğrenme, algılama, ayırt etme, problem tanımlama, tanımlanan problemlere çeşitli çözümler üretme, üretilen çözümleri faydaları açısından değerlendirip çeşitli parametrelere cevap veren en doğru çözüm önerisini tespit etme gibi beceri ve yeteneklere sahiptir. Bu nedenle insanlığın sahip olduğu imkân ve araçlar geliştikçe yapay zekâ alanından beklenilenler de gelişmiş ve öz

devinimli mekanik oluşumlardan insana eş bir yapay zekâ yaratımı beklentisine evrilmiştir.

İnsan benzeri yapay zekâ olasılığı bir taraftan bireyleri cezbederken diğer taraftan birçok kitlesel çekinceyi de beraberinde getirmektedir. Yapay zekânın toplum çıkarına ters düşecek amaçlar güden kişilerin eline geçmesi durumunda meydana gelebilecek olası zararlar ve yapay zekânın mesleki uzmanlık alanlarına duyulan ihtiyacı ortadan kaldırması ihtimali bu çekincelerin bugün en çok gündeme getirilenlerindendir. İç mimarlık alanında da benzeri görüşler mevcuttur. Bu durum iki alan arasındaki bağın irdelenmesi gereğini doğurmaktadır.

Yapay zekâ; görüntü işleme, veri madenciliği, doğal dil işleme, bilgisayarla görme, robotik, uzman sistemler, genetik algoritmalar, yapay sinir ağları, bulanık mantık başta olmak üzere çeşitli tekniklerle sektörel ve disipliner uygulamalarda kendisine yer edinmiştir. Yapay zekânın sektörel kullanımına; e- ticaret, sağlık, iletişim, eğitim, tarım, tekstil, inşaat alanlarındaki kullanımları örnek verilebilirken, disipliner kullanımına ise; bilgisayar mühendisliği, elektrik elektronik mühendisliği, yönetim bilişim sistemleri ve güncel olarak gelişmiş bir alan olarak yapay zekâ mühendisliği örnek verilebilmektedir. İç mimarlık da disiplin ve meslek olarak yapay zekâdan faydalanan alanlardan birisidir.

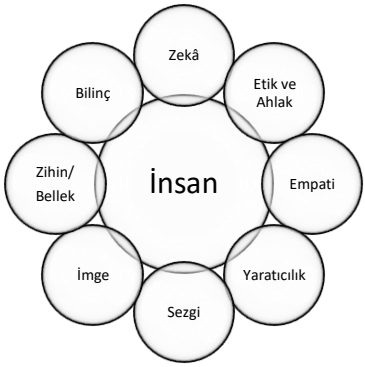
İç mimarlıkta çeşitli yapay zekâ teknolojileri güncel olarak kullanılmaktadır. Algoritmik basamaklar olarak ifade edilebilen çeşitli işlerde yapay zekâ disiplinde etkili olmaktadır. Robotik teknolojisi ile

üretilmiş robotlar saha süreçlerine dahil olmakta ve robotik kollar sıfır hata hedefi ile sanal ortamda modellenmiş tasarım ürünlerini meydana getirebilmektedir. Proje sunumunda sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik tasarlanmış mekânın doğru ifadesi için güçlü birer araç haline gelmiştir. Yapay zekâ destekli tasarım programları ile iç mimari yapay modeller oluşturulabilmektedir. Modeller üzerinden tasarlanmış mekân ile ilgili gün içerisinde aldığı ışık miktarı, çevresi ile ilişkisi, mekânın yaşam döngüsünde ortaya çıkabilecek problemler gibi bilgiler elde edilebilmekte, gündüz ve gece gibi farklı senaryolarda mekânın durumu hakkında fikir sahibi olunabilmektedir. Böylece tasarımcı + kullanıcı + üretici + yapımcı ilişkileri kontrol edilebilmekte ve öngörü ile gerçekleşecek olan arasındaki denge kolaylıkla kurulabilmektedir.

Yapay zekâ ve iç mimarlık ilişkisinin değerlendirilebilmesi için, iç mimarlığı besleyen alanlardan olan sanatın yapay zekâ ile güncel ilişkisine bakmak faydalıdır. Yapay zekânın sanat alanında kullanımına dair yaygın görüş sanatçı sayılamayacağı ve eğitildiği verileri taklit ettiği yönündedir. İç mimari alanda kullanılan yapay zekâ için de basitçe aynı ifade kullanılabilir. Fakat bu görüşün detaylı bir biçimde temellendirilebilmesi için iç mimarlığın ne olduğunun ve neleri kapsadığının irdelenmesi gerekmektedir. Bu amaçla öncelikle disiplinin temelini oluşturan iç mimarın doğası hakkında fikir sahibi olmak adına insan kavramını “farklı dikişlerinden sökmek” (Akman, 1998, s. 177) çalışma alanına yeni bir perspektif sağlayacaktır.

1. İNSAN VE İNSANI OLUŞTURAN UNSURLAR

İnsan; beyin, bilinç, algı, yaşama dair biriktirilenlerin yoruma katkısı, kültür, sahip olunan fiziksel sağlık ve ruhsal iyi oluş gibi çeşitli unsurların birleşimidir. Bahsi geçen tüm bu insanı oluşturan unsurların temel başlıklarda bir şema aracılığıyla ifade edilmesi mümkündür (Şekil 1).



Şekil 1: İnsanı Oluşturan Unsurlar

Bu temel başlıklar: zekâ, bilinç, zihin/bellek, imge, sezgi, yaratıcılık, empati ile etik ve ahlak olmak üzere sekiz başlıktır.

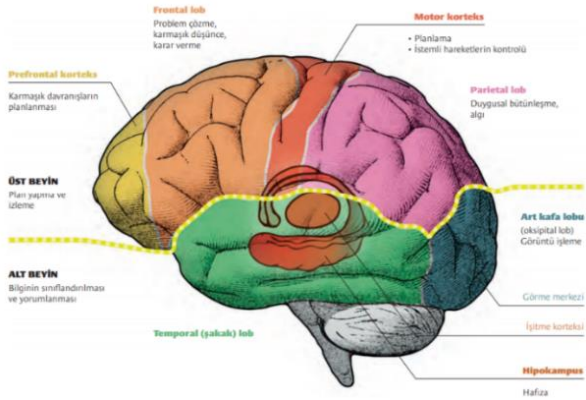
1.1. Zekâ

Zekâ kavramı tarih öncesi çağlarda bireyleri doğal seçilimden koruyan bir nitelik olarak tanımlanabilir. Fakat; yaşam koşulları, insanların yaşayış biçimleri ve insan hayatını tehdit eden unsurlar değiştikçe zekâ kavramının tanımı ve kapsamı da değişim göstermiştir. Başlangıçta kişinin kendi yaşamını devam ettirebilmesi için genellikle doğa kaynaklı problemlerine çözüm üretmesi zekâ göstergesi sayılabilmekte iken, yerleşik hayata geçilmesi ile birlikte bu yaşayış biçiminin meydana getirdiği problemlere toplumsal faydayı gözeten

çözüm önerileri sunabilmek ve topluma uyum gösterebilmek zekâ göstergeleri sayılmıştır. Bugünün modern toplumunda ise teknoloji odaklı yaşam koşulları bireyselliği ve birey odaklı zekâ kapsamını yeniden gündeme getirmiştir.

Günümüzde zekâ kavramının üzerinde uzlaşılmış mutlak bir tanımı bulunmamakla birlikte kavram en genel tanımı ile: "Karmaşık hedeflere ulaşabilme yetisi" (Tegmark, 2019, s. 74) olarak ifade edilebilir. Zekâ günümüzde çeşitli araştırmacıların katkısıyla: bilişsel zekâ, sosyal zekâ, duygusal zekâ, ruhsal zekâ gibi alt kollara ve çalışma alanlarına ayrılmakta ve çeşitli biçimlerde incelenmektedir.

Diğer bir taraftan genel olarak zekâ kavramı çeşitli araştırmacılarca beyin ile ilişkilendirilmekte ve zekânın fiziksel karşılığı beyinde aranmaktadır. Bu süreçte beyin bölgeleri çeşitli işlevlere ayrılmıştır (Görsel 1).



Görsel 1: Beynin Bölgeleri ve İşlevleri (Ak, 2019, s. 16)

Fakat bu biçimde “Beynin bölgesel fonksiyonel sınıflamasının bugün yanlış olduğunu biliyoruz” (Kılıç, 2020, s. 96). Diğer taraftan “Beynimizde anatomik bölgelere göre bir görev paylaşımı olduğu hala ön görülebilir. Ancak bu durumu ‘şu bölge şu fonksiyonu icra eder’ gibi mekanistik bir görüşle temellendirmek artık mümkün değildir” (Alp, Demir ve Gergerlioğlu, 2014, s. 38). Buradan anlaşılmaktadır ki insan beyni ve zekâ ilişkisi hakkında insanoğlu mutlak doğru bir bilgiye sahip değildir. Teknoloji geliştikçe alandaki bilgi değişmekte ve gelişmektedir.

1.2. Bilinç

Genel bir tanımla bilinç: “Öznenin kendi üzerine dönüp, kendisini kendi düşüncesiyle kavraması, kendine bir nesne olarak dışarıdan bakması durumu” (Cevizci, 1999, s. 145) olarak ifade edilebilir.

“Kavrama, akıl yürütme, öğrenme, duyarlı olma ve hatırlama ile birlikte bilinç, beynin birçok bilişsel fonksiyonundan biridir” (Lee, 2019, s. 262) ve oldukça soyut bir kavram olmasına, farklı disiplinlerde farklı bakış açıları ile farklı anlamlara gelmesine, çeşitli çalışma alanlarında farklı varsayımlarla açıklanmaya çalışılmasına karşın net bir tanıma da sahip olmayan özünde kompleks bir yapıdır.

1.3. Zihin/Bellek

İnsanın zihin yapısını oluşturan birçok unsur mevcuttur. “Nasıl parmak izlerimiz farklıysa beynimizin çalışma sistemi, dış dünyayı algılama ve yorumlama biçimlerimiz, öğrenme biçimlerimiz, kısacası zihinsel dünyamızı oluşturan temel özelliklerimiz birbirinden değişik

düzeylerde farklılık" (Canan, 2017, s. 41) göstermektedir. Zihnin dünyası tamamen öznel ve varlığı öznenin deneyimlerine içkin bir sistem kurgusuna sahiptir.

Zihin: "İnsanın düşünce ve duygulanımlarıyla ilgili fonksiyonlarının tümüne, cisimsel ya da bedensel olgudan, yalnızca kişinin kendi gözetimine açık oluşuyla ayrılan yapı" (Cevizci, 1999: 947)'dır. Zihin sıklıkla insana özgü bir nitelik olarak ifade edilmesine karşılık tanımlanmasında çeşitli problemlerle karşılaşılmaktadır. Problemlerin başlıcası ise "başka zihinler sorunu" (Churchland, 2012, s. 6) argümanıdır. Başka zihinler sorunu argümana göre zihnin gözlemlenemez yapısından ötürü hiç kimse bir diğerinin gerçekten bir zihne sahip olup olmadığını bilemez. Emin olabileceği tek şey kalitatif yollarla hakkında bilgi sahibi olabileceği kendi zihnidir.

1.4. İmge

İmge kavramı TDK Güncel Sözlük'te "Duyu organlarının dıştan algıladığı bir nesnenin bilince yansıyan benzeri, hayal, imaj" (sozluk.gov.tr) ifadeleriyle açıklanmaktadır. İnsanlar imgeler yardımı ile düşünme edimini gerçekleştirirler. Her bireyin tutum, davranış ve düşüncelerinin kendi öznel zihinsel ortamında kurgulanması dolayısı ile aslında her imge kişiye özgüdür. Herhangi iki insan aynı nesneye aynı anda baktıklarında zihin ortamlarında o nesneyi ifade eden farklı imgeler belirecektir çünkü "Her imgede bir görme biçimi yatar" (Berger, 2018, s. 10). İmgeler ve ifade ettikleri anlamlar özneldir ve aslında yaşanılan ana ve kişiye özgüdür.

1.5. Sezgi

Sezgi basitçe: “Gerçeğin deneye veya akla vurmadan doğrudan doğruya kavranması” (sozluk.gov.tr)’dır. Kişinin sahip olduğu sezgiye dayalı bilgisi, mantık süzgecinden geçirerek elde ettiği somut bir bilgi değildir. Zihin ortamında belirmekte ve kişiye bilgi vermektedir.

Fakat burada bilinç ve bilinçaltı kavramlarının devreye girdiği söylenebilir. Kişi sahip olduğu her bilginin farkında olmamakta, beyninde gerçekleşen her işlemi bilinçli olarak gerçekleştirmemektedir. Bu noktada tartışılması gereken, sezgi olarak adlandırılan bilginin yoğun bilinçli çalışmaların bilinçdışı gerçekleşen bir sonucu olup olmamasıdır.

> “Bilinçdışı çalışmanın olanaklılığı ve kesin bir meyve vermesi ancak, bilinçli bir çalışma ile birlikte sürdürülmesiyle söz konusudur. Bu ani esinler hiçbir zaman mutlak biçimde verimsiz görünen iradi çabalarla geçen, işe yarar hiçbir şeyin elde edilmediği, takip edilen yolun tümden sapıp yittiği günler yaşanmadan ortaya çıkmazlar” (Poincare'den akt. May, 2008, s. 85).

Bu nedenle sezginin doğrudan kavranmış bir bilgi ya da beynin yoğun bilinçli çalışmalarının bilinçaltında meydana gelen bir sonucu olup olmadığı da ayrıca tartışmalı bir husustur.

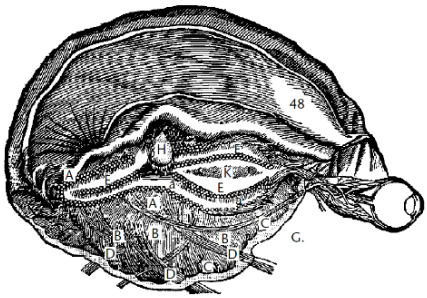
1.6. Yaratıcılık

İnsan ve yaratıcılık ayrılmaz bir bütündür. Yaratıcılık daha önce birlikte kullanılmamış araçlar veya yöntemlerle problemlere çözüm üretilmesidir. “Yaratıcılık her alanda bilinmeyeni bulma, özgün olma, her yeni karşılaşmaya, probleme farklı çözümleme uğraşısıdır”

(Çellek, 2003, s. 4). İnsan yaşantısını sürekli olarak yaratıcılık biçimlendirmektedir. Yaratıcılık aracılığıyla üretilen her yeni sistem toplumsal hayata adapte olmakta ve yaşayış biçimlerini değişikliğe uğratmakta, yeni değişimleri beraberinde getirmektedir.

1.7. Ruh

Ruh kavramı antik çağlardan günümüze değin insanların üzerinde fikir yürüttüğü ve anlamlandırmaya çalıştığı, varlığını sorguladığı insani niteliklerden biridir. Geçmiş dönemlerde ruh öğretisi çevresinde birçok düşünce ifade edilmiş, ruh tanımlanmaya ve tespit edilmeye çalışılmıştır. Ruh öğretisine dair görüşlerden biri de Descartes'a aittir. Ünlü düşünür Rene Descartes, ruhu bireyin fiziksel varlığında tanımlamıştır. "Descartes'a göre bilinçli davranışlarımıza can veren ruh, beynimizde *pineal bezi* denilen küçük bir organelde bulunuyordu. Maddeler dünyasına ait olmayan ruh bu bezden kol ve bacak kaslarımıza salıverdiği 'hayvan ruhu' ile davranışlarımıza yön veriyordu" (Alıcı, 2014, s. 24) (Görsel 2).



Görsel 2: Beyin Genel Görünümü ve Beyin İçi Pineal Bez (Epifiz Bezi) (H ile gösterilmiş) Konumu (Sutton, 2001, s. 383)

Ruh, günümüzde fiziki kanıttan uzak bir kavram olmasına karşın varlığı genel bir bağlamda kabul edilen insani niteliklerdendir.

1.8. Empati

Empati genel olarak kabul görmüş insani niteliklerdendir. İnsan olmanın doğal bir getirisi ve gerekliliğidir. "Empati hepimizin sahip olduğu ve en karmaşık koşullarda bile ortaya çıkabilen bir şeydir" (Gruen, 2012, s. 350).

Empati aracılığıyla kişiler daha önceki deneyimlerinden bağımsız olarak bir olayı deneyimleyen kişinin yerine kendilerini koyabilmektedir. Empati toplumsal yaşamın devamlılığı ve insanlar arası uyumun temel gerekliliğidir.

1.9. Etik ve Ahlak

Etik ve ahlak kavramları da insana özgü olan nitelikler kapsamına girer. Etik: "Ahlakı inceleyen en eski kuramsal dallardan biri" (Frolov, 1991, s. 153)' dir. Evrensel bir niteliğe sahiptir. Buna karşılık ahlaki kurallar toplumdan topluma değişkenlik gösterebilmektedir.

İşlevsel açıdan "Ahlak bilimi, lehte ve aleyhte oluşan unsurları, iyiyi ve kötüyü, faydalı ve zararlı yönleri adalet terazisinde tarafsız bir bicimde tartar" (Keysers, 2011, s. 255). Yapılan değerlendirmenin sonucunda ahlaki kurallar meydana getirilir.

Etik ve Ahlak sıklıkla birbirine karıştırılan iki kavramdır. "Ahlak insan davranışları üzerinde çalışırken, etik evrensel felsefi prensipler üzerinde çalışmaktadır (Mahmutoğlu, 2009, s. 225). Etiğin evrensel

bir temeli olmasına karşılık ahlak kavramının toplumsal bir altyapıya işaret ettiği söylenebilir.

