YAPAY ZEKÂ ÇAĞINDA

EĞİTİM, TOPLUM VE TEKNOLOJİ

Editörler

Dr. Şahin Bayzan - Dr. Abdulkerim Gün – Prof. Dr. Halil İbrahim Bülbül

Yapay zekâ, günümüzün en önemli teknolojik dönüşüm dinamiklerinden biri olarak eğitimden iş yaşamına, üretim süreçlerinden toplumsal yaşama kadar hemen her alanı yeniden şekillendirmektedir. Öğrenme biçimleri, mesleki yeterlikler, karar verme süreçleri ve dijital dünyaya uyum, yapay zekâ teknolojilerinin sunduğu yeni imkânlar doğrultusunda yeniden tanımlanırken bu dönüşüm beraberinde önemli etik, toplumsal ve kültürel sorumlulukları da gündeme getirmektedir.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu bünyesinde faaliyet gösteren Güvenli İnternet Merkezinin "Açık Kaynak Dijital İçerik Üretme Projesi" kapsamında hazırlanan bu eser; yapay zekâ çağında eğitim, toplum ve teknolojinin geçirdiği çok boyutlu dönüşümü disiplinler arası bir bakış açısıyla ele almaktadır. Eğitimde yapay zekâ uygulamalarından etkili prompt tasarımına, dijital becerilerden yeni nesil mesleklere, sağlık, mühendislik, tasarım ve finans alanlarındaki yenilikçi uygulamalardan etik ve hukuki sorumluluklara kadar geniş bir içerik sunan kitap; akademisyenler, eğitimciler, araştırmacılar, öğrenciler, politika yapıcılar ve yapay zekâ çağını doğru anlamak ve geleceğe bilinçli hazırlanmak isteyen tüm okuyucular için kapsamlı ve güvenilir bir başvuru kaynağı niteliğindedir.

nobel
NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK
www.nobelyayin.com e-kitap
nobelbilimseleserler.com
nobelkitap.com
ISBN 978-625-386-943-4

YAPAY ZEKÂ ÇAĞINDA EĞİTİM, TOPLUM VE TEKNOLOJİ

Editörler
Dr. Şahin Bayzan - Dr. Abdulkerim Gün
Prof. Dr. Halil İbrahim Bülbül

nobel



YAPAY ZEKÂ ÇAĞINDA

EĞİTİM, TOPLUM VE TEKNOLOJİ

Editörler
Dr. Şahin Bayzan - Dr. Abdulkerim Gün
Prof. Dr. Halil İbrahim Bülbül

GÜVENLİ İNTERNET MERKEZİ
nobel
BİLGİ TEKNOLOJİLERİ VE İLETİŞİM KURUMU

YAPAY ZEKÂ ÇAĞINDA EĞİTİM, TOPLUM VE TEKNOLOJİ

Editörler:
Dr. Şahin Bayzan
Dr. Abdulkerim Gün
Prof. Dr. Halil İbrahim Bülbül

nobel

Yapay Zekâ Çağında Eğitim, Toplum ve Teknoloji

Editörler: Dr. Şahin Bayzan, Dr. Abdulkerim Gün, Prof. Dr. Halil İbrahim Bülbül

Yayın No. : 6189
Alan Adı-No. : Eğitim 1278
ISBN : 78-625-386-943-4
E-ISBN : 978-625-386-921-2
Basım Sayısı : 1
Basım Tarihi : Temmuz 2026

© Copyright 2026, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti. Sertifika No.: 40340

Bu baskının bütün hakları Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.ne aittir. Yayınevinin yazılı izni olmaksızın, kitabın tümünün veya bir kısmının elektronik, mekanik ya da fotokopi yoluyla basımı, yayımı, çoğaltımı ve dağıtımı yapılamaz.

Genel Yayın Yönetmeni : Nevzat Argun -nargun@nobelyayin.com-
Genel Yayın Koordinatörü :Gülfem Dursun -gulfem@nobelyayin.com-

Sayfa Tasarım : Tarkan Kara -erdal@nobelyayin.com-
Redaksiyon : Yıldız Çil -yildiz@@nobelyayin.com-
Kapak Tasarım : Mehtap Yürümez -mehtap@nobelyayin.com-

Kütüphane Bilgi Kartı

Bayzan, Şahin., Gün, Abdulkerim., Bülbül, Halil İbrahim.
Yapay Zekâ Çağında Eğitim, Toplum ve Teknoloji / Editörler: Şahin Bayzan, Abdulkerim Gün, Halil İbrahim Bülbül
1. Basım, XX + 650 s. 16x23,5 cm. Kaynakça ve dizin var.
ISBN: 978-625-386-943-4
E-ISBN: 978-625-386-921-2
1. Yapay Zekâ Çağı 2. Eğitim 3. Toplum ve Teknoloji

Genel Dağıtım

ATLAS AKADEMİK BASIM YAYIN DAĞITIM TİC. LTD. ŞTİ.
Adres: Bahçekapı Mh. 2465 Sk. Oto Sanayi Sitesi No:7 Bodrum Kat, Şaşmaz/ANKARA
Telefon: +90 312 278 50 77 - Faks: 0 312 278 21 65
Sipariş: siparis@nobelyayin.com
E-Satış: www.nobelkitap.com - esatis@nobelkitap.com - www.atlaskitap.com - info@atlaskitap.com

Dağıtım ve Satış Noktaları: https://www.nobelyayin.com/satis-noktalari/

Baskı ve Cilt: Meteksan Matbaacılık ve Teknik Sanayi Tic. Anonim Şirketi Sertifika No.: 46519
Üniversiteler Mah. 1606. Cad. No: 8/1 Çankaya/ANKARA

ÖN SÖZ

Yapay zekâ teknolojilerinin hızla gelişmesi, yalnızca eğitim alanını değil; iş dünyasını, sağlık hizmetlerini, mühendisliği, tasarımı, finansı ve toplumun tüm katmanlarını dönüştüren köklü bir paradigma değişimini beraberinde getirmiştir. Bu dönüşüm, bireylerin öğrenme biçimlerinden kurumların çalışma süreçlerine, mesleklerin niteliğinden toplumsal beklentilere kadar geniş bir yelpazede etkisini göstermektedir. Yapay zekâ, büyük veri, makine öğrenmesi ve dijital araçlar artık modern dünyanın temel bileşenleri hâline gelmiş; bu durum hem yeni fırsatları hem de dikkatle ele alınması gereken etik, pedagojik ve sosyoteknik sorumlulukları gündeme taşımıştır.

Bu kitap, yapay zekâ ve eğitimin kesişim noktasını merkezine almakla birlikte, bu dönüşümün disiplinler arası boyutlarını bütüncül bir yaklaşımla ele almaktadır. Eğitimde yapay zekâ uygulamalarından etkili prompt tasarımına, yapay zekâ destekli tanılama ve değerlendirme sistemlerinden tasarım, tıp ve mühendislik alanlarındaki yenilikçi uygulamalara; yeni nesil mesleklerden dijitalleşen iş dünyasının beklentilerine, finansal okuryazarlıktan etik tartışmalara kadar geniş bir içerik yelpazesi sunulmaktadır. Böylece yapay zekânın farklı sektörlerdeki yansımaları, yalnızca teknik bir perspektif üzerinden değil; pedagojik, sosyoekonomik ve kültürel boyutlarıyla da incelenmektedir.

Bu eser, yapay zekânın eğitim ve toplum üzerindeki etkilerini bütüncül bir bakışla ele alarak güncel gereksinimlere bilimsel bir katkı sunmayı amaçlamaktadır. Uzman akademisyenlerce hazırlanan bölümler, kuramsal temelleri uygulamadaki örneklerle buluşturarak dijital dönüşümün farklı boyutlarını anlaşılır biçimde ortaya koymaktadır. İnsan–makine etkileşimi, dijital beceriler ve yapay zekâ okuryazarlığının giderek daha fazla önem kazandığı günümüzde, bu kitabın yenilikçi yaklaşımların anlaşılmasına, etik farkındalığın güçlenmesine ve eğitimden iş yaşamına uzanan geniş bir alanda yol gösterici olacağına inanıyoruz. Güvenli İnternet Merkezinin koordinasyonunda, akademisyenler ve alanında uzman profesyoneller tarafından hazırlan kitapta emeği geçen tüm paydaşlara teşekkür eder, bu eserin daha bilinçli bir dijital toplumun oluşmasına katkı sağlamasını dileriz.

EDİTÖRLERDEN

Dijital teknolojilerde yaşanan hızlı gelişmeler, eğitimden iş dünyasına, sağlıktan mühendisliğe kadar birçok alanda köklü bir dönüşümü beraberinde getirmektedir. Yapay zekâ, büyük veri ve akıllı sistemlerin giderek yaygınlaşması; öğrenme süreçlerinin niteliğini, mesleki beceri beklentilerini, toplumsal etkileşim biçimlerini ve karar verme mekanizmalarını derinden etkilemektedir. Bu değişim, yalnızca teknik bir ilerleme değil; aynı zamanda pedagojik, etik ve sosyokültürel boyutlarıyla çok katmanlı bir dönüşüm sürecine işaret etmektedir.

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu tarafından 2019'da başlatılan Açık Kaynak Dijital İçerik Üretme Projesi, toplumun dijital okuryazarlığını güçlendirmeyi ve bireyleri dijital dünyanın sunduğu fırsatlar ile karşılaşabilecekleri riskler konusunda bilinçlendirmeyi amaçlayan stratejik bir girişimdir. Güvenli İnternet Merkezi tarafından yürütülen bu çalışma, uzman bilgisini ücretsiz ve erişilebilir içeriklerle geniş kitlelere ulaştırarak dijitalleşme sürecine ilişkin kamusal farkındalığı artırmaktadır. Proje kapsamında Dijital Okuryazarlık, Dijital Oyunlar, Dijitalleşmenin İnsani Boyutu, Dijitalleşmenin Teknolojik Boyutu ve Dijitalleşme Sürecinde Sosyal Politikada Güncel Gelişmeler gibi eserlerin yayımlanmasının ardından, yapay zekâ eksenli bu kitap projenin önemli bir aşamasını temsil etmektedir.

"Yapay Zekâ Çağında Eğitim, Toplum ve Teknoloji" başlıklı bu eser, yapay zekânın eğitimle buluştuğu noktaları merkeze alırken, dönüşümün farklı alanlara yayılan etkilerini bütüncül bir çerçevede ele almaktadır. Eğitimde yapay zekâ uygulamaları, prompt tasarımı, değerlendirme süreçleri, tasarım ve mühendislikteki yenilikler, sağlık hizmetlerinin dijitalleşmesi, iş dünyasında değişen yetkinlikler, finansal okuryazarlık ve etik konular bu kitapta özet ve etkili bir biçimde sunulmaktadır. Amacımız, yapay zekâ temelli dönüşümün fırsatlarını ve risklerini anlaşılır kılmak; bu teknolojilerin eğitimden toplumsal yaşama uzanan kapsamlı etkilerine bilimsel bir perspektifle ışık tutmaktır. Bu çalışmanın dijital çağın ihtiyaç duyduğu bilgi birikimine katkı sağlayacağına ve alandaki akademik tartışmaları güçlendireceğine inanıyoruz.

Dr. Şahin Bayzan
Dr. Abdulkerim Gün
Prof. Dr. Halil İbrahim Bülbül

İÇİNDEKİLER

ÖN SÖZ ..... **iii**

EDİTÖRLERDEN ..... **v**

BÖLÜM 1
DİJİTALLEŞEN İŞ HAYATINA UYUM: YENİ TEKNOLOJİLER VE MEZUNLARDAN BEKLENTİLER **1**

Ayşe Asiltürk

GİRİŞ 1
1. DİJİTALLEŞEN İŞ HAYATI VE ÖZELLİKLERİ 4
2. DİJİTAL ÇAĞDA İŞ GÜCÜ GELİŞTİRME ZORLUKLARI 8
3. DİJİTAL ÇAĞDA MEZUNLARDAN BEKLENEN YETKİNLİKLER 10
   3.1. Teknik Yetkinlikler 10
   3.2. Metodolojik Yetkinlikler 12
   3.3. Sosyal Yetkinlikler 13
   3.4. Kişisel Yetkinlikler 16
4. DİJİTAL İŞ HAYATINA UYUM NASIL ARTIRILABİLİR? 17

SONUÇ VE ÖNERİLER 17

KAYNAKLAR 19

BÖLÜM 2
YENİ NESİL MESLEKLER VE YETKİNLİKLER **25**

Faruk Dursun

GİRİŞ 25
1. GELECEĞİN MESLEKLERİNE İLİŞKİN KAVRAMSAL ÇERÇEVE 33
   1.1. Siber Güvenlik Uzmanları 35
   1.2. Veri Analistleri, Veri Bilimcileri ve Büyük Veri Uzmanları 37
   1.3. Yapay Zekâ ve Makine Öğrenimi Uzmanları 39
   1.4. Yazılım ve Uygulama Geliştiricileri 41
   1.5. Veri Ambarı Uzmanları 42
   1.6. Kullanıcı Arayüzü (UI) ve Kullanıcı Deneyimi (UX) Tasarımcıları 43
   1.7. Nesnelerin İnterneti (IoT) Uzmanları 45
2. DİSİPLİNLER ARASI BECERİLERİN YENİ MESLEKLERDEKİ ÖNEMİ 50
   2.1. Teknoloji ve İşletme Yönetimi Kesişimi 50
   2.2. Teknoloji ve İletişim Bilimleri Birlikteliği 51
   2.3. Tasarım ve Veri Analitiği Entegrasyonu 51
   2.4. Mühendislik ve Sosyal Bilimler Kesişimi 52
   2.5. Disiplinler Arası Yetkinlik Gelişiminin Zorlukları ve Fırsatları 53

3. YENİ NESİL MESLEKLERİN TÜRKİYE'DEKİ GÖRÜNÜMÜ 54
3.1. Türkiye'de Dijital Yetkinlik Açığı ve Mevcut Durum 54
3.2. İstihdam Piyasasında Talep Edilen Beceriler 54
3.3. Türkiye'deki Eğitim Altyapısı ve Sektörel Yoğunluk 55
3.4. Ulusal Stratejiler ve Politika Çerçevesi 56
3.5. Sektör-Üniversite İş Birlikleri ve İyi Uygulama Örnekleri..... 57
3.6. Türkiye'nin Karşılaştırmalı Konumu ve Zorluklar 57
3.7. Fırsatlar ve Potansiyel 58
SONUÇ VE ÖNERİLER 58
KAYNAKLAR 62

BÖLÜM 3
YAPAY ZEKÂ ARAÇLARIYLA TASARIM EĞİTİMİNİN DÖNÜŞÜMÜ.....67
Volkan Davut Mengi

GİRİŞ 68
Yapay Zekânın Tarihsel Bağlamı..... 69
Tasarım Sürecinde Bir Araç Olarak Yapay Zekâ 70
Tasarım Eğitiminde Pedagojik Fırsatlar ve Zorluklar 71
Etik Boyutlar: Sorumluluk, Taraflılık ve Özgünlük..... 72
1. ARAŞTIRMA TASARIMI VE UYGULAMA SÜRECİ..... 73
1.1. Araştırma Modeli 73
1.2. Katılımcılar..... 73
1.3. Ders 73
1.4. Veri Toplama Araçları ve Süreci..... 76
2. ANKET İÇERİKLERİ 77
2.1. Aşama..... 77
2.2. Aşama..... 79
2.3. Aşama..... 80
3. VERİLERİN ANALİZİ..... 82
3.1. Bulgular 82
3.1.1. Sayısal Bulgular: Anket Sonuçlarının Karşılaştırmalı Analizi..... 82
3.1.2. Nitel Bulgular: Dönem İçi Geri Bildirimlerin Tematik Analizi 85
3.2. Tartışma..... 87
3.2.1. Bulguların Sentezi: Endişeden Yetkinliğe Yolculuk 87
3.2.2. Araştırmanın Sınırlılıkları 87
SONUÇ VE ÖNERİLER 88
KAYNAKLAR 90

BÖLÜM 4
DİJİTAL ÇAĞDA FİNANSAL OKURYAZARLIK VE YAPAY ZEKÂ İLE FİNANSAL ARAÇLARIN BÜTÜNLEŞMESİ.....93
Orhon Can Dağtekin

GİRİŞ 94

1. FİNANSAL SİSTEM VE EVRİMİ 95
1.1. Teknolojinin Finansal Sistemin Evriminde Rolü ve Bütünleşme Süreci 96
1.2. Mevcut Finansal Sistem ve Ekonomik Yapı 99
1.3. Yapay Zekâ ve Evriminin Finansal Sisteme Etkileri 100
2. FİNANSAL SİSTEMDE YAPAY ZEKÂ KULLANIMI VE ARAÇLAR 103
2.1. Bireysel Kullanım 103
2.2. Robot Danışmanlar ve Algoritmik Portföyler 104
2.2.1. Avantajlar 105
2.2.2. Tehlikeler 106
2.3. Geleceğin Danışmanları ve Dijital İkiz Kavramı 107
2.4. Eğitim Araçları 109
3. YAPAY ZEKÂNIN FİNANSAL SİSTEM İLE BÜTÜNLEŞMESİNİN GETİRDİĞİ RİSKLER VE BU RİSKLERİN YÖNETİLMESİ 113
3.1. Yoğunlaşma Riski 113
3.2. Veri Gizliliği ve Güvenliği 114
3.3. Operasyonel ve Sistemik Riskler 114
3.4. Etik Sınırlar ve Yanlılığa Yönelik Endişeler 114
3.5. Diğer Faktörler 115
SONUÇ VE ÖNERİLER 115
KAYNAKLAR 121

BÖLÜM 5
BUGÜNÜN VE YARININ EĞİTİMİNDE YAPAY ZEKÂ 125
Bilge Aslan Altan

GİRİŞ 126
1. YAPAY ZEKÂYA GENEL BAKIŞ 127
2. YAPAY ZEKÂ VE GÜNCEL PEDAGOJİLER 128
2.1. Yapay Zekâ ve Kişiselleştirilmiş Öğrenme 129
Uygulama Örnekleri 131
2.2. Yapay Zekâ ve Proje Tabanlı Öğrenme 133
Uygulama Örnekleri 134
2.3. Yapay Zekâ ve Harmanlanmış Öğrenme 135
Uygulama Örnekleri 137
2.4. Yapay Zekâ ve Ters Yüz Öğrenme 138
Uygulama Örnekleri 139
2.5. Yapay Zekâ ve Sorgulama Temelli Öğrenme 141
Uygulama Örnekleri 142
2.6. Yapay Zekâ ve Bilgi İşlemsel Düşünme 144
3. ETİK VE SOSYAL SORUNLAR 147
3.1. Veri Gizliliği ve Güvenlik 147
3.2. Algoritmik Ön Yargılar 149
3.3. Erişim Eşitliği ve Dijital Uçurum 150
4. GELECEĞE YÖNELİK PERSPEKTİFLER 150
4.1. Program Tasarımı ve Öğretmen Eğitimi 151
4.2. Yapay Zekâ ile Öğrenme Ortamlarının Değişimi 151

4.3. Eğitimde Yapay Zekânın Potansiyel Sınırları 152
SONUÇ VE ÖNERİLER 153
KAYNAKLAR 156

BÖLÜM 6
YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ EĞİTİMDE ETİK SORUNLAR: FIRSATLAR, RİSKLER VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ 163
Güler Göçen Kabaran

GİRİŞ 164
1. YAPAY ZEKÂNIN EĞİTİMDEKİ ROLÜ VE UYGULAMA ALANLARI 165
2. ETİK SORUNLAR: MAHREMİYET, VERİ GÜVENLİĞİ VE ADALET 168
3. HESAP VEREBİLİRLİK, SORUMLULUK VE ÖZERKLİK: İNSAN-MAKİNE ETKİLEŞİMİ 172
4. ETİK TEMELLİ POLİTİKA VE UYGULAMA ÖNERİLERİ 174
4.1. Uluslararası Yaklaşımlar ve Politikalar 174
4.2. Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü 175
4.3. Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü 176
4.4. Avrupa Birliği 177
4.5. Birleşmiş Milletler 179
4.6. Ulusal Politikalar ve Düzenlemeler 180
SONUÇ VE ÖNERİLER 183
KAYNAKLAR 185

BÖLÜM 7
BÜYÜK VERİ ÇAĞINDA AÇIK VE UZAKTAN ÖĞRENME 191
Halis Aykut Coşgun - Evrim Genç Kumtepe

GİRİŞ 192
Dijital Çağda Eğitimin Dönüşümü ve Büyük Verinin Rolü 192
Büyük Veri: Tanım ve Temel Özellikler (5V Modeli) 193
Açık ve Uzaktan Öğrenme: Tanım ve Kapsam 194
AUÖ'nün Temel Özellikleri 195
KAÇD Sistemleri ve Çevrim İçi Öğrenme Platformları 195
Kavramsal Kesişim: Büyük Veri ile Açık ve Uzaktan Öğrenmenin Buluşması 196
Öğrenme Analitikleri 196
Kişiselleştirilmiş Öğrenme 197
Gerçek Zamanlı Müdahale Sistemleri 197
Kavramsal Çerçeve 197
Güncel Araştırma Eğilimleri (2020-2025) 198
1. AÇIK VE UZAKTAN ÖĞRENMEDE BÜYÜK VERİ UYGULAMALARI 199
1.1. Genel Bakış 199
1.2. Türkiye'de Mevcut Durum ve Trendler 201
1.3. Fırsatlar ve Potansiyeller 203
1.3.1. Dijital Dönüşümün Getirdiği Yenilikler 203
1.3.2. Öğrenme Deneyiminin İyileştirilmesi 204

1.3.3. Eğitim Kalitesinin Artırılması 206
1.3.3.1. Kanıt Temelli Öğretim Yöntemleri 206
1.3.3.2. Eğitici Performansının İyileştirilmesi ve İdari Görevlerin Otomasyonu 206
1.3.3.3. Öğretim Programı Optimizasyonu 208
1.3.4. Erişilebilirlik ve Kapsayıcılık 209
1.4. Riskler ve Etik Sorunlar 210
1.4.1. Veri Güvenliği ve Sistem Riskleri 211
1.4.2. Etik Sorunlar ve Düzenlemeler 212
1.4.3. Algoritmik Manipülasyon ve Eşitsizlik Sorunları 214
1.4.4. Öğrenen Hakları ve Özgürlükleri 215
1.4.5. Veri Sahipliği ve Platform Bağımlılığı 216
1.4.6. Teknolojik Bağımlılık ve Sosyal Riskler 217
1.4.7. Yasal ve Düzenleyici Zorluklar 218
SONUÇ VE ÖNERİLER 219
KAYNAKLAR 222

BÖLÜM 8
YAPAY ZEKÂ ÇAĞINDA EĞİTİM PARADİGMALARI DÖNÜŞÜMÜN EŞİĞİNDE 233
Kemal Faruk Bakır

GİRİŞ 234
1. DEĞİŞİKLİKLER: EĞİTİMDE PARADİGMA DEĞİŞİMİ 235
1.1. Yapay Zekâ Öğrenme Felsefesini Nasıl Değiştiriyor? 236
1.2. Kişiselleştirilmiş Öğrenme Algoritmaları ve Pedagojik Değişim 238
1.3. Eğitimde Yapay Zekânın Entelektüel ve Kültürel Boyutları 240
1.4. Bilgi Edinme Süreçlerinde Yapay Zekâ ve Gerçek Öğrenme 242
2. SINIRLAMALAR: YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ EĞİTİMİN ETİK VE SOSYOEKONOMİK SINIRLARI 244
2.1. Eğitimde Yapay Zekâ ve Etik: Karar Alma Süreçlerinde Adalet ve Şeffaflık 246
2.2. Öğretmenlerin Rolü ve Pedagojik Otoritenin Dönüşümü 247
2.3. Yapay Zekâ ve Eğitimin Geleceği: İnsanların ve Teknolojinin Eş Evrimi 249
3. TRENDLER: GELECEK SENARYOLARI VE POLİTİKA ÖNERİLERİ 251
3.1. Yapay Zekâ Okuryazarlığı ve Eğitim Politikaları 252
3.2. Sonuç: Yapay Zekâ Eğitimi Nasıl Şekillendirecek? 254
4. YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ ETİK ÖĞRENME MODELİ (YZDEÖM) 256
4.1. Kuramsal Temeller 256
5. KRİTİK YZ OKURYAZARLIĞINA DAYALI EĞİTİM TASARIMI (KYOET) 259
5.1. Modelin Amacı ve Vizyonu 259
5.2. Temel Dayanaklar 259
5.3. Modelin Katmanları 260
5.4. KYOET Uygulama Alanları 260
6. TARTIŞMA 263
SONUÇ VE ÖNERİLER 264
KAYNAKLAR 267

BÖLÜM 9
EĞİTİMDE YAPAY ZEKÂ KULLANIMI 269
Yunus Özdemir

GİRİŞ 269
Yapay zekânın eğitimde yükselen rolü 269
Bölümün amacı, kapsamı ve kullanılan yöntem 270
1. TEMEL KAVRAMLAR VE YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİLERİ 271
1.1. Yapay Zekâ, Makine Öğrenmesi, Doğal Dil İşleme, Üretken YZ Gibi Temel Kavramların Kısa Açıklamaları 271
1.1.1. Yapay Zekâ 271
1.1.2. Makine Öğrenmesi 271
1.1.3. Derin Öğrenme 272
1.1.4. Doğal Dil İşleme 272
1.1.5. Üretken Yapay Zekâ 272
1.2. Başlıca Yapay Zekâ Sistemleri: ChatGPT, Claude, Gemini, Deepseek, MS Copilot 274
2. EĞİTİMDE YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI 275
2.1. Öğrenme Süreçlerinde AI Kullanımı 275
2.1.1. Kişiselleştirilmiş Öğrenme 275
2.1.2. Otomatik Geri Bildirim ve Değerlendirme 276
2.1.3. Erişilebilirlik ve Kapsayıcılık Çözümleri 277
2.1.4. Uzak Okuma ve Yapay Zekâ 277
2.1.5. Yapay Zekâ ile Video Özetleri Oluşturmak 278
3. ÖĞRETMENLER İÇİN YAPAY ZEKÂ 279
3.1. Ders Planı ve İçerik Oluşturma 279
3.2. Sınav Sorusu Hazırlama 280
3.3. Öğrenci İlerlemesi İzleme 280
3.4. Yapay Zekâ ile Dil Çevirisi 281
3.5. Özel Eğitimde Yapay Zekâ ile Kapsayıcılık 281
3.6. Akıllı Öğretim Sistemleri 282
3.7. Uygulama Kutusu 283
3.7.1. Öğrenciler İçin Örnekler 283
3.7.2. Öğretmenler İçin Örnekler 285
4. ZORLUKLAR, ETİK HUSUSLAR VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ 287
4.1. Veri Gizliliği ve Güvenliği 287
4.2. Algoritmik Ön Yargı, İstemlerin Yanıltıcı Etkileri ve Ön Yargı Riski 288
4.3. Sınırlılıklar ve Yanıltıcı Yanıtlar 289
4.4. Öğretmenin Rolünün Dönüşümü 290
4.5. Eşit Erişim Sorunları 291
4.6. Akademik Dürüstlük 291
4.7. Eleştirel Düşünme ve Yaratıcılığın Korunması 292
4.8. Eğitimde Yapay Zekânın Geleceği 292
SONUÇ VE ÖNERİLER 293
Ana bulguların özeti 293
EĞİTİMCİLER İÇİN ÖNERİLER 294

ÖĞRENCİLER İÇİN ÖNERİLER 294
ARAŞTIRMACILAR İÇİN ÖNERİLER 295
Yapay zekâ kullanımının eğitimdeki önemi üzerine genel değerlendirme 295
KAYNAKLAR 296

BÖLÜM 10
EĞİTİMDE YAPAY ZEKÂ VE ETİK: GELECEĞİN ÖĞRENMESİNDE AHLAKİ SINIRLAR 307
Ali Batuhan Yıldız - Sevinç Parlak

GİRİŞ 308
1. BU ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI 309
1.1. Zekâ Nedir? 310
1.2. Yapay Zekâ Nedir? 310
1.3. Eğitsel Veri Madenciliği ve Öğrenme Analitiği 311
1.3.1. Eğitsel Veri Madenciliği 311
1.3.2. Öğrenme Analitiği 313
1.4. Eğitimde Yapay Zekâ Kullanımı: Fırsatlar ve Dönüşüm 314
1.4.1. Kişiselleştirilmiş Öğrenme 315
1.4.2. Otomatik Değerlendirme ve Geri Bildirim 315
1.4.3. Erken Uyarı Sistemleri ve Öğrenci Takibi 316
1.4.4. Akıllı Öğretim Sistemleri (ITS) 316
1.4.5. Yönetim ve Politik Karar Destek Sistemleri 316
1.4.6. Dil Öğrenimi ve Doğal Dil İşleme (NLP) 317
1.4.7. Veri Güvenliği ve Mahremiyet 317
1.4.8. Eğitimde Veri Mahremiyetinin Önemi 317
1.5. Etik Sınırlar ve Sorumluluk 318
1.5.1. Etik Sınırlar 318
1.5.2. Sorumluluk 319
1.5.3. Veri Güvenliğinin Sağlanması: Teknik ve İdari Önlemler 320
1.5.4. Uluslararası ve Ulusal Düzenlemeler 320
1.6. Hibrit Öğrenme Modelleri ve İnsan-Makine İş Birliği 321
1.6.1. Eğitimde Ayrımcılık Riski: Verideki Önyargılar 321
1.6.2. Algoritmik Şeffaflık ve Hesap Verebilirlik 322
1.6.3. Öğretmenin Değişen Rolü ve İnsan Denetiminin Gerekliliği 323
1.6.4. Hibrit Öğrenme Modellerinin Pedagojik Gücü 324
1.6.5. Öğrenci Özerkliği ve Kişisel Gelişim 325
1.6.6. Derin Öğrenmenin Tehdit Altında Olması 325
1.6.7. Yaratıcılığın ve Keşfetmenin Korunması 326
1.6.8. Etik YZ Tasarımı: Özerklik ve Esneklik 326
1.7. Uluslararası Etik Kılavuzlar ve Ulusal Stratejiler 327
1.7.1. Uluslararası Kurumların Etik Yönergeleri 327
1.7.2. Türkiye'de Mevcut Durum ve Politika Önerileri 328
1.7.3. Politika Önerileri: Uygulanabilir Adımlar 330
SONUÇ VE ÖNERİLER 331
KAYNAKLAR 335

BÖLÜM 11
YAPAY ZEKÂYI TANIMAK VE YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞI 341
Özkan Özbay

GİRİŞ 342
Yapay Zekâ 342
Yapay Zekânın Tanımı 343
1. YAPAY ZEKÂNIN TARİHSEL GELİŞİMİ 344
1.1. Yapay Zekânın Kuramsal Temelleri (1950–1970) 344
1.2. Sembolik Yapay Zekâ (1970'ler – 1990'lar) 345
1.3. Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme (1990'lar – 2020'ler) 346
2. YAPAY ZEKÂNIN TEMEL KAVRAMLARI 348
2.1. Makine Öğrenmesi 348
2.2. Yapay Sinir Ağları 349
2.3. Derin Öğrenme 349
2.4. Uç Yapay Zekâ 350
3. YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞI: KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE BİLEŞENLER 351
3.1. Yapay Zekâ Okuryazarlığının Tanımlanması 351
3.2. Yapay Zekâ Okuryazarlığının Kavramsal Çerçevesi 352
3.2.1. Bilişsel Boyut 353
3.2.2. Duyuşsal Boyut 355
3.2.3. Sosyokültürel Boyut 356
4. YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞININ BİLEŞENLERİ 357
4.1. Teknoloji Bileşeni 357
4.2. Etki Bileşeni 359
4.3. Etik Bileşeni 359
4.4. İş Birliği Bileşeni 360
4.5. Öz-Yansıtma Bileşeni 360
5. EĞİTİM POLİTİKALARI VE MÜFREDAT ÖRNEKLERİ 360
6. TÜRKİYE'NİN EĞİTİM SİSTEMİNDE YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞI POLİTİKALARI 363
7. GELECEĞİN BECERİLERİ BAĞLAMINDA YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞI 364
8. YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞINI GELİŞTİRMEYE YÖNELİK STRATEJİLER 365
8.1. Disiplinler Arası Öğrenme Yaklaşımı 366
8.2. Etik ve Sosyal Farkındalık Temelli Eğitim 366
8.3. Uygulamalı ve Proje Tabanlı Öğrenme Ortamları 366
8.4. Öğrenen Özelliklerine Göre Uyarlanmış Eğitim İçerikleri 367
8.5. Politika Desteği ve Sürdürülebilirlik 367
SONUÇ VE ÖNERİLER 367
KAYNAKLAR 370

BÖLÜM 12
TIPTA YAPAY ZEKÂ KULLANIMINDA ETİK SORUNLAR: HEKİM, HASTA VE MAKİNE ÜÇGENİ 381
Sevim Yağız

GİRİŞ 382
1. GEREÇ VE YÖNTEM 384
2. TARTIŞMA 385
2.1. Hasta-Hekim İlişkisi ve Tıbbi Yapay Zekâ Sistemleri Kullanımında Algoritmik Gölge Etkisi 385
2.2. Tıpta Yapay Zekâ Sistemleri Kullanımında Hasta Mahremiyeti, Veri Güvenliği ve Onam Süreçleri 390
3. KLİNİK KARAR DESTEK SİSTEMLERİ VE DOĞURDUĞU ETİK İKİLEMLER 394
3.1. Mesleki Yetkinliğin Verdiği Karar Yetkisini Kullanma ve Hukuki Sorumluluk İkilemi 396
3.2. Hasta Özerkliğine Saygı Gösterme ya da Yararlı Olma İkilemi 397
3.3. Veri ile Toplam Tıbbi Bakımın İyileştirilmesi ya da Kişisel Tıbbi Verilerin Gizliliğinin Korunması İkilemi 398
3.4. Tıbbi Bakımın İyileştirilmesi ve Klinisyen Mesleki Becerisinin Azalması İkilemi 398
3.5. İlgili Klinik Araştırmaların Sağlayacağı Faydalar ve Tıbbi Verilerin Gizliliğine Saygı İkilemi 399
3.6. Çoğunluğun Sağlık Yararını Arttırma ya da Adaleti Sağlamada İkilem 402
4. OTONOM TEŞHİS SİSTEMLERİNDE SORUMLULUK 403
4.1. Yapay Zekâ Sisteminin Sorumluluğu 405
4.2. Sistem Üreticisinin Sorumluluğu 406
4.3. Sistemi Geliştiren Firmanın Sorumluluğu 407
4.4. Sistem Dağıtıcısının Sorumluluğu 408
4.5. Sağlık İşletmelerinin Sorumluluğu 408
4.6. Klinisyen Sorumluluğu 409
4.7. Düzenleyici Otoritelerin Sorumluluğu 414
SONUÇ VE ÖNERİLER 414
KAYNAKLAR 417

BÖLÜM 13
YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ EĞİTİM PROGRAMLARININ EBELİK EĞİTİMİNİN GELİŞTİRİLMESİNDEKİ YERİ VE ÖNEMİ 425
Yasemin Öztürk

GİRİŞ 425
1. DİJİTALLEŞME KAVRAMI 429
2. YAPAY ZEKÂ KAVRAMI 429
2.1. Makine Öğrenimi 432
2.2. Yapay Sinir Ağları 432
2.3. Derin Öğrenme 433

2.4. Eğitimde Yapay Zekânın Önemi 434
2.5. Eğitimde Yapay Zekâ Uygulamaları 437
2.6. Ebelik Eğitiminde Yapay Zekânın Yeri 438
2.7. Kadın Sağlığı Alanında Yapay Zekâ Uygulamaları 440
SONUÇ VE ÖNERİLER 445
KAYNAKLAR 447

BÖLÜM 14
YAPAY ZEKÂ TABANLI YENİLİKÇİ UYGULAMALARIN AĞAÇİŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNE KATKILARI 459
Yeliz Öztürk

GİRİŞ 459
1. YAPAY ZEKÂ KAVRAMI 462
1.1. Makine Öğrenimi 465
1.2. Derin Öğrenme 467
2. YAPAY ZEKÂNIN EĞİTİMDEKİ YERİ VE ÖNEMİ 468
3. MÜHENDİSLİK EĞİTİMİNDE YAPAY ZEKÂNIN YERİ VE ÖNEMİ 473
4. AĞAÇİŞLERİ MÜHENDİSLİĞİNDE YAPAY ZEKÂNIN YERİ VE ÖNEMİ 475
SONUÇ VE ÖNERİLER 477
KAYNAKLAR 479

BÖLÜM 15
PROGRAMLAMA ÖĞRENME SÜRECİNDE YAPAY ZEKÂ DESTEĞİ: AKILLI ARAÇLAR VE KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ STRATEJİLER 487
Erkan Çalışkan

GİRİŞ 487
1. PROGRAMLAMA ÖĞRENME SÜRECİNDE DEĞİŞEN PARADİGMALAR 488
2. PROGRAMLAMA ÖĞRENİMİNDE KULLANILAN YAPAY ZEKÂ ARAÇLARI 491
2.1. Kod Tamamlama Sistemleri 492
2.2. Hata Tespit ve Düzeltme Araçları 495
2.3. Kişiselleştirilmiş Öğrenme Yolları 496
2.4. Pratik Uygulamalar 497
3. YZ DESTEKLİ YOL HARİTASI ÇİZME 498
4. YZ DESTEKLİ PROJE YÖNETİMİ ARAÇLARI 499
5. KOD İNCELEME VE REFAKTÖR ÖNERİLERİ 501
6. GERÇEK DÜNYA SENARYOLARIYLA PEKİŞTİRME 502
7. ETİK, GÜVENLİK VE SINIRLAR 503
7.1. YZ Önerilerinin Doğruluk ve Güvenilirlik Riskleri 504
7.2. Telif Hakkı ve Kullanım Politikaları 505
7.3. Öğrencinin Bağımsız Düşünme Yeteneğini Koruma 506
SONUÇ VE ÖNERİLER 506
KAYNAKLAR 509

BÖLÜM 16
YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ TANILAMA VE DEĞERLENDİRME SİSTEMLERİ: EĞİTİMDE FIRSAT EŞİTLİĞİ VE KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ ÖĞRENME İÇİN YENİ YAKLAŞIMLAR 513

Ceren Ersoy

GİRİŞ 514
1. YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ TANILAMA SÜREÇLERİNE KURAMSAL BİR YAKLAŞIM 515
2. ÜSTÜN ZEKÂ TANIMI VE KURAMSAL YAKLAŞIMLAR 516
3. ÜSTÜN ZEKÂNIN KAVRAMSAL EVRİMİ VE GENEL MODELLER 517
   3.1. Alana Özgü Modeller 517
   3.2. Sistem Modelleri 518
   3.3. Gelişimsel Modeller 518
4. YAPAY ZEKÂ İLE KLASİK DEĞERLENDİRMEDEN AKILLI SİSTEMLERE GEÇİŞ 519
5. YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ TANILAMADA TEMEL İLKELERİN UYARLANMASI 520
6. TÜRKİYE'DE ÜSTÜN ZEKÂ TANISI: DİJİTALLEŞMENİN İLK ADIMLARI 523
7. EĞİTSEL TANILAMA VE DEĞERLENDİRMEDE MAKİNE ÖĞRENMESİ 525
8. YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ TANILAMADA ETİK, ADALET VE KAPSAYICILIK 533

SONUÇ VE ÖNERİLER 534
KAYNAKLAR 539

BÖLÜM 17
MAKİNE ÖĞRENMESİ: TEMELLER, YÖNTEMLER VE GELECEK PERSPEKTİFİ 545

Onur Sevli

GİRİŞ 545
1. MAKİNE ÖĞRENMESİNE GENEL BAKIŞ 546
2. TARİHSEL GELİŞİM VE DÖNÜM NOKTALARI 547
3. TEMEL KAVRAMLAR 547
4. MAKİNE ÖĞRENMESİNİN UYGULAMA ALANLARI 548
5. MAKİNE ÖĞRENMESİNİN AVANTAJ VE SINIRLILIKLARI 549
6. MAKİNE ÖĞRENMESİ TÜRLERİ 549
   6.1. Denetimli Öğrenme 549
   6.2. Denetimsiz Öğrenme 550
   6.3. Yarı Denetimli Öğrenme 551
   6.4. Pekiştirmeli Öğrenme 552
   6.5. Uygun Yöntem Seçimi 552
7. ALGORİTMALAR VE YÖNTEMLER 553
   7.1. Regresyon, Sınıflandırma ve Kümeleme Kavramları 553
   7.2. Regresyon Modelleri 554
      7.2.1. Doğrusal Regresyon 554
      7.2.2. Ridge ve Lasso Regresyon 555
      7.2.3. Doğrusal Olmayan Regresyon 556

7.3. Karar Ağaçları 557
7.3.1. Temel Yapı ve Çalışma Prensibi 557
7.3.2. Bölme Kriterleri 558
7.3.3. Karar Ağacı Algoritmaları 559
7.3.4. Avantaj ve Sınırlılıkları 559
7.4. Naive Bayes 560
7.4.1. Temel Çalışma Prensibi: Bayes Teoremi 560
7.4.2. Naive Bayes Türleri 561
7.4.3. Avantaj ve Sınırlılıkları 562
7.5. K-En Yakın Komşu 562
7.5.1. Mesafe Ölçüleri 564
7.5.2. Avantaj ve Sınırlılıkları 564
7.6. Destek Vektör Makineleri 565
7.6.1. Doğrusal Ayrıştırılamayan Veri, Yumuşak Marjin ve C Değeri 566
7.6.2. Çekirdek Hileleri 566
7.6.3. Avantaj ve Sınırlılıkları 567
7.7. Topluluk Öğrenme Algoritmaları 567
7.7.1. Bagging 567
7.7.2. Boosting 568
7.8. Rastgele Orman 569
7.8.1. Rastgele Orman Algoritmasının Özellikleri 569
7.8.2. Avantaj ve Sınırlılıkları 570
7.9. Adaboost ve XGBoost 570
7.9.1. Adaboost 571
7.9.2. XGBoost 572
7.10. Kümeleme Algoritmaları 573
7.10.1. Kümeleme Türleri 573
7.10.2. K-Ortalamalar 573
7.10.3. Hiyerarşik Kümeleme 574
7.10.4. Kümeleme Performans Değerlendirme Ölçütleri 574
7.11. Boyut İndirgeme Teknikleri 574
7.11.1. Temel Bileşen Analizi 575
7.11.2. t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding (t-SNE) 576
7.12. Yapay Sinir Ağları 576
7.12.1. Temel Yapı: Biyolojik ve Yapay Nöron 577
7.12.2. Sinir Ağı Mimarisi 579
7.12.3. Aktivasyon Fonksiyonları 579
7.12.4. Avantaj ve Sınırlılıklar 580
7.13. Derin Sinir Ağları ve Derin Öğrenme 580
7.13.1. Derin Sinir Ağları 581
7.13.2. Evrişimli Sinir Ağları 581
7.13.3. Tekrarlayan Sinir Ağları 582
7.13.4. Transformer Mimarisi 582
8. MODEL DEĞERLENDİRME 583
8.1. Regresyon Modellerini Değerlendirme 584
8.1.1. Ortalama Mutlak Hata 584

8.1.2. Ortalama Kare Hata 584
8.1.3. Kök Ortalama Kare Hata 584
8.1.4. Belirleme Katsayısı (R2 Skoru) 585
9. SINIFLANDIRMA MODELLERİ DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ 585
9.1. Karışıklık Matrisi 585
9.2. Temel Metrikler 586
9.3. ROC Eğrisi ve AUC 586
9.4. Aşırı Uyum ve Az Uyum 587
9.5. Çapraz Doğrulama 587
10. MODEL YORUMLANABİLİRLİĞİ VE AÇIKLANABİLİR YAPAY ZEKÂ 588
10.1. Yorumlanabilirlik ve Açıklanabilirlik Kavramları 588
10.2. Açıklanabilirlik Türleri 589
10.3. Yaygın Açıklama Yöntemleri 589
11. GÜNCEL TEKNOLOJİLER VE GELECEK PERSPEKTİFİ 591
11.1. Üretken Yapay Zekâ 591
11.2. Kuantum Makine Öğrenmesi 592
11.3. İnsan-Bilgisayar Etkileşiminin Geleceği 592
11.4. Etik ve Sorumlu Yapay Zekâ 593
SONUÇ VE ÖNERİLER 593
KAYNAKLAR 595

BÖLÜM 18
EĞİTİMDE ETKİLİ İSTEM TASARIMI 599
Yunus Özdemir

GİRİŞ 599
İstem Tasarımının Önemi 600
Bölümün Amacı, Kapsamı ve Kullanılan Yöntem 600
1. İSTEM TASARIMININ TEMELLERİ 601
1.1. İstem Nedir ve Nasıl Çalışır? 601
1.2. Eğitim Bağlamında İstem Tasarımının Rolü 602
1.3. İstem Türleri ve Yapıları 603
2. İSTEM TASARIM ŞABLONLARI 604
2.1. RTF (Role - Task - Format) Şablonu 604
2.2. CTF (Context – Task - Format) Şablonu 605
2.3. TAG (Task - Action - Goal) Şablonu 606
2.4. BAB (Before - After - Bridge) Şablonu 607
2.5. CARE (Context - Action - Result - Example) Şablonu 608
3. ETKİLİ İSTEM YAZMA İLKELERİ 610
3.1. İyi ve Kötü İstem Örnekleri 611
3.1.1. Kötü Örnekler 611
3.1.2. İyi Örnekler 612
4. UYGULAMA KUTUSU 613
4.1. RTF Şablonu Uygulaması 613
4.2. CTF Şablonu Uygulaması 613