2. YAPAY ZEKÂNIN İNSANA BENZETİLME ÇABASI: ANTROPOMORFİZM

Yapay zekâya dair yaygın görüş yirminci yüzyılda ortaya atılan ve yirmi birinci yüzyılda gelişen bir çalışma alanı olduğudur fakat bu bakış açısı eksik ve hatalıdır. İnsanlık çok eski tarihlerden günümüze değin çeşitli amaçlar doğrultusunda yapay bir insan, kendi görevlerini yerine getirebilecek bir makine meydana getirebilme gayesindedir. Bu nedenle "İnsan benzeri makineler pek çok öyküde betimlenmiş, heykellerde, resimlerde, çizimlerde resmedilmiştir" (Nilsson, 2019, s. 19).

İnsan yeni bir şeyler üretirken içten gelen fikir ve düşüncelerle hareket edebildiği gibi doğayı taklit ederek de yeni fikir, ürün ve düşünceler meydana getirebilmektedir. Üretimde taklit ağırlıklı olarak önem arz etmektedir. "Medeniyet, insanın doğayı çeşitli yönleri ile taklit etmesi ve geliştirmesi ile başlar. Tohumun büyümesinin taklidi ile tarım, doğal barınma koşullarının taklidi ile inşaat, doğadaki varlıkların başka varlıklar ile eşleştirilmesi ile matematik" (Bektaş ve Çağlar, 2009, s. 8) geliştirilmiştir. Bugün ise doğayı taklit ederek medeniyeti başlatan insan, insanı ve insanın sahip olduğu nitelikleri taklit ederek kendisine eş bir sistem, bir yapay zekâ üretme gayesindedir. "İnsan kendini hem psikolojik, hem işlevsel, hem de tıbbi açıdan inceleyerek düşünen makineler üzerinde çalışmaktadır" (Nabiyev, 2016, s. 20). Bu

nedenle yapay zekâ ile ilintili çalışmalar genel olarak antropomorfizm temelli olarak ilerlemektedir.

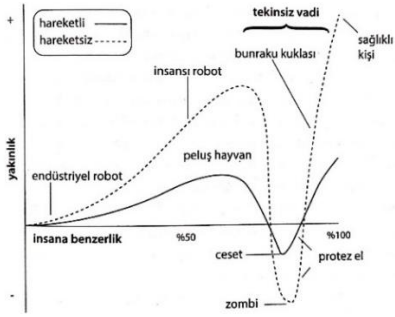
TDK Güncel Sözlük'te "İnsan biçimcilik" (tdk.gov.tr) olarak ifade edilen antropomorfizm kavramı ile dini inanışlarda ve mitolojide sıkça karşılaşılır. "Yunanca insan anlamına gelen *athropos* ve biçim, şekil anlamına gelen *morphe* sözcüklerinden türetilmiş olan antropomorfizm, genel olarak insana ait özelliklerin insan dışındaki varlıklara yüklenmesini ifade eder (Cevizci, 1999: 63). Bu özellikler insanların sahip oldukları çeşitli duygulara işaret edebildiği gibi, gerçekleştirdikleri mantık temelli bilişsel işlevleri de kapsayabilmektedir.

2.1. Tekinsiz Vadi Argümanı

Günümüzde, insanın kendisine benzeyen varlıklara yakınlık duyma eğiliminde olduğu geniş çevrelerce kabul görmüş bir düşüncedir. Bu durumda insanın gösterdiği sempati, varlığın canlı veya cansız olma durumuna bağlı değildir. Yapılan çalışmaların ortaya koyduğu bulgular insanların herhangi bir hayvanın acı çektiğini gördüklerinde hissettikleri ile fiziksel olarak insani niteliklere sahip bir robota zarar verildiğini gördüklerinde hissettiklerinin benzerlik gösterebildiğini belirtmektedir. Bu durumdan; varlığın insan ile benzerlik düzeyi arttıkça kişinin hissettiği yakınlığın da artış göstereceği çıkarımında bulunulabilir ancak bunun tersi iddialarda bulunan görüşlerin varlığından da söz etmek gerekir. Bunlardan başlıcası 'Tekinsiz Vadi Argümanı 'dır.

Robotik profesörü Masahiro Mori'nin 1970 yılında yayınladığı makalesinde öne sürdüğü Tekinsiz Vadi Argümanı, insan benzeri varlıkların benzerlik düzeyi ve hareketli olup olmama durumları ile insanda meydana getirdikleri yakınlık hissi düzeyi arasındaki ilişkiyi irdelemektedir. Argümana göre insan ve insana benzetilmeye çalışılan varlık arasındaki benzeşmenin belli bir düzeyi geçmesiyle birlikte insan için rahatsız edici bir durum ortaya çıktığı iddia edilmektedir.

Sunulan grafikte (Görsel 3) varlığın insan benzerliği belli bir seviyeyi geçtiğinde yakınlık hissinin keskin bir hızla düşüş gösterdiği görülmektedir.



Görsel 3: Masahiro Mori'nin Tekinsiz Vadi Grafiği (Yonck, 2019, s. 121)

İnsana benzer yapay oluşumların bıraktığı izlenim, bunların gündelik hayata adaptasyonu konusunda önceliğe sahiptir. Bu nedenle bugün her alanda Mori'nin çalışmasında belirttiği üzere "Tekinsiz vadiye düşmeyecek robotlar ve protez eller tasarlamayı ve inşa etmeyi umuyoruz" (2012, s. 100) öngörüsü geçerlidir.

İnsan yapay zekâyı ve yapay oluşumları tasarlarken kendinden yola çıkmakta ve kendine eş bir sistem ortaya koyma gayesi taşımaktadır fakat bu tasarımlarda benzerlik düzeyi doğru bir biçimde tespit

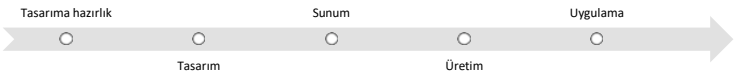
edilmediği takdirde ortaya çıkabilecek olumsuz sonuçlar göz önünde bulundurulmalı ve alandaki çalışma ile araştırmalar bu bilgiler ışığında yürütülmelidir.

3. İÇ MİMARLIK DİSİPLİNİ ve SÜREÇLERİ

İç mimarlık hizmeti birçok detayın birlikte düşünülmesi gerektiği dinamik bir süreçtir. İç mimarlıkta "Çözüm olarak önerilen her tasarımda, iç mekân ve mekânı oluşturan her türlü öğenin, kullanıcı tarafından kolay ve rahatlıkla kullanılabilmesi hedeflenirken, yapılan üretim, yani tasarlanan iç mekân hem özdeksel hem de tinsel değerlerle birlikte bir bütün olarak düşünülür" (Kaptan, 2013, s. 50). Disiplinin tüm süreçlerinde kullanıcıya ve mekânın işlevine hizmet edecek çözüm önerileri ve uygulamaları gerçekleştirilir.

3.1. İç Mimari Süreçler

İç mimarlık disiplini hizmet süreçlerini beş temel başlıkta ele almak mümkündür. Bu alt başlıklar; tasarıma hazırlık, tasarım, sunum, üretim ve uygulamadır (Şekil 2).



Şekil 2: İç Mimarlık Hizmetleri (Yıldırım ve Demirarslan, 2021, s. 30)

Her alt başlıkta disiplinin işleyişine hizmet eden eylemler gerçekleştirilir ve bu eylemler bütünleşerek iç mimari hizmet kavramını oluşturur.

3.1.1. Tasarıma Hazırlık

Tasarıma hazırlık sürecinde müşteri görüşmelerinin organize edilmesi ve yönetimi gerçekleştirilir. Mekânın hizmet edeceği işlev, ihtiyaç programı, projenin kapsamı, projede gerçekleştirilmesi beklenilen yapısal değişiklikler, tasarım konsepti ve projeye dair diğer tüm detaylar proje sahibi ile gerçekleştirilen ön görüşmede tespit edilir.

Ön görüşmenin ardından saha keşfi gerçekleştirilir ve mekânın/mekânların rölövesi alınır. Rölöve işleminde tasarımda önem arz edecek kolon, kiriş gibi kaba yapıya ait; doğrama, kaplama gibi ince yapıya ait unsurlar ile varsa tesisat bilgileri plan üzerine işlenir. Mekân hakkında bilgi verecek detaylar fotoğraflanır.

Süreçte elde edilen bilgiler ışığında; projenin ihtiyaç programına, mekânın hizmet vereceği işlevlere, mekân türüne göre dolaşım alanı standartlarına, ergonomik gerekliliklere ve sabit-hareketli donatı ihtiyaçlarına göre plan düzleminde yerleşim önerileri hazırlanır. Yaklaşık proje maliyeti ve teslim tarihi belirlenir. Avan proje, bütçe ve teslim tarihi detayları üzerinde müşteri ile uzlaşıldığı takdirde tasarım sürecine geçilir.

3.1.2. Tasarım

Tasarım sürecinde onay verilmiş avan proje detaylandırılır. Kullanıcının tasarlanmış mekânın uygulama sonuçlandığında alacağı durum hakkında detaylı olarak bilgilendirilmesi için mekâna dair iki ve üç boyutlu teknik çizimler hazırlanır. Analog ve dijital olarak gerçekleştirilebilen, farklı bakış yönlerinden hazırlanmış mekânı

anlatan kurallı ve kuralsız perspektif sunumları üretilir. Belirlenmiş tasarım konseptine uygun olacak biçimde yapılacak malzeme önerileri, doku ve renk tercihleri, ürün seçimleri proje önerisine işlenir. Seçimlerin değerlendirilme ve temin sürecinde projede kullanılacak malzeme ve ürünlerin fiyat, stok ve termin bilgileri için ilgili kurumlarla irtibata geçilir. Elde edilen bilgiler ışığında gerekli seçimler çeşitli açılardan değerlendirilerek karara bağlanır.

3.1.3. Sunum

Sunum sürecinde detaylandırılmış projenin müşteriye sunumu ve projeye ait bütçe, teslim tarihi ve çeşitli kararların kesinleştirilmesi işlemleri gerçekleştirilir.

Kesin bütçe sunumu ön hazırlığında projede kullanılacak malzeme seçimlerine dair metraj bilgileri oluşturulur. Taslak ürün ve malzeme alım listeleri hazırlanır. Avan proje sürecinde bilgisi alınan malzemelerin; fiyat, stok ve termin bilgilerinin son durumu hakkında bilgi edinilir. Tedarikçi ve üreticilerden proje ürün ve malzemeleri kapsamında fiyat teklifleri talep edilir. Elde edilen tüm bilgiler doğrultusunda kesin maliyet ve bütçe hesapları gerçekleştirilir. Bilgi sözleşmeye işlenir.

Çalışılacak atölye ekibinden proje için taahhüt ettikleri üretim süresi öğrenilir. Saha ekibinden proje için taahhüt ettikleri montaj ve yapım süresi bilgisi edinilir. Malzeme ve ürün sağlayıcılarından tedarik ve temin süreleri öğrenilir. Proje kalemleri işleyiş sırasına göre programlanarak uygulama takvimi çıkarılır. Bu bilgiler doğrultusunda

sözleşmede yer alarak müşteriye taahhüt edilecek olan proje teslim tarihi belirlenir.

Gerek yapı gerekse sabit ve hareketli tefriş elemanları üzerinde malzeme doku, renk ve ürün tercihleri müşteri ile değerlendirilerek netleştirilir. Sunulan malzeme kartelaları, atölye ortamında özel üretilmiş sistem birleşim detayları, boyanmış plaka numuneleri aracılığı ile malzeme, renk, doku seçimleri üzerinde karşılıklı olarak uzlaşılır. Gerektiğinde malzeme ve ürünlerin müşteri ile birlikte yerinde görülmesi işlemi gerçekleştirilir.

Vitrifiye, armatür ankastre ve hareketli beyaz eşya benzeri ürün seçimleri tasarlanan mekânın nitelikleri göz önünde bulundurularak gerçekleştirilir. Projeye dair müşterinin revize talepleri dinlenir ve taleplerin teknik, teknolojik ve estetik açıdan olabilirliği değerlendirilir. Bazı durumlarda "İşveren ya da kullanıcı, moda uygulamaları tasarıma katması, istedikleri malzemeleri kullanması veya istedikleri bir detayın uygulanmasında ısrarcı olabilmekte, mimarın tasarımcı, teknik ve uygulamacı yönünü yok sayıp, baskı unsuru oluşturabilmektedir" (Demirarslan, 2018, s. 252). Bu gibi durumlarda proje müellifi iç mimar kullanıcıyı doğru bir biçimde yönlendirerek uygun gördüğü yerlerde revize işlemine onay verir.

Revize gereken durumlarda yapılan değişikliklerin yer aldığı projenin müşteriye sunumu gerçekleştirilir. Güncellenmiş kesin projenin, proje bütçesinin ve teslim tarihinin onaylanmasıyla sözleşme taraflar arasında imzalanır ve üretim sürecine geçilir.

3.1.4. Üretim

Üretim sürecinde mekânların üretim ölçülerinin alınması işlemi gerçekleştirilir. İmalatı yapılacak donatı ve yapısal elemanların üretim zorunluluklarına uygun iki boyutlu uygun ölçekte teknik çizimleri hazırlanır, sistem ve nokta detayları çizilir, ilgili projeler üzerinde malzeme seçimleri belirtilir. Çizimler üretici ile paylaşılır. İmalat süreci takip edilir, üretimlerin proje detaylarına ve malzeme seçimlerine uygunluğu denetlenir.

Proje donatılarının ve ürünlerinin tedarikçilerden siparişleri gerçekleştirilir, termin süreçlerinin takibi ve yönetimi yürütülür. Müşteri, üretici, uygulayıcı ve tedarikçi ödeme planlarının organizasyonu ve yönetimi sağlanır.

Kaba inşaatta elektrik tesisatı, doğalgaz tesisatı, havalandırma sistemi ve sıhhi tesisat yerlerinin mevcutta varsa projeye uygunluğunun kontrolü, yoksa işaretlenerek bu tesisatların döşenmelerinin gerçekleştirilmesi denetlenir. Projede yapısal mekân bölümlenmeleri ve/veya birleştirilmeleri mevcut ise sahada kırım döküm işleri montaj öncesinde gerçekleştirilir, takibi yapılır. Uygulama sürecine geçilir.

3.1.5. Uygulama

Uygulama sürecinde sipariş verilen ürünlerin zamanında ve eksiksiz tedarik edilmesinin sağlanması ve sevkiyatının gerçekleştirilmesi işleri denetlenir. Atölyede üretilen ürünlerin kalite kontrolü yapılarak proje detaylarına uygunluğu denetlenir ve sevkiyat süreçlerinin takibi yapılır. İlgili saha ekiplerince gerçekleştirilen montaj işi ve mobilya

alıştırma etkinlikleri süreç boyunca organize edilir, denetlenir ve takibi sağlanır.

Üretim ve uygulama adımları süresince kullanıcı belli periyotlarda güncel durum hakkında bilgilendirilir. Montaj tamamlandığında şantiyede gerekli son kontroller gerçekleştirilerek proje sahibine iş teslimi yapılır.

Uygulama sürecinde çalışmaların kalite ve standartlar doğrultusunda ve ilgili mevzuata uygunluğu sağlanarak tamamlanması iç mimari hizmet anlayışının temel mottosudur.

4. İÇ MİMARLIK SÜREÇLERİNDE YAPAY ZEKÂ KULLANIMININ GÜNCEL DURUMU

Geçmişten günümüze tasarım ürününün oluşumunu belirli bir sistematiğe yerleştirebilmek için geliştirilen oranlama sistemleri, tasarım ediminin sayısal niteliğine ve formülize edilebilir doğasına dikkat çekmiştir. “Oranlama sistemleri diğer temel tasarım ilkeleri gibi, estetik kararların ardında yatan mantığı formüle etme ve temellendirme yöntemlerinden biridir” (Dodsworth ve Anderson, 2015, s. 102). Oranlama sistemleri aracılığıyla farklı ölçeklerdeki iç mimari üretimlerde parça-bütün ilişkisi matematiksel yöntemlerle sağlanabilmektedir. Tasarımlarda görsel bütünlük elde edilebilmektedir.

Altınoran, Modulor, Ken ve Mimari Düzen (Demirarslan ve Demirarslan, 2021, s. 6) bu sistemlerdendir.

Bugün ise güncel olarak gerçekleştirilen kuramsal çalışmalarda, yalnızca tasarım yaratımının değil, iç mimari süreçlerin tümünün içerik ve altyapısı karar ağaçları aracılığı ile formülize edilmeye çalışılmaktadır. Disiplinin hizmet ettiği değerlere cevap verebilecek algoritmik bir sürece dönüştürülebilmesi durumu incelenmektedir.

Yapay zekânın iç mimarlık disiplinine sunabileceği birçok potansiyel mevcuttur. İç mimarlık hizmeti süresince iç mimar; kullanıcı/işveren, tedarikçi, üretici ve uygulayıcı ile sürekli iletişim halindedir. Paydaşlar arasındaki bu zincir benzeri ilişkide birçok etmenle beraber iç mimari hizmet süresince sürekli bir karşılıklı bilgi akışı gerçekleşir.

Mimarlık temel disiplininin paydaşlar arası bağdaştırıcılığı evrensel ve zamanın ötesindedir. "Rönesans'tan beri mimari disiplin kendisini tasarımcı, fakat ayrıca işveren ve projelerin gerçekleştirilmesinden sorumlu zanaatkar gibi farklı paydaşlar arasındaki bir iletişim olarak tanımlamıştır" (Picon, 2020, s. 15). Bugün ise bu iletişim akışına dijital yazılım arayüzleri aracılığı ile yapay zekâ da dahil olmaktadır. Yapay zekânın rasyonel işlemlerdeki becerisi bu bilgi akışında;

- Ön görüşme bilgilerinin sistematik düzende toplanması ve değerlendirilmesi
- Tasarım önerileri oluşturma
- Tasarımda yapılabilecek değişikliklerin belirlenmesi ve teknik dille ifadesi
- İş kalemlerinin, malzemelerin, işçiliğin, nakliyenin, montajın planlanması

- Süreç boyunca güncellenebilen ve değişebilen malzeme stok, fiyat ve termin bilgisi,
- Üretim ve uygulama için taahhüt edilen süre ve proses kontrolü
- Problem varlığında taraflarca üretilen çözümler ve bu çözümlerden muhatapların bilgilendirilme durumu
- İletişimin dijital platformda bilgi aktarımı ile sağlanabilmesi
- Gibi konularda taraflar arası bilgi alışverişini zamanı çok verimli şekilde kullanarak yürütebilme potansiyeli taşımaktadır.