4.3. TAG Şablonu Uygulaması 613
4.4. BAB Şablonu Uygulaması 614
4.5. CARE Şablonu Uygulaması 614
5. EĞİTİMDE İSTEM UYGULAMALARI 614
5.1. Eğitimde Kullanılan İstem Türleri 615
5.1.1. Bilgi Elde Etme İstemleri 615
5.1.2. Analitik İstemler 615
5.1.3. Yaratıcı Yazma İstemleri 615
5.1.4. Rol Yapma İstemleri (Roleplay Prompts) 615
5.1.5. Geri Bildirim Talep İstemleri 615
5.1.6. Öğrencilerin Kullanabileceği İstemler 616
5.1.7. Öğretmenlerin Kullanabileceği İstemler 616
6. UYGULAMA ALANLARI VE ÖRNEK İSTEMLER 617
6.1. Matematik 617
6.2. Fen Bilimleri 618
6.3. Sosyal Bilimler 619
6.4. Dil Eğitimi 619
SONUÇ VE ÖNERİLER 620
Ana Bulguların Özeti 620
İstem Tasarımının Eğitimdeki Önemi Üzerine Genel Değerlendirme 623
KAYNAKLAR 624

YAZAR VE EDİTÖR BİYOGRAFİLERİ 631

DİZİN 641

BÖLÜM 1

DİJİTALLEŞEN İŞ HAYATINA UYUM: YENİ TEKNOLOJİLER VE MEZUNLARDAN BEKLENTİLER

Ayşe Asiltürk

ÖZET

Endüstri 4.0 devrimi ile birlikte dünyada iş gücünün niteliği ve istihdamın yapısı hızla değişmekte; var olan mesleklerdeki çalışanlardan beklentiler farklılaşırken yeni meslekler ortaya çıkmaktadır. Genel olarak öğrenciler ve yeni mezunların yeni teknolojiler hakkındaki farkındalığı ise günlük hayatta kullanılan teknolojilerden öteye geçememektedir. Dünyada teknolojiyi üreten ve kullanabilen ülkeler ile takipçi ve müşteri konumunda kalan ülkeler arasındaki makas ise hızla açılmaktadır. Bu nedenlerle dijitalleşen iş hayatına uyum artık bir zorunluluk hâline gelmiştir. Çalışacakları sektörler gözetilmeksizin üniversite öğrencilerinin dijital iş hayatına nasıl daha iyi uyum sağlayacağını ve yeni teknolojileri işlerine nasıl entegre edeceğini öğrenmeleri gerekmektedir. Bilgi teknolojileri (BT) gibi temel bazı derslerin, ders müfredatına eklenmesi dijitalleşen iş hayatına uyumun sağlanmasında yeterli olmayabilir. Robotik ve yapay zekâ (YZ) operatörlüğü gibi Endüstri 4.0 teknolojilerine yönelik yeni bölümlerin açılması önemli bir adım olmakla birlikte, bu alanlardaki akademik çalışmaların geliştirilebilmesi için zamana, insan kaynağına ve bütçeye ihtiyaç vardır. Üniversitelerdeki farklı bölümlerin mesleki yeterlilikleri ile yeni teknolojilerin kullanımı bağlamında, kamu sektörü, özel sektör ve kâr amacı gütmeyen sektördeki paydaşları bir araya getiren, profesyonel bir bakış açısına dayanan uygulamaların geliştirilmesi önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşen İş Hayatına Uyum; Endüstri 4.0 Teknolojileri; Mezunlardan Beklentiler, Mesleki Yeterlilikler, Sektörler

GİRİŞ

Endüstri 1.0 (Birinci Endüstri/Sanayi Devrimi), buhar gücü, dokuma tezgâhları, mekanizasyon; Endüstri 2.0 (İkinci Endüstri /Sanayi Devrimi) elektrik enerjisi, montaj hattı, seri üretim; Endüstri 3.0 (Üçüncü Endüstri / Sanayi Devrimi) bilgisayar, elektronik, otomasyon; Endüstri 4.0 (Dördüncü Endüstri /Sanayi Devrimi) nesnelerin interneti, hizmetlerin interneti, siber

fiziksel sistemler ile karakterize edilmektedir. 21. yüzyıldaki hızlı teknolojik ilerlemeyi tasvir etmek için kullanılan Endüstri 4.0 kavramı ilk defa, 2011 yılında Almanya'da düzenlenen bir teknoloji fuarında duyurulmuştur (Govy 4.0, 2021). Endüstri 4.0 devrimiyle birlikte teknolojik yeniliklerin yayılması, ekonomik sistemleri yeniden şekillendirerek farklı sektörlerde yapısal değişikliklere neden olmakta ve bu yenilikler toplumun dijital altyapısının temeli hâline gelmektedir. Blok zinciri, büyük veri, nesnelerin interneti, makine öğrenimi, YZ gibi dijital teknolojiler, iş çevikliği, dayanıklılığın oluşturulması, toplumsal davranışın dönüştürülmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Berawi vd., 2020).

Endüstri 4.0 kavramını karakterize eden "nesnelerin interneti, hizmetlerin interneti ve siber-fiziksel sistemler" kısaca şu şekilde açıklanabilir: Nesnelerin interneti, makineler/robotların kablosuz iletişim kurarak, değişen üretim stratejisine ayak uydurulması, kısa sürede karar alınması ve uygulanması, veri analizlerinin tüm birimlere derhâl ulaştırılmasını kapsamaktadır. Hizmetlerin interneti, yeni teknolojilere bağlı gelişen yeni hizmet alanlarında internet üzerinden hizmet verecek ve alacak kişilerin ilişkisini sağlayacak yazılımlar ve hizmetleri (bulut sistemi, e-posta hizmetleri vb.) içermektedir. Sanal dünyanın bir kopyası olarak nitelendirilen siber-fiziksel sistemler ise kendi kendini idare eden sensörler vasıtasıyla işlem yapan sistemlerin genel adıdır. Yaklaşık gelecek yirmi yıl içinde tamamen uygulamaya geçeceği düşünülen Endüstri 4.0 ile üretim ve yaşam alanlarının tamamının akıllı donanımlara sahip olacağı, sistemlerin bütünleşik çalışacağı, üretim ve tüketimin yeniden yapılandırılmasıyla zengin ve fakir ülkelerin gelir dağılımında uçurumlar oluşacağı ileri sürülmektedir (Govy 4.0, 2021).

Endüstri 4.0 devriminin etkileri ile dönüşmekte olan iş hayatında örgütlerin talep ettiği iş gücü ve insan kaynağının nitelikleri ile istihdam biçimleri giderek farklılaşmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımıyla otomatikleştirilmeye uygun olan vasıfsız, yarı vasıflı işlerin makinelere/robotlara yaptırılabilmesi, bu işlerde görevli iş gücünün işsiz kalmasına yol açmaya başlamıştır. Diğer taraftan bu teknolojilerin üretimi ve sürdürülebilirliğinde temel rolü nitelikli insan kaynağı oynayacağı için geleneksel işlerden oldukça farklı ve teknolojiyle ilişkilendirilen birçok yeni meslek de ortaya çıkmakta ve yeni istihdam alanları oluşmaktadır. Burada yaşanan temel problemlerden biri, bu yeni meslek alanlarında insan kaynağının yetiştiril-

mesi iken diğeri mevcut mesleklerde çalışan insan kaynağının işlerini yeni teknolojilerle entegre edebilecek hâle getirilmesidir. Bu iki grup dışında kalacak olan vasıfsız veya yarı vasıflı çalışanlar için de çözüm yolları geliştirilmelidir. Bu çalışmanın konusu üniversite öğrencilerinin hızlı dijitalleşen iş hayatına nasıl uyum sağlayabileceğidir. Zira hem mevcut hem de yeni açılan bölümlerde öğrenim görmekte olan öğrenciler hızlı dijitalleşme karşısında nasıl aksiyon alması gerektiğinin henüz farkında değildir.

Son günlerde en fazla gündemde olan örneklerden biri, yükseköğretimde teknolojinin bir yansıması olarak YZ kullanımıdır. 2022 yılından bu yana piyasaya çeşitli YZ ürünleri çıkarılmaktadır. OpenAI tarafından Kasım 2022'de diyalog konusunda uzmanlaşmış bir üretken YZ sohbet botu olan ChatGPT piyasaya sürülmüştür. ChatGPT, öğrenciler dâhil her ay yaklaşık 5,24 milyar kişi tarafından ziyaret edilmektedir (Duarte, 2025). Akademik deneyimlerini desteklemek için ChatGPT ve Bard gibi YZ ürünlerini kullanan üniversite öğrencilerinin sayısı giderek artmaktadır (Crawford vd., 2024). Kamalov vd.nin (2023) belirttiği gibi son zamanlarda ChatGPT'nin çeşitli standartlaştırılmış akademik kullanımda gösterdiği yüksek performans, YZ'yi eğitimin geleceği hakkındaki ana akım tartışmalarının konusu hâline getirmiştir. Melnychenko (2025) YZ'nin günümüz toplumunun mega dalgalanması hâline geldiğini, bu hâliyle geleceğin hatlarını değiştirmekle kalmayacağını, insanlık için bir çatallanma/dönüm noktası hâline geleceğini ifade etmektedir. Şimdiye kadar yapılan bazı çalışmalar (Ivanov, 2023; Abd Rahman vd., 2023; Lai vd., 2023) yükseköğretimde YZ kullanımının öğrenciler tarafında öğrenme motivasyonunun düşmesi, eleştirel düşünme, problem çözme ve sosyal becerilerin zayıflaması, teknolojiye aşırı bağlanma, ruh sağlığının olumsuz etkilenmesi gibi bazı negatif etkilere yol açabileceğini göstermektedir.

Liberatore vd. (2025) YZ'nin mevcut eğitim stratejilerinin yerine değil, bir geliştirme aracı olarak kullanılmasını, sınırlılıklarının anlaşılmasına ve öğrencilerin bilişsel becerilerinin geliştirilmesine öncelik verilmesini tavsiye etmektedir. Nitekim Kamalov vd.ne göre (2023) üniversitelerde YZ odaklı teknolojilerin sürdürülebilir gelişimi ve dağıtımı için mevcut eğitim sistemi üzerindeki etkilerinin net bir şekilde anlaşılması ve kötüye kullanımının önlenmesi gerekmektedir. Klimova & Pikhart (2025) ise hem akademik başarıyı hem de öğrenci refahını bütünsel olarak destekleyen dengeli

bir YZ entegrasyonu ile olumsuz etkileri azaltan stratejiler geliştirilmesine ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır.

YZ'nin eğitim üzerindeki olumlu ve olumsuz etkilerini analiz eden Melnychenko (2025), YZ'nin belirli türdeki uzmanlıkların yok edilmesini teşvik ettiğini ve öğrencilerde standart düşünme eğilimine yol açtığını ileri sürmektedir. Bu olumsuz etkilerin azaltılabilmesi için temel bilgi, hesaplamalar, yazma vb. çalışma ihtiyacının kabul edilmesi; öğrencilerin eğitimde YZ'nin gelişiminin olumsuz sonuçlarının tartışılmasına dâhil edilmesi gerektiğine dikkat çekmiştir. Yükseköğretimde YZ'nin kullanımıyla ilgili talimatların hazırlanmasında, çeşitli uzmanlık alanlarından öğrenciler dâhil edilerek, nerede kullanılabileceği, hangi gerekli becerilerin geliştirilmesini engellediği, öğrenme sürecinde adaletsizlik oluşturduğu durumları analiz etmeleri istenebilir. Öğrencilerin, geliştirmelerine yardımcı oldukları talimatları takip etme olasılıklarının çok daha yüksek olacağına işaret edilmektedir.

Kaynak temelli teoriye dayalı bir araştırma gerçekleştiren Wang vd. (2023) yükseköğretim kurumlarının YZ yeteneğinin, öğrencilerin öğrenme performansını öğrenci yaratıcılığı ve öz yeterlilik aracılığıyla önemli ölçüde etkilediğini belirlemiştir. Bu araştırmaya göre, yükseköğretim kurumlarının YZ yeteneği kaynaklar (teknik, temel kaynaklar, veri), beceriler (iş birliği yeterlilikleri, öğretim uygulamaları, teknik beceriler) ve bilinçten (reform, yenilik bilinci) meydana gelen üç dereceli bir değişkendir.

Üniversite öğrencilerinin hem eğitim hem de dijitalleşen iş hayatlarında YZ gibi teknolojilerden nasıl daha etkin olarak yararlanabileceği, çalışılması gereken bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır.

1. DİJİTALLEŞEN İŞ HAYATI VE ÖZELLİKLERİ

Son dönemde bir taraftan dijital teknolojilerin keşfi ve kullanımı, diğer taraftan tüm sektörlerde dijital dönüşüm (DD) eğilimi hızla artmaktadır. DD, farklı sektörlerdeki farklı mülkiyet biçimlerine sahip farklı ölçeklerdeki örgütler açısından yeni fikirler, iş modelleri, teknolojiler ve pazarlara erişim anlamına gelmektedir. Müşteri ihtiyaçlarının hızla değişmesi, değer zincirleri ve pazarların yeniden yapılandırılmasına; yeni stratejik perspektifler ve iş modellerinin oluşmasına yol açmaktadır (Tatarinov, 2024). Ekonominin

dijitalleşmesiyle birlikte üretim, dağıtım, değişim ve tüketim modellerinde köklü değişiklikler yaşanırken yeniliklerin yaşam döngüsü kısalmakta, rekabet artmakta ve işletmelerin sermayesi rekor düzeyde büyümektedir (Lapidus & Lapidus, 2018).

Dijital teknolojiler, "insanları, sistemleri, ürünleri birbirine bağlayan veya hizmetleri daha etkili/verimli hâle getiren teknolojiler" olarak tanımlanmaktadır. Dijital teknolojilerin kullanımı, dijitalleşmenin etkisiyle giderek güçlenen pazar rekabeti nedeniyle daha önemli hâle gelmektedir (Berawi vd., 2020). Artan dijitalleşme; işletmelerin mevcut stratejilerini gözden geçirmeleri, erken aşamalarda sistemli olarak yeni iş fırsatlarını keşfetmeleri için bir baskı oluşturmaktadır. Bu durum iş modelleri dâhil olmak üzere çeşitli operasyonları etkilemekte, yeni ürünler/hizmetler geliştirilmekte, müşteriler ve çalışanlarla yeni şirket ilişkileri biçimleri ortaya çıkmakta, işletmeler arasında ise çeşitli yeni iş birlikleri kurulmaktadır (Rachinger vd., 2019).

Geleneksel iş yapma biçimleri ve modellerinin yerini hızla dijital iş modelleri almaktadır. Bu yeni iş modelleri arasında free-to-play, freemium-model, paylaşım ekonomisi, platform tabanlı modeller, print-on-demand, tam kitle kaynak kullanımı, bağış vb. örnekler bulunmaktadır. İşletmeler bu iş modelleriyle değer oluşturma sürecinde daha inovatif hareket ederek yeni pazarlara ulaşabilmektedir (Lapidus & Lapidus, 2018; Rachinger vd., 2019; Berawi vd., 2020).

DD süreci, "dijitalleştirme, dijitalleşme ve DD" aşamalarından oluşmaktadır. Dijitalleştirme, kâğıt üzerindeki analog verilerin dijital formata dönüştürülmesidir. Dijital teknolojilerin hâkim olduğu dijital toplumun gelişiminde modern bir aşama olan (Semenchuk & Lichenko, 2023) dijitalleşme, örgütün süreç ve operasyonlarının yenilikçi BT ile dönüştürülmesidir (Chkan vd., 2021). Semenchuk & Lichenko (2023) dijitalleşmeyi veri toplama, iletme, depolama ve işleme için teknik araçlar ve yazılım çözümleri içeren dijital teknolojilerin kullanılması süreci olarak tanımlamaktadır.

Küreselleşmiş pazarlar ve rekabet ortamında dijitalleşme, önemli bir başarı faktörü hâline gelmiştir. Bu nedenlerle dijital çözümleri aktif olarak uygulayan işletmeler daha esnek, verimli ve yenilikçi hâle gelerek, operasyonlarını ölçeklendirebilmekte, yeni gelir kaynakları bulabilmekte ve değişikliklere daha hızlı yanıt verebilmektedir (Dehtyarov vd., 2024). Farklı

sektörler ve ölçeklerdeki işletmelerin yürüttüğü DD projelerinde dijital teknolojilerin kullanım amaçları aşağıdaki gibidir (Berawi vd., 2020; Chkan vd., 2021; Semenchuk & Lichenko, 2023):

- Bürokratik prosedürlerin uygulanması için gerekli süreyi azaltmak,
- Entegre ürün yaşam döngülerini yönetmek,
- Fiziksel kaynakları ve bireylerin yaratıcılığını birleştirerek işletmeleri modernize etmek,
- Güvenilir, sürdürülebilir, verimli iş operasyonları geliştirmek,
- İş gücü maliyetlerini azaltırken üretkenliği artırmak,
- İşletmedeki tüm iş süreçlerini ve operasyonları hızlandırmak,
- İş süreçlerini dönüştürerek müşterilerin memnuniyetini artırmak,
- Katma değer üreten yeni ürünler, hizmetler, süreçler ve rekabet avantajları oluşturmak,
- Müşteri taleplerindeki değişikliklere hızlı bir şekilde uyum sağlamak,
- Müşteri hizmetleri kalitesini iyileştirmek,
- Müşteriler ve çalışanlarla etkili iletişim ve güçlü ilişkiler kurmak,
- Optimizasyona bağlı operasyonel faaliyet giderlerini azaltmak,
- Örgütsel yeniliği teşvik etmek,
- Tüm süreç zincirlerinde müşterilerin gereksinimlerini ürün geliştirmeye veya hizmet sunumuna entegre etmek,
- Uçtan uca iş akışlarını optimize etmek,
- Uzaktan çalışanların organizasyonu ve koordinasyonunu sağlamak,
- Yönetim verimliliğini sağlamak.

Dijitalleşme, iş inovasyonunun temel itici gücü hâline gelerek, işletmelere yenilik yapma ve değer oluşturma konusunda yeni fırsatlar sunmaktadır (Wang vd., 2023a). Hizmet sektöründe inovasyon sürecini teşvik eden dijitalleşme, daha önce teknik yeterlilik eksikliği nedeniyle mevcut olmayan yeni iş kolları ve pazarların açılmasına olanak tanımaktadır. Dijital platformların bazılarının çok güçlü küresel konumlar elde ettiği görülmektedir. Örneğin, çevrim içi satışların %40'ı Amazon aracılığıyla gerçekleştirilmekte; küresel sosyal medya pazarının üçte ikisini Meta oluşturmakta; Google, arama motorunun %90'ını kapsamaktadır (Tatarinov, 2024).

Wang vd. (2023) çalışmasında kurumsal performansı önemli ölçüde olumlu etkileyen dijital yeteneklerin "temel dijital yetenekler, dijital operasyon yetenekleri, dijital entegrasyon yetenekleri" olmak üzere üç boyuta ayrılabileceği ifade edilmiştir. E-ticaret, otomasyon, veri analitiği gibi dijital araçlar, işletmelerin esneklik ve yenilik yapma yeteneklerini artırarak rekabetçi kalmalarına imkân sağlamaktadır. Dehtyarov vd. (2024) çalışması ABD, Hollanda ve Singapur gibi ülkelerin deneyimlerini inceleyerek, DD'de başarı anahtarının yalnızca inovasyon değil, hızlı değişikliklere uyum sağlama yeteneği olduğunu göstermiştir.

Chkan vd. (2021) DD'yi, örgütlerin stratejileri, ürün ve hizmetleri, süreçleri olmak üzere bir bütün hâlinde dijitalleşmesi olarak ifade etmektedir. Başarılı bir DD'nin, dijital altyapının geliştirilmesi, insan sermayesine yatırım, bilimsel araştırma ve eğitime yatırımı teşvik eden hükümet politikalarının varlığı, siber güvenliğin sağlanmasını içeren bütünleşik bir yaklaşım gerektirdiği vurgulanmaktadır (Dehtyarov vd., 2024).

İşletmelerin DD süreci bağlamında, büyük ölçekli üretim baskısı, kitlesel üretime dayalı yapılar ve tesisler arasındaki karmaşık iş birlikleri önemli zorluklar oluşturmaktadır. Bu zorlukların aşılabilmesi için akıllı fabrika uygulamaları, sanal gerçeklik destekli ortamlarda entegre sipariş yönetim sistemleri, endüstriyel nesnelerin interneti gibi yüksek kaliteli dijital çözümlerin bütüncül şekilde kullanılması gerekmektedir. Bulut platformları, Azure gibi hizmetler, ölçeklenebilir ve entegre dijital çözümleri desteklemektedir (Kraus & Kraus, 2021).

YZ ve makine öğrenimi çalışmaları, örgütlerde tahmin analitiğinin etkinleştirilmesinde, rutin görevlerin otomatikleştirilmesinde ve müşteri deneyiminin kişiselleştirilmesinde kullanılmaktadır. Nesnelerin interneti ve büyük veri çalışmalarıyla veriler gerçek zamanlı toplanıp, analiz edilerek daha rasyonel kararlar verilebilmektedir (Lapidus & Lapidus, 2018; Berawi vd., 2020; Dehtyarov vd., 2024; Kraus & Kraus, 2021). Diğer taraftan görüntülü konferans sistemleri gibi dijital iletişim araçları ve dijital pazarlama platformları iletişimi son derece kolaylaştırmaktadır (Chkan vd., 2021; Aránega vd., 2024). Ancak dijitalleşen dünyada örgütler, hızlı teknolojik gelişmelerle uyumlu olarak çalışan yetkinliklerini korumada büyük zorluklarla karşılaşmaktadır (Rustam vd., 2024). Bu bağlamda üniversitede öğrencilerin aldığı eğitimin dijitalleşen iş hayatına uyum sağlamaya ne ölçüde

katkı sağladığı sorusu akıllara gelmektedir. Nurhalima (2023) dijitalleşen iş piyasasının çalışanların rekabetçi becerilere sahip olmaları yönündeki talepleri ile çalışanların mevcut becerileri arasındaki uyumsuzluğun, çeşitli sektörlerde yaygın ve yoğun bir şekilde mesleki eğitimlerle giderilmeye çalışıldığına işaret etmektedir.

2. DİJİTAL ÇAĞDA İŞ GÜCÜ GELİŞTİRME ZORLUKLARI

Dijitalleşen dünyada geleceğin belirsizliği, değişkenliği ve karmaşıklığını yönetecek yetkinliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bilgi arama, işleme ve analiz becerileri, girişimcilik bilgisi, iş birliği yapabilme, sistemik düşünebilme, sorunları çözebilme, temel programlama becerileri, yaratıcılık ve yeni fırsatlar bulma yeteneği bunlardan bazıları olarak ifade edilmiştir (Tovkanets & Tovkanets, 2024).