Günümüz teknolojilerindeki olanakları temel alarak tasarım ofislerinde yapay zekâ kullanımının tasvir edildiği bir gelecek öngörüsüne değinmek bu potansiyeller hakkında fikir sahibi olabilmek adına faydalı olacaktır:

> "Artık makina bizim verdiğimiz ana kararları ve ilkesel önerileri ya da bir kısmını çizdiğimiz bir projeyi, veya çizdiğimiz bir eskizi girdi olarak alıp gerisini bizim arayışlarımıza uygun biçimde tamamlayabiliyor, gerektiğinde revizyon taleplerini anlayıp projeyi kendisi güncelleyebiliyor, ön projeyi detaylandırıp uygulama çözüyor, tektonik kurguya dair öneriler yapıyor, detay çiziyor, bununla da kalmıyor binaya uygun peyzaj ve iç mekân kurguları öneriyor, bunların render, maket gibi temsillerini üretiyor, paftalara, sunumlara, internet sitelerine yerleştirmeyi başarıyordu" (Sönmez, 2020, s. 64).

Bahsi geçen öngörüde söz edilen başarı, meslek hizmetinin daha *insani* olarak nitelendirilebilecek bağdaştırıcılık işlevinde sağlanamamaktadır. C-3PO adlı yapay zekâ iletişim uzmanı olarak paydaşlar arası iletişimi sağlamakla görevlidir fakat başarılı olmadığı "Umutsuzluğa kapılan C-3PO, '6 milyonu aşkın dil arasında çeviri

yapıyorum ancak ustabaşı, müşteri, yasa yapıcı ve mimarın anlaşmasını sağlayamıyorum' diye yeriniyordu" (Sönmez, 2020, s. 65) sözlerinden anlaşılmaktadır.

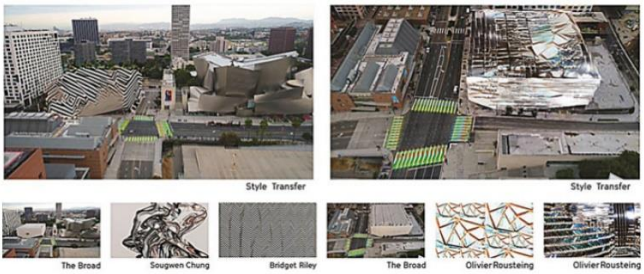
Görülmektedir ki; gelişen teknoloji ile iç mimarlık disiplininde sayısal olarak tanımlanabilecek görevlerde yapay zekâ git gide iç mimar için bir araç olmaktan çıkarak, mesleki bir paydaş haline gelmesine karşın; aynı başarıyı disiplinin nesnel olarak tanımlanıp sınıflandırılamayan ve insani özellikleri kapsayan alanlarında elde edememektedir.

5. YAPAY ZEKÂNIN MESLEKİ PAYDAŞLIK ROLÜ

Günümüz teknoloji temelli toplumunda yapay zekânın kapsamına giren birçok teknolojik yenilik ve yöntem, iç mimarlık disiplininin iş akışında kendine yer edinmiştir. Disiplinin yaratım süreci de dahil olmak üzere çeşitli basamaklarında iç mimarlar sayısal tasarım araçlarından güncel olarak sıklıkla faydalanmaktadırlar. Bu durumun bir sonucu olarak insan-makine ilişkisi kavramı disiplinde iç mimar-yapay zekâ paydaşlığı olarak karşılık bulmaktadır.

Yapay zekâ tasarıma hazırlık sürecinde tasarımcıyı yönlendirici konsept önerilerinde bulunabilmektedir. Mimar Güvenç Özel'in gerçekleştirdiği çalışma bu duruma örnektir. Araştırmacı, disiplinlerarası sanatsal üretim çıktılarından makine öğrenmesi aracılığı ile erken tasarım evresinde mimari cepheler için önerilerde bulunabilen bir sistem geliştirmiştir. Seçili mimari yapılar yapay zekânın üzerinde çalışabileceği şekilde belgelenmiştir. Çeşitli disiplinlerden belirlenmiş görseller sistem ile paylaşılmıştır.

Önerilen kurguda, sanatsal stil transferi gerçekleştirilmesi için evrişimli sinir ağları kullanan algoritma (Özel, 2020, s.107) aracılığı ile seçili görsellerden cephe çıktıları üretilebilmektedir (Görsel 4).

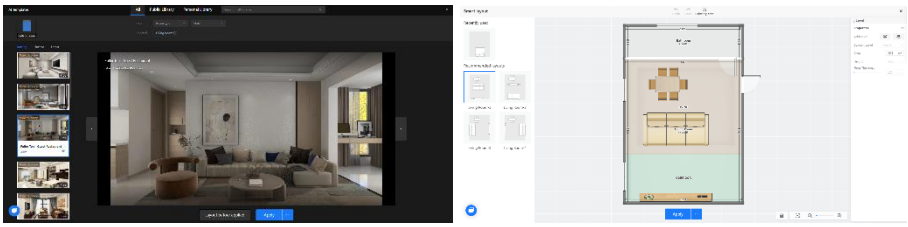


Görsel 4: Çağdaş sanat müzesi The Broad cephe görünümü ve algoritma ile paylaşılan disiplinlerarası eser imajları (altta). Stil transferi sonucu elde edilen cephe çıktıları (üstte) (Özel, 2020, s.108)

Yapay zekâ-tasarımcı paydaşlığına bir başka örnek ise Stanislas Chaillou tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı farklı görevler için eğitilen 'Pix2Pix GAN' modelleri (Chaillou, 2020, s. 117) aracılığı ile gerçekleştirdiği çalışmasında, iki boyutlu düzlemde bir mekânı mahallere ayırabilen ve mekâna tefriş yerleşim önerileri getirebilen sistem önerisi geliştirmiştir (Görsel 5).

Görsel 5: Önerilen sistem mahallere göre leke çalışması yapabilmekte ve mobilya yerleşim önerilerinde bulunabilmektedir (Chaillou, 2020, s. 122)

Yapay zekâ destekli bir program olan Coohom, yapay zekâ tasarımcı ortaklığının bir diğer örneğidir. Program tasarımcılara mahal bilgilerine ve stillerine göre kategorize edilmiş çeşitli yapay zekâ şablon mekânları sunmaktadır. Konut bazında tasarım önerilerinde bulunan programda, kullanıcının tercihine göre tek bir mahale ya da konutun tümüne seçilen şablonun tasarım dili ve tefriş elemanları entegre edilebilmektedir (Görsel 6). Programda ayrıca şablon seçimi esnasında tefriş yerleşimine plan düzleminde müdahale edilebilmektedir. Müdahale manuel olabildiği gibi yapay zekâ tasarımcıya tefriş yerleşimine dair önerilerde bulunabilmektedir (Görsel 7).



Görsel 6, 7: Coohom arayüzünde yapay zekâ şablonları (6). Seçilen şablonda tefriş yerleşimi için yapay zekâ önerileri (7) (coohom.com)

Günümüzde disiplin içerisinde yer alan yapay zekânın cisimleşmiş bir yapıya sahip olmadığı vurgulanabilir. Yapay zekânın insana benzemesi gerekliliği ve yapay zekâya insana ait niteliklerin kazandırılması amaçları ile birçok çalışma güncel olarak sürdürülmesine karşın bu durumun gerekliliği tartışmalıdır.

İç mimarlık; ergonomi, işlevsellik, teknik bilgi gibi görece nesnel içerikleri kapsamasına karşılık insani nitelikler olarak çalışma içerisinde açıklanmış birçok soyut içeriği de bünyesinde

barındırmaktadır. Tasarım fikrinden sonuç ürününe erişilen süreçte iç mimar insani olgulardan disiplinin çeşitli basamaklarında faydalanmaktadır. Basamakların hizmet verdiği işlevlere bazı noktalarda hesaplamalı zekâ karşılık verebilirken, net biçimde iş tanımı yapılamayacak sezgisel alanlarda da tasarımcı, insana ait niteliklerin katkısını değerlendirmektedir. İç mekân tasarımını oluşturan maddi ve ruhsal değerler bir bütünün ayrılmaz parçalarıdır. Bu nedenle disiplin içerisinde hesaplamalı zekânın cevap verebileceği şekilde tanımlanması mümkün olmayan insani unsurlar oldukça önem arz etmektedir.

Bugün "Tasarımda aktif makine katılımı dönemine doğru gittiğimiz neredeyse kesin" (Picon, 2020, s. 22)'dir. Çağın getirdiği yeni teknolojik yapay zekâ unsurları disiplinin çeşitli süreçlerine dahil olarak verimliliği ve işgücü kullanımını iyileştirmektedir. Bu nedenle yapay zekânın iç mimarlık disiplinini yeniden biçimlendirdiğini söylemek yanlış olmayacaktır.

Süreç boyunca Yan'ın da belirttiği üzere: "Dijital teknolojinin modern gelişiminin etkisi altında tasarım araçları gitgide her zamankinden zeki hale geldi, kendi içinde yaratıcı hale geldi ve daha sonra genellikle insan özne ile iş birliği yaparak yeni bir melez yaratıcılık" (2020, s. 75) oluşturduğu söylenilebilir. Sonuç olarak iç mimar ve yapay zekâ arasındaki ilişkide artan iş birlik düzeyi akıllara daha gelişmiş versiyonlarında tasarımcının yerini alabilecek bir yapay zekâ ihtimalini getirmiştir.

İç mimar, genel olarak tasarım ile ilgili diğer mesleki uzmanlık alanlarını da içine alan bir kavram olan "tasarımcı" sıfatı ile isimlendirilebilmektedir. İç mimarın yerini alabilecek bir yapay zekâ olasılığından bahsedildiğinde bu duruma paralel olarak "yapay tasarımcı" kavramı kullanılmaktadır. Fakat bu eksik bir yaklaşımdır. İç mimarlık uzmanlık alanının disipliner süreçleri tasarlayıcı olmanın yanında birçok farklı etkinlik içermektedir. İç mimar disipliner hizmet sürecinin tasarıma hazırlık aşamasında araştırmacıdır. Tasarım sürecinde ergonomi, maliyet, üretim tekniği, malzeme ve tasarım ölçütlerini göz önünde bulundurarak tasarlama işini gerçekleştiren tasarımcı, sunum sürecinde müşterinin proje karşısında tutumunu analiz etmesi gereken ve bu tepkiler üzerinden gerçek arzusunu saptamakla yükümlü kişidir. Müşterinin sözlü olarak ifade ettiği talep ve isteklerini mesleki bilgi ve deneyim süzgecinden geçirip en doğru tasarımsal çözümlemelere ulaşan uzmandır. Sürecin taraflar için ekonomi/finans boyutunu yürüten yetkili kişidir. Süreçte meydana gelebilecek olası yasal yaptırımların muhatabıdır. Projenin üretimi ve uygulanması esnasında kontrolör, işveren-üretici ve saha-atölye arasındaki bağlantı unsurudur (Şekil 3).

İç mimarlığın amaç ve kapsamını tasarımcı ifadesi tek başına karşılayamamaktadır. Bu nedenle eğer iç mimarın yerine geçmesi beklenilen bir yapay oluşumdan bahsediliyorsa "yapay tasarımcı" ifadesi yeterli değildir. Böyle bir yapay zekâ bahsi geçen tüm görevleri yerine getirmelidir.

Şekil 3: İç Mimarlığın Kapsadığı Etkinlikler

İç mimarın yerine geçebileceği varsayılan yapay zekâ olasılığında bir diğer nokta ise çalışma içerisinde bahsedildiği üzere süreçteki her adımın sayısal temelli olarak tanımlanması gerekliliğidir. Bu gibi durumlarda "Deterministik olarak öngörülebilir olmayan bir durum karşısındaki koşullu tepkiyi doğrudan kodlarsanız, bu sabit kod uzun vadede işe yaramaz. Ya koşullar eninde sonunda beklenen aralığın dışına çıkar ya da bu tür bir programlamanın zaafından istifade etmeye çalışan insan unsuru gibi bir durum devreye girer" (Yonck, 2019, s. 160).

Tasarımcının aksine yapay zekâ inisiyatif alamaz. Beklenmeyen durumlarda vereceği tepki ve sunacağı çözüm önerileri kendisini kodlayan kişinin öngörüleri ile sınırlıdır. Bu nedenle iç mimarlık algoritmik bir sürece dönüştürülmeye çalışılsa da süreçte önemli rol oynayan insani nitelikler disiplinin girdi ve çıktılardan oluşan öngörülebilir bir sisteme evrilmesine engel olmaktadır.

DEĞERLENDİRME ve BULGULAR

Yapay zekânın disiplinde güncel kullanım örneklerinden ve günümüz teknoloji olanaklarından yola çıkılarak çalışmada ifade edilen iç mimari süreçlerde hangi insani niteliklerin iç mimarlara fayda sağladığı Tablo 1'de ifade edilmektedir.

Tablo 1: İç Mimari Disipliner Süreçlerinde İnsani Niteliklerden İç Mimarın Faydalanma Düzeyleri

İnsani Nitelikler	İç Mimari Süreçler				
	Tasarıma Hazırlık	Tasarım	Sunum	Üretim	Uygulama
Zekâ	✓	✓	✓	✓	✓
Bilinç	✓	✓	✓	✓	✓
Zihin/Bellek	✓	✓	✓	✓	✓
İmge	✓	✓	✓	✓	✓
Sezgi	✓	✓	✓	✓	✓
Yaratıcılık	✓	✓	✓	✓	✓
Ruh	✓	✓	✓	✓	✓
Empati	✓	✓	✓	✓	✓
Etik ve Ahlak	✓	✓	✓	✓	✓
		Lejant	✓	Etkili	
			✓	Daha az etkili	

İç mimarlığın tüm süreçlerinde zekâ niteliğinin kapsamına giren akıl yürütme, düşünme ve algılama işleri yoğun olarak gerçekleştirilir. Bu nedenle zekâ insani niteliği; tasarıma hazırlık, tasarım, sunum, üretim ve uygulama basamaklarının tümünde etkin bir biçimde iç mimar tarafından kullanılır.

İç mimarlıkta bilinç olgusu özellikle tasarım, üretim ve uygulama süreçlerinde ön plana çıkmaktadır. Tasarım sürecinde göz önünde bulundurulması gereken unsurların bilincinde olan tasarımcı, tasarımı bu unsurlar ışığında yönlendirir. Malzeme özellikleri ve üretim

teknikleri çerçevesinde tasarım ürünü fikrini inşa eder. Üretim ve uygulamada karşılaşılabilecek zorlukların bilincinde olarak tasarımı şekillendirir.

Disiplinde tasarıma hazırlık süreci iç mimarın zihin ortamında başlar. Tasarlanma ediminde de zihin adeta bir tasarım aracı olarak yoğun bir biçimde kullanılır. Takip eden basamaklarda diğer yardımcı araçların sürece dahil olması ile etkisi görece azalmasına karşın, zihin iç mimarinin tüm disipliner süreçlerinde etkisini sürdürmeye devam etmektedir.

İnsan imgeler yardımı ile düşünür ve dış dünyayı imgeler aracılığı ile yorumlar. Tasarımcı disipliner süreçlerde düşünme ve yaratım edimlerinde imgelerden faydalanır. Disiplindeki zihin kullanımına paralel olarak bu faydalanım öncelikli olarak tasarıma hazırlık ve tasarım süreçlerinde görülmesine karşılık diğer tüm basamaklarda da etki göstermektedir denilebilir.

Sezgiye dayalı elde edilen bilgi; bilinçli yoğun çalışmanın bilinçaltı bir sonucu veya zihinde aniden beliriveren bir bilgi özelliği ile tasarıma hazırlık, tasarım ve sunum süreçlerinde iç mimar tarafından etkin bir biçimde kullanılmaktadır. Buna karşılık diğer basamaklarda sezgi yoluyla elde edilen bilgiden faydalanılma durumu görece daha az etkilidir.

İç mimarlıkta yaratıcılık özellikle tasarım sürecinde öne çıkan bir insani nitelik olmasına karşılık tasarıma hazırlık sürecinde tasarım problemine gösterilen tutum, projenin müşteriye sunumu ile saha ve

atölyede meydana gelebilecek olası problemlere yaratıcı çözümler üretme gibi alanlarda da iç mimar tarafından kullanılmaktadır.

Disiplinde ruh kavramı ile öncelikli olarak tasarım ve üretim sürecinde tasarlanan ürünün sahip olması gereken bir nitelik olarak karşılaşılmaktadır, bu durum 'tasarımın ruhu' ifadesindeki aslında bütünlüğü yakalayabilmiş olma ile ilgilidir. Diğer disipliner süreçlerde de daha az etkinlik göstermesine karşılık ruh kavramı yer almaktadır. Burada sözü edilen ruh kavramı 'mana/anlam' katma özelliği ile ölçülebilir bir içeriğe sahiptir denilebilir.

Temel insani niteliklerden sayılan empati, tüm süreçlerde tasarımcının yoğun olarak kullandığı ve aslında kullanması gereken bir niteliktir. Tasarıma hazırlık, tasarım ve sunum süreçlerinde kullanıcı ile empati kurarak ihtiyaçlarını analiz etmesi ve kullanıcıyı anlaması gereken iç mimar, üretim ve uygulama süreçlerinde işveren/müşteri/kullanıcı, üretici ve uygulayıcılarla empati kurarak doğru tasarım, uygun çözümler ve hatasız üretimlerin gerçekleştirilmesini sağlamakla yükümlüdür.

Disipliner süreçlerin tasarıma hazırlık, tasarım, sunum, üretim ve uygulama basamaklarının tümünde etik ve ahlak kavramları öncelikli olarak etkili olan insana ait soyut ve kültürel niteliklerdendir. Disipliner süreçlerin tümünde etik ve ahlak ilkelerine uygun bir biçimde davranan iç mimar, hem disipliner süreçleri tüm paydaşlar ve kullanıcı için doğru bir biçimde yürütebilecek hem de gerektiği durumlarda yasalar karşısında kendi haklarını koruyabilecektir.

SONUÇ

Yapay zekânın günümüzdeki geliştirme ve uygulama biçimi insandan yola çıkarak oluşturulan algoritmalar aracılığı ile gerçekleşmektedir. Sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, karma gerçeklik gibi teknolojiler neredeyse tüm disiplin, alan ve sektörlerde fayda sağlar ve kullanılabilir durumdadır. İlerleyen süreçte bu durumdan daha farklı yaklaşımlarla da geliştirilmeye çalışılacağı günümüz çalışmalarından yola çıkılarak öngörülebilir. Yapay zekânın sunduğu kullanım potansiyellerinin anlaşılması için öncelikle insanı daha iyi anlamak gerektiği açıktır. Gelişen teknolojik ve sosyal koşullarla birlikte insanı oluşturan unsurların daha detaylı bir biçimde incelenmesi yapay zekâ ile ilgili daha doğru tespitler yapılabilmesine, yapay zekâya daha geniş bir perspektiften yaklaşılabilmesine ve daha hızla geliştirilebilmesine imkân sağlayacaktır. Böylece yapay zekânın toplumsal yaşantıda ve meslek disiplinlerinde daha etkin kullanımı söz konusu olabilecektir.

Yapay zekânın insani niteliklere sahip olması durumu kapsamında günümüzde çeşitli bilimsel araştırmalar gerçekleştirilmektedir. Halihazırda zekâ niteliği kapsamında yapay zekâdan sayısal olarak formülize edilebilen rasyonel işlerde çok sık faydalanıldığı görülmektedir. Yapay zekâ ve bilinç üzerine tartışmalar devam etmektedir. Yapay zekânın güncel kullanımında insandaki sezgi niteliğini tam karşılayamamakla birlikte “sezgisel algoritmalar” kendine yer edinmektedirler. Yapay zekânın yaratıcılık özelliği, insani meziyetler içermesi nedeni ile sorgulanmakta ve sağlanabilirliği konusunda çalışmalar sürmektedir. Yapay zekâ sistemlerinin gittikçe

gelişim gösterdiği içinde bulunulan süreçte, kendi sisteminde bir ruh oluşumu yaratma olasılığı sorgulanmakta ve insanlar gibi empati yeteneğine sahip olan sistemlerin kurgulanması üzerine çalışılmaktadır. Tüm bu gelişimlerin sonucu olarak yapay zekâda etik ve ahlak kavramlarının yeri tartışılmaktadır.

Yapay zekâ alanında gerçekleştirilen çalışmaların gündelik yaşantıya ve meslek disiplinlerine getirecekleri avantaj ve dezavantajlar mevcuttur. Bu süreçte yapay zekânın insani niteliklere sahip olmasından çok bu niteliklerin yerine getirdiği işlevleri karşılamasının önemli olduğu ayrıca vurgulanmalıdır. Yapay zekâdan insana eş fiziksel ve ruhsal bir biçim almasını beklemenin topluma daha kolay uyum sağlayabilmesi dışında pratikte bir faydası yoktur. Eğer böyle bir ihtiyaca karşılık gelecek bir üretimde bulunulacak ise, çeşitli risklerin göz önüne alınması hususunda tekinsiz vadi argümanında öne sürülen iddia göz önünde bulundurulmalıdır.

İç mimarlık kapsamında yapay zekâ kullanımında disipliner süreçlerin tümünde farklı katkılarla yapay zekâ sistem ve araçlarının kendine yer edindiği söylenebilir. Sayısal olarak formülize edilebilir iş kalemlerinde yapay zekâ araç ve sistemleri iç mimar tarafından yoğun bir biçimde kullanılmaktadır. Geliştirilen program ve modeller tasarım sürecini kısaltma, hizmet kalitesini artırma, üretim-proses ilişkisini kontrol edebilme, paydaşlar arası ilişkiyi düzenleme ve iletişimi kolaylaştırma konularında katkı sağlar niteliktedir. Düzeltme ve güncellemelerin kolaylıkla yapılabilmesi, teknik çizim dili ve

terminolojiyi kolay algılanabilir hale getirebilme diğer önemli katkılarıdır.

Günümüzde yapay zekâ iç mimar için faydalandığı bir araç olmanın ötesinde adeta mesleki bir paydaştır. Program ve modellerde yer verilen özel kütüphaneler bu paylaşımı güçlendirmektedir. Veri saklama, veri depolama gibi yönleri ile yüksek kapasiteye sahip belleğinin olması ve veri çağırmada sunduğu hızlı geri bildirim ile yapay zekânın olumlu katkıları yadsınamaz bir gerçektir. Ancak, iç mimar ve yapay zekâ arasındaki paydaşlık ilişkisi, yapay zekânın sürekli gelişim göstererek iç mimarın yerini alabilmesi tartışmalarını da gündeme getirmektedir. Yapay zekânın rasyonel alanlardaki başarısı yadsınamaz bir gerçektir. Buna karşılık aynı başarı disiplinin rasyonel olmayan ve insani nitelikleri barındıran bölümlerinde elde edilememektedir.

İç mimarlık ve yapay zekâ ilişkisi hizmeti ve üretimi kapsar bir şekilde gelişme göstermektedir. Yapay zekânın iç mimarın yerini alabileceği konusunda öne sürülen distopik görüşler ve mesleğin elden gidebileceği endişesi ile zihinlerde oluşturulmaya çalışılan kaotik teorilerin gerçekleşemeyeceği söylenebilir. Çünkü çalışmada ele alınan insana ait duygusal, sezgisel, bilişsel ve yapay zekâda model olarak alınan zekâ unsurunun varlığı ve en azından şimdilik tam olarak taklit edilemezliği bu durumu açıklayabilir. Sonuç olarak çalışmada ele alınan iç mimarlık ve yapay zekâ ilişkisinin disiplini, mesleği ve hizmeti daha iyiye götürebilir paylaşımda ve içeriğe sahip olduğu görülmektedir. Birbirini besler ve geliştirir nitelikteki bu

ilişkinin karşılıklı olarak faydaları ve iç mimar, kullanıcı ile sektöre olumlu katkılarının gelişmeye açık olduğu belirtilmelidir.

KAYNAKÇA

Ak, Ö. (2019). Beynimizi Özel Yapanlar, Beynimiz Sırlarla Dolu. *Bilim ve Teknik, 52*(621), 14-25.

Akman, V. (1998). Bir Metni Farklı Dikişlerinden Sökmek. *Cogito*, (13), 177-182.

Alıcı, T. (2014). *Gerçek Bir Yanılsama: Bilinç* (2. Baskı). İstanbul: Metis Bilim.

Alp, M. İ., Demir, E. A. ve Gergerlioğlu, H. S. (2014). Optogenetiğin Temelleri. *European Journal of Basic Medical Sciences, 4*(2), 37-43.

Bektaş, E. E. ve Çağlar, M. U. (2009). Bilgisayarlar Rakiplerimiz mi? *Bilim ve Teknik-Yıldız Takımı Eki*, *42*(499), 8-11.

Berger, J. (2018). *Görme Biçimleri* (Y. Salman, Çev.) (24. Baskı). İstanbul: Metis Yayınları.

Canan, S. (2017). *Değişen Beynim* (4. Baskı). İstanbul: Tuti Kitap.

Cevizci, A. (1999). *Paradigma Felsefe Sözlüğü* (3. Baskı). İstanbul: Paradigma Yayınları.

Chaillou, S. (2020). ArchiGAN: Artificial Intelligence x Architecture. P. F. Yuan, M. Xie, N. Leach, J. Yao ve X. Wang (Ed.), *Architectural Intelligence: Selected Papers from the 1st International Conference on Computational Design and Robotic Fabrication (CDRF 2019)* in (pp. 117-128). Singapore: Springer Singapore.

Churchland, P. M. (2012). *Madde ve Bilinç: Zihin Felsefesine Güncel Bir Bakış* (1. Baskı) (B. Ersöz, Çev.). İstanbul: Alfa Yayınları.

Çellek, T. (2003). Sanat ve Bilim Eğitiminde Yaratıcılık. *PIVOLKA*, (8), 3-11.

Demirarslan, D. ve Demirarslan, O. (2021). Proportion and Order in Architectural Design. H. B. Henden Şolt (Ed.), *Research&Reviews in Architecture, Planning and Design* in (1. Edition, pp. 3-26). Ankara: Gece Kitaplığı.

Demirarslan, S. (2018). Kavramsal Sanat ve Mimarlığa Yansımaları. *Türk & İslam Dünyası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, *19*(19), 244-254.

Dodsworth, S. ve Anderson, S. (2015). *İç Mekân Tasarımının Temelleri* (2. Baskı). İstanbul: Literatür Yayıncılık.

Frolov, İ. (1991). *Felsefe Sözlüğü*. (A. Çalışlar, Çev.) (1. Basım). İstanbul: Cem Yayınevi.

Gruen, A. (2012). *Empatinin Yitimi: Kayıtsızlık Politikası Üzerine*. (İ. İgan, Çev.) (3. Baskı). İstanbul: Çitlembik Yayınları.

Güzeldere, G. (1998). Yapay Zekâ'nın Dünü, Bugünü, Yarını. *Cogito,* (13), 27-41.

Kaptan, B. B. (2013). *Kültür ve İçmimarlık* (1. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Keysers, C. (2011). *Empatik Beyin: Ayna Nöronlarının Keşfi İnsan Doğasını Anlama Yetimizi Nasıl Değiştirdi?* (A. Eper, Çev.) (1. Baskı). İstanbul: Alfa Yayınları.

Kılıç, T. (2020). *Yeni Bilim: Bağlantısallık-Yeni Kültür: Yaşamdaşlık "Beyin Nedir?" den "Yaşam Nedir?" e Bir Bilim Serüveni* (2. Baskı). İstanbul: Ayrıntı Yayınları.

Lee, E. A. (2019). *Dijital Ruh-İnsan ve Teknoloji Arasındaki Yaratıcı Ortaklık*. (A. Uysal ve G. Uysal, Çev.) (1. Baskı). İstanbul: Koç Üniversitesi Yayınları.

Mahmutoğlu, A. (2009). Etik ve Ahlak, Benzerlikler, Farklılıklar ve İlişkiler. *Türk İdare Dergisi*, *81*(463-464), 225-249.

May, R. (2008). *Yaratma Cesareti*. (A. Oysal, Çev.) (11. Baskı). İstanbul: Metis Yayınları.

Mori, M. (2012). The Uncanny Valley. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, *19*(2), 98-100.

Nabiyev, V. V. (2016). *Yapay Zekâ: Stratejili Oyunlar-Örüntü Tanıma-Doğal Dil İşleme* (5. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Nilsson, N. J. (2019). *Yapay Zekâ Geçmişi ve Geleceği* (M. Doğan, Çev.) (2. Baskı). İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.

Özel, G. (2020). Interdisciplinary AI: A Machine Learning System for Streamlining External Aesthetic and Cultural Influences in Architecture. P. F. Yuan, M. Xie, N. Leach, J. Yao ve X. Wang (Ed.), *Architectural Intelligence: Selected Papers from the 1st International Conference on Computational Design and Robotic Fabrication (CDRF 2019)* in (pp. 103-116). Singapore: Springer Singapore.

Picon, A. (2020). What About Humans? Artificial Intelligence in Architecture. P. F. Yuan, M. Xie, N. Leach, J. Yao ve X. Wang (Ed.), *Architectural Intelligence: Selected Papers from the 1st International Conference on Computational Design and Robotic Fabrication (CDRF 2019)* in (pp. 15-29). Singapore: Springer Singapore.

Sönmez, N. O. (2020). Ve Google Kediyi Tanıdı! Yapay Zekanın Yakın Geleceğinde Mimarlık (II. bölüm). *Mimarlık*, (413), 64-68.

Sutton, J. (2001). René Descartes. *Encyclopedia of Life Sciences* in (C. 5, pp. 383-386). Chichester: John Wiley & Sons.

Tegmark, M. (2019). *Yaşam 3.0 Yapay Zekâ Çağında İnsan Olmak*. (E. C. Göksoy, Çev.) (1. Baskı). İstanbul: Pegasus Yayınları.

Yan, C. (2020). A Hybrid Creativity in Architecture: From Brain Plasticity to Augmented Design Intelligence. P. F. Yuan, M. Xie, N. Leach, J. Yao ve X. Wang (Ed.), *Architectural Intelligence: Selected Papers from the 1st International Conference on Computational Design and Robotic Fabrication (CDRF 2019)* in (pp. 75-84). Singapore: Springer Singapore.

Yıldırım, B. ve Demirarslan, S. (2021). İç Mimarlık Disiplininde Yapay Zekâ Kullanımının Tasarımcı, Uygulayıcı ve Kullanıcı Deneyimine Getirdiği Yenilikler (ss. 27-41). 2. Uluslararası Mühendislik ve Mimarlık Kongresi, sunulmuş bildiri, İksad Yayınevi.

Yonck, R. (2019). *Makinenin Kalbi-Yapay Duygusal Zekâ Dünyasında Geleceğimiz*. (T. Göbekçin, Çev.) (1. Baskı.). İstanbul: Paloma Yayınevi.

https://www.coohom.com/ erişim tarihi:04.10.2021

BÖLÜM 5

SAĞLIK KURUMLARI YÖNETİMİNDE DİJİTALLEŞME VE YAPAY ZEKÂ

Dr. Akın ERDEMİR[1]
Dr. Fatih SEYRAN[2]

1 Süleyman Demirel Üniversitesi Hastanesi, Isparta, Türkiye.
akinerdemir@sdu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-9884-6135
[2] Sağlık Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
fatihseyran@gmail.com, ORCID ID:0000-0001-8546-1145

GİRİŞ

Sağlık kurumları yetersiz personel sayısına rağmen her geçen gün daha kalabalık kitlelere hizmet verme çabasındadır. Gelişen teknolojiye bağlı olarak sağlık hizmeti almak için sağlık kurumlarına başvuran bireylerin hizmet hızı ve kalitesi beklenti düzeyleri teknolojik gelişmelere endeksli olarak sürekli artmaktadır. Dolayısıyla eksik personel ve sürekli artış gösteren hasta sayısına rağmen oluşan daha hızlı ve daha kaliteli sağlık hizmeti beklentisi sağlık sektörünün diğer sektörlerle iş birliği yapmasını zorunlu hale getirmiştir. Söz konusu iş birliği ihtiyacı, tıbbî hizmetlerde ve büro hizmetlerinde olduğu gibi örgütsel yönetimde de hissedilmektedir.

Dünyada yaşanan hızlı teknolojik gelişmeler sağlık kurumlarını da emsalleri gibi kaçınılmaz bir şekilde dijitalleşmeye doğru sürüklemektedir. Dijitalleşmenin kademeli olarak tüm dünyada yaygınlaşmasından sonra insanların yaptıkları birtakım işleri hatasız yapabilen, kendi kendine öğrenebilen ve bu sayede kendini sürekli geliştirebilen, insanların yapabileceklerinin çok ötesinde analizler yapabilen ve hatta çıkarımlar yaparak önerilerde bulunabilen yapay zekâ teknolojileri de yaygınlaşmaktadır. Sağlık kurumlarında gerek tıbbî gerek yönetsel olarak; kayıt ve depolama, randevu ve iletilişim gibi birçok konuda bilgisayar kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte dijital dönüşüm süreci yıllar önce başlamıştır ve farkına varılmadan yapay zekâ kullanımının alt yapısı oluşturulmuştur.

Türkiye Sağlık Bilişimi Eylem Planı (2004) kapsamında tamamlanan, Sağlık Bakanlığının kullandığı ve yapay zekâ felsefesine göre işletilen bilgi sistemlerine şunlar örnek verilebilir (Sağlık Bakanlığı, 2004); TDMS (Tek Düzen Muhsebe Sistemi), ÇKYS (Çekirdek Kaynak Yönetim Sistemi), AHBS (Aile Hekimliği Bilgi Sistemi), SABİM (Sağlık Bakanlığı Bilgi Sistemi), TSBS (Türkiye Sağlık Bilgi Sistemi), TCMKS (Tıbbî Cihaz ve Malzeme Kayıt Sistemi).

Dijital teknoloji alanındaki köklü gelişmeler tüketici davranışlarını da etkileyen en önemli unsurlardan biridir ve dünyada internete bağlananların sayısı arttıkça etkisinin daha da artacağı öngörülmektedir (Solomon, 2007). Dijital teknolojinin ve yapay zekâ teknolojisinin hızla artan etkisinin sağlık hizmetleri sunumunu ve yönetimini derinden etkileyerek zorunlu bir yapay zekâ teknolojisi dönüşümüne yol açacağı düşünülmektedir.

Tüm bu açıklamalar dikkate alındığında, dijitalleşme sürecinde belirli bir olgunluğa erişen sağlık kurumlarının yapay zekâ teknolojilerinin kullanılması konusunda bir evrim geçirdiği söylenebilir. Çünkü bu teknolojinin öncüllerinden olduğu bilinen "hasta merkezli dijital sağlık ekosistemi" çoktan beridir oluşmaktadır (Akalın ve Veranyurt, 2021). Özellikle sağlık kurumlarının sunduğu hizmetlerde yapay zekâ teknolojilerinin verimliliği ve etkililiği artıracağı, buna bağlı olarak önemli derecede iş yükünü azaltacağı, doğru ve zamanında kararlar alınmasını sağlayacağı düşünülmektedir (Önder ve Saygılı, 2018; Dilworth, 1988).