Özkan-Özen & Kazancoglu (2021) detaylı bir literatür taraması ve sonrasında akademisyen/uzmanlardan oluşan bir odak grup görüşmesi sonucunda Endüstri 4.0 döneminde iş gücü geliştirmeye dair aşağıdaki gibi 13 zorlu konu başlığı olduğunu belirlemiştir:

- Analitik düşünme eksikliği ve karmaşıklıkla başa çıkma
- Bilgi teknolojisi /dijital becerilerin eksikliği
- Çalışanların değişime karşı direnci
- Daha uzun öğrenme süresi ve özel eğitim için gereksinimler
- Dâhili dijital kültür eksikliği
- Dijitalleşme için yetersiz organizasyon yapısı ve yönetim sistemi
- Dijital sistemler için eğitim maliyeti
- Disiplinler arası düşünme ve oyunculuk eksikliği
- İnsan ve makine arasındaki etkileşimin ve ilgili bilgi alışverişinin anlaşılmaması
- İş gücü piyasasında yeterli becerilere sahip iş gücü eksikliği
- Merkezî olmayan karar vermede yetenek eksikliği
- Öğrenmeye hazırlık/yetenek eksikliği
- Sistem düşüncesi/bilgisi eksikliği

Tablo 1: Endüstri 4.0 Döneminde İş Gücü Geliştirme Zorlukları

Analitik düşünme eksikliği ve karmaşıklıkla başa çıkma	Lorenz vd. (2015), Motyl vd. (2017), Kazancoglu & Ozkan-Ozen (2018), Wolf vd. (2018), Whysall vd. (2019)
Bilgi teknolojisi /dijital becerilerin eksikliği	Kamble vd. (2018), Spöttl (2017), Wolf vd. (2018), Agrawalet vdl. (2019), Machado vd. (2019), Marcon vd. (2019), Muller (2019) , Norman (2020)
Çalışanların değişime karşı direnci	Parviainen vd. (2017), Horvath & Szabo (2019), Marcon vd. (2019), Muller (2019), Ghadge vd. (2020), Raj vd. (2020), Norman (2020), Chauhan vd. (2021), Kumar vd. (2021a)
Daha uzun öğrenme süresi ve özel eğitim için gereksinimler	Horvath & Szabo (2019), Marcon vd. (2019), Kumar vd. (2021b), Nimawat & Gidwani (2021)
Dâhili dijital kültür eksikliği	Sivathanu & Pillai (2018), Oberer & Erkollar (2018), Muller (2019), Romero vd. (2019), Ghadge vd. (2020), Norman (2020), Raj vd. (2020), Majumdar vd. (2021)
*Dijitalleşme için yetersiz organizasyon yapısı ve yönetim sistem*i	Kamble vd. (2018), Agrawal vd. (2019), Horvath & Szabo (2019), Muller (2019), Ghadge vd. (2020), Chauhan vd. (2021), Majumdaret vd. (2021)
*Dijital sistemler için eğitim maliyet*i	Kamble vd. (2018), Agrawal vd. (2019), Ghani & Muhammed (2019), Bakhtari vd. (2021), Chauhan vd. (2021), Nimawat & Gidwani (2021), Kumar vd. (2021b), Majumdar vd. (2021), Xing vd. (2021)
Disiplinlerarası düşünme ve oyunculuk eksikliği	Lorenz vd. (2015), Ras vd. (2017), Kazancoglu & Ozkan-Ozen (2018), Schallock vd. (2018), Wolf vd. (2018), Whysall vd. (2019)
İnsan ve makine arasındaki etkileşimin ve ilgili bilgi alışverişinin anlaşılmaması	Lorenz vd. (2015), Sorko vd. (2016), Wolf vd. (2018), Anshari (2020), Golan vd. (2020), Stentoft vd. (2020), Bakhtari vd. (2021)
İşgücü piyasasında yeterli becerilere sahip işgücü eksikliği	Horvath & Szabo (2019), Bakhtari vd. (2021), Kumar vd. (2021b), Chauhan vd. (2021)
Merkezi olmayan karar vermede yetenek eksikliği	Shamim vd. (2016), Brettel vd. (2017), Akdil vd. (2018), Prause (2019), Sony & Naik (2019), Ozkan-Ozen vd. (2020)
Öğrenmeye hazırlık/yetenek eksikliği	Lorenz vd. (2015), Sorko vd. (2016), Schallock vd. (2018), Vinodh & Wankhede (2020), Bakhtari vd. (2021)
Sistem düşüncesi/bilgisi eksikliği	Wolf vd. (2018), Hamada (2019), Whysall vd. (2019), Olivera vd. (2020)

Kaynak: Özkan-Özen & Kazancoglu (2021) çalışmasından uyarlanmıştır.

3. DİJİTAL ÇAĞDA MEZUNLARDAN BEKLENEN YETKİNLİKLER

Hecklau vd. (2016) araştırmasında Endüstri 4.0 dönemine özgü yetkinlikler kümesini dört başlıkta sınıflandırmaktadır:

- *Teknik Yetkinlikler:* BT güvenliğinin anlaşılması, ileri teknoloji bilgisi, kodlama becerileri, medya becerileri, süreç anlayışı, teknik beceriler vb.
- *Metodolojik Yetkinlikler:* analitik beceriler, araştırma becerileri, girişimci düşünce, çatışma çözümü, karar verme, problem çözme, verimlilik yönetimi, yaratıcılık vb.
- *Sosyal Yetkinlikler:* ağ becerileri, bilgi transfer yeteneği, dil becerileri, iş birliği ve uzlaşma yeteneği, kültürler arası beceriler, liderlik becerileri, takım çalışması vb.
- *Kişisel Yetkinlikler:* baskı altında çalışma yeteneği, belirsizliğe tolerans, esneklik, öğrenme motivasyonu, sürdürülebilir zihniyet, uyumluluk vb.

Dijital çağda mezunlardan beklenen bu dört yetkinlik kümesinin kapsamı aşağıda ele alınmıştır.

3.1. Teknik Yetkinlikler

Günümüzde örgütlerin benzersizliğinin, rekabet avantajı ve uzun vadeli başarının temeli olduğu ileri sürülmektedir. Marino vd. (1996), yeterliliklerin örgüte özgü üretim teknolojileri olduğunu; yeteneklerin ise örgüte özgü iş uygulamaları, süreçleri ve kültüründen oluştuğunu ileri sürmektedir. Buna göre hem yeterlilik hem de yeteneklerin insan kaynağı ile doğrudan ilgili olduğu, yetenekli ve kalifiye insan kaynağına sahip olmanın örgütlerin yeterlilik ve yeteneklerini yükselteceği ileri sürülebilir.

Yeterlilik, bir kişinin üretim faaliyetlerini gerçekleştirirken sergilediği davranıştır. Bireysel olarak yeterlilik, yüksek kaliteli üretken faaliyet döngüsü içerisinde belirli nesneler ve süreçlerle ilgili, kişinin bilgisi, edinilmiş becerileri, iş yapma biçimleri ve yeteneklerinin bir bütünüdür. Bu nitelikler arasında öğrenme, bilgi seçme, uygulama, değerlendirme, ekip çalışması, inisiyatif, rasyonel düşünme vb. yer almaktadır. Bahsedilen bu nitelikler,

üretken çalışma için tutarlı davranış kuralları, eylem planı ve örgüt yapısı sürdürülerek sağlanabilir (Nauryzbayeva vd., 2024).

Teknik yeterlilik, teknolojik sistemler ve süreçler gibi mühendislik unsurlarının araştırılması, geliştirilmesi ve iyileştirilmesine odaklanan, mühendislik verimliliğini belirleyen yatkınlıklar, yetenekler ve karakter özelliklerinin bir bileşimidir. Bilimsel ve teknik bilginin uygulanmasına dayanan teknik yeterlilikler, toplumun teknik ihtiyaçlarını karşılamak için hedef belirlemeyi, grup üretimi ve teknik operasyonların koordinasyonunu kolaylaştıracak şu işlerin görülmesini sağlamaktadır: güvenli ve rahat bir iş yeri düzeni oluşturarak korumak, araçları, ekipmanları ve malzemeleri özenle kullanmak, teknolojiye uygun tutum sergilemek vb. (Nauryzbayeva vd., 2024).

Her ne kadar üniversitelerde çeşitli bölümlerde teknolojiyle ilgili temel dersler müfredata eklense de bu derslerin güncelliği ve uygulama becerisini ne derecede kazandırabildiği değişkenlik göstermektedir. Bu durumda bu bölümlerde eğitim gören öğrencilerin mezuniyet sonrasına ilişkin teknolojik vizyon ve becerilerinin kısıtlı kalacağı, dijitalleşen iş hayatına uyumlarının aksayacağı, kendilerinden beklenen iş motivasyonunu ve performansını yakalayamayacakları ileri sürülebilir.

Ismail & Hassan (2019) tarafından elektrik ve elektronik mühendisliği, inşaat mühendisliği, makine mühendisliği, tasarım ve görsel iletişim bölümlerinden 197 son sınıf öğrencisi ve 89 öğretim görevlisi ile endüstrilerin ihtiyaç duyduğu teknik yeterliliği belirlemek üzere bir çalışma yürütülmüştür. Uzmanlarla gerçekleştirilen görüşmelerin analizi, Endüstri 4.0 için üç kritik teknik becerinin "cihazları kullanma, sorun giderme ve bakımını yapma; süreci anlama ve optimize etme, verileri analiz etme, yorumlama ve belgeleme" olduğunu ortaya koymuştur. Öğrencilerin teknik yeterliliklerinin çoğuna ilişkin bilgi ve beceri düzeylerinin ortalama düzeyde ve çok fazla iyileştirme gerektirdiği; yeni teknik bilginin teknoloji konulu yeni müfredata yerleştirilmesi gerektiği sonuçlarına varılmıştır.

Nauryzbayeva vd. (2024) öğrenme sürecinde öğrencilerin teknik yeterlilikler edinme sorununun henüz yeterince çözülmediğini; teknik yeterlilik oluşumu için teorik ve pedagojik temellerin eksik olduğunu; teknik üniversitelerdeki öğrencilerin aldığı mesleki eğitimin kalitesini takip edecek

teknolojinin olmadığını; gelecekteki mesleki teknik yeterliliklerin nasıl oluşturabileceği ve geliştirileceğinin belirsiz olduğunu vurgulamaktadır.

3.2. Metodolojik Yetkinlikler

Üniversite öğrencilerinin metodolojik yeterliliği, akademik disiplinlerindeki araştırma yöntemleri ve süreçlerini anlama, uygulama ve bunlardan elde edilen bulgular üzerinde düşünme yeteneklerinin bütününü ifade etmektedir. Dijitalleşen iş gücü piyasasında bu yeterlilik; akademik başarı, mesleki gelişim ve dijitalleşen iş hayatına uyum sağlama açısından giderek daha önemli hâle gelmektedir. Metodolojik yeterlilik, analitik beceriler, eleştirel düşünme, metodolojik okuryazarlık ve iletişim yetenekleri gibi alt boyutlara ayrılmaktadır (Böttcher & Thiel, 2018; Nichugowska, 2024; Shcherban, 2024).

Metodolojik yetkinliklerin etkili gelişimi, teorik bilgi, pratik uygulama ve yansıtıcı faaliyetlerin bir bütün hâline getirilmesi ile mümkündür. Kullanılan yöntemler arasında bireysel öğrenci ihtiyaçlarına göre uyarlanacak biçimde gerçek dünya uygulamaları, mikro dersler, problem tabanlı öğrenme, proje çalışması ve vaka çalışmaları bulunmaktadır (Rubinska, 2019; Trubitsyn vd., 2023; Nichugowska, 2024; Suleimenova & Abuzhalitova, 2024; Shcherban, 2024).

Dijital teknolojilerin yaygınlaşması, BT destekli öğrenme, bireysel öğrenme uygulamaları ve modüler içerik gibi yaklaşımların yaygınlaşmasına yol açmakta; bu da dijital ve bilgi yeterliliğini eğitimin temel bileşenlerinden biri hâline getirmektedir (Tabachuk, 2020; Gerova, 2020).

Metodolojik yetkinliklerin geliştirilmesinde çeşitli zorluklar söz konusudur. Nichugowska (2024) çalışmasına göre modern yükseköğretim sisteminin temel sorunlarından biri, artan bilgi miktarı ile çalışma süresindeki sınırlama arasındaki çelişkidir. Sınırlı çalışma süreleri içerisinde büyüyen bilgi birikimini kapsamak, verimli ve hedefli metodolojik eğitim gerektiren bir zorluktur. Diğer taraftan, metodolojik eğitimin bireysel öğrenci özellikleri ve öğrenme ihtiyaçlarına uyarlanması, etkili yeterlilik gelişimi için çok önemli görülmektedir (Trubitsyn vd., 2023; Suleimenova & Abuzhalitova, 2024). Birçok çalışmada hızla değişen iş gücü piyasasının taleplerine cevap verebilmek için dijital entegrasyona, öğretim yöntemlerinin sürekli moder-

nizasyonuna, öğrenciler ve eğitmenlerin profesyonel gelişimine ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır (Gerova, 2020; Biloshchytskyi vd., 2023; Mukhatayev vd., 2025).

3.3. Sosyal Yetkinlikler

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşmasıyla insan ve toplum ilişkilerinde köklü değişimler yaşanmaktadır. DD çağında sosyal çalışmalar bağlamında yeni zorluklar ve fırsatlarla karşı karşıya kalınması, dijital yeterliliklerle ilgili konuları araştırmada ilgi odağı hâline getirmektedir. Vekova vd. (2025) çalışmasında görüldüğü gibi sosyal hizmet uzmanlığı gibi teknik olmayan bölümlerde dijital yeterliliklerin geliştirilmesine yönelik yenilikçi model geliştirme çabalarının mesleki eğitimi iyileştirebileceği düşünülmektedir. Benzer olarak, yüksek vasıflı profesyoneller yetiştirmeyi amaçlayan Çocuklar ve Gençlerle Sosyal Hizmette Avrupa Ortak Yüksek Lisans Programı (Eswochy, 2020) kapsamında geleceğin sosyal hizmet uzmanlarının dijital yeterliliğinin nasıl geliştirilebileceği ele alınmış; modern vatandaşlık ve yaşamın bir parçası olarak dijital okuryazarlığın önemli bir rol oynadığı; sosyal hizmet uzmanlarının dijital medya ve teknolojinin olanaklarına ilişkin anlayışlarının genişletilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Zemaitaityte vd., 2024).

Kołodziej & Borowska, (2024) Z kuşağının eğitim, öğretim ve uzaktan çalışmada uzaktan araçları kullanması sonucunda geliştirdiği sosyo-dijital yeterlilikleri analiz etmek üzere Wrocław Ekonomi Üniversitesi Yönetim ve Üretim Mühendisliği Bölümünde öğrenim gören 151 öğrenci ile görüşmüştür. Araştırma bulgularında, uzaktan öğrenme araçlarının sosyal ve dijital yeterliliklerin geliştirilmesine katkıda bulunduğu; öğrencileri modern iş yerlerine hazırladığı, şirket yöneticilerinin bu yetkinlikleri bilinçli bir şekilde geliştirmesinin Z kuşağının ihtiyaçlarına daha iyi yanıt vereceği ifade edilmiştir.

Markovych vd. (2019) çalışmasında sekiz temel yeterlilikten oluşan "Dijital Yeterlilik Çerçevesi"ni incelemiş; bu yeterliliklerin Büyük Britanya örneğinde görüldüğü gibi eğitim sürecini güçlendirdiği, toplumsal katılımı teşvik ettiği tespit edilmiştir. Bahsi geçen yeterlilikler (1) bilim ve teknolojide temel yeterlilik, (2) dijital yeterlilik, (3) inisiyatif ve girişimcilik duygusu, (4) kültürel farkındalık ve ifade, (5) matematiksel yeterlilik, (6)

öğrenmeyi öğrenmek, (7) sosyal ve yurttaşlık yeterlilikleri, (8) yabancı dillerde iletişim olarak ifade edilmiştir. Bununla birlikte yazarlar, bilişim teknolojilerinin eğitim sürecinin her kademesi ve alanında etkin kullanımının öğrenme sürecini daha yoğun, karmaşık ve üretken hâle getirdiğini savunmaktadır. İş yerlerinde bilgisayar teknolojisi kullanımının artmasının, çoğu meslek için bilgisayar okuryazarlığının artırılması ihtiyacını doğurduğu sonucuna varılmıştır.

Dijital personel eğitimleri bağlamında yetkinliklerin oluşturulmasında önceliklerin belirlenmesini amaçlayan Popkova & Zmiyak (2019) Endüstri 4.0'ın hangi senaryoya göre gelişeceğini belirlemek için Uluslararası Robotik Federasyonu ve Uluslararası Para Fonunun 2019 yılı materyalleri ve 2022 yılı tahminlerini baz alarak, Endüstri 4.0'ın en yüksek gelişme seviyesine sahip olduğu düşünülen en fazla robot bulunan ülkeler hakkında amprik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Ilımlı otomasyon ve robotlaşma senaryosuna göre, 2019 ve 2022 yıllarında dünya ülkelerinin robotlaşma düzeyinin çok düşük olacağı, çoğu iş süreçlerinde insan emeğinin egemenliğinin korunacağı, robotlaşmanın işsizliğin artmasına neden olmayacağı ileri sürülmüştür. Bununla birlikte, dijital personelin faaliyetlerinin temelini halkla iletişimin oluşturacağı, teknik yeterliliklerin geri planda kalacağı ve sosyal yetkinliklerin birinci önceliğe sahip olacağı, asıl görevin toplumun yeni teknolojiye uyum sağlaması ve sosyal yeterliliklerin ön plana çıkarılması olacağı vurgulanmıştır.

2025 yılı itibarıyla Uluslararası Robotik Federasyonunun verilerine göre 2019–2022 döneminde, küresel robot üretimi ve kullanımının özellikle endüstriyel robotlarda dikkat çekici bir büyüme gösterdiği bildirilmiştir. IFR World Robotics serisi, "Industrial Robots" ve "Service Robots" raporlarında, endüstriyel robot kurulumunun 2019 yılında 373.240 robot, 2020 yılında 383.545 robot, 2021 yılında 517.385 robot, 2022 yılında 553.052 robot olduğu bildirilmiştir. 2021 yılında profesyonel servis robotlarının sayısı 121.000'in üzerine çıkmıştır. 2021 yılında küresel kurulumların %74'ü Asya'da, özellikle Çin'de gerçekleştirilmiştir. (IFR websitesi, 2025).

Acemoglu & Restrepo (2020), ekonomik analiz çalışmasında ABD'de her 1.000 çalışana eklenen bir robot için ücretlerin %0,42 ve istihdam-nüfus oranının %0,2 oranında azaldığını; bu durumun bugüne kadar yak-

laşık 400.000 iş kaybı anlamına geldiğini; robotların konuşlandırıldığı bölgelerde ise daha büyük bir etkinin olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışma endüstriyel robotların işçiler üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Dijital beceriler gençler için hayati önem taşımaktadır. Gençlik odaklı sosyal çalışmanın geliştirilmesi alanında çalışan López Peláez vd. (2020) çalışmasında, gençler ve sosyal hizmet uzmanlarının becerilerini geliştirme çabalarına rağmen, iş gücü piyasasında ihtiyaç duyulan dijital beceri düzeyi ile gerçek dijital beceri düzeyi arasında bir fark olduğunu, bu dijital uçurumu kapatacak ve DD'yi yönlendirecek dijital becerileri geliştirmeye yönelik girişimlerin yapılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Sofyan vd. (2024), öğrencilerin DD'nin getirdiği zorluklarla başa çıkma becerilerini geliştirmeyi amaçladıkları çalışmasında, sosyalleşme ve eğitim yoluyla öğrencilerin DD konusundaki bilgi, farkındalık, rekabetçi iş gücüne hazırlıklı olma düzeylerinin arttırabileceğini; uyumlu ve yenilikçi insan kaynağı yetiştirmenin önemini ortaya koymaktadır. Çalışmada kullanılan yöntemler arasında, danışmanlık, etkileşimli tartışmalar ve uygulamalı pratikler bulunmaktadır. Odaklanılan konulardan bazıları; DD'nin çeşitli yönleri, dijital platformların kullanımı, dijital okuryazarlık, güncel sektör ihtiyaçlarına uygun karakter ve yetkinlik geliştirme, iş dünyasında ihtiyaç duyulan yumuşak beceriler ve veri yönetimidir.

Üniversite öğrencileri-yetişkinler ve yetişkinler-okul çocuklarının etkileşiminde dijital yeterliliklerin transferinin etkilerini belirlemeyi amaçlayan Holguin-Alvarez vd. (2021) dijital yeterliliklerin sosyal ağlar aracılığıyla etkili bir şekilde aktarılabileceğini; yetişkinlerde bilgiye ulaşma, iletişim kurma, kendini değerlendirme yatkınlığının daha fazla olduğunu tespit etmiştir.

Dijital çağda küresel girişimlerin ihtiyaç duyduğu yetkinlik yelpazesindeki değişimler bağlamında deneyimli iş insanlarının genç girişimcileri desteklediği kuşaklar arası iş birliğini inceleyen Nurhas vd. (2022) başarılı bir start-up inovasyonu için büyüme erdemleri, değerlere dayalı organizasyon, duyarlı ekip çalışması, etkili yaratıcılık, kuşaklar arası güvenliği kolaylaştırma, kültürel farkındalık, teknik uzmanlık ve sürdürülebilir ağ geliştirme olmak üzere 27 yeterlilik belirlemiştir.

3.4. Kişisel Yetkinlikler

Rustam vd. (2024) çalışmasında özel eğitim programları ve kapsamlı insan kaynakları geliştirme girişimleri aracılığıyla çalışan becerilerinin artırılmasına yönelik stratejileri ele almıştır. Yazarlar, farklı sektörlerden çalışanlar, insan kaynakları profesyonelleri ve yöneticiler ile derinlemesine görüşmeler, odak grup tartışmaları gerçekleştirmiştir. Araştırma bulguları, çalışanların değişen rollere hazırlanabilmesi için eğitim programları ve insan kaynakları geliştirme stratejisinin, dijital okuryazarlık, sürekli öğrenme/uyum becerilerine odaklanması gerektiğini; yetkinlik gelişiminde, "yenilikçilik ve iş birliği kültürü, kişiselleştirilmiş öğrenme yolları, mentorluk ve e-öğrenme platformlarından yararlanma"nın önemli olduğunu vurgulamaktadır.

Tovkanets & Tovkanets (2024) kişisel yeterlilikleri geliştirme alternatif yollarının modellenmesine yönelik yaklaşımları temellendirme amacıyla, dijital çağ okulunu geliştirmenin önemini vurgulayan çalışmaları analiz etmiştir. Araştırma bulgularında, iş yaşamındaki küresel dönüşümlere bağlı olarak 21. yüzyıl yetkinliklerine talebin, yeni bireysel ve kolektif yetkinliklere olan talebi de yükselttiği; kişiselleştirilmiş öğrenme yolları ve 21. yüzyıl becerilerini kullanan dijital çağ okullarının, kişisel ve kolektif gelişimi artırabileceği vurgulanmaktadır.

Dijital çağ örgütlerinde çalışan geliştirme programlarının rekabet gücü üzerinde olumlu bir etki meydana getirme potansiyeli bulunmaktadır. Bu bağlamda yetkinlik bazlı eğitim, iş taleplerine uygun becerileri geliştirmede etkili bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır. Yetkinlik bazlı eğitim programları, becerileri geliştirmekle kalmayıp, çalışan motivasyonu ve katılımına da katkıda bulunmaktadır. Nurhalima (2023) çalışmasında bu eğitimlerle bireylerin bilgi/içgörülerini artırarak, bireylere doğru davranışları öğreterek, becerilerini geliştirerek, iş performanslarının iyileştirilebileceğine işaret etmektedir.