Çalışmanın amacı; sağlık kurumları yönetiminin dijitalleşmeye ve yapay zekâ teknolojilerinin kullanımına son derece elverişli olduğuna ve bu teknolojilerin kullanımının artık bir tercih değil zorunluluk (Nalbantoğlu, 2021) olduğuna dikkat çekebilmektir. Bu konuda oluşacak her farkındalığın sağlık kurumlarına hizmet kalitesi ve kaynak tasarrufu açısından olumlu katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

1. YAPAY ZEKÂ

Yapay zekâ, insan düşünme biçimini göz önünde bulundurarak bilgisayarların programlanmasını temel alan, insan hayatının her alanında etkisi gözlemlenebilen bir çalışma alanıdır (Russel and Norvig, 1995). Yapay zekâ, insan zihnini ve davranışlarını en iyi şekilde tanımaya çalışarak, insana benzer şekilde düşünebilen makineler programlamaya çalışan bir uzmanlık alanıdır (Önder ve Saygılı, 2018). Yapay zekâ, muhtelif bilgilerin edinilmesi ve mantıksal çıkarımlar yapılarak hesaplanması yöntemlerini kapsayan bir süreçtir (Kızılkaya ve Oğuzlar, 2018). Bilgisayar biliminin bir dalı olan yapay zekâ; makineleri akıl yürütme ve algılama yetenekleriyle donatmaktır ve bu uygulamalı ve teorik olmak üzere iki farklı şekilde yapılabilir (Clocksin, 2003). Elmas'a göre (2018) yapay zekâ; insan beyninin fonksiyonlarının temel alınarak düşünme, algılama, yorumlama ve çözümleme yapma becerisi olmakla birlikte tüm bu sayılan süreçlerin sonrasında insan gibi karar alabilen inorganik sistemlerdir. Literatürdeki yapay zekâ tanımlarının farklılığı, yapay zekânın kullanım amacı ve kapsamından kaynaklanan farklılıklarla

açıklanabilir (Zambak, 2014).

Prof. Dr. John McCarthy, Marvin Minsky ile beraber bir araştırma alanı açmış ve bu alanın adını Yapay Zekâ koymuştur. Böylece bu alanda ilk çalışmalar yapılmıştır (Ötleş vd. 2018). Bu konunun temelini oluşturan ilk çalışmalar 1943 yılında Walter Pitts ve Warren McCulloch tarafından yapılmıştır. Bununla birlikte Yapay zekâ teknolojisi ilk kez 1956 yılında Darthmouth Konferansında konuşulmuştur (Cukier, 2019; Akalın, 2020-a; Sterne, 2017).

Literatürde, yukarıdaki tanımların aksine "Çin odası" gibi yapay zekâ karşıtı argümanlar geliştiren araştırmacılara rastlamak mümkünse de (Preston ve Bishop, 2002); bu çalışmada yapay zekâ teknolojilerinin ileri düzeyde uzmanlık bilgisi gerektiren teknik boyuttaki tartışmalara yer verilmemektedir. Çünkü karşıt argümanların niteliği, yapay zekâ teknolojilerinden elde edilen faydalarla ilgili çalışmanını akışını değiştirecek herhangi bir değişikliğe yol açmamaktadır.

Yapay zekânın gelecekte örgütlerde kritik bir önemi hâiz bir rekabet aracı olacağı, sektörlerde, yönetim usulünde, örgütsel yapıda önemli değişikliklere sebep olacağı beklenmektedir (Ünal ve Kılınç, 2020).

Yapay zekâ; iş tasarımından iş analizine, personel alımından performans takibine ve hatta eğitimine kadar pek çok sahada yaygınlaşmaktadır (Tiftik, 2021). Buna rağmen günlük yaşamın hemen hemen tüm alanlarında yapay zekâya olan ihtiyaç sürekli artış göstermektedir (Demir, 2021). Söz konusu ihtiyaç ve hızla gelişen teknolojik gelişmeler sonucunda farklı yapay zekâ teknolojileri ortaya

çıkmıştır. Bunlar; bilgisayarlı görme, konuşma tanıma, makine öğrenimi, doğal dil işleme ve robotic, yapay sinir ağlarıdır.

Yapay Zekâ türleri şunlardır (Akalın, 2020-a); Tamamen Tepkisel, Sınırlı Bellek, Zihin Teorisi, Öz Farkındalığı Olan'dır.

1.1. Sağlık Kurumlarının Yönetiminde Yapay Zekâ

Sağlık kurumlarında yapay zekâ uygulamalarını tıbbî ve yönetsel olmak üzere iki başlık altında incelemek mümkündür (Akalın, 2020-a). Bu çalışmada sağlık kurumları yönetiminde yapay zekâ teknolojilerinin kullanımı konusuna odaklanıldığından, yapay zekâ teknolojilerinin tıbbî kullanımı ile ilgili konulara ayrıntılı olarak değinilmemiştir. Ancak, yönetsel yapay zekâ uygulamalarının da veri tabanının önemli bir kısmının hastalardan elde edilerek kaydedilmiş tıbbî bilgilerden oluştuğu göz ardı edilmemelidir.

Yapay zekâ teknolojileri farklı işletme türlerinde başta bilgi yönetimi ve karar destek süreçlerinde olmak üzere tüm süreçlerde kolaylaştırıcı ve tasarrufu sağlayan etkisinden dolayı kullanılmaktadır (Kılınç ve Ünal, 2019). Dititalleşme ve yapay zekâ teknolojilerinin sağlık kurumlarındaki kullanımı da gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bu konuda Sağlık Bakanlığı'nın Microsoft ve Turkcell gibi teknoloji firmaları ile işbirliği yaparak; demografik raporlar düzenlemesi, MHRS üzerinden kullanım oranlarının tespit edilmesi, hastanelere başvuran hasta sayılarından kapasite tahminleri yapılması, tahmini ilaç kullanım raporlarının hazırlanması gibi örnekler verilebilir (Akalın, 2020-b). Sağlık kurumları yöneticileri gerek hastalara eşit, zamanında, hızlı ve nitelikli hizmet sunmak adına; gerekse ellerindeki tüm

kaynakları etkin ve verimli kullanabilmek adına yapay zekâ teknolojilerinden yararlanmak zorunda oldukları düşünülmektedir.

Sağlık kurumlarında yönetsel olarak kullanılacak yapay zekâ teknolojilerini belge yönetiminde, maliyet yönetiminde, insan kaynakları yönetiminde, personel işleri ve özlük haklarının yönetiminde, muhasebe ve finans yönetiminde, halkla ilişkiler ve randevu hizmetleri yönetiminde, acil durum ve âfet yönetiminde, stratejik karar alma sürecinin yönetiminde, kurumlar arası ilişkilerde ve sosyal hizmetler yönetiminde kolaylıkla kullanmak mümkündür.

Akalın ve Veranyurt (2021) çalışmalarında sağlık kurumlarında yapay zekâ teknolojilerinin kullanılmasının gerekliliğini; dünyada 65 yaş ve üzerindeki nüfusun artmasıyla, düşük kalite yaşam standardıyla, maliyetlerin artmasıyla ve rekabetle ve bilişim teknolojilerindeki gelişmelerle savunmaktadır.

Kılınç ve Ünal'ın (2019) yapay zekânın iş dünyası üzerine etkilerini inceleyen 14 rapor üzerinde yaptıkları analize göre tespit edilen bulgulardan birisi de yapay zekânın yöneticilerin ve çalışanların rollerini geliştireceği, dolayısıyla örgütsel yapıyı ve rolleri etkileyeceği düşüncesidir.

Kalis ve diğerleri (2017) araştırmalarında, A.B.D'de yapay zekâ teknolojileri kullanılarak sağlık sisteminde yıllık 18 milyar dolarlık bir tasarruf sağlanabileceğini tahmin ettiklerinden söz etmektedir.

Literatürde bulunan, sağlık kurumları yönetiminde yapay zekâdan elde edilecek faydalara ilişkin maddelerin; kaynak verimliliği ve hasta memnuniyeti şeklinde iki başlık altında gruplanabileceği düşünülmektedir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Yönetim Yönetici ve Sağlık Kurumları Yöneticisi

Yönetim, insanlar arasında iş birliğini temin etme ve onları belirlenen bir hedefe yöneltme ve yürütme faaliyetlerinin toplamıdır (Tosun, 1992). Yönetici, örgütün her kademesindeki çalışanları yönlendirerek onların aracılığıyla belirlenen hedeflere ulaşmaya çalışan kişidir (Appleby, 1991; Koçel, 2014). Sağlık kurumları yöneticisi; çalıştığı sağlık kurumunun mevzuatında belirtilen amaçlar doğrultusunda, eldeki kaynakları en etkin biçimde kullanarak planlama, örgütleme, yönlendirme ve denetleme görevlerini yapan kişidir (Tengilimoğlu vd. 2017).

2.2. Sağlık Kurumları Yönetiminde Dijitalleşme

Teknoloji, işletmelerin kontrolünde olmayan dış çevre faktörlerinden olduğundan işletmelerin hepsi fonksiyonlarını yerine getirebilmek için teknolojik gelişmelere uyum sağlamak zorundadır (Akyürek, 2021). İşletmelerde analog verilerin sayısallaştırılmasıyla başlayan dijitalleşme süreci, yerini son yıllarda dijital dönüşüm sürecine bırakmıştır (Klein, 2020). Dijital dönüşüm, dijital teknolojilerin daha fazla verimlilik elde edebilmek adına daha fazla kullanılması sonucunda yeni sistemler, iş modelleri ve periyotlar oluşturmaktır

(Schwertner, 2017). Başka bir ifadeyle dijitalleşme (Klein, 2020; Akyürek, 2021) analog verilerin sayısallaştırılıp depolanarak yönetilmesidir. Fitzgeral ve diğerlerine (2014) göre dijital dönüşüm; sürekli değişen tüketici istek ve ihtiyaçlarını karşılamak ve rekabeti sürdürebilmek adına en son teknolojiyle yeni iş modelleri geliştirebilmek için gerçekleştirilen yapısal dönüşümdür. Herhangi bir iş modelinin "dijital" olarak isimlendirilebilmesi için dijital teknolojilerdeki değişikliklerin işletmenin tüm üretim aşamalarını kökten değiştirmesi gerekmektedir (Veit vd. 2014).

Bu bilgiler doğrultusunda şu şekilde bir çıkarım yapmak mümkündür; güncel teknolojik gelişmeler karşısında sektörel dezavantajlar yaşamamak ve/veya daha fazla verim elde edebilmek amacıyla dijital teknoloji kullanımlarını artıran işletmelerin belirli bir noktadan sonra yeni sistemler, iş ve yönetim modelleri oluşturmaları gerekecektir. Söz konusu noktadan itibaren tüm verilerin sayısallaştırılmasına kadar olan periyoda dijital dönüşüm; verilerin tamamının sayısallaştırıldığı düzeye ve ilerisine de dijitalleşme denir.

Bilgi işlem teknolojilerinin sağlık sektöründeki kullanılmasıyla şu faydalar elde edilmektedir (Akalın, 2020-a; Karagöz, 2018; Iyer ve Henderson, 2010; Zissis ve Lekas, 2012; Liere-Netheler vd. 2018);

- Kaynaklar etkin kullanılır ve maliyet düşer,
- Ölçeklenebilirlik,
- Esneklik ve çeviklik,
- Hareketlilik ve kullanışlılık,
- Doğru, hızlı ve kaliteli tanı elde edilir,
- Elde edilen tanıya uygun doğru, hızlı ve kaliteli müdahele yapılabilir,
- İhtiyaç ânında mekandan bağımsız ve sürekli iletişim sağlanabilir,
- Elde edilen bilgilerin sağlıklı bir şekilde depolanması ve ihtiyaç halinde kullanılması sağlanabilir.
- Hastalık yönetimini geliştirmektir.

Dijitalleşmenin ve yapay zekâ teknolojisinin sağladığı çok sayıdaki avantajına karşın dezavantajlarından söz eden çalışmaların; bilgi güvenliği, işsizlik ve teknostres konularında olduğu görülmektedir.

Dijital teknolojilerin giyilebilme, makineler arası iletişim, taşınabilme, bulut teknolojisi, nesnelerin interneti gibi farklı alanlarda kullanılması sağlık kurumlarında tıbbî ve yönetsel süreçlerin dijitalleşmesini mümkün kılmaktadır (Altundaş, 2019).

Lucas ve Gohn'a göre (2009) dijital dönüşüm sürecinde; gerekli olan yenilikçi teknolojik alt yapıya sahip olunmamasından ya da dijitalleşme sürecinin doğru yönetilememesinden gelişecek yeni durumlara hazırlanamayan işletmelerin olumsuz sonuçlarla karşılaşması muhtemeldir. Dijitalleşme dönüşüm dönemlerini tarihsel

açıdan şu şekilde özetlemek mümkündür (Akyürek, 2021);

- Dijitalleşme dönemi (1960-1995)
- Dijitalleşme dönemi (1995-2000)
- Dijitalleşme dönemi (2000-2010)
- Dijitalleşme dönemi (2010-…)

Dijitalleşme gerçekleştiğinde teknolojik araç ekolojisinin bulunduğu eski yapıya ekleme ya da çıkarma yapmaz, eski yapıya dair her ne varsa değiştirir (Postman, 2016). Bu kritere göre sağlık kurumlarının kısmen dijitalleşme sürecini tamamladığını söylemek mümkündür. Söz konusu dijital sistemlerle ilgili tasnif tablosu (Tablo 1) aşağıda sunulmaktadır.

Tablo 1: Sağlık Kurumlarında Kullanılan Bilgi Sistemleri Tablosu

Klinik Bilgi Sistemleri	Yönetim Bilgi Sistemleri
- Bilgisayar Temelli Hasta Kaydı - Laboratuar Bilgi Sistemleri - İlaç Bilgi Sistemleri - Radyoloji Bilgi Sistemleri - Hemşirelik Bilgi Sistemleri - Klinik Karar Destek Sistemleri	- Muhasebe&Finans Yönetim Sistemleri - Programlama Sistemleri - İnsan Kaynakları Yönetim Sistemleri - Malzeme Yönetim Sistemleri - Ofis Otomasyonu

Kaynak: Akalın, B. (2020-a). *Sağlık Hizmetleri ve Yönetiminde Yapay Zeka.* İstanbul: Hiperyayın.

Yukarıdaki listeden de anlaşıldığı üzere dijital dönüşüm konusunda ciddi gelişim gösteren sağlık kurumları, yapay zekâ teknolojilerine geçerek elde edecekleri stratejik üstünlüğün arkasından rekabet üstünlüğünü ve buna bağlı olarak ekonomik üstünlük gibi başka avantajları da elde edeceklerdir (Demir, 2021).

Bütün sektörlerde dijital dönüşüm hızla artmaktadır ve yapay zekâ teknolojileri yenilikçi işletmelerin gündeminde en üst sırada yer almaktadır (Gülşen, 2019). Dijital dönüşümden organizasyonlar etkilenmekte ve değişime uğramaktadır. Sahip olduğu özelliklerden dolayı teknolojik yeniliklerden en çok etkilenmesi beklenen sektörlerden birisi de sağlık sektörüdür (Karagöz, 2018). Dolayısıyla sağlık kurumlarının dijitalleşme ve yapay zekâ teknolojilerini kullanmalarının "tercih noktasını geçerek zorunluluk hâline geldiği" görülmektedir. Buna bağlı olarak sağlık yöneticilerinin teknolojik alt yapılarını ve insan kaynakları başta olmak üzere tüm stratejik planlarını dijitalleşme ve yapay zekâ teknolojilerini dikkate alarak yapması gerektiği düşünülmektedir. Dijitalleşme dönüşüm faktörleri hakkında çeşitli görüşler Tablo 2'de özetlenmektedir.

Tablo 2: Dijital Dönüşüm Faktörleri Tablosu

	Dijital teknoloji	Dijital yetkinlik	Stratejik karar	İşlevsel iyileştirme	Üst yönetim	Kâr ve gelir artışı	İş değer zinciri	Mevzuat	Yeni İşbirlikleri	Rekabet avantajı	Müşteri memnuniyeti	Pazara ve iş modellerine uyum
Wirtz & Daiser, 2017	X	X						X		X	X	X
Anderson & Kupp, 2008							X		X	X		
Chesbrough, 2010					X							
Burmeister vd., 2016	X			X							X	
de Reuver & Bouwman, 2009	X					X						X
Ezeokli, 2016				X		X	X			X	X	X
Kane vd., 2015	X	X	X									
Morakanyane vd., 2017	X	X	X									X
Verina & Titko, 2019	X			X	X				X		X	X
Tesch & Brillinger, 2017	X									X		X
Kofler, 2018	X									X	X	X
Pflaum & Schulz, 2017	X		X									
Foss & Saebi, 2017	X	X	X							X		
Liere-Netheler vd., 2018				X	X	X	X	X			X	X
Chanias, 2017	X		X			X					X	
Tesch & Brillinger, 2017	X									X		X

Kaynak: Klein, M. (2020-b). İşletmelerde Dijital Dönüşüm ve Etmenleri. *Journal of Business in The Digital Age*, 3(1); 24-35

Yukarıdaki tabloda 16 araştırmacının 12 adet dijital dönüşüm faktörü hakkındaki görüşleri karşılaştırmalı olarak sunulmaktadır. Tablo 2'de yer alan bilgilere göre dijital dönüşümde; Dijital Teknoloji Faktörü'nün etkili olduğunu düşünen araştırmacı sayısı 12, Dijital Yetkinlik Faktörünün etkili olduğunu düşünen araştırmacı sayısı 4, Stratejik Karar Faktörünün etkili olduğunu düşünen araştırmacı sayısı 5, İşlevsel İyileştirme Faktörünün etkili olduğunu düşünen araştırmacı sayısı 4, Üst Yönetim Faktörünün etkili olduğunu düşünen araştırmacı sayısı 3, Kâr ve Gelir Artışı Faktörünün etkili olduğunu düşünen araştırmacı sayısı 4, İş Değer Zinciri Faktörü'nün etkili olduğunu düşünen araştırmacı sayısı 3, Mevzuat Faktörü'nün etkili olduğunu düşünen araştırmacı sayısı 2, Yeni İşbirlikleri Faktörü'nün etkili olduğunu düşünen araştırmacı sayısı 2, Rekabet Avantajı Faktörü'nün etkili olduğunu düşünen araştırmacı sayısı 7, Müşteri Memnuniyeti Faktörü'nün etkili olduğunu düşünen araştırmacı sayısı 7 ve Pazara ve İş Modellerine Uyum Faktörü'nün etkili olduğunu düşünen araştırmacı sayısı 9'dur.

Tablo 2'ye göre dijital dönüşümde etkili olduğu düşünülen faktörler arasında en çok fikir birliği sağlanan faktörler; Dijital Yenilik Faktörü (12), İş Modellerine Uyum Faktörü (9), Rekabet Avantajı Faktörü (7) ve Müşteri Memnuniyeti Faktörüdür (7). Konu hakkında en az ittifak sağlanan faktörler; Mevzuat Faktörü (2) ve Yeni İşbirlikleri Faktörüdür (2). Dolayısıyla konu hakkında en çok konsensüs sağlanan etkenlerin; dijital dönüşüm, iş modellerine uyum, rekabet avantajı ve müşteri memnuniyeti olduğu söylenebilir.

Yeni teknolojik gelişmelerin tüm işletmeler gibi sağlık kurumlarını da derinden etkileyeceği öngörülmektedir (Evans vd. 2006). Sağlık sektöründeki yoğun bilgi akışı bilgisayar teknolojilerini kullanmayı kaçınılmaz duruma getirmiştir. Sürecin merkezinde yer alan sağlık yöneticisi de sağlık kurumlarını yönetirken bilişim sistemlerine ihtiyaç duymaktadır (Tengilimoğlu vd. 2017).

Dijital dönüşümün sağlık kurumlarını örgütsel ve yönetsel açıdan da önemli ölçüde etkilemesi beklenmektedir. Dijitalleşmeyle daha esnek bir yapıya kavuşan bir örgütsel yapıda çalışanlar yeni bir yönetim ve liderlik anlayışıyla karşılaşmaktadır (Schuh vd. 2020).

Dijitalleşme sonucunda sağlık kurumlarının ihitiyacı olan işgücü, sürecin gereklerine en uygun alanlarda oluşturulacak, çalışanlar bağlı oldukları departmanın dışında da farklı sorumluluklar üstlenmek zorunda kalacaktır (Akyürek, 2021). Karagöz'e göre (2018) dijital dönüşüm sonucunda ulaşılması hedeflenen sonuçlar şunlardır; yeni gelir kaynaklarına ulaşmak, daha büyük pazarlara ulaşmak, daha kârlı iş modelleri elde etmek, daha verimli operasyonel süreçler elde etmek, kullanıcılara daha gelişmiş teklifler sunabilmektir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Teknolojik gelişmelerle birlikte internetin yaygınlaştığı ve tüm iletişim olanaklarının insanlık tarihinde benzeri görülmemiş bir düzeye eriştiği görülmektedir. Bu gelişmelerin, tüm sektörlerde olduğu gibi, sağlık sektöründeki hizmetlerin hızı ve niteliği ile ilgili beklentilerde bir sıçramaya neden olduğu görülmektedir. Artan hasta

sayıları ve maliyetlerin yanı sıra yetersiz insan kaynaklarına rağmen, sürekli yükselen hizmet standardı beklentilerini karşılamakta yetersiz duruma düşen sağlık kurumlarının, en az tıbbî alanda olduğu kadar, yönetsel alanda da dijitalleşme ve yapay zekâ teknolojilerini kullanmalarının zorunlu hâle geldiği düşünülmektedir.

Nitekim Gürcüoğlu (2021) araştırmasında; Covid-19 pandemi sürecinde dijitalleşmenin öneminin örgütler için belirgin hale geldiğinden söz ederek, söz konusu olan pandemi döneminde dijitalleşmede gerekli altyapıya sahip olan ve hızla değişime ayak uydurabilen örgütlerin emsallerine göre daha avantajlı duruma geldiğini ve rekabet üstünlüğü sağlayarak Covid-19 pandemi krizini fırsata çevirdiklerini belirtmektedir. Akalın da (2020-b) çalışmasında; dijitalleşme ve yapay zekâ teknolojilerinin sağlık kurumlarının tüm faaliyetlerindeki hizmet süreçlerini yeniden yapılandırarak hem yönetsel hem de klinik maliyetleri düşürdüğünden söz etmektedir.

Literatürde dijitalleşme ve yapay zekâ teknolojilerinin kullanımında oluşabileceği belirtilen güvenlik, teknostres ve işsizlik gibi dezavantajların, alınacak teknik ve sosyal önlemlerle aşılabileceği düşünülmektedir. 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (Resmî Gazete, 2016) ile veri güvenliği ile ilgili bir takım yasal önlemler alınmaya başlansa da söz konusu önlemlerin, son derece dinamik gelişim gösteren bir sahada yeterli olmadığı ve teknolojinin gelişimindeki dinamizme ayak uyduracak şekilde güncellenmediği görülmektedir. Dijitalleşme ve yapay zekâ teknolojilerinin

kullanımında; gelişmiş teknolojik alt yapı, eğitimli insan kaynağı ve üçlü mekanizmanın (yasama, yürütme ve yargı) bu konudaki eleştiri ve kaygıları bertaraf edebileceği düşünülmektedir.

Çalışanlarda, dijitalleşme ve yapay zekâ kullanımına bağlı olarak oluşabilecek teknostres ve benzeri meslekî rahatsızlıkların çalışma koşullarında ve ilgili personellerin özlük haklarında yapılacak iyileştirici düzenlemelerle giderilebileceği düşünülmektedir.

Dijitalleşme ve yapay zekâ kullanımına bağlı olarak insanların hayatında işsizlik oluşabileceği eleştirisinin gerçekçi olmadığı düşünülmektedir. Çünkü gelişen dijitalleşme ve yapay zekâ teknolojisi pek çok istihdam alanını ve olanaklarını da beraberinde getirmektedir. Bu konuda önemli olanın, güncel teknolojik gelişmelere ayak uydurabilecek donanımda kalifiye insan kaynakları yetiştirilmesini sağlamak olduğuna inanılmaktadır.

Yapay zekâ teknolojilerinin gelecekte insan neslini tehdit edebileceğine dair distopik komplo teorileri (Sucu ve Ataman, 2020) varsayıma dayandığı için, çalışmada değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Sağlık sektöründeki paydaşların ve politika yapıcıların sağlık kurumlarında dijitalleşme ve yapay zekâ teknolojilerinin kullanımının gerekliliğine dair bakış açılarında, Covid-19 pandemisinin önemli değişiklikler yapması gerektiği düşünülmektedir.

2026 yılı gibi çok yakın gelecekte yapay zekânın işletmelerde karar alıcı pozisyonuna yükselmesinin öngörüldüğü bir sürece

girilmektedir (Kılınç ve Ünal, 2019). Sağlık kurumlarının zaman kaybetmeden gerekli hazırlıkları tamamlayarak; söz konusu sürece yeterli teknolojik alt yapıyla, yetişmiş insan kaynaklarıyla, kapsayıcı ve güncel mevzuatla, fonksiyonel bir örgüt yapısıyla ve yönetimiyle girmesi gerektiği düşünülmektedir.

Eksikliklerine rağmen, dijitalleşme sürecinde ciddi mesafe katettikleri görülen sağlık kurumlarının, yönetim fonksiyonlarında kullanacakları yapay zekâ teknolojileri sayesinde stratejik yönetim, hasta ve çalışan memnuniyeti gibi paydaşlar yararına pek çok konuda çok olumlu sonuçlar elde edebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Akalın, B. (2020-a). Sağlık Hizmetleri ve Yönetiminde Yapay Zeka. İstanbul: Hiperyayın.

Akalın, B. (2020-b). Sağlıkta Dijitalleşme ve Yapay Zekâ. SDÜ Sağlık Yönetimi Dergisi, 2(2); 131-141.

Akalın, B., & Veranyurt, Ü. (2021). Sağlık Hizmetleri ve Yönetiminde Yapay Zekâ. Acta Infologica, 5(1), 231-240.

Akyürek, S. (2021). İşletmenin Çevre Analizi Dijitalleşme ile Dijital Dönüşümün İşletme ve Bazı Çevre Unsurları Üzerindeki Potansiyel Etkileri. S. Özbey içinde, Dijital İşletme Yönetimi ve Yapaya Zeka (s. 31-74). Ankara: Detay Yayıncılık.

Altuntaş, E. Y. (2019). Sağlık Hizmetleri Uygulamalarında Dijital Dönüşüm. Konya: Eğitim Yayınevi.

Appleby, R. C. (1991). Modern Business Administration (Fifth Edition). London: Pitman Publication.

Clocksin, W. (2003). Artifical Intellegence and the Future". Pholsophical Transactions. Mathematical Physical and Engineering Sciences, 361(1809): 1721-1748.

Cukier, K. (2019). Ready for Robots: How to Think About the Future of AI. Foreign Aff, 98,112.

Demir, M. (2021). İşletme Yönetimlerinin Dijitalleşmesiyle Başlayan Dönüşümün Yapay Zekayla Bütünleşmesi. S. Özbey içinde, Dijital İşletme Yönetimi ve Yapay Zeka (s. 3-26). Ankara: Detay Yayıncılık.

Dilworth, R. (1988). Artificial Intelligence: The Time Is Now. Public Productivity Review, 12(2): 123-130.

Elmas, Ç. (2018). Yapay Zeka Uygulamaları . Ankara: Seç Yayıncılık.

Evans, D. S., Hagiu, A., & Schmalensee, R. (2006). İnvisible Engines, How Software Platforms Drive İnnovation and Transform Industries. London: MIT Press.

Fitzgerald, M., Kruschwitz, N., Bonnet, D., & Welch, M. (2014). Embracing

Digital Technology: A New Strategic İmperative . MIT Sloan Management Review, 55(2);1.

Gülşen, İ. (2019). İşletmelerde Yapay Zeka Uygulamaları ve Faydaları: Perakende Sektöründe Bir Derleme. Tüketici ve Tüketim Araştırmaları Dergisi, 11(2); 407-43.

Gürcüoğlu, S. (2021). Kamu Örgütlerinin Örgütsel Değişimine Covid-19 Pandemisinin Etkileri. D. C. Eyel içinde, Covid-19 Sürecinde İşletme Yönetimi ve Değişen Örgüt Yapıları (s. 117-132). Ankara: Iksad Publications.

Iyer, B., & Henderson, J. C. (2010). Preparing for the Future: Understanding the Seven Capabilities Cloud Computing. MIS Quarterly Executive, 9(2); 117-131.

Kalis, B., Collier, M., & Fu, R. (2018). 10 Promising AI Applications in Health Care. Harvard Business Review, https://hbr.org/2018/05/10-promising-ai-applications-in-health-care (Erişim Tarihi: 22.09.2021).

Karagöz, J. G. (2018). Sağlıkta Dijital Dönüşüm. İstanbul: Kutlu Yayınevi.

Kılınç, İ., & Ünal, A. (2019). AI is the New Black: Effects of Artificial Intelligence on Business World. Journal of Contemporary Administrative Science, 6(2): 238-258 https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/837489 (Erişim Tarihi: 22.09. 2021).

Kızılkaya, Y. M., & Oğuzlar, A. (2018). Bazı Denetimli Öğrenme Algoritmalarının R Programlama Dili ile Kıyaslanması. Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi, 37(37); 90-98.

Klein, M. (2020-a). İşletmelerin Dijital Dönüşüm Senaryoları: Kavramsal Bir Model Önerisi. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 19(74);997-1019.

Klein, M. (2020-b). İşletmelerde Dijital Dönüşüm ve Etmenleri. Journal of Business in The Digital Age, 3(1); 24-35 . DOI: 10.46238/jobda.729499.

Koçel, T. (2014). İşletme Yöneticiliği. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.

Köse, N., & Yengin, D. (2018). Dijital Pazarlamadan Fijital Pazarlamaya Geçişe Örnek Olarak Artırılmış Gerçeklik ve Sanal Gerçeklik Uygulamalarının Pazarlama Üzerindeki Katkılarının İncelenmesi. İstanbul Aydın

Üniversitesi Dergisi, 10(1); 77-111.

Liere-Netheler, K., Packmohr, S., & Vogelsang, K. (2018). Drivers of Digital Transformation in Manufacturing. Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences, 3926-3935.

Lucas , H. C., & Gohn, J. M. (2009). Disruptive Technology: How Kodak Missed The Digital Photography Revolution. The Journal of Strategic Information Systems , 18(1); 46-55.

McCorduck, P. (2004). Machines who think. Massachusetts: A. K. Peters, Ltd.

Nalbantoğlu, C. B. (2021). Covid 19 Sürecinin Dijital Dönüşüme Etkileri. Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi, 07(04); 13-18.

Önder, M., & Saygılı, H. (2018). Yapay Zeka ve Kamu Yönetimine Yansımaları. Türk İdare Dergisi, (487); 629-668.

Ötleş, S., Çolak, U. C., & Ötleş, O. (2018). Endüstri için Yapay Zeka. Plastik Ambalaj Dergisi, 45-60.

Postman, N. (2016). Televizyon: Öldüren Eğlence . İstanbul: Ayrıntı Yayınları.

Preston, J., & Bishop, M. (2002). Views Into the Chineese Room . Oxford: Clarendon Press.

Resmî Gazete. (2016., 04. 07). Kişisel Verilerin Korunması Kanunu. Resmî Gazete Sayısı: 29677. Ankara, Beştepe, Türkiye: T.C. Cumhurbaşkanlığı.

Russel, S., & Norvig, P. (1995). ArtificalIntellegence- A Modern Approach. USA: Prentice- Hall, Inc. : A Simon&Schuster Company.

Sağlık Bakanlığı. (2004). Türkiye Sağlık Bilgi Sistemi Eylem Planı. Ankara: Sağlık Bakanlığı Bilgi İşlem Daire Başkanlığı.

Schuh, G., Anderl, R., Dumitrescu, R., Krüger, A., & Ten Hompel, M. (2020). Industrie 4.0 Maturity Index. Managing the Digital Transformation of Companies –Update–. Munich: acatech STUDY.

Schwertner, K. (2017). Digital Transformation of Business. Trakia Journal of Sciences, 15(1); 388-393.

Solomon, M. R. (2007). Consumer Behavior: Buying Having and Being . New Jersey: Pearson Education.

Sterne, J. (2017). Artificial Intelligence for Marketing: Practical Applications. New

Jersey: Wiley.

Sucu, İ., & Ataman, E. (2020). Dijital Evrenin Yeni Dünyası Olarak Yapay Zekâ ve Her Flmi Üzerine Bir Çalışma. Yeni Medya Elektronik Dergi, 4(1); 40-52.

Tengilimoğlu, D., Akbolat, M., & Işık, O. (2017). Sağlık İşletmeleri Yönetimi. Ankara: Nobel.

Tiftik, C. (2021). Tiftik, C. (2021). İnsan kaynakları yönetiminde yapay zekâ uygulamaları. IBAD Sosyal Bilimler Dergisi, (9); 374-390.

Tosun, K. (1992). İşletme Yönetimi. İstanbul.: Savaş Yayınları.

Ünal, A., & Kılınç, İ. (2020). Yapay Zekâ İşletme Yönetimi İlişkisi Üzerine Bir Değerlendirme. Yönetişim Bilişim Sistemleri Dergisi, 6(1); 51-78.

Veit, D., Clemons, E., Benlian, A., Buxmann, P. H., Hess, T., ..., & Spann, M. (2014). Business models. Business & Information Systems Engineering, 6(1); 45-53.

Zambak, A. F. (2014). Artificial Intelligence as a New Metaphysical Project. R. Hagengruber, & U. Riss içinde, Philosophy, Computing and Information Science (s. 67-44). USA: Pickering & Chatto Publishers.

Zissis, D., & Lekas, D. (2012). Addressing Cloud Computing Security Issues. Future Generation Computer Systems, 28(3); 583-592 https://doi.org/10.1016/j.future.2010.12.006.

BÖLÜM 6

BEYİN-BİLGİSAYAR ARAYÜZLERİ

Arş. Gör. Osman ÇETİN[1]

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TOSUN [2]

[1] Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, Kütahya, Türkiye. osman.cetin@dpu.edu.tr, ORCID ID :0000-0001-8988-5025)

[2] Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, Kütahya, Türkiye. mustafa.tosun@dpu.edu.tr, ORCID ID : 0000-0001-7167-4561.