Öğrencilerin yetkinliklerinin geliştirilebilmesinin bireysel programların oluşturulması, dijital eğitim ve metodolojilerin kullanılmasına geçilmesi, eğitim sürecine oyun ve simülasyonların dâhil edilmesi, öğrencilerin öğrenmeye katılımının teşvik edilmesi, öğrenme materyallerinde en iyi yöntem ve formatların seçilmesi, 21. yüzyıl becerilerine (ekip çalışması, eleştirel düşünme, yaratıcı düşünme vb.) odaklanılması ile mümkün olabileceği belirtilmektedir (Tovkanets & Tovkanets, 2024).

4. DİJİTAL İŞ HAYATINA UYUM NASIL ARTIRILABİLİR?

Endüstri 4.0 teknolojileri, mevcut pazarın ihtiyaçlarını karşılamak için yeni işler meydana getirmiştir, böylece daha fazla hizmet ve benzersiz ürünler oluşturularak piyasaya sürüleceği düşünülmektedir. Endüstri 4.0 teknolojileri nedeniyle, kalifiye, yüksek becerili ve eğitimli çalışanlara duyulan ihtiyaç artarak eğitim sektörünü etkilemektedir (Ismail & Hassan, 2019).

Dijital toplumun gelişimi bağlamında dijital yetkinliklerin önemi giderek artmaktadır. Dijital yeterliliklere ilişkin hükümler içeren Avrupa ve Ukrayna'daki eğitim temel belgelerini analiz eden Lopushniak vd. (2023) "dijital yeterlilik" kavramının kişinin mesleki faaliyetlerinde hedeflerine ulaşması, ihtiyaçlarını karşılaması amacıyla dijital teknolojileri kullanma yeteneğini yansıttığı sonucuna ulaşmıştır. Yazarlar, yükseköğretim öğrencilerinde dijital yeterliliklerin eğitimin her kademesinde bireysel eğitim süreçleriyle geliştirilmesi, yaşam boyu aşamalı olarak edinilmesi, kişisel ve mesleki gelişimin desteklenmesi gerektiğini belirtmektedir.

Dijitalleşen iş dünyasında dijital liderlik yetkinliklerinin, eğitim gelişimini teşvik etmede ve kurumsal başarıya ulaşmada kritik öneme sahip olduğu düşünülmektedir (Hamzah vd., 2025). Araştırma bulguları, dijital okuryazarlık, etik yönetişim, stratejik vizyon, sosyo-teknik entegrasyon, uyum yeteneği gibi temel yetkinliklerin DD'nin karmaşıklığını aşmada yardımcı olarak dayanıklılığı, iş birliğini, kaynak optimizasyonunu teşvik ederek eğitim sonuçlarını iyileştirdiği ve kurumsal performansı artırdığını göstermektedir. Bu yeterliliklerin geliştirilebilmesi için hedefli eğitim, yapılandırılmış çerçeveler ve sistematik desteği birleştiren çok yönlü bir yaklaşımın geliştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Endüstri 4.0 devrimiyle dünyada işgücünün niteliği ve istihdamın yapısı hızla değişmekte; var olan mesleklerdeki çalışanlardan beklentiler farklılaşırken yeni meslekler ortaya çıkmaktadır. Teknolojik gelişmelerin hızına yetişmek isteyen kurum ve kuruluşların dijitalleşme iştahının yüksek olduğu, ancak bu teknolojik dönüşüme ayak uydurmak için gerekli

sosyokültürel unsurların henüz yeterince olgunlaşmadığı söylenebilir. Diğer taraftan üniversite öğrencilerinin teknolojiler hakkındaki farkındalığı ve ilgisi, günlük hayatta kullanılan teknolojilerden öteye geçememektedir. Gelişmiş hatta gelişmekte olan birçok ülkede temel sorunlardan biri hızla gelişen teknolojiler karşısında insan kaynağının durumunun ne olacağıdır. Bu bağlamda insana karşı teknoloji değil, insanı merkeze alan ve insanın potansiyelini daha iyi ortaya çıkarabilecek biçimde iş yaşamının oluşturulması gerekmektedir. Üniversite öğrencilerinin mezun olacakları bölümler göz önünde bulundurulmaksızın dijital çağın gerektirdiği becerilerle donatılması ve farkındalıklarının arttırılması önem arz etmektedir. Bu bağlamda başta öğrenciler olmak üzere kurum ve kuruluşları ilgilendiren aşağıdaki gibi bazı öneriler geliştirilmiştir. Üniversite öğrencilerinin dijital çağ becerilerini geliştirmeye yönelik geliştirilen öneriler aşağıdaki gibidir:

- Üniversitelerde bölüm ayrımı gözetilmeksizin tüm öğrencilere dijital çağ becerilerinin kazandırılmasına yönelik zorunlu/seçmeli derslerin sayısı artırılmalıdır.
- Dijitalleşmeye tek tip bir yaklaşımdan ziyade, her meslekte meydana getireceği dönüşüme ilişkin farklı farkındalık programları hazırlanmalıdır.
- Dijital teknolojilerin farklı meslek alanlarına entegrasyonu konusunda örnek uygulamalar ve atölyeler düzenlenmelidir.
- Öğrenciler belirli beceri gruplarında desteklenmelidir: dijital okuryazarlık, Endüstri 4.0 becerileri, işletmecilik ve girişimcilik becerileri, inovasyon ve yaratıcılık becerileri, STEM becerileri (eleştirel düşünme, yaratıcı düşünme, problem çözme), yönetim ve liderlik becerileri, teknik beceriler vb.
- Öğrenciler yalnızca günlük yaşam teknolojilerine aşina olmaktan çıkarılıp analiz, üretim, tasarım, veri okuryazarlığı gibi daha ileri dijital alanlara yönlendirilmelidir.
- Öğrencilerin dijital bakış açısının geliştirilmesini destekleyecek proje, yarışma ve sektör iş birliklerinin sayısı artırılmalıdır.
- Sosyal ve sağlık bilimleri öğrencilerine dijital teknolojileri nasıl kullanabileceklerine ilişkin uygulamalı örnekler sunulmalıdır.

DD sürecine uyum ve insan kaynağı politikalarına yönelik geliştirilen öneriler aşağıdaki gibidir:

- Dijital dönüşümün insan kaynağında meydana getireceği etkileri azaltmak için yeniden beceri kazandırma ve beceri güncelleme programları yaygınlaştırılmalıdır.
- Endüstri 4.0 devriminin gerektirdiği yetkinlikler doğrultusunda çalışanların sürekli gelişimini destekleyen eğitim programları oluşturulmalıdır.
- İnsan merkezli iş tasarımları benimsenerek çalışanların potansiyelini ortaya çıkaracak görev ve sorumluluklar teşvik edilmelidir.
- Dijitalleşme yatırımları, eş zamanlı olarak çalışanların sosyokültürel adaptasyonunu güçlendirecek stratejilerle desteklenmelidir.
- Teknolojik gelişmelerin hızına uyum sağlayabilmek için örgüt kültürüne dijital yetkinlikleri teşvik eden uygulamalar entegre edilmelidir.
- Teknolojiyi "insanın yerine geçen" değil, "insanı güçlendiren" bir araç olarak kullanan politikalar ve iş süreçleri geliştirilmelidir.

Kurumlar ve küresel rekabet açısından geliştirilen öneriler aşağıdaki gibidir:

- Dijital yetkinliklerle donatılmış mezunların kurumların sürdürülebilirliğine katkı sağlayabilmesi için üniversite–sektör iş birlikleri güçlendirilmelidir.
- Öğrencilerin küresel rekabet koşullarına hazırlanabilmesi için uluslararası yenilik ve teknoloji trendlerini takip edebilen eğitim içerikleri geliştirilmelidir.
- Kamu ve özel sektör kurumlarının dijital dönüşüm hedeflerine uygun olarak insan kaynağı planlanmalı ve yetiştirilmelidir.

KAYNAKLAR

Abd Rahman, A. B., Rodzi, Z. M., Razali, I. N. B., Mohamad, W. N., Nazri, I. S. B. M., & Al-Sharqi, F. (2023, September). Breaking the illusion: The reality of Artificial Intelligence's (AI) negative influence on university students. In *2023 4th International Conference on Artificial Intelligence and Data Sciences (AiDAS)* (pp. 194-199). IEEE. https://doi.org/10.1109/aidas60501.2023.10284674

Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2020). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. *Journal of Political Economy*, *128*(6), 2188-2244. https://doi.org/10.1086/705716

Aránega, A., Urueña, R., Sánchez, R., & Montesinos, C. (2024). Digitalization intention in entrepreneurs and SMEs: a structural equation model of digital behavior and work-life balance. *International Entrepreneurship and Management Journal*. https://doi.org/10.1007/s11365-024-01049-2

Berawi, M. A., Suwartha, N., Asvial, M., Harwahyu, R., Suryanegara, M., Setiawan, E. A., ... & Maknun, I. J. (2020). Digital innovation: Creating competitive advantages. *International Journal of Technology*, *11*(6), 1076-1080. https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i6.4581

Biloshchytskyi, A., Omirbayev, S., Mukhatayev, A., Kuchanskyi, O., Biloshchytska, S., Andrashko, Y., ... & Faizullin, A. (2023). A structural model for building a system for the development of methodological competence and methods for evaluating its effectiveness. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, *125*(3). https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.289045

Böttcher, F., & Thiel, F. (2018). Evaluating research-oriented teaching: a new instrument to assess university students' research competences. *Higher Education*, *75*, 91-110. https://doi.org/10.1007/s10734-017-0128-y

Chkan, A., Kyrychenko, N., & Kasai, P. (2021). Digitalization of business processes as a basis for ensuring effective management of a modern enterprise. *Visnyk Odeskoho Natsionalnoho Universytetu. Ekonomika*, *3*(26), 60-66. https://doi.org/10.32782/2304-0920/3-88-9

Crawford, J., Allen, K. A., Pani, B., & Cowling, M. (2024). When artificial intelligence substitutes humans in higher education: the cost of loneliness, student success, and retention. *Studies in Higher Education*, *49*(5), 883-897. https://doi.org/10.1080/03075079.2024.2326956

Dehtyarov, D., Vankevych, I., & Romanyuta, E. (2024). The latest features of digitalization of business: the experience of leading countries. *Market Infrastructure*. https://doi.org/10.32782/infrastruct80-9

Duarte, F. (2025). Number of ChatGPT users (June 2025). https://explodingtopics.com/blog/chatgpt-users

European Commission, C. (2021). Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. *Policy Brief, Directorate-General for Research and Innovation*. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/knowledge-publications-tools-and-data/publications/all-publications/industry-50-towards-sustainable-human-centric-and-resilient-european-industry_en

Gerova, N. V. (2020, May). Methodological approaches to the formation of digital competence among students of pedagogical universities. In *International Scientific Conference "Digitalization of Education: History, Trends and Prospects" (DETP 2020)* (pp. 794-799). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/assehr.k.200509.141

Govy 4.0 (2021). Endüstri 4.0 Nedir?. https://govy40.com/endustri-4-0-nedir/

Hamzah, N., Omar, I., & Radzi, N. (2025). Digital leadership competencies through a systematic literature review: Bridging educational development and organizational success. *International Journal of Modern Education*. https://doi.org/10.35631/ijmoe.724003

Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. Procedia Cirp, 54, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.102

Holguin-Alvarez, J., Garay-Rodríguez, P., Amasifuén-Sánchez, V., Huaita Acha, D. M., Luza Castillo, F. F., Cruz-Montero, J., & Ledesma-Pérez, F. (2021). Digital competences in the elderly and university students: Didactic interaction from the use of social networks. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, *16*(04), 188-200. https://doi.org/10.3991/ijet.v16i04.18519

Ismail, A. A., & Hassan, R. (2019). Technical competencies in digital technology towards industrial revolution 4.0. *Journal of Technical Education and Training*, *11*(3). https://doi.org/10.30880/jtet.2019.11.03.008

Ivanov, S. (2023). The dark side of artificial intelligence in higher education. *The Service Industries Journal*, *43*(15-16), 1055-1082. https://doi.org/10.1080/02642069.2023.2258799

Kamalov, F., Calonge, D., & Gurrib, I. (2023). New Era of Artificial Intelligence in Education: Towards a Sustainable Multifaceted Revolution. *Sustainability*. https://doi.org/10.3390/su151612451

Klimova, B., & Pikhart, M. (2025). Exploring the effects of artificial intelligence on student and academic well-being in higher education: A mini-review. *Frontiers in Psychology*, *16*, 1498132. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1498132

Kołodziej, I. A., & Borowska, M. (2024). The use of e-learning tools in training and the development of social-digital competences in the generational Z group. *Humanities and Social Sciences*, *31*(4), 173-190. https://doi.org/10.7862/rz.2024.hss.51

Kraus, N., & Kraus, K. (2021). Digitalization of business processes of enterprises of the ecosystem of Industry 4.0: virtual-real aspect of economic growth reserves. *WSEAS Transactions on Business and Economics*, *18*, 569-580. https://doi.org/10.37394/23207.2021.18.57

Lai, T., Xie, C., Ruan, M., Wang, Z., Lu, H., & Fu, S. (2023). Influence of artificial intelligence in education on adolescents' social adaptability: The mediatory role of social support. *Plos one*, *18*(3), e0283170. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0283170

Lapidus, L., & Lapidus, L. (2018). Digital economy: E-business and e-commerce management. https://doi.org/10.12737/textbook_5ad4a78dae3f27.69090312

Liberatore, G., Kim, A., Brenner, J., & Milanaik, R. (2025). Artificial intelligence impacts in education and pediatric mental health. *Curr Opin Pediatr*, *37*, 296-302. https://doi.org/10.1097/mop.0000000000001453

López Peláez, A., Erro-Garcés, A., & Gómez-Ciriano, E. J. (2020). Young people, social workers and social work education: The role of digital skills. *Social Work Education*, *39*(6), 825-842. https://doi.org/10.1080/02615479.2020.1795110

Lopushniak, G. S., Shandar, A. M., & Mylyanyk, R. V. (2023 Educational trajectories of forming digital competences. Galician Economic Newsletter, 82(3), 19-30. https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2023.03.019

Markovych, I., Strutynska, I., Melnyk, L., & Diakiv, L. (2019). Development of digital competencies in the conditions of social development informatization. In *Business Risk in Changing Dynamics of Global Village 2, 2019* (pp. 484-491). Publishing House of University of Applied Sciences in Nysa. https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/32306

Melnychenko, O. (2025). Development of artificial intelligence in the sphere of education: educological aspects. *Continuing Professional Education: Theory and Practice*, *82*(1), 34-45. https://doi.org/10.28925/1609-8595.2025.1.3

Mukhatayev, A., Omirbayev, S., Biloshchytskyi, A., Kasenov, K., Toxanov, S., Mukanova, S., & Zhekibayeva, B. (2025). The structure of methodological competence of university teachers and the levels of its development. *National Center for Higher Education Development*, *49*(1). https://doi.org/10.59787/2413-5488-2025-49-1-129-138

Nauryzbayeva , G., Mazhitova, L., Gabdullina, G., Revalde, G., & Aldzhambekova, G. (2024). Formation of technical competencies of undergraduate students in higher education. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, *19*(3), 290–300. https://doi.org/10.18844/cjes.v19i3.7285

Nichugowska, l. (2024). Development of methodological competence of graduate students in the minds of the university center. Bulletin of Cherkasy National University named after Bohdan Khmelnitsky. Series_ "Pedagogical Sciences", (2), 38-43. https://doi.org/10.31651/2524-2660-2024-2-38-43

Nurhalima, A. S. (2023). Building competitive employees in the digital era with competency-based training. *Kolokıum Jurnal Pendidikan Luar Sekolah*, *11*(3), 1029-1034. https://doi.org/10.24036/kolokium.v11i3.767

Nurhas, I., Geisler, S., & Pawlowski, J. (2022). An intergenerational competency framework: Competencies for knowledge sustainability and start-up development in the digital age. *Sustainable Development*, *30*(6), 1733-1748. https://doi.org/10.1002/sd.2338

Ozkan-Ozen, Y. D., & Kazancoglu, Y. (2021). Analysing workforce development challenges in the Industry 4.0. *International Journal of Manpower*, *43*(2), 310-333. https://doi.org/10.1108/ijm-03-2021-0167

Popkova, E. G., & Zmiyak, K. V. (2019). Priorities of training of digital personnel for industry 4.0: social competencies vs technical competencies. *Horizon*, *27*(3/4), 138-144. https://doi.org/10.1108/oth-08-2019-0058

Rachinger, M., Rauter, R., Müller, C., Vorraber, W., & Schirgi, E. (2019). Digitalization and its influence on business model innovation. *Journal of Manufacturing Technology Management*, *30*(8), 1143-1160. https://doi.org/10.1108/jmtm-01-2018-0020

Rubinska, B. (2019). On the formation of methodological competence of students of philology. *New Stages of Development of Modern Science in Ukraine and EU Countries.* Baltija Publishing House. https://doi.org/10.30525/978-9934-588-15-0-17

Rustam, A., Astuti, I. Y., & Safitri, U. R. (2024). Strategies for improving employee competencies in the digitalization era through training and human resource development. *The Journal of Academic Science*, *1*(7), 849-857. https://doi.org/10.59613/bewkpf69

Semenchuk, T. B., & Lichenko, V. Y. (2023). Improving the business processes of enterprise in the conditions of digitalization. *Problemy Ekonomiky*, (2), 176-181. https://doi.org/10.32983/2222-0712-2023-2-176-181

Shcherban, I. (2024). Means of forming research competence of higher education students in business foreign language classes. *Problems of Modern Teacher Training*, (2(30), 59–66. https://doi.org/10.31499/2307-4914.2(30).2024.314016

Sofyan, S., Wardana, I., Alifah, N., & Umam, K. (2024). Building student competencies through socialization of digital transformation and HR development in the age of technology. *Journal of Community Service: In Economics, Bussiness, and Islamic Finance*, *1*(2), 48-53. https://doi.org/10.24239/jcsebif.v1i2.3328.48-53

Suleimenova, Zh., & Abuzhalitova, A. (2024). Philologist-studentterdың adıstemelık kuzyrettılıgın kalyptastyru zholdary. Batys Kazakhstan innovation-technology university Khabarshysy, 31(3), 93-102. https://doi.org/10.62724/202430202

Tabachuk, N. P. (2020). Methodological approaches to the development of information competence of university students. Electronic Libraries, 23(1-2), 187-194.(Табачук, Н. П. (2020). https://doi.org/10.26907/1562-5419-2020-23-1-2-187-194

Tatarinov, K. (2024). Features and opportunities of companies digitalization. *Economic Environment*. https://doi.org/10.36683/ee242.58-64

Tovkanets, G., & Tovkanets, O. (2024). Conceptual approaches to modeling alternative forms for the development of competencies of specificity in the minds of educational transformations. *Aesthetics And Pedagogical Ethics*, (30), 42-53. https://doi.org/10.33989/2226-4051.2024.30.320912

Trubitsyn, K. V., Kalmykova, O. Y., & Tkachev, V. K. (2023). Pedagogical aspects of professional competence development of technical university students. *Vestnik of Samara State Technical University Psychological and Pedagogical Sciences*, *20*(1), 127-142. https://doi.org/10.17673/vsgtu-pps.2023.1.10

Vekova, L., Vazova, T., Georgiev, P., & Uzhikanova-Kovacheva, E. (2025). An innovative model for developing digital competences of social workers. *Strategies for Policy in Science & Education/Strategii na Obrazovatelnata i Nauchnata Politika*, *33*. https://doi.org/10.53656/str2025-1s-3-inn

Wang, S., Sun, Z., & Chen, Y. (2023). Effects of higher education institutes' artificial intelligence capability on students' self-efficacy, creativity and learning performance. *Education and Information Technologies*, *28*(5), 4919-4939. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11338-4

Wang, Z., Lin, S., Chen, Y., Lyulyov, O., & Pimonenko, T. (2023a). Digitalization effect on business performance: role of business model innovation. *Sustainability*, *15*(11), 9020. https://doi.org/10.3390/su15119020

Zemaitaityte, I., Bardauskiene, R., Pivoriene, J., & Katkonienė, A. (2024). Digital competences of future social workers: The art of education in uncertain times. *Social Work Education*, *43*(4), 1078-1091. https://doi.org/10.1080/02615479.2022.2164269

BÖLÜM 2

YENİ NESİL MESLEKLER VE YETKİNLİKLER

Faruk Dursun

ÖZET

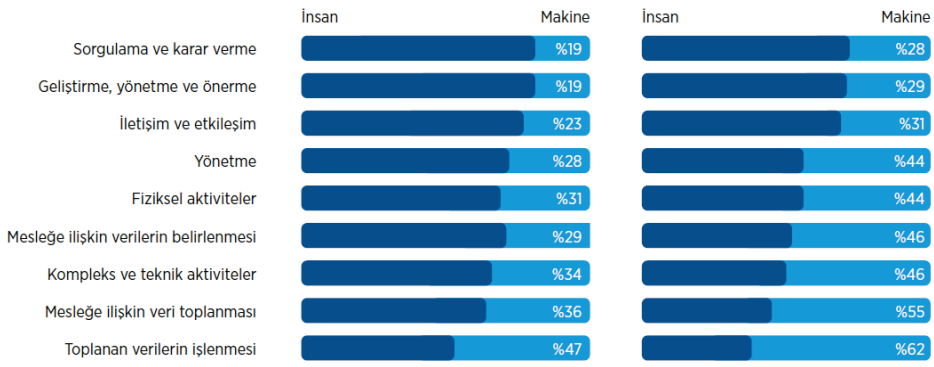
Küresel dijital dönüşüm, yapay zekâ, büyük veri, siber güvenlik ve sürdürülebilirlik gibi temalar etrafında şekillenen yeni meslek tanımlarını beraberinde getirmektedir. Bu çalışma, Dünya Ekonomik Forumu gibi uluslararası kuruluşların projeksiyonları doğrultusunda, gelecekte ön plana çıkacak meslek alanlarını çok disiplinli bir bakışla analiz etmektedir. Özellikle veri bilimcileri, yapay zekâ ve makine öğrenimi uzmanları, siber güvenlik profesyonelleri, UI/UX tasarımcıları, yazılım ve uygulama geliştiriciler ile Nesnelerin İnterneti (IoT) uzmanlarının yükselişi, teknik becerilerin yanı sıra yaratıcılık, iletişim, etik farkındalık ve kullanıcı empatisi gibi beşerî becerilerin önemini artırmaktadır. Bu bağlamda, meslekler arası geçişlerin yalnızca teknik yeterlilikle değil; öğrenmeye açıklık, disiplinler arası uyum ve stratejik düşünme kabiliyetiyle şekillendiği görülmektedir. Öte yandan, otomasyona açık, tekrarlayan görevleri içeren mesleklerin dramatik biçimde gerileyeceği öngörülmektedir. Eğitim politikaları, yaşam boyu öğrenme stratejileri ve kurumsal yetenek yönetimi uygulamaları bu dönüşüme eşlik edecek biçimde yeniden yapılandırılmalıdır. Çalışma, sadece yeni meslekleri tanımlamakla kalmayıp aynı zamanda bu mesleklerin gerektirdiği beceri kümelerini ve Türkiye bağlamında karşılık gelen eğitim modellerini de sistematik biçimde irdelemektedir.