Bu eser, 2021 yılında Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Anabilim Dalı'nda yapılan "**Spektral ve faz tabanlı özniteliklerle çok sınıflı motor hayali EEG sinyallerinin sınıflandırması**" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

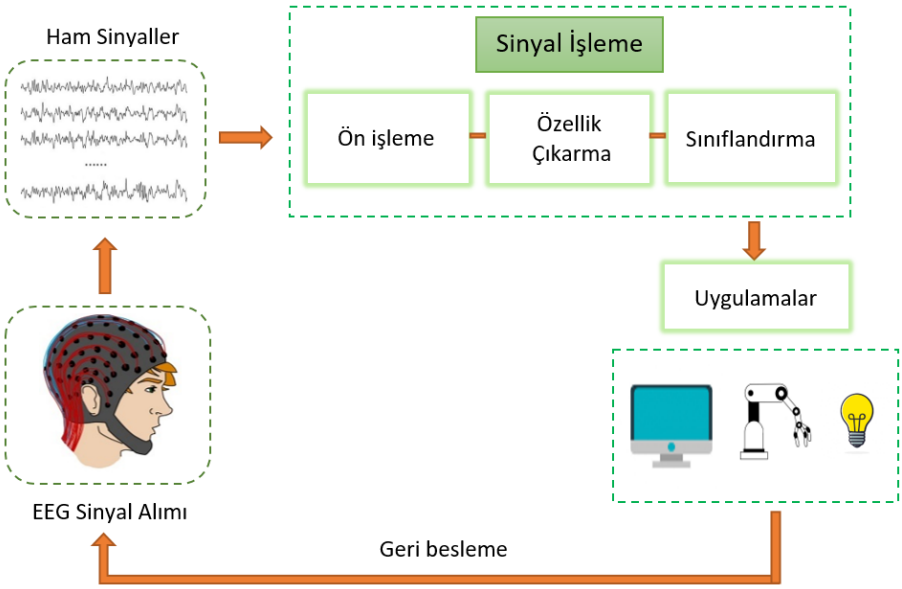
GİRİŞ

Beyin-bilgisayar arayüzü (BBA) sistemleri, insan beyni ile harici elektronik cihazlar arasında iletişim kurulmasına olanak sağlayan teknolojilerdir. BBA sistemleri, hayatımızın bir parçası olan akıllı cihaz kontrollerinde ve bedensel engelli insanların hayatlarını kolaylaştıracak biyomedikal uygulamalar gibi geniş bir alanda araştırmacılar tarafından kullanılmaktadır. Bu sistemler, biyoelektrik beyin aktivitesini analiz ederek zihinsel kararları kontrol komutlarına dönüştürürler. Yapılan BBA çalışmalarında, farklı motor hareketlerinin hayali esnasında elde edilen μ ve β ritimlerine ait olay ilişkili desenkronizasyon/senkronizasyon (ERD/ERS) potansiyelleri, kararlı durum görsel uyarılmış potansiyelleri (SSVEP), yavaş kortikal potansiyelleri (SCP) ve P300 gibi çeşitli EEG sinyalleri kullanılmıştır (Amiri vd., 2013).

BBA uygulamalarında, sinyal elde edilmesinin kolaylığı ve yüksek zaman çözünürlüğüne sahip olması nedeniyle çoğunlukla elektroensefalogram (EEG) tekniği tercih edilir (Tosun vd., 2018). EEG tabanlı BBA sistemlerinde, sinyallerin elde edilebilmesi için kişilerin kafasına bir elektrot başlığı yerleştirilir. Kişiler ilgili uzuvlarının hareketlerine ait görevleri belirli bir zaman aralığında hayal ederler. Farklı sınıflara ait görevler, elde edilen sinyallerin karakteristik yapısını etkilerler. Bu sinyallerin, bilgisayarlar ile çeşitli özellik çıkarma ve yapay sinir ağları algoritmaları kullanılarak sınıflandırma işlemleri yapılır (Ochoa, 2002).

1. BEYİN-BİLGİSAYAR ARAYÜZÜ SİSTEMİ

Şekil 1'de BBA sisteminin blok diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 1: BBA sisteminin blok diyagramı

Sinyal alımı: Beyin aktivitelerinin elde edilmesinde; EEG, MEG, fMRI, PET ve fNIRS gibi çeşitli invazif olmayan yöntemler kullanılır. BBA sistemlerinde ise, düşük maliyeti ve kullanım pratikliği bakımından EEG tekniği tercih edilir. Kişilerin kafasına yerleştirilen elektrot başlığı sayesinde farklı görevlere ait hayalleri temsil eden sinyaller elde edilir (Tiwari vd., 2018).

Ön işleme: Ham EEG sinyalleri göz hareketleri, göz kırpma, çene hareketi, diş sıkma, herhangi bir kas hareketi veya dış etkenlerden kaynaklanan bozucu sinyallerden etkilenir. Sinyalde herhangi bir bilgi kaybı oluşturmadan kaliteli bir sinyal elde edilmesi gerekir. Artifakt

adı verilen bozucu sinyal etkilerini ortadan kaldırmak için çoğunlukla bağımsız bileşen analizi (ICA) ve ortak uzamsal filtre (CSP) algoritmaları kullanılır. Aynı zamanda şebeke gürültüsü olan 50 hz'lik sinyalin etkisi notch filtre yardımıyla giderilebilir (Siuly vd., 2016; Lakshmi vd., 2014).

Özellik çıkarma: BBA sistemleri için oldukça önemli bir konudur. Özellik çıkarma, elde edilen sinyallerin arka planlarında var olan etkinliklerini ayırt etmede önemli bir rol oynar. Kabalık verilerin oluşturduğu ham EEG sinyalleri, özellik çıkarma ile ayırt edici ve çok az sayıda değişken ile temsil edilirler (Siuly vd., 2016). Bu işlem için birçok farklı spektral veya zaman-frekans analizi yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemlerin ortak noktaları, zaman bölgesinde tanımlı EEG sinyallerinin frekans bölgesinde sinyallerin güç değerleriyle temsil edilmesidir.

Sınıflandırma: Sınıflandırma işlemi, sinyallerden özellik çıkarma ile elde edilen öznitelik vektörlerini kullanarak bu sinyallerin temsil ettiği sınıflara atamalarını gerçekleştirir. Bu sınıflar, tanımlanan zihinsel durumların türüne karşılık gelmektedir. Her bir sınıfa ait öznitelikler, birbirlerinden ne kadar ayırt edici özeliklere sahipse sınıflandırma başarısı o kadar yüksek olur. Sınıflandırma işlemi için birçok farklı yapay sinir ağları, makine ve derin öğrenme algoritmaları kullanılmaktadır (Siuly vd., 2016).

Komutlara dönüştürme: Yapılan sınıflandırma sonucuna göre ilgili zihinsel faaliyet tespit edilir. Bu zihinsel faaliyet ile bilgisayar, robot

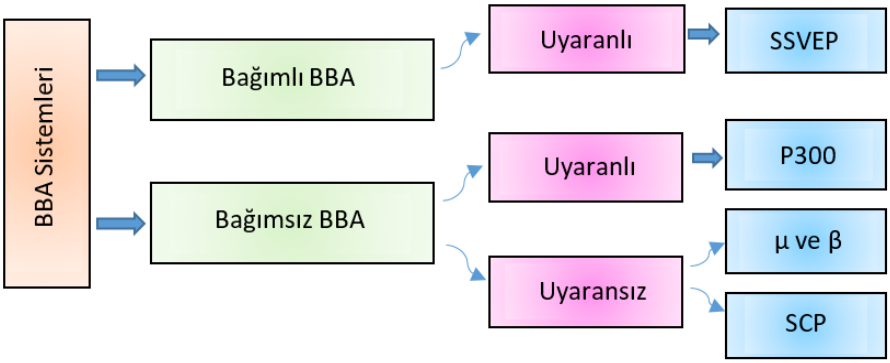
veya tekerlekli sandalye gibi belirli bir cismi kontrol etmek için bir komut ilişkilendirilir (Siuly vd., 2016).

Geri bildirim: Son olarak, kullanıcıya tespit edilen zihinsel faaliyet hakkında geri bildirim sağlanır. Bu işlemin amacı, kullanıcının beyin aktivitelerini kontrol etmesine yardımcı olmaktır ve böylece kullanıcı zihinsel performansını arttırmaktadır (Siuly vd., 2016).

1.1. BBA Sistemlerinde Kullanılan EEG Sinyalleri

BBA sistemleri kendi içinde bağımlı ve bağımsız olmak üzere 2'ye ayrılır. Bağımlı BBA sistemlerini kullanacak olan kişilerin çok fazla hasar görmemiş bir sinir sistemi ve normal fonksiyonlarını yerine getirebilen bir beyine sahip olmaları gerekmektedir. Bağımsız BBA sistemleri, herhangi bir sinir aktivesine ihtiyaç duymadan sadece düşünme yardımıyla çalışan sistemlerdir. Bağımlı ve bağımsız BBA sistemleri de kendi içlerinde uyaranlı ve uyaransız olmak üzere 2'ye ayrılırlar. SSVEP tabanlı BBA sistemleri, kişilerde göz kasları hasar görmemiş bir sinir sistemi gerektirdiğinden bağımlı bir BBA türü olup, aynı zamanda sistemin çalışabilmesi için görsel uyaranlar gerektiğinden uyaranlı bir BBA'dır. P300 tabanlı BBA sistemleri, kişilerin sadece düşüncelerini kullanarak çalıştığından bağımsız bir BBA türü olup, aynı zamanda sistemin çalışabilmesi için görsel veya işitsel uyaranlar gerektirdiğinden uyaranlı bir BBA sistemidir. Sensorimotor (μ ve β) ritimleri ve yavaş kortikal potansiyelleri ise sadece düşünce yoluyla elde edildiklerinden bağımsız BBA sistemleri olup, sistemin çalışması için herhangi bir uyarana gerek

duyulmamaktadır (Olgun ve Türkoğlu, 2017). Şekil 2'de BBA türlerinde kullanılan farklı tipteki EEG sinyallerinin gruplandırılması gösterilmiştir.



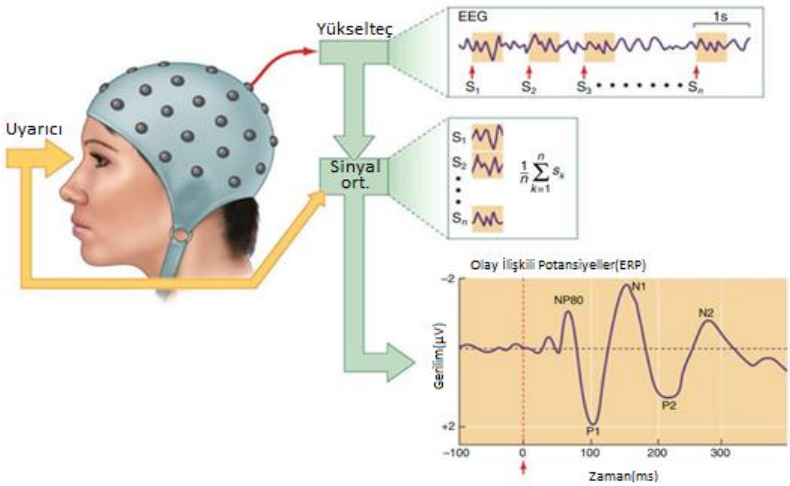
Şekil 2: BBA türlerinde kullanılan farklı tipteki EEG sinyalleri

1.1.1. Olay ilişkili potansiyeller (ERP)

EEG sinyallerinde, görsel ve işitsel gibi çeşitli uyaranlar sonucunda meydana gelen küçük genlik değişimlerine olay ilişkili potansiyeller (event related potentials, ERP) denir. Kişilere, titreşimli bir ışık gibi harici bir görsel uyaran sunulduğunda, EEG aktivitesinde çok kısa bir süre içinde potansiyel değişimler oluşur. Bu değişimler, EEG aktivesinde uyartımın uygulandığı zaman değeri baz alınarak zaman bölgesinde analiz edilir. ERP sinyallerinin genlik değerleri, normal beyin aktivitesinin 1/10'u kadar olduğundan fark edilmeleri oldukça zordur ve belirli bir süre daha uyartım uygulanması gereklidir. Tekrarlanan uyartımlar neticesinde elde edilen EEG sinyallerin ortalaması alınarak uyarılmış potansiyeller açıkça görünür hale gelmektedir. Gözlemlenen ERP'lerin genlikleri 10 μV'dan daha az ve

süreleri yaklaşık 0,5 sn'dir. (Olgun ve Türkoğlu, 2017; Martišius ve Damaševičius, 2016).

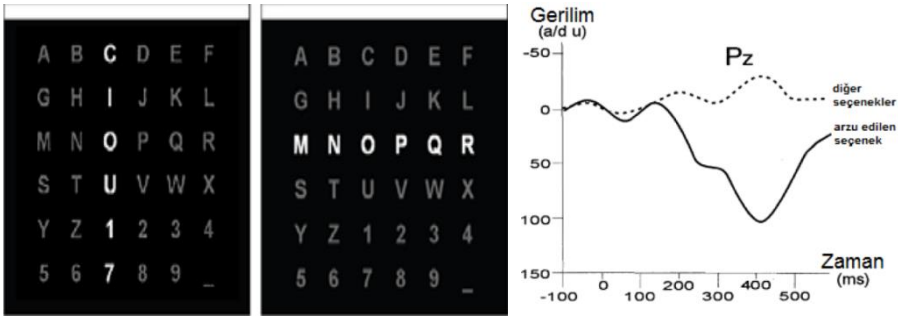
ERP sinyalleri pozitif veya negatif genlik değerlerine sahiptir. Bu sinyaller, pozitif veya negatifliklerine göre bir kısaltma adı ve oluşma süresi ile ifade edilirler. Örnek olarak, EEG aktivitesinde uyartımdan 100 ms oluşan negatif genlikteki ERP sinyaline N100 potansiyeli, yaklaşık olarak 300 ms sonra oluşan pozitif genlikteki ERP sinyaline ise P300 potansiyeli denmektedir. Günümüzde farklı tipteki ERP sinyallerini kullanan BBA sistemleri geliştirilmiştir. Bunlar başlıca olarak P300 uyarılmış potansiyelleri, kararlı durum görsel uyarılmış potansiyelleri, yavaş kortikal potansiyelleri, mu ve beta ritimlerini içeren ERD/ERS potansiyelleridir (Olgun ve Türkoğlu, 2017; Martišius ve Damaševičius, 2016). Şekil 3'te ERP sinyallerinin oluşum aşamaları ve elde edilen ERP'ler gösterilmiştir. ERP grafiğinde aşağı yön pozitif olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3: ERP'lerin elde edilmesi (San Martin ve Huettel, 2013)

1.1.2. P300 potansiyalleri

Kişilere görsel veya işitsel yoldan harici bir uyaran sunulduğunda, beynin yaklaşık 300 ms sonra verdiği tepkiye P300 potansiyelleri denir. Uyartımın başlamasından itibaren pozitif yönde en büyük sapmalar P300 potansiyellerinde görülmektedir. P300 potansiyelleri, BBA sistemlerinde sıkça kullanılan ERP çeşitidir. İlk P300 tabanlı BBA sistemi, 1988 yılında karakter yazmak amacıyla Donchin ve Coles tarafından icat edilmiştir. Şekil 4'te, P300 heceleme sisteminin arayüzü ve Pz kanalından elde edilen P300 sinyali gösterilmiştir. Aşağı yön pozitif kabul edilmiştir.



Şekil 4: P300 heceleme sisteminin arayüzü (Olgun ve Türkoğlu, 2017)

Bu sistemde, P300 sinyallerinin elde edilebilmesi için kişilere ilgilenilen uyaranın dışında çok fazla alakasız görsel uyaran gösterilir. Kişiler alakasız görsel uyaranların içinden ilgilenilen görsel uyaran ile karşılaştığında, beyin aktivitesinde yaklaşık 300 ms sonra pozitif yönde bir ERP sinyali oluşur. Bu yöntemi kullanarak P300 sinyallerinin elde edilmesi işlemine şaşırtmalı uyaran dizisi adı verilir. Beynin parietal bölgesine yerleştirilmiş P7, P3, P4 ve P8

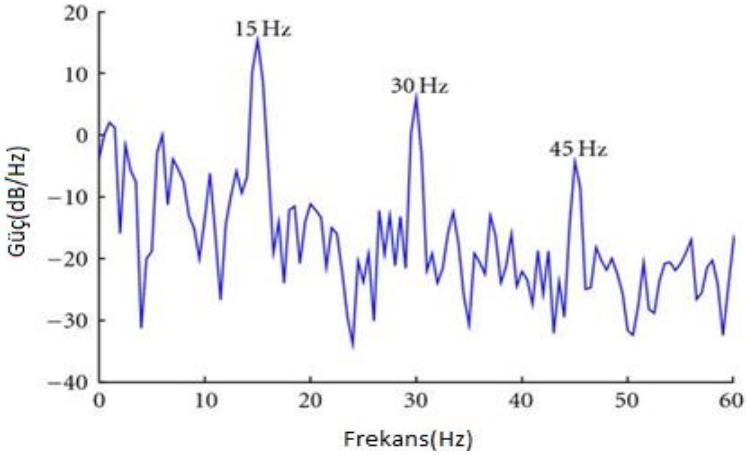
elektrotlarında P300 sinyallerine yoğun bir şekilde rastlanmaktadır (Olgun ve Türkoğlu, 2017).

P300 heceleme sisteminin arayüzü, harflarden ve rakamlardan oluşan 6x6 boyutundaki matrissel bir formdadır. Bu sistemde, matriste bulunan satırlar ve sütunlar rastgele olarak parlatılır ve ardından söndürülür. Kişilerin aklından geçirdiği karakterin bulunduğu satır veya sütun parlatıldığı zaman kişiler ilgili karaktere odaklanır ve içinden kısa bir süre sayar. Bu esnada diğer karakterleri görmezden gelir. Bu işlem birkaç defa tekrarlandıktan sonra elde edilen EEG sinyallerinin ortalaması alınır. İşlem sonucunda odaklanılan karaktere ait EEG sinyallerinde, diğer karakterlere ait EEG sinyallerinden farklı olarak yaklaşık 300 ms sonra ve pozitif yönlü bir P300 sinyali gözlemlenir. Kişiler bu sistemi kullanarak herhangi bir isteklerini harflerle ekrana yazdırıp diğer insanlarla iletişim kurabilirler. Ayrıca arayüz matrisindeki rakamlar ve harflerin yerine belirli komutlar veya görseller eklenebilir. Böylece herhangi bir BBA sisteminin uygulaması yapılabilir (Olgun ve Türkoğlu, 2017).