Anahtar Kelimeler: Yeni Nesil Meslekler, Dijital Dönüşüm, Yapay Zekâ, Disiplinler Arası Yetkinlikler

GİRİŞ

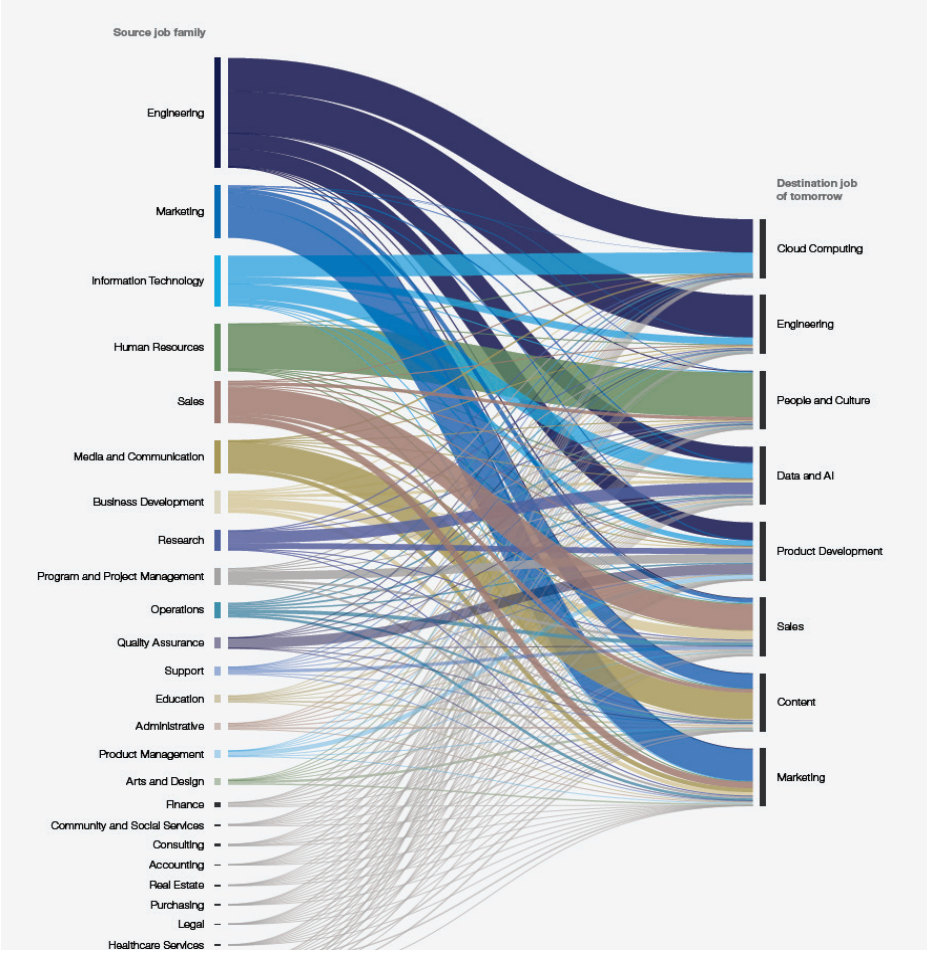
Toplumların üretim biçimi, teknolojik altyapısı ve kültürel değerleri değiştikçe, meslek tanımları da bu değişimlere paralel olarak dönüşmektedir. Endüstri Devrimi ile şekillenen iş gücü yapısı, 20. yüzyılda hizmet sektörü ekseninde çeşitlenmiş; 21. yüzyılın ikinci çeyreği itibarıyla ise dijitalleşme, yapay zekâ, otomasyon, büyük veri ve sürdürülebilirlik gibi

temalar çerçevesinde tamamen yeni mesleki rollerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu dönüşüm yalnızca mesleklerin sayısal olarak artışı veya azalışıyla değil, aynı zamanda işin tanımı, organizasyon yapısı, beceri beklentileri ve birey-toplum-teknoloji ilişkilerinin yeniden yapılanmasıyla ilgilidir. Geleneksel olarak çocuklara sorulan "Büyüyünce ne olacaksın?" sorusu, artık hem pedagojik hem de sosyolojik açıdan yeni bir çerçevede değerlendirilmelidir. Zira günümüzde öğrencilerin önemli bir kısmı, gelecekte şu an henüz tanımlanmamış işlerde çalışacak, mevcut mesleklerin birçoğu ise ya dönüşecek ya da tamamen ortadan kalkacaktır. Bu durum, yalnızca mesleklerin teknik içeriklerinin değil; mesleki yönelimin, kariyer planlamasının ve eğitim sisteminin yeniden düşünülmesini zorunlu kılmaktadır. Bu zorunluluğun temelini oluşturan en önemli neden ise günümüz klasik mesleklerinin niteliklerinin değişerek insan tarafından ifa edilme sürecinin makineler tarafından ifa edilmesine evrilmesidir. Bu durumu Yavuz Aksakal ve Ülgen (2021) insan çalışanların yeni iş arkadaşlarının robot/makine çalışanlar olacağı ve insan-robot etkileşimli bir çalışma şeklinin organizasyonlarda kabul göreceği şeklinde açıklamaktadır. Özdemir (2019) insandan makineye kayan alanları Şekil 1'de göstermektedir.



Şekil 1. İnsandan Makineye Kayan Alanlar

Dünya Ekonomik Forumu gibi önde gelen küresel kuruluşların ortaya koyduğu veriler, iş gücü piyasasında köklü bir yeniden yapılanmaya işaret etmektedir. Özellikle WEF (2020) tarafından yayımlanan "Geleceğin Mesleklerine Geçiş Raporu" klasik iş kollarından geleceğin mesleklerine olan geçişin ölçeğini gözler önüne sermektedir.



Şekil 2. Klasik İş Kollarından Geleceğin Mesleklerine Geçiş

Kaynak: WEF (2020, s.34)

Şekil 2 üzerinde ilk bakışta dikkat çeken en önemli geçiş, mühendislik ve bilgi teknolojileri gibi teknik temelli meslek gruplarından yapay zekâ, veri bilimi ve bulut bilişim gibi dijitalleşme temelli alanlara yönelen yoğun akıştır. Özellikle mühendislik formasyonu taşıyan bireylerin yeni nesil dijital işlere yönelmesi, bu meslek grubunun teknik adaptasyon kapasitesinin yüksek olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde, bilgi teknolojileri alanından ürün geliştirme ve içerik üretimi gibi daha kullanıcı odaklı, yaratıcı ve çok disiplinli alanlara geçişler, geleneksel teknik rollerin dönüşerek stratejik, analitik ve tasarım

odaklı rollerle bütünleştiğine işaret etmektedir. Pazarlama ve medya kökenli meslek sahiplerinin içerik, kullanıcı deneyimi ve insan-kültür yönetimi gibi alanlara geçmesi ise dijital pazarlama, hikâye anlatımı, kullanıcı etkileşimi ve marka iletişimi becerilerinin yeni nesil mesleklerde kritik önemde olduğunu göstermektedir. İnsan kaynakları alanındaki bireylerin "People and Culture" (İnsan ve Kültür) olarak adlandırılan yeni iş ailesine yönelmesi de geleneksel İK fonksiyonlarının ötesine geçilerek organizasyon kültürü, çalışan deneyimi ve psikolojik güvenlik gibi konuların stratejik bir öncelik hâline geldiğini ortaya koymaktadır. Şekil 2'deki geçiş yollarının yalnızca yatay düzlemde gerçekleşmediği, aynı zamanda dikey ve çapraz biçimde de dağıldığı görülmektedir. Bu durum, meslekler arası geçişlerin yalnızca benzer iş aileleri arasında değil, disiplinler arası yetkinlik dönüşümünü gerektiren alanlar arasında da gerçekleştiğini göstermektedir. Örneğin, araştırma ya da eğitim gibi geleneksel olarak bilgi üretimi ve aktarımı odaklı alanlardan ürün yönetimi, veri bilimi ya da içerik stratejisi gibi daha bütünsel, üretken ve teknolojiyle bütünleşmiş alanlara geçişler gerçekleşmektedir. Bu tür geçişler, meslek tanımlarının artık sabit yapılar olmaktan çıktığını, bireylerin kariyer yollarının doğrusal değil çok yönlü ve esnek hâle geldiğini göstermektedir. Başka bir deyişle, klasik kariyer planlamasında görülen "Bir alanda uzmanlaş ve yüksel." anlayışı; yerini, "Çoklu beceriler edin, farklı alanlara adapte ol." paradigmasına bırakmaktadır. Ayrıca bazı meslek gruplarından geleceğin mesleklerine yönelen geçişlerin çok sınırlı olduğu da görülmektedir. Sanat, hukuk, kamu hizmetleri ve sekreterya gibi alanlardan gelen akışların sayıca azlığı, bu alanların dönüşüme ya dirençli olduklarını ya da yeni iş modellerine henüz entegre olamadıklarını düşündürmektedir. Bu noktada, mesleki geçişlerin yalnızca bireysel tercihlere değil, sektörel dönüşüm kapasitesine ve dijitalleşmeye açıklık düzeyine de bağlı olduğu unutulmamalıdır. Dolayısıyla bu geçişleri sadece bireysel düzeyde değil, yapısal bir dönüşüm bağlamında okumak gerekir.

Grafik genelinde en çarpıcı sonuçlardan biri, geçişlerin belirli birkaç hedef meslek grubunda yoğunlaşmasıdır. Yapay zekâ ve veri, içerik, ürün geliştirme ve insan-kültür yönetimi gibi alanlar, iş gücünün çok farklı kaynak mesleklerden bu alanlara doğru kaydığını göstermekte; bu da yeni nesil mesleklerin multidisipliner yapısını ve yüksek adaptasyon gerektiren özelliklerini ortaya koymaktadır. Bu mesleklerin ortak noktası, yalnızca teknik beceri değil; aynı zamanda eleştirel düşünme, iletişim, dijital okuryazarlık, yaratıcılık ve kullanıcı empatisi gibi beşerî becerilerle desteklenen hibrit yapılarıdır. Bu bağlamda grafik, yalnızca iş gücü geçişlerini değil, aynı zamanda hangi

beceri kümelerinin gelecekte daha değerli olacağını da dolaylı biçimde göstermektedir. Sonuç olarak Şekil 2 yalnızca bir geçiş haritası değil, aynı zamanda geleceğin iş gücü ekolojisine dair önemli bir içgörü sunmaktadır. Grafik, mesleklerin değişimini değil; mesleklere giden yolların, beceri setlerinin ve kariyer anlayışlarının dönüşümünü temsil etmektedir. Bu dönüşüm, bireyler için yalnızca meslek değiştirme değil; yeniden öğrenme, yeniden beceri kazanma (reskilling) ve becerileri dönüştürerek farklı alanlarda kullanma (upskilling) gibi yaşam boyu öğrenme stratejilerini zorunlu kılmaktadır. Eğitim politikaları, kariyer rehberliği ve kurumsal yetenek yönetimi uygulamaları, bu geçişleri destekleyecek şekilde yeniden kurgulanmadıkça, iş gücü piyasasının bu yapısal dönüşüme uyum sağlaması mümkün olmayacaktır. Dolayısıyla grafik, yalnızca mevcut geçişleri betimleyen bir araç değil; aynı zamanda iş gücü planlamasında proaktif stratejiler geliştirilmesi gerektiğini vurgulayan stratejik bir analiz çerçevesi olarak okunmalıdır.

Dijitalleşme, otomasyon ve yapay zekâ temelli dönüşümün iş gücü üzerindeki etkilerini nicel olarak ortaya koyan en önemli göstergelerden biri, belirli mesleklerin önümüzdeki yıllarda nasıl bir büyüme ya da gerileme göstereceğidir. Bu bağlamda, Dünya Ekonomik Forumu'nun (2025) "The Future of Jobs" (Geleceğin Meslekleri) raporunda 2025 ile 2030 yılları arasındaki projeksiyonlara dayanarak, küresel düzeyde hangi mesleklerin hızla yükseleceğini ve hangilerinin dramatik biçimde gerileyeceğini öngören çarpıcı bir veri sunmaktadır. Grafik iki bölümlüdür: Üst kısımda en hızlı büyüme göstereceği tahmin edilen meslekler yer alırken alt kısımda ise iş gücü kaybı bakımından en riskli alanlar sıralanmıştır. Her iki liste de küresel ölçekte faaliyet gösteren büyük şirketlerin ve sektörlerin işe alım verileri, otomasyon potansiyelleri, dijitalleşme düzeyleri ve stratejik yönelimleri göz önünde bulundurularak modellenmiştir.

Büyüme tarafında yer alan meslekler incelendiğinde, listenin ilk sıralarını yapay zekâ, büyük veri, bulut bilişim, makine öğrenmesi, siber güvenlik, dijital dönüşüm ve enerji mühendisliği gibi alanlar oluşturmaktadır. "Yapay zekâ ve makine öğrenmesi uzmanı", "büyük veri analisti", "finansal teknoloji mühendisi", "siber güvenlik analisti", "bulut sistemleri uzmanı" gibi mesleklerin, %30 ila %110 arasında değişen oranlarda büyüme potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, dijital altyapının yalnızca BT sektöründe değil; bankacılıktan üretime, sağlıktan ulaşıma kadar hemen her sektörde temel bir rekabet unsuru hâline geldiğini göstermektedir. Aynı

zamanda bu mesleklerin, yüksek düzeyde teknik yeterlilik gerektirmesi, veriyle çalışma becerisi, algoritmik düşünme, sistem tasarımı ve disiplinler arası etkileşim gibi çok boyutlu becerileri zorunlu kılması, iş gücü piyasasında derinleşmiş bir beceri asimetrisine işaret etmektedir.



Şekil 3. Gelişen ve Gerileyen Meslekler

Kaynak: WEF (2025, s.19)

En hızlı büyüyen meslekler arasında ayrıca "sürdürülebilirlik uzmanı", "yenilenebilir enerji mühendisi", "çevre danışmanı" gibi çevresel odaklı rollerin de yükselişte olması, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin ve yeşil ekonomiye geçiş sürecinin, iş gücünü yapısal biçimde dönüştürdüğünü göstermektedir. Bu noktada, teknolojik büyüme ile ekolojik sorumluluk arasındaki dengenin, yalnızca yeni sektörler yaratmadığı; aynı zamanda var olan sektörlerdeki rollerin doğasını da yeniden tanımladığı söylenebilir. Aynı şekilde, "UI/UX tasarımcıları" ve "dijital ürün yöneticileri" gibi kullanıcı deneyimi temelli rollerin listede üst sıralarda yer alması, dijital teknolojilerin yalnızca altyapı düzeyinde değil; kullanıcı etkileşimi ve insan merkezli tasarım düzleminde de dönüşüm yarattığını göstermektedir.

Grafiğin alt bölümünde yer alan en hızlı gerileyen meslekler ise büyük oranda rutin ve tekrarlayan işlere dayalı, otomasyona açık mesleklerden oluşmaktadır. Bunlar arasında "veri giriş elemanı", "sekreter", "çağrı merkezi görevlisi", "banka gişe çalışanı", "stok takip sorumlusu", "yazılı basın muhabiri" gibi roller öne çıkmaktadır. Bu mesleklerin ortak özelliği ya fiziksel olarak tekrarlayan süreçlere dayanıyor olmaları (örneğin depo işleri) ya da dijital sistemler tarafından kolaylıkla ikame edilebilecek düzeyde yapılandırılmış görevler olmalarıdır (örneğin müşteri temsilciliği). Bu bağlamda, yapay zekâ ve robotik süreç otomasyonu (RPA) uygulamalarının yalnızca üretim sektörünü değil; aynı zamanda hizmet sektörünü ve ofis bazlı işleri de radikal biçimde dönüştürdüğü açıktır. Söz konusu rollerin yıllık bazda %20 ila %40 arasında iş gücü kaybı yaşayacağı tahmin edilmekte olup bu azalışın yalnızca teknolojik gelişmeye değil; aynı zamanda maliyet azaltımı, verimlilik artışı ve süreç hızlandırma gibi iş dünyasının stratejik hedefleriyle de bağlantılı olduğu görülmektedir.

Grafikteki karşıt yönlü bu iki trend, iş gücü piyasasında yaşanan dönüşümün yalnızca yeni fırsatlar değil, aynı zamanda ciddi riskler de içerdiğini göstermektedir. Özellikle orta düzey beceriye sahip bireylerin, düşen meslek kategorilerinden yükselen meslek kategorilerine geçiş yapabilmeleri için ciddi bir "beceri yeniden yapılandırma (reskilling)" sürecine ihtiyaç duyulduğu açıktır. Bu noktada, sadece bireysel çaba değil; aynı zamanda kamu politikaları, üniversite-sanayi iş birlikleri ve özel sektör destekli eğitim programları ile kolektif bir dönüşüm sürecinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Bir diğer önemli bulgu da büyüyen mesleklerin tamamının dijitalleşme, veri okuryazarlığı, teknolojik yeterlilik ve sürdürülebilirlik ekseninde konumlanmış olmasıdır. Bu durum, 21. yüzyıl iş gücünde teknik becerilerin yanı sıra sistematik düşünme, problem çözme, eleştirel analiz, sürekli öğrenme ve adaptasyon gibi üst düzey bilişsel becerilerin temel belirleyici hâline geldiğini göstermektedir. Öte yandan gerileyen mesleklerin çoğunlukla eğitim düzeyi düşük, yeniden beceri kazanma olanaklarına sınırlı erişimi olan iş gücü segmentlerinde yoğunlaştığı göz önünde bulundurulduğunda, bu dönüşümün eşitsizlik üretme potansiyeli de dikkat çekicidir.

Dolayısıyla Şekil 3 yalnızca hangi mesleklerin öne çıkacağına ya da hangilerinin azalacağına dair bir tahmin sunmakla kalmamakta; aynı zamanda iş gücü piyasasında yaşanan dönüşümün sosyolojik, ekonomik ve pedagojik boyutlarına dair derin bir yapısal analiz olanağı da sunmaktadır. Bu bağlamda grafik, politika yapıcılar, insan kaynakları stratejistleri, eğitim kurumları ve bireyler açısından geleceğe yönelik planlamalarda rehber niteliği taşımaktadır. Görselin sunduğu çerçeve, iş gücü planlamasında salt teknik eğilimlere değil, aynı zamanda insan odaklı dönüşüm stratejilerine dayalı bütüncül yaklaşımların benimsenmesini zorunlu kılmaktadır. Her iki görsel birlikte değerlendirildiğinde, geleceğe hazır mesleklerin aşağıdaki ortak özellikleri taşıdığı söylenebilir:

Tablo 1. Geleceğin Meslekleri Ortak Özellikleri

Özellik	**Açıklama**
Veri Odaklılık	Tüm yeni nesil meslekler veriye dayalı karar alma ve analiz becerisi gerektirir.
Dijital Okuryazarlık	Teknoloji ile çalışma değil, teknolojiyle düşünebilme yeteneği öne çıkar.
Disiplinler arası Yeterlilik	Mühendislik, tasarım, sosyoloji ve ekonomi gibi farklı alanlar iç içe geçer.
Sürekli Öğrenme ve Uyarlanabilirlik	Meslekler değiştikçe bireylerin becerilerini sürekli yenilemesi gerekir.
İnsan Merkezli Tasarım	Teknoloji ne kadar gelişirse gelişsin, merkezde insan kalacaktır.

Tablo 1'den yola çıkılarak ortaya çıkan/ çıkacak mesleklerin klasik bir çalışan profili için uygun olmadığını söylemek mümkündür. Çetinkaya (2020) de bu söyleme benzer bir şekilde iş görenlerin yeni dönemde prob-

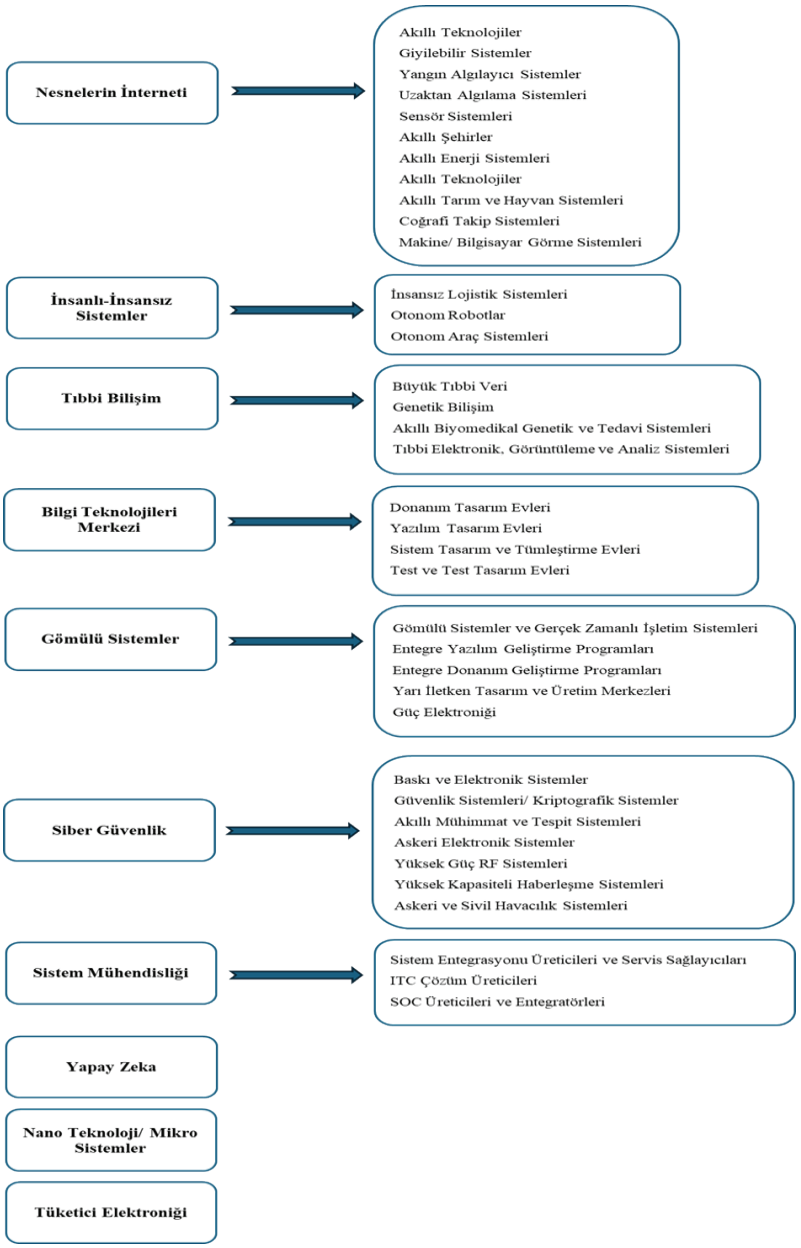
lem çözebilen, öğrenmeyi öğrenebilen, muhakeme yapabilen ve karar alabilen, eleştirel düşünen, stres ve zaman yönetimi yeteneğine sahip, kendini tanıyan, küresel farkındalığı yüksek olan, kapsayıcı, analitik ve fonksiyonel düşünebilen ayrıca hayal kurgulama ve hikâyeleştirme yeteneğine sahip olmalarının gerektiğinin altını çizmektedir.

1. GELECEĞİN MESLEKLERİNE İLİŞKİN KAVRAMSAL ÇERÇEVE

İş gücü piyasasının evrimsel değil, devrimsel nitelikte bir dönüşüm geçirdiği bir dönemin eşiğindeyiz. Bu dönüşüm yalnızca mesleklerin adlarını değil, aynı zamanda istihdamın doğasını, beceri talebini ve örgütsel yapıları yeniden tanımlamaktadır. Dünya Ekonomik Forumunun (WEF) 2025 "Future of Jobs" (Geleceğin Meslekleri) raporunda sunulan Şekil 3 verileri, bu yapısal kırılmanın niceliksel izdüşümlerini açık biçimde ortaya koymaktadır. Veriye dayalı iş gücü analizleri, önümüzdeki beş yıl içerisinde küresel istihdam kompozisyonunun %23'ünün değişeceğini ve özellikle teknoloji tabanlı mesleklerin %30'un üzerinde büyüme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Söz konusu büyüme yalnızca teknolojik gelişmelerin bir sonucu değil; aynı zamanda iklim krizi, dijitalleşmenin hızlanması, veri güvenliğine duyulan ihtiyaç, sürdürülebilirlik hedefleri ve sosyo-ekonomik sistemlerin yeniden yapılandırılması gibi çok katmanlı etkenlerin kesişiminde ortaya çıkmaktadır. Örneğin; büyük veri uzmanları, yapay zekâ ve makine öğrenimi uzmanları, veri analistleri, bilgi güvenliği analistleri ve DevOps mühendisleri gibi ünvanlar; yalnızca yeni meslek tanımlarını değil, aynı zamanda yeni ekonomik ve kurumsal paradigmaların taşıyıcılarını temsil etmektedir. Dolayısıyla bu meslekler yalnızca "yeni" olmakla kalmamakta; aynı zamanda stratejik, çok disiplinli ve küresel sorun çözümüne odaklı meslek kümeleri olarak konumlanmaktadır. Aydın Göktepe vd. (2020) gelişmiş ülkelerin yatırım yaptığı meslekleri aşağıdaki görselde kategorize etmektedir.

Bu bölümde, Şekil 4 verileri doğrultusunda şekillenen ve önümüzdeki dönemde en hızlı büyümesi öngörülen meslek grupları bütüncül bir perspektifle ele alınacaktır. Her bir meslek, yalnızca tanımsal düzeyde değil; aynı zamanda beceri gereksinimleri, sektörel karşılıkları, Türkiye bağlamında

eğitim altyapıları ve iş gücü planlamasıyla ilişkili biçimde incelenecektir. Böylelikle okuyucuya, meslek dönüşümünü tarihsel bir kırılma bağlamında okuyabilme ve stratejik bir öngörü geliştirebilme olanağı sağlanacaktır.

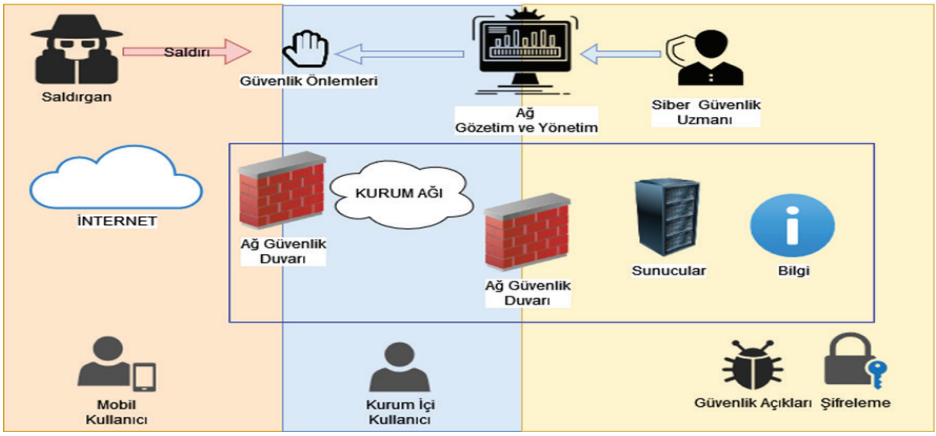


Şekil 4. Ülkelerin Yatırım Yaptığı Meslekler

1.1. Siber Güvenlik Uzmanları

Teknolojinin süratle gelişmesi bireylerin, örgütlerin ve devletlerin siber saldırılarla karşılaşmasını olası kılmakta ve bu sistemler için en önemli gündem maddesi hâline gelmektedir (Turan ve Öcal, 2021). Sistemleri devre dışı bırakarak zarar vermeyi amaçlayan siber saldırılar, bilgi alışverişini kısıtlamakta, engellemektedir (Yorulmaz ve Arıca, 2024). Modern bilgi teknolojileri dünyasında, siber güvenlik ihtiyaçlarını karşılamak için güvenlik duvarları, IDS (Saldırı Tespit Sistemleri), IPS (Saldırı Önleme Sistemleri) ve WAF (Web Uygulama Güvenlik Duvarları) gibi çözümlerin ağ altyapısına entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır (Çelik ve Çeliktaş, 2018). Üst seviyede sağlanması gereken siber güvenliğin gizlilik, bütünlük, erişebilirlik, izlenebilirlik, kimlik doğrulama, güvenirlik ve inkâr edememe prensiplerinden oluştuğunu savunmaktadır (Çakır ve Arınmış Uzun, 2021). Güçlü olmayan bir ICT (Information and Communication Technology-Bilgi ve İletişim Teknolojileri) yapısının büyük riskleri de beraberinde getirmesi olasıdır (Yıkıcı, 2020). Özellikle COVID-19 salgınıyla gözde meslekler arasında yerini siber güvenlik uzmanlarının da aldığı söylenebilir (Er ve Altunışık, 2021).

Siber güvenlik uzmanı, ağ güvenliği duvarları, saldırı tespit ve önleme sistemleri, antivirüs yazılımları gibi çeşitli güvenlik önlemlerini etkin bir şekilde devreye alır ve yönetir. Bu yöntemlerle, siber saldırıların bir kısmını önlemeyi veya etkilerini en aza indirmeyi hedefler. Uzman, bilgisayar ağını, bu ağ üzerindeki sistemleri ve kullanıcı davranışlarını sürekli olarak izler ve analiz eder. Normal ile anormal etkinlikler arasındaki farkı ayırt edebilmesi, potansiyel tehditlere karşı hızlı ve doğru aksiyon almasını sağlar. Böylece, herhangi bir saldırı durumunda etkili karşı önlemleri uygulamada zorluk yaşamaz (Karaarslan, 2022). Çelik (2021) siber güvenlik uzmanlarını çözülmesi zor görünen problemlere merakla, şüpheyle, akılla ve tutkuyla yaklaşan kişiler olarak tanımlamaktadır.



Şekil 5. Dijital Güvenlik Mimarisi Sistem Diyagramı

Kaynak: Karaarslan (2022, s. 3)

Yukarıdaki görsel dijital güvenlik mimarisinin temel unsurlarını betimleyen bir sistem diyagramı sunmaktadır. Bu yapı içerisinde, kurum ağı hem iç hem dış tehditlere karşı çok katmanlı bir güvenlik çerçevesiyle korunmaktadır. Saldırgan aktörlerin dışarıdan gerçekleştirdiği siber saldırılara karşı, ağ güvenlik duvarları (firewall), ağ gözetimi ve yönetimi sistemleri, şifreleme protokolleri ve güvenlik açıklarını izleyen yazılımlar gibi savunma mekanizmaları devreye girmektedir. Bu önlemler, siber güvenlik uzmanlarının denetiminde sürekli güncellenerek kurumsal varlıkların – özellikle sunucular üzerinde depolanan ve yüksek hassasiyet taşıyan bilgi varlıklarının– korunmasını amaçlamaktadır. İnternet üzerinden erişim sağlayan mobil kullanıcılar ve kurum içi kullanıcılar da potansiyel tehdit vektörleri arasında yer almakta olup ağ üzerindeki tüm erişim ve veri alışverişi bu kapsamda denetlenmektedir. Görsel, siber güvenliğin sadece teknoloji odaklı bir süreç değil; aynı zamanda insan, süreç ve teknoloji bileşenlerinin bir arada ele alındığı bütüncül bir yaklaşım gerektirdiğini göstermektedir.

Yumuşak ve Eren (2022) yaptığı çalışmada bir siber güvenlik çalışanının CompTIA Security+, CEH, CISSP sertifikalarına sahip olmasının yanı sıra JAVA, C# ve Python yazılım dillerini bilmesini ayrıca disiplinli çalışmaya yatkın, yeniliklere açık, iletişim yeteneği gelişmiş, takımla birlikte çalışabilen ve stresle başa çıkabilecek özellikleri taşıması gerektiğinin altını çizmektedir. Ayrıca algoritma bilmesi, Linux, CSS, HTML yazılım dille-

riyle desteklemesi buna ek olarak olası saldırıları önleyebilmek ve saldırı senaryolarını çözümleyebilmek için de mantıksal ve matematiksel düşünme yeteneğine de sahip olması beklenmektedir (kariyer.net, 2025).

1.2. Veri Analistleri, Veri Bilimcileri ve Büyük Veri Uzmanları

Miktar ve çeşitlilik olarak sürekli artan veri organizasyonlar için stratejik karar verme süreçlerinde ön plana çıkmakta; yapay zekâ, makine öğrenmesi gibi teknolojik gelişmeler veriden bilgi serüvenini kolaylaştırarak ilgi çekici hâle getirmekte ve veri bilimi kavramını önemli kılmaktır. Bu şartlar bağlamında istatistik bilimiyle dirsek temasında ve harmanlanmış bir şekilde çalışan veri bilimciler değerli ve talep gören bir meslek olarak ilk 10 meslek arasında yerini almakta ve sahip olmaları gereken temel yetenekleri şu şekilde sıralanmaktadır (Horat ve Deniz, 2020):

Veri bilimi alanında yetkin bir uzman, ilişkisel (SQL tabanlı) ve ilişkisel olmayan (NoSQL) veritabanı sistemleriyle etkin çalışabilme becerisine sahip olmalıdır. MongoDB, Cassandra ve HBase gibi NoSQL teknolojilerle büyük veri yönetimi sağlanırken makine öğrenmesi bağlamında karar ağaçları, gradyan destekli modeller, yapay sinir ağları, hayatta kalma analizleri, Bayesyen çıkarım ve kümeleme algoritmaları (örneğin k-means) gibi yöntemlerin uygulanması beklenir. Bu alandaki profesyonellerin, özellikle gradyan inişi ve genetik algoritmalar gibi optimizasyon tekniklerini kullanarak model başarımlarını artırma deneyimine sahip olmaları önemlidir. Ayrıca Spark, Hadoop ve Presto gibi dağıtık veri işleme platformlarına hâkimiyet, büyük veri setlerinin etkin analizine katkı sağlar. Günümüzde veri bilimi uygulamaları çoğunlukla bulut tabanlı altyapılarla entegre çalışmaktadır. Bu kapsamda; AWS'nin S3, EC2, Lambda, Redshift ve API Gateway gibi hizmetleri ile deneyim sahibi olmak, iş süreçlerinde büyük avantaj sağlar. Aynı zamanda RESTful servisler ve OAuth gibi kimlik doğrulama sistemlerine yönelik API bilgisi, sistemler arası veri etkileşimini güvenli kılmak adına kritik öneme sahiptir. Stan ve JAGS gibi olasılıksal programlama dillerine yönelik bilgi, özellikle ileri düzey istatistiksel modelleme süreçlerinde uzmanlık gerektirir. Bunun yanı sıra, Python, Node.js, PHP, Ruby ve Go gibi yaygın web programlama dillerinde yazılım geliştirme yetkinliği, veri tabanlı uygulamaların hayata geçirilmesini mümkün kılar. Son olarak,

kullanıcı deneyimini (UX) merkeze alan veri görselleştirme çözümleri ve bu çözümlerle entegre ölçeklenebilir yazılım mimarileri geliştirebilme becerisi, çağdaş veri uzmanlarının sahip olması gereken temel nitelikler arasında yer almaktadır. Çelik (2019) de bir veri bilimcinin kullanması gereken araçları; Python, R, SQL, Java, Scala, Mathlab, Hadoop, SAS ve Tableau olarak sıralamaktadır. Ünlü (2022) veri biliminin büyük veri ve veri madenciliği kavramlarıyla doğrudan ilişkili olduğunu; gerçek dünyadaki olguları veriler aracılığıyla anlamlandırmayı ve çözümlemeyi amaçladığını, istatistiksel yöntemler ile makine öğrenmesi tekniklerini bir araya getiren disiplinler arası bir alan olduğunu işaret etmektedir.



Şekil 6. Veri Bilimi İlişkileri

Kaynak: Gökalp vd. (2018, s.95)

Şekil 6'da büyük veri ve veri bilimi kavramlarının kesişim kümeleri üzerinden analizi sunulmaktadır. Sol üstte yer alan diyagram, büyük verinin temel bileşenlerini "hız", "hacim" ve "çeşitlilik" eksenlerinde tanımlamaktadır. Bu özellikler, büyük verinin yapısal, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış biçimlerde devasa miktarlarda ve sürekli artan bir hızla üretildiğine işaret eder. Sağ üstteki kesişim kümesi ise veri biliminin disiplinler arası doğasını ortaya koymaktadır. Matematik ve istatistik, bilgisayar

bilimleri, yazılım geliştirme, makine öğrenmesi ve alan uzmanlığı gibi farklı bilgi alanlarının birleşimi, veri biliminin çok boyutlu analiz ve modelleme kapasitesini mümkün kılar. Bu durum, veri bilimini yalnızca teknik bir beceri alanı değil, aynı zamanda analitik düşünce, problem çözme ve uygulamalı araştırma becerilerinin kesiştiği stratejik bir bilgi alanı haline getirmektedir. Alt kısımdaki görsel ise büyük veri, veri bilimi ve büyük veri bilimi arasındaki örtüşmeleri görselleştirerek, bu kavramlar arasında kuramsal ve uygulamalı ayrımları anlamaya olanak sağlamaktadır. Burada "Büyük Veri Bilimi", hem büyük verinin işlenmesi hem de veri bilimi yöntemlerinin bu verilere uygulanmasıyla ortaya çıkan yeni nesil bilgi üretim sürecine karşılık gelmektedir.

Gökalp vd.ne (2018) göre kurumların veriye erişilebilirlik düzeyinde sağladıkları %10'luk bir artış, operasyonel verimliliklerini %17 ile %49 arasında iyileştirme potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, büyük veri altyapılarının veri bilimi süreçleriyle etkili biçimde bütünleştirilmesi, kuruluşların yatırım getirisinde %241'e varan bir artışa neden olabilmektedir. Akdeniz (2020) ise sanal ortamda üretilen ve büyüyen verileri veri tsunamisi olarak tanımlamakta, bu tsunami içerisinde kullanılabilir verileri analiz edebilmek için veri bilimcilere ihtiyaç olduğunun altını çizmektedir.

1.3. Yapay Zekâ ve Makine Öğrenimi Uzmanları

Yapay zekâ (YZ) ve makine öğrenimi (MÖ), dijital çağın en etkili teknolojileri arasında yer almakta; bu alanlarda uzmanlaşmış profesyoneller ise sadece teknolojinin gelişiminde değil, toplumun dijital dönüşümünün yönlendirilmesinde de kritik roller üstlenmektedir (Russell & Norvig, 2021). Yapay zekâ ve makine öğrenimi uzmanları; veri mühendisliği, algoritma geliştirme, etik karar verme ve sektörel uyarlamalar gibi çok boyutlu yetkinliklerle donatılmış bireylerdir. Bu uzmanların sahip olması gereken temel yetkinlik alanları, çok disiplinli bir bilgi birikimini gerektirir. Matematiksel ve istatistiksel temeller; özellikle doğrusal cebir, olasılık kuramı ve çıkarımsal istatistik gibi konular, algoritmaların inşasında vazgeçilmezdir (Murphy, 2022). Yazılım bilgisi ve programlama becerileri, makine öğrenmesi ve yapay zekâ sistemlerinin uygulanabilirliğini sağlayan temel unsurlar arasında yer alır. Python, R, Java ve C++ gibi programlama dillerinin yanı sıra TensorFlow, PyTorch ve Scikit-learn gibi kütüphaneler, model geliştirme

süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu süreçlerin başarısı; yalnızca algoritma seçimine değil, aynı zamanda verinin niteliğine de bağlıdır. Bu nedenle veri temizleme, eksik verilerin işlenmesi, aykırı değerlerin giderilmesi, özellik mühendisliği ve veri görselleştirme gibi ön işleme adımları, modelin güvenilirliği ve öngörü performansı üzerinde doğrudan belirleyici rol oynar (Géron, 2019). Uygun şekilde yapılandırılmış veri işleme akışları sayesinde, makine öğrenmesi modelleri daha tutarlı sonuçlar üretebilir ve farklı ortamlara kolaylıkla uyarlanabilir. Regresyon, sınıflandırma, kümeleme ve boyut indirgeme gibi temel tekniklerin yanı sıra yapay sinir ağları, konvolüsyonel sinir ağları, tekrarlayan sinir ağları ve doğal dil işleme yöntemleri, büyük ve karmaşık veri setleri üzerinde etkili çözümler sunmakta; bu da söz konusu teknolojilerin günümüzde neden bu kadar yaygınlaştığını açıklamaktadır (Goodfellow vd., 2016). Yapay zekâ ve makine öğrenimi uzmanları, günümüzde birçok sektörde geniş bir uygulama alanına sahiptir. Finans sektöründe kredi skorlama, dolandırıcılık tespiti ve algoritmik ticaret uygulamaları; sağlık sektöründe tıbbi görüntü analizi, hastalık tahmini ve kişiselleştirilmiş tedavi sistemleri öne çıkan kullanım örneklerindendir (Bholat vd., 2021; Esteva vd., 2017). E-ticaret alanında öneri sistemleri ve dinamik fiyatlandırma mekanizmaları; sanayi alanında ise tahmine dayalı bakım, kalite kontrol ve otomasyon sistemleri bu uzmanlıkların çıktılarıyla şekillenmektedir. Siber güvenlik bağlamında, tehdit istihbaratı, ağ anomali tespiti ve saldırı önleme sistemlerinde de makine öğrenimi temelli modeller sıkça kullanılmaktadır (Sommer & Paxson, 2010). Teknik bilgi birikiminin yanı sıra, yapay zekâ uzmanlarının etik sorumluluk taşıyan bir perspektife sahip olmaları da giderek önem kazanmaktadır. Algoritmik kararların ön yargı barındırmaması, karar verme süreçlerinin açıklanabilir olması ve bireysel mahremiyetin korunması bu bağlamda dikkate alınması gereken unsurlar arasındadır. Yapay zekâ sistemlerinin etik çerçevede geliştirilmesi ve kullanılması yönündeki çağrılar, Avrupa Birliği tarafından hazırlanan Yapay Zekâ Yasası (AI Act) gibi düzenleyici çerçevelerde açıkça görülmektedir (European Commission, 2021; Mittelstadt vd., 2016). Gelecekte, yapay zekâ ve makine öğrenimi uzmanlarının rolü daha da stratejik bir hâl alacaktır. Üretken yapay zekâ (Generative AI), otomatik makine öğrenimi (AutoML) ve otonom sistemler gibi yeni teknolojik paradigmalar; bu uzmanların sürekli güncellenen bir bilgi setine sahip olmasını ve disiplinler arası iş birliklerine açık olmasını zorunlu kılmaktadır. Sosyal bilimlerle,

hukukla ve etikle bütünleşen bir yapay zekâ uzmanlığı modeli, yalnızca teknoloji geliştiren değil; aynı zamanda bu teknolojinin toplumsal etkilerini yöneten bir profesyonel profilini beraberinde getirmektedir (Floridi & Cowls, 2019).

1.4. Yazılım ve Uygulama Geliştiricileri

Yazılım ve uygulama geliştiricilerinin rolü, hızla dijitalleşen dünyada sadece teknik bilgiye dayanan bir faaliyet olmaktan çıkmış; aynı zamanda sosyo-teknik sistemlerin tasarlanmasında, kullanıcı odaklı çözümlerin geliştirilmesinde ve dijital dönüşüm süreçlerinin yönetilmesinde merkezî bir konuma yerleşmiştir. Bu dönüşüm, geliştiricilerin sahip olması gereken yetkinlik setlerinin de çeşitlenmesini beraberinde getirmiştir. Güncel araştırmalar, yazılım geliştiricilerin yalnızca programlama becerilerine değil; aynı zamanda problem çözme, iletişim, yaratıcılık ve ekip çalışması gibi bilişsel ve sosyal becerilere de sahip olmaları gerektiğini ortaya koymaktadır. Montandon vd. (2020) tarafından yapılan kapsamlı analiz, iş ilanlarının önemli bir kısmında teknik bilgiyle birlikte "soft skill" olarak tanımlanan davranışsal becerilerin de arandığını göstermektedir. Bu durum, geliştiricilerin yazılım üretiminin yanı sıra paydaşlar arası koordinasyon, gereksinim analizi ve kullanıcı geri bildirimlerine dayalı ürün iyileştirme süreçlerinde de aktif rol oynadığını göstermektedir. Geliştirici profili bu yönüyle yalnızca bir mühendislik disiplini değil, aynı zamanda yaratıcı düşünme ve insan merkezli tasarım ilkelerini barındıran çok yönlü bir mesleğe dönüşmüştür. Groeneveld vd. (2021), yazılım mühendisliğinde yaratıcılığın, özellikle belirsizlik içeren problemler karşısında geliştirilen çözümlerin kalitesini doğrudan etkilediğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, teknik yeterliklerin yanı sıra yenilikçi düşünme yeteneği de yazılım geliştiriciler için belirleyici bir rekabet avantajı hâline gelmektedir. Aynı şekilde, Smuts ve Smuts (2023), Society 5.0 yaklaşımı çerçevesinde geliştiricilerin gelecekte sahip olması gereken beceriler arasında teknolojiyi sosyal fayda temelinde kullanabilme, disiplinler arası iş birlikleri kurabilme ve etik farkındalık geliştirebilme gibi unsurların da yer aldığını belirtmektedir. Bu yeni paradigma, yazılım geliştiricilerin yalnızca teknik çıktı üreten bireyler değil; aynı zamanda dijital toplumun etik, sosyal ve kültürel altyapılarını da şekillendiren aktörler olduğunu göstermektedir. Yazılım geliştirme, artık yalnızca

ürün yaratma süreci değil; aynı zamanda sürdürülebilirlik, insan-makine etkileşimi ve dijital kapsayıcılık gibi geniş ölçekli amaçlara hizmet eden bir mesleki alan olarak yeniden tanımlanmaktadır. Bu yeniden tanımlama, geliştiricilerin eğitim programlarından iş tanımlarına kadar birçok yapının güncellenmesini zorunlu kılmaktadır. Sonuç olarak, günümüz yazılım geliştiricileri, teknik uzmanlıklarını sosyal duyarlılık ve disiplinler arası bilgiyle bütünleştirerek dijital dünyanın sadece işlevsel değil; aynı zamanda insani yönünü de inşa eden uzmanlara dönüşmektedir.

1.5. Veri Ambarı Uzmanları

Veri ambarı uzmanları; büyük hacimli, heterojen verilerin bütünleştirilmesini, işlenmesini ve analize uygun biçimde yapılandırılmasını sağlayan uzmanlardır. Bu uzmanlık alanı, son yıllarda yapay zekâ (YZ), gerçek zamanlı veri işleme ve bulut tabanlı sistemlerle dönüşüme uğramıştır (Uddin ve Hossan, 2024). Geleneksel ETL (Extract, Transform, Load) süreçleri yerini daha otomatikleştirilmiş ve YZ destekli veri akış sistemlerine bırakmaktadır. Bu sistemler sayesinde hem veri kalitesi artırılmakta hem de operasyonel verimlilik sağlanmaktadır (Qu & Wang, 2024). Öte yandan, veri ambarlarının gerçek zamanlı performans göstermesi, karar destek sistemlerinde anlık içgörülerin elde edilmesini mümkün kılmaktadır (Nambiar & Mundra, 2022). Veri ambarları artık tek başına yeterli olmayıp veri gölleriyle (data lakes) hibrit biçimde çalışmakta; bu da veri mimarilerinde esnekliğe olan ihtiyacı artırmaktadır (Nambiar & Mundra, 2022). Özellikle büyük veri ortamlarında, veri ambarı ve veri gölü mimarilerinin birlikte kullanımı kurumlara hem tarihsel hem de anlık veri analizi yapabilme imkânı sunmaktadır. Veri ambarı uzmanlarının sahip olması gereken temel teknik beceriler arasında gelişmiş SQL ve Python bilgisi yer almaktadır; bu sayede büyük veri kümelerine erişim, sorgulama ve analiz yapabilmektedirler. Ayrıca, ETL/ELT süreçlerinin yönetimi ve otomatikleştirilmesi için yapay zekâ temelli araçları etkin biçimde kullanabilmeleri önemlidir. Veri modelleme becerisi, özellikle OLAP ve boyutsal modelleme yaklaşımlarıyla iş zekâsı sistemlerine uygun veri yapıları oluşturabilme yeteneği gerektirir. Bulut tabanlı platformlarda (AWS, Azure, GCP) veri ambarı uygulamaları geliştirmek ve güvenli veri yönetimi sağlamak da bu teknik yetkinlikler arasındadır. Bunun yanında, veri ambarı uzmanlarının stratejik ve yönetsel

yetkinliklere de sahip olmaları gerekir. Veri yönetişimi ve veri kalitesi politikalarını belirleyip sürdürülebilir hâle getirebilme becerisi önemli bir alandır (Uddin & Hossan, 2024). Gerçek zamanlı sistemlerin kurulumu ve yönetimi konusunda deneyim sahibi olmak, hızlı ve güncel veri akışlarını sağlamak açısından kritik bir rol oynar (Qu & Wang, 2024). Ayrıca, karar destek sistemlerine veri temelli içgörü sağlayarak iş birimleriyle etkili iletişim kurmak ve stratejik katkılar sunmak da bu uzmanların görevleri arasında yer almaktadır (Maswanganyi vd., 2024). Son yıllarda veri ambarı uzmanlığı, iş dünyasında veri temelli dönüşümün merkezinde konumlanmıştır. Yapılan sistematik bir derlemeye göre, veri ambarı uygulamaları işletmelerin operasyonel verimliliğinde ve kurumsal karar süreçlerinde belirgin artış sağlamaktadır (Maswanganyi vd., 2024). Yapay zekâ ve gerçek zamanlı sistemlerle bütünleşen bu rol, hem ileri düzey teknik becerileri hem de stratejik karar verme kapasitesini kapsamaktadır.

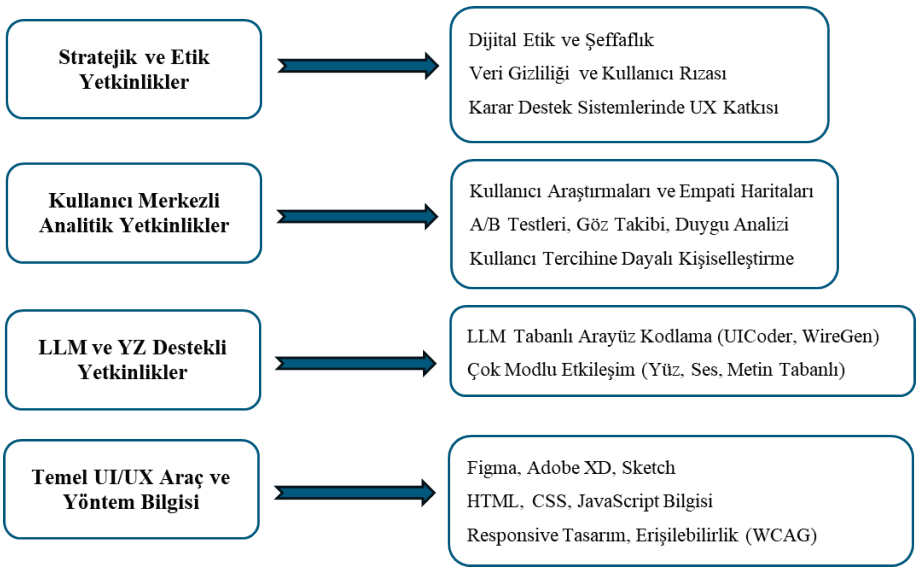
1.6. Kullanıcı Arayüzü (UI) ve Kullanıcı Deneyimi (UX) Tasarımcıları

Kullanıcı arayüzü (UI) ve kullanıcı deneyimi (UX) tasarımı, son yıllarda büyük dil modelleri (LLM'ler) ve çok modlu derin öğrenme sistemleriyle köklü bir dönüşüm yaşamaktadır. Duan vd., (2024) tarafından sunulan çalışma, duygusal yanıtlara gerçek zamanlı tepki verebilen/uyarlanabilen "duygu odaklı" arayüzler için yüz, ses tonu ve metin verilerini kullanan çok kollu bir transformer modeli önermektedir. Model, duyguları yüksek doğrulukla tanıyarak kullanıcı etkileşimini empatik şekilde yönlendirmektedir. Wu vd. (2024) büyük dil modellerini otomatikleştirilmiş geri bildirim mekanizmalarıyla ("UICoder") inceleyerek UI kodu üretimini hem kullanıcı arayüzü estetiği hem de kod geçerliliği açısından iyileştirmek için self-supervised iyileştirmeler sunmuşlardır. Bu yaklaşım, tasarımcıların LLM'lerden direkt, kullanılabilir arayüz kodu elde edebileceğini göstermiştir. Feng vd. (2023) sundukları "WireGen" çerçvesinde; bu sistemle kullanıcının, tasarım niyetini girdikten sonra orta düzey görsellikte wireframe'ler oluşturabildiğini ve %77,5 oranında daha kaliteli çıktılar elde ettiğini ortaya koymuştur. Liu vd. (2024) "CrowdGenUI" isimli yaklaşımı tanıtmaktadır; bu sistem, kullanıcı tercihlerini toplayarak LLM tabanlı UI widget üretimini özelleştirmekte ve kullanıcıların tercihlerine uygun tasarım nesneleri sistemini %20 oranında

daha optimal kılmaktadır. Bütün bu teknolojik ilerlemelerin etik ve yönetişimsel boyutları da göz ardı edilmemelidir. Özellikle duygu verilerinin toplanması ve işlenmesi sırasında kullanıcı rızasının açık şekilde alınması, veri gizliliği ve etik şeffaflık ilkeleri doğrultusunda süreçlerin yönetilmesi gereklidir (Duan vd., 2024). Aksi hâlde, kullanıcı deneyimi kavramsal olarak derinleşse bile güven duygusu zedelenebileceğinden uzun vadeli kullanıcı bağlılığı olumsuz etkilenebilir.

Son olarak, gelişmiş tasarım sistemleri içinde LLM destekli prototipleme ve çevik tasarım döngülerinin kullanımı, tasarımcıların yalnızca teknik bilgiye değil, aynı zamanda iteratif süreç yönetimine de hâkim olmalarını gerektirmektedir (Wu vd., 2024; Feng vd., 2023). Bu bağlamda, UI/UX profesyonellerinin rolü, klasik anlamda estetik ve kullanılabilirlik tasarımının ötesine geçerek, teknolojik entegrasyon ve insan merkezli stratejik yönlendirme işlevlerini içeren bütünsel bir yetkinlik profilini gerekli kılmaktadır.

Tüm bu gelişmeler ışığında, UI/UX tasarımcılığı, giderek "teknoloji-entegrasyon uzmanlığı" ve "insan merkezli etkileşim stratejisti" gibi alt uzmanlık alanlarına ayrışmakta; bu da yeni nesil tasarımcıların disiplinler arası bilgi setleriyle donatılmasını zorunlu kılmaktadır.



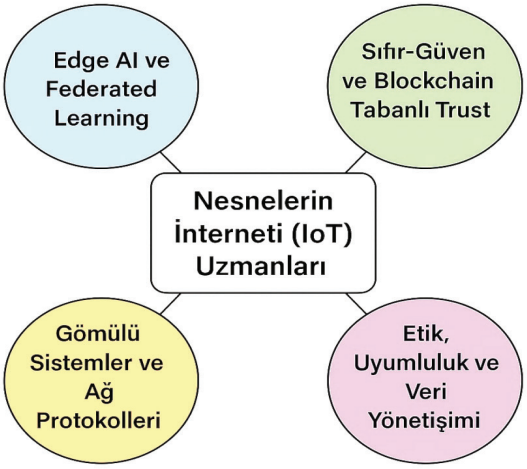
Şekil 7. Geleceğin UX/UI Tasarımcıları için Çok Katmanlı Yetkinlik Modeli

Şekil 7'de yer alan model, 2020 sonrası UI/UX tasarımı literatüründe öne çıkan çok katmanlı yetkinlik alanlarını özetlemektedir. En temelden en stratejik düzeye doğru sıralanan bu katmanlar, bir tasarımcının dijital ürün geliştirme sürecinde sahip olması beklenen beceri setlerini temsil etmektedir. Şekil, LLM destekli tasarım, duygusal etkileşim, etik kullanım ve kullanıcı odaklı analiz gibi güncel gereklilikleri içermektedir.

1.7. Nesnelerin İnterneti (IoT) Uzmanları

Nesnelerin İnterneti (IoT) uzmanları, fiziksel nesnelerin dijital ortama bağlanmasını sağlayan, gömülü sistemlerden sensör verilerine, kablosuz iletişim protokollerinden edge ve bulut bilişim altyapılarına kadar geniş bir yelpazede teknik ve stratejik bilgi birikimine sahip profesyonellerdir. 2025 yılı itibarıyla bu alan, yapay zekâ tabanlı analiz sistemlerinin, federated learning (dağıtık öğrenme) yaklaşımlarının ve sıfır güven mimarilerinin (zero-trust architecture) etkisiyle önemli bir dönüşüm geçirmektedir (Otoum vd., 2025; Li vd., 2025). Güncel araştırmalar, IoT sistemlerinin sadece veri toplayan değil, veriyi cihaz düzeyinde analiz ederek gerçek zamanlı kararlar verebilen yapılar hâline geldiğini göstermektedir. Özellikle federated learning gibi yaklaşımlar sayesinde, verinin cihazda işlenmesi sağlanmakta ve hem gizlilik korunmakta hem de bulut sistemlerine bağımlılık azaltılmaktadır (Otoum vd., 2025). Bunun yanında, Edge AI sistemlerinin kullanımı, sensörlerden gelen verilerin doğrudan uç cihazda analiz edilmesini mümkün kılarak gecikmeyi azaltmakta ve enerji verimliliği sağlamaktadır (Choudhary vd., 2025). IoT uzmanlarının bu dönüşen ekosistemde sahip olması gereken yetkinlikler de çeşitlenmektedir. Geleneksel olarak beklenen gömülü sistem bilgisi ve kablosuz iletişim protokollerinin yanında (Zigbee, NB-IoT, LoRaWAN vb.), günümüzde uzmanlardan federated learning uygulayabilmeleri, Edge AI modelleri üzerinde quantization ve pruning gibi model sıkıştırma tekniklerini gerçekleştirebilmeleri beklenmektedir (Ceva, 2025). Ayrıca blockchain tabanlı kimlik doğrulama sistemlerinin entegrasyonu, mikro segmentasyon uygulamaları ve sürekli kimlik doğrulama protokolleri ile sıfır güven mimarilerinin uygulanması, bu uzmanlığın güvenlik boyutunu ön plana çıkarmaktadır (Li vd., 2025). Gelişmiş güvenlik yetkinliklerine ek olarak, IoT sistemlerinde veri güvenliğini fiziksel katmanda sağlamak için RF fingerprinting (radyo frekansı parmak izi) gibi cihaz tanıma teknolojileri

de giderek önem kazanmaktadır (Hussain vd., 2024). Bu teknik sayesinde, her cihazın yayımladığı sinyaller üzerinden benzersiz kimlik oluşturulmakta ve cihaz sahteciliği gibi tehditler minimize edilmektedir. Öte yandan, büyük dil modelleri (LLM) ile IoT cihazlarının yönetimi konusunda da önemli gelişmeler yaşanmaktadır. LLM'ler; cihaz yapılandırma kodlarını otomatik olarak üretebilmekte, ağ davranışlarını tahmin ederek güvenlik açıklarını öngörebilmekte ve kullanıcı girdilerine dayalı olarak sistem ayarlarını optimize edebilmektedir (Otoum vd., 2025). Bu bağlamda, IoT uzmanlarının yapay zekâ ile donatılmış sistemleri yalnızca uygulamakla kalmayıp aynı zamanda bu sistemleri güvenli, etik ve sürdürülebilir biçimde yönetmeleri gerekmektedir. Etik ve uyumluluk açısından ise IoT sistemlerinin tasarımı ve uygulanmasında GDPR gibi veri koruma düzenlemelerine uygun hareket edilmesi kritik önem taşımaktadır. Federated learning gibi yaklaşımlar bu konuda önemli avantajlar sağlarken kullanıcı rızasının açık şekilde alınması, veri yaşam döngüsünün izlenebilirliği ve algoritmik şeffaflık da uzmanların bilgi alanı içinde yer almalıdır (Ceva, 2025; Li vd., 2025). Tüm bu gelişmeler ışığında, IoT uzmanlığı sadece teknik bir alan değil, aynı zamanda disiplinler arası bir mühendislik, yönetişim ve strateji alanı hâline dönüşmektedir. Gelecekte bu uzmanlardan, sadece cihazları bağlamakla kalmayıp yapay zekâ destekli karar sistemleri inşa etmeleri, güvenliği sıfırdan düşünmeleri ve etik sınırlar çerçevesinde veri yönetimi yapmaları beklenmektedir.



Şekil 8. Nesnelerin İnterneti Uzmanları Yetkinlikler

Nesnelerin İnterneti (IoT) uzmanlarının görev tanımı, günümüzde yalnızca cihaz bağlantılarını yönetmekten ibaret değildir. Yeni nesil IoT uygulamaları, ileri düzey teknolojilerin ve çok disiplinli yetkinliklerin entegrasyonunu zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, IoT uzmanlarının sahip olması gereken başlıca bilgi ve beceriler dört temel grupta toplanabilir. Birinci grup, Edge AI ve Federated Learning yetkinlikleridir. Uzmanların uç cihazlar üzerinde yerel veri işleyebilmeleri, yapay zekâ modellerini cihaz seviyesinde uygulayabilmeleri ve merkezî sunuculara veri göndermeden dağıtık öğrenme (federated learning) gerçekleştirebilmeleri beklenmektedir. Bu sayede hem sistemlerdeki veri gizliliği korunmakta hem de gerçek zamanlı karar alma süreçleri güçlenmektedir. İkinci grup, sıfır-güven ve blockchain tabanlı güvenlik yaklaşımlarıdır. IoT sistemleri, çok sayıda cihazın açık ağlarda çalışması nedeniyle siber güvenlik açısından kırılgandır. Bu nedenle, uzmanlar sıfır-güven mimarileri, blockchain ile kimlik doğrulama, mikro-segmentasyon ve sürekli erişim kontrolü gibi yöntemleri bilmek ve uygulamak durumundadır. Üçüncü olarak, gömülü sistemler ve ağ protokolleri bilgisi, IoT uzmanlarının teknik altyapısını oluşturur. Cihaz düzeyinde yazılım geliştirme, sensör ve aktüatör entegrasyonu, enerji verimliliği sağlayan işlemcilerin kullanımı, ayrıca NB-IoT, LoRaWAN, Zigbee ve benzeri kablosuz iletişim protokollerinin yönetimi bu kapsama girer. Son olarak, etik, uyumluluk ve veri yönetişimi başlığı altında, uzmanların kişisel verilerin korunması, kullanıcı rızasının alınması, açıklanabilir yapay zekâ uygulamaları geliştirilmesi ve yasal düzenlemelere (örneğin GDPR) uyum sağlanması gibi konularda bilgi sahibi olması gerekir. IoT sistemlerinin sürdürülebilirliği, bu tür sosyal ve hukuki sorumlulukların yerine getirilmesine bağlıdır. Tüm bu alanlar birlikte değerlendirildiğinde IoT uzmanlarının rolü teknik becerilerin ötesine geçmekte; güvenlik, yapay zekâ, etik ve strateji gibi alanlarda da uzmanlaşmayı gerekli kılmaktadır. Bu çok katmanlı uzmanlık yapısı, IoT profesyonellerini geleceğin dijital altyapılarını tasarlayan ve yöneten stratejik aktörler hâline getirmektedir.

Sonuç olarak küresel iş gücü piyasası, dijitalleşme, yapay zekâ, otomasyon ve sürdürülebilirlik temelli dinamiklerin etkisiyle yalnızca evrimsel değil, devrimsel bir dönüşüm süreci yaşamaktadır. Dünya Ekonomik Forumunun (WEF, 2025) verileri, önümüzdeki beş yıl içinde iş gücünün %23'ünün yeniden tanımlanacağını ve teknoloji tabanlı mesleklerin %30'un üzerinde büyüme göstereceğini ortaya koymaktadır. Bu durum; istihdam yapısında yalnızca sektörel değişiklikleri değil, aynı zamanda beceri temelli

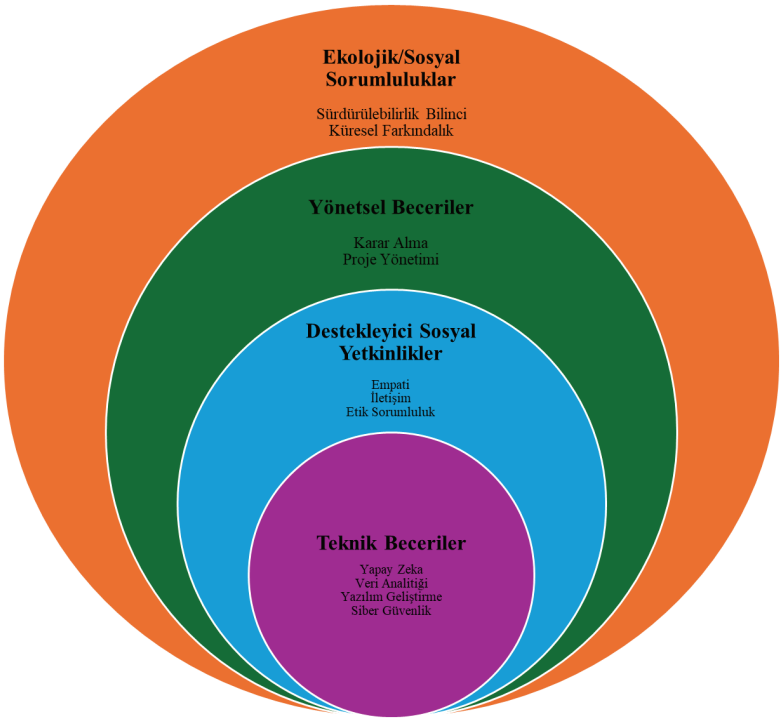
kırılmaları da beraberinde getirmektedir. Yeni nesil mesleklerin ortak özelliği, teknik bilgi ile beşerî yetkinliklerin entegre biçimde değerlendirilmesini gerektirmesidir. Bu bağlamda, yalnızca kod yazabilen değil; kullanıcıyı anlayabilen, etik çerçevede karar verebilen ve sürdürülebilir çözümler geliştirebilen çok yönlü birey profilleri ön plana çıkmaktadır. Örneğin, yapay zekâ ve makine öğrenimi uzmanlarının yanı sıra UI/UX tasarımcıları, veri analistleri, siber güvenlik uzmanları ve IoT mühendisleri gibi alanlar, disiplinler arası ve stratejik düşünme becerileriyle şekillenen bir iş gücü tipolojisini temsil etmektedir. Bu dönüşüm, aynı zamanda mesleklerin gerileme eğilimlerini de gözler önüne sermektedir. Veri girişi, çağrı merkezi, sekreterlik gibi otomasyona açık, tekrarlayan görevleri içeren alanlarda istihdam kaybı yaşanacağı öngörülmektedir. Bu kırılma, bireylerin "reskilling" ve "upskilling" süreçleriyle desteklenmedikçe derinleşen sosyal ve ekonomik eşitsizlikleri de beraberinde getirecektir. Bu bağlamda, geleceğin mesleklerinde ön plana çıkan yetkinlik alanları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

Tablo 2. Geleceğin Meslekleri Yetkinlik Alanları

Yetkinlik Alanı	Açıklama
Dijital Okuryazarlık	Teknolojiye sadece erişmek değil, onu etkili ve bilinçli şekilde kullanabilme yetisi
Eleştirel ve Sistemsel Düşünme	Veri temelli karar alma ve çok katmanlı problemlerde neden-sonuç ilişkisi kurabilme
Etik Farkındalık	Yapay zekâ ve veri kullanımında şeffaflık, adalet ve mahremiyet ilkelerine duyarlılık
Yaratıcılık ve Empati	İnsan merkezli tasarım ve kullanıcı deneyimini önceleyen yaratıcı çözümler üretebilme
Adaptasyon ve Esneklik	Hızla değişen iş tanımlarına uyum sağlayabilme ve öğrenmeyi öğrenme becerisi
Yaşam Boyu Öğrenme	Bilgi tazeleme ve yeniden beceri kazanma süreçlerine gönüllü ve proaktif katılım
Disiplinler Arası İş Birliği	Teknoloji, sosyoloji, hukuk, tasarım ve yönetim gibi alanlar arasında bağlantı kurabilme

Öte yandan, meslekler arası geçişlerin yatay değil; dikey, çapraz ve çok yönlü olduğu bir döneme girildiği görülmektedir. Bu geçişler, bireyin yalnızca uzmanlık alanında değil; aynı zamanda problem çözme, iletişim ve stratejik düşünme gibi aktarılan beceriler yoluyla farklı alanlara yönelmesini zorunlu kılmaktadır. Bu yapısal dönüşümün görsel olarak kavramsallaştırıl-

ması amacıyla geliştirilen aşağıdaki model, yeni nesil mesleklerin sadece teknik değil; aynı zamanda etik, sosyal ve stratejik yönlerinin de şekillendirici olduğunu ortaya koymaktadır:



Şekil 9. Yeni Nesil Meslek Ekosistemi Modeli

Bu model, geleceğin iş gücünü şekillendiren çok katmanlı bir beceri yapısını temsil eder. Merkezde çekirdek teknik beceriler (yapay zekâ, veri analitiği, yazılım geliştirme, siber güvenlik) yer alırken çevresel katmanlarda destekleyici sosyal yetkinlikler (empati