1.1.3. Kararlı durum görsel uyarılmış potansiyeller (SSVEP)

Kişilere gösterilen değişken frekansa sahip görsel uyaranlar sonucunda beyin tarafından üretilen biyoeletriksel potansiyellerde birtakım genlik değişimleri oluşur. Bu genlik değişimleri, frekans spektrumunda görsel uyaranın frekansına karşılık gelmektedir. EEG sinyallerinin frekans spektrumlarında görsel uyaranlardan kaynaklanan bu potansiyellere SSVEP adı verilir ve Fourier dönüşümü kullanılarak kolayca gözlemlenebilir. İlk olarak, EEG

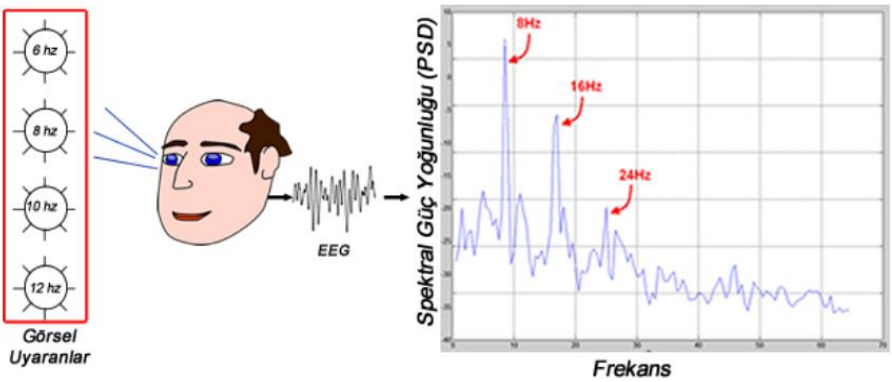
kaydı esnasında kişilere belirli bir frekans değerine sahip ışık gibi bir görsel uyaran gösterilir. Kişilerin ışığa odaklanması sonucunda oksipital bölgeden elde edilen EEG sinyallerinin frekans spektrumlarında belirgin genlik değişimleri meydana gelir. Frekans spektrumundaki bu genlik değerleri ışık uyaranının frekanslarına karşılık gelmektedir. Işık uyaranının frekansının 15 hz'den başlayarak ve 15'in katları şeklinde arttırıldığı düşünülürse, frekans spektrumundaki en yüksek genlik değeri 15 hz'de görünecektir (Amiri vd., 2013; Martišius ve Damaševičius, 2016). Şekil 5'te, bir kişiye 15 hz ve katlarındaki frekans değerlerine sahip görsel bir uyaran uygulanması sonucunda elde edilen frekans spektrumu grafiği gösterilmiştir.



Şekil 5: Bir kişiye ait farklı frekans değerlerine sahip görsel uyaranın uygulanması sonucunda elde edilen frekans spektrumu (Zhu vd., 2010)

Şekil 5'teki frekans spektrumundan görsel uyaranın 15, 30 ve 45 hz frekans değerlerine karşılık gelen belirgin güç değerleri görülmektedir. Aynı zamanda, uyaranın frekansı arttıkça buna karşılık

güç değerinde azalma meydana gelmektedir. SSVEP tabanlı BBA uygulamalarında kullanıcıya her biri farklı frekanslara sahip 1'den fazla görsel uyaran gösterilir. Bu uyaranlar farklı motor görevlerine karşılık gelmektedir. Kullanıcıya bu uyaranlardan birisine odaklanması talimatı verilir. Beynin oksipital bölgesinden alınan sinyallerde uyaranların frekansına ve harmoniklerine ait güç sinyalleri elde edilir. Bu güç sinyallerinin sınıflandırılması yapılarak istenilen motor görevi gerçekleştirilir (Olgun ve Türkoğlu, 2017). SSVEP tabanlı BBA uygulamalarındaki temel sorun, görsel uyarıcının kişilerde yorgunluk oluşturmasıdır. Bu uyaranların frekanslarının arttırılması duyulan rahatsızlığı azaltır. Fakat bu durumda ilgili motor görevine ait SSVEP'i tespit etmek zorlaşır. Bilgi aktarım hızının yüksek olması ve önemli bir eğitim gereksinimi olmaması bu sistemlerin en önemli avantajlarıdır (Amiri vd., 2013). Şekil 6'da SSVEP tabanlı BBA sisteminin çalışma prensibi gösterilmiştir.

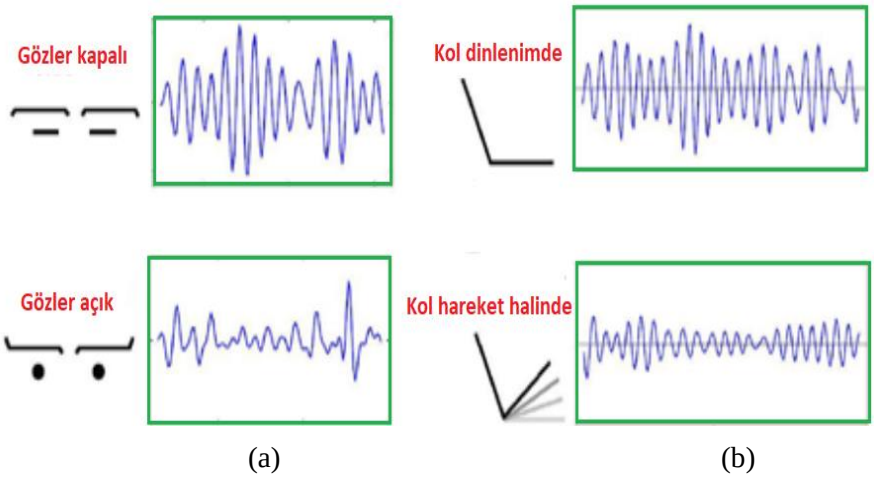


Şekil 6: Görsel uyaranlar ve PSD değerleri (Olgun ve Türkoğlu, 2017)

1.1.4. Sensorimotor (μ ve β) ritimleri

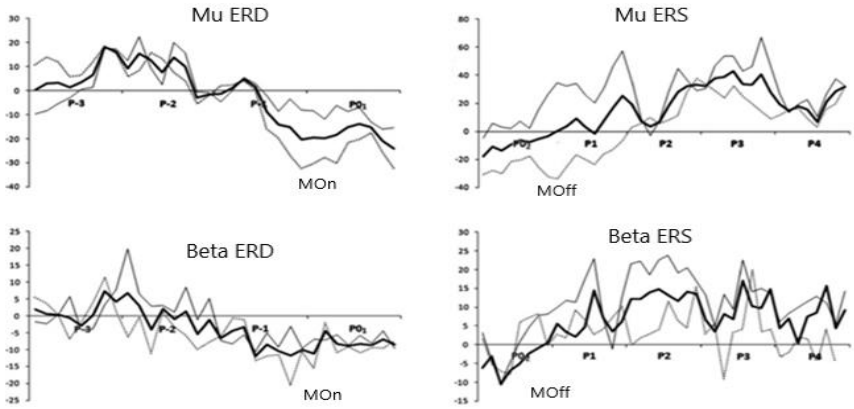
Yapılan çalışmalarda kişilerin el, ayak ve dil gibi herhangi bir uzvunun hareketini hayal etmesi veya bunu gerçekleştirmesi sonucunda elde edilen beyin sinyallerinin mu (8-13 hz) ve beta (13-30 hz) bandlarındaki ritimlerinde önemli değişimler meydana geldiği görülmüştür. Motor aktivitelerle ilişkili ve motor korteks üzerinden kaydedilen alfa aktivelerine mu ritimleri denmektedir ve alfa bandıyla aynı frekans aralığındadır. Hareket veya hareket hayali esnasında mu ve beta ritimlerinde azalma görülür.

Örnek olarak, bir kişi elini hareket ettirdiğinde veya elinin herhangi bir yöne hareketini hayal ettiğinde elde edilen sinyallerin mu ve beta bandlarındaki ritimlerin genlikleri düşer. Hareket veya hareket hayali esnasında mu ve beta bandındaki ritimlerin genliklerinin düşmesine olay ilişkin desenkronizasyon (event related desynchronization, ERD) adı verilir. Gerçekleştirilen hareket veya hareket hayali bittiğinde mu ve beta bandlarındaki ritimlerin genliklerinde tekrardan bir artış olur. Hareket veya hareket hayali bittiğinde mu ve beta bandlarındaki ritimlerin genliklerinin tekrardan yükselmesi, olay ilişkin senkronizasyon (event related synchronization, ERS) olarak adlandırılır (Olgun ve Türkoğlu, 2017). Şekil 7’de alfa ve mu ritimlerinin oluşmasındaki durumlar gösterilmiştir.



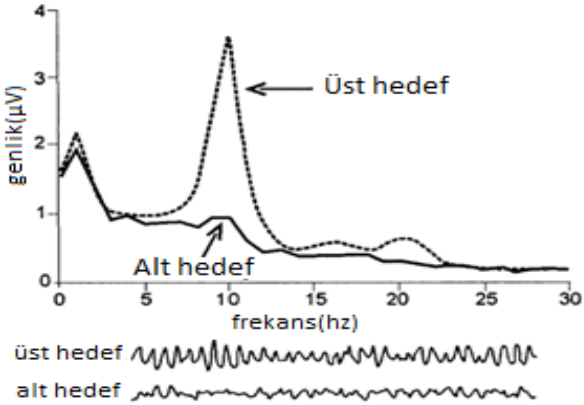
Şekil 7: a) Gözler kapalı ve açık olduğu esnadaki alfa ritimleri b) Kolun dinlenimde ve hareket halinde olduğu mu ritimleri (Olgun ve Türkoğlu, 2017).

Alfa ritimleriyle, mu ritimleri aynı frekans bandı aralığındadır. Aralarındaki temel fark, alfa ritimleri görsel kortekste, mu ritimleri ise motor kortekste oluşur. Gözler kapalı ve sakin bir haldeyken oluşan alfa ritimlerinin, gözler açıldığında genlikleri azalır. Motor hareketleriyle doğrudan ilişkili mu ritimleri, herhangi bir hareket veya hareket niyeti olmadığında genlikleri yüksektir. Hareket veya niyeti esnasında ise genlikleri düşer. Şekil 8'de motor hareketi hayali esnasında mu ve beta bandlarında oluşan ERD/ERS etkinlikleri gösterilmiştir. Şekil 8'deki, MOn olarak işaretlenen kısımlar motor hayalinin başlama anı, MOff olarak işaretlenen yerler ise bitiş anıdır. Hem mu hem de beta bandlarındaki sinyallerin, hayal başladığı andan itibaren azalan karakteristikte olduğu (ERD), hayal bittiği anda ise yükselen karakteristikte olduğu (ERS) görülmektedir.



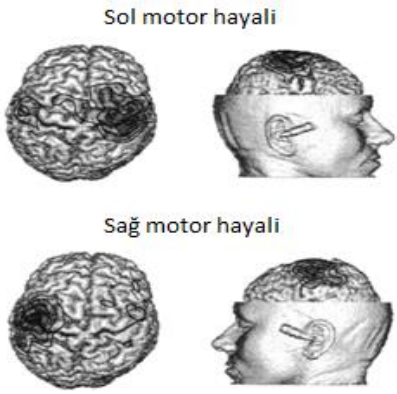
Şekil 8: Hayal esnasında oluşan mu ve beta bandlarındaki ERD/ERS etkinlikleri (Jeon vd., 2011)

Şekil 9'da, fare imlecini bilgisayar ekranının altındaki ve üstündeki bir hedefe hareket ettirme hayali esnasında elde edilen mu ve beta ritimlerini içeren frekans spektrumu gösterilmiştir.



Şekil 9: Alt ve üst hedeflere ait µ ve β ritimlerini içeren frekans spektrumu (Wolpaw vd., 2002)

Kişiler, mu ve beta ritimlerinin genliklerini kontrol etmeyi öğrenerek herhangi bir beyin bilgisayar arayüzü sistemi geliştirilebilir. ERD/ERS bilgilerinin farklı uzuvlara ait motor hareket hayalleri için farklı uzamsal dağılımlara sahip oldukları bilinmektedir. Örnek olarak, bir kişi sağ elini hareket ettirmeyi hayal ettiğinde motor korteksin sol tarafında, sol elini hareket ettirmeyi hayal ettiğinde ise motor korteksin sağ tarafında yoğun bir şekilde ERD/ERS etkinliği meydana gelir (Duman, 2016). Şekil 10'da sol ve sağ motor hareketi hayalleri esnasında kortekste oluşan ERD etkinliği gösterilmiştir.

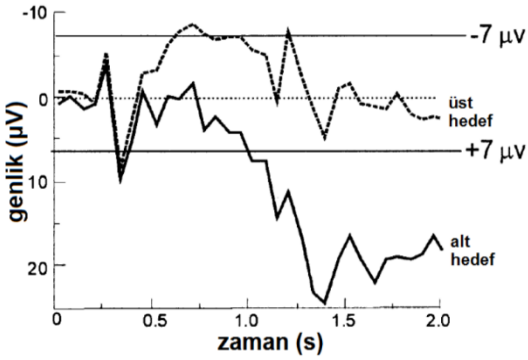


Şekil 10: Sol ve sağ motor hareketi hayali esnasında oluşan ERD etkinliği (Pfurtscheller vd., 2000)

1.1.5. Yavaş kortikal potansiyeller (SCP)

Yavaş kortikal potansiyeller, EEG sinyalerinde 0.5 ile 10 sn aralığında görülen pozitif veya negatif yönlü küçük çaptaki olay ilişkili potansiyel kaymalardır. SCP'lerin oluşturdukları kaymaların genlikleri genellikle 10 ile 100 µV arasındadır. Kortikal faaliyetlerin azaldığı zamanlarda EEG sinyallerinde pozitif yönde sapmalar görülmektedir.

Bilişsel faaliyetlere odaklanma anında ise negatif yönde sapmalar görülmektedir. Yavaş kortikal potansiyelleri kullanarak herhangi bir cihazın kontrolü, ekrana yazı yazdırma ve fare imlecinin kontrolü gibi değişik uygulamalar yapılmaktadır. Herhangi bir harici uyaran olmadan elde edilen bu potansiyelleri kullanarak, ALS gibi motor faaliyetlerini yerine getiremeyen hastaların temel bazı ihtiyaçları karşılanabilmektedir (Olgun ve Türkoğlu, 2017; Wolpaw vd., 2002). Şekil 11'de alt ve üst hedef sınıflarına ait EEG sinyallerindeki pozitif ve negatif yönlü sapmalar gösterilmiştir.



Şekil 11: EEG sinyalindeki negatif ve pozitif yönlü SCP'ler (Wolpaw vd., 2002)

SONUÇ

Bedensel engelli bireyler çeşitli motor fonksiyonlarını yerine getiremediklerinden günlük hayatta pek çok zorluk yaşamaktadırlar. BBA sistemleri, beyinden dış ortama doğru bir arayüz oluşturduklarından engelli bireylerin yaşamlarını sürmede kolaylıklar sağlamaktadır. Son yıllarda BBA sistemleri biyometri, çeşitli bilgisayar oyunları ve sanal gerçeklik gibi diğer uygulama alanlarında

kullanılmaktadır. Ayrıca, BBA sistemlerinde temassız elektrotlar gibi pek çok gelişmeler meydana gelmiştir. Bu gelişmeler, zihin kontrollü cihazların gelecek yıllarda kullanılmasını mümkün kılmaktadır.

KAYNAKÇA

Amiri, S., Fazel-Rezai, R., Asadpour, V. (2013). A review of hybrid brain-computer interface systems. Advances in Human-Computer Interaction, 2013.

Jeon, Y., Nam, C. S., Kim, Y. J., Whang, M. C. (2011). Event-related (De) synchronization (ERD/ERS) during motor imagery tasks: Implications for brain–computer interfaces. International Journal of Industrial Ergonomics, 41 (5), 428-436.

Lakshmi, M. R., Prasad, T. V., Prakash, D. V. C. (2014). Survey on EEG signal processing methods. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 4 (1).

Martišius, I., Damaševičius, R. (2016). A prototype SSVEP based real time BCI gaming system. Computational intelligence and neuroscience, 2016.

Ochoa, J. B. (2002). EEG signal classification for brain computer interface applications. Ecole Polytechnique Federale de Lausanne, 7, 1-72.

Olgun, N., Türkoğlu, İ. (2017). Brain-Computer Interface Systems. In At 8th International Advanced Technologies Symposium, Elazığ, Turkey (C. 1, s. 2318-2327).

Pfurtscheller, G., Neuper, C., Guger, C., Harkam, W. A. H. W., Ramoser, H., Schlogl, A., Pregenzer, M. A. P. M. (2000). Current trends in Graz brain-computer interface (BCI) research. IEEE transactions on rehabilitation engineering, 8 (2), 216-219.

San Martin, R., Huettel, S. A. (2013). Cognitive functions as revealed by imaging of the human brain. Neuroscience in the 21st century, 2213-2238.

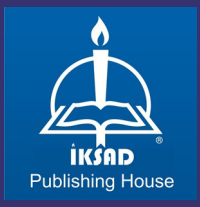
Siuly, S., Li, Y., Zhang, Y. (2016). Significance of eeg signals in medical and health research. In EEG Signal Analysis and Classification (s. 23-41). Springer, Cham.

Tiwari, N., Edla, D. R., Dodia, S., Bablani, A. (2018). Brain computer interface: A comprehensive survey. Biologically inspired cognitive architectures, 26, 118-129.

Tosun, M., Erginli, M., Kasım, Ö. (2018). EEG Verileri Kullanılarak Fiziksel El Hareketleri ve Bu Hareketlerin Hayalinin Yapay Sinir Ağları İle Sınıflandırılması. Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences, 1(2), 1-9.

Wolpaw, J. R., Birbaumer, N., McFarland, D. J., Pfurtscheller, G., Vaughan, T. M. (2002). Brain–computer interfaces for communication and control. Clinical neurop., 113 (6), 767-791.

Zhu, D., Bieger, J., Garcia Molina, G., Aarts, R. M. (2010). A survey of stimulation methods used in SSVEP-based BCIs. Computational intelligence and neuroscience, 2010.



ISBN: 978-625-8007-33-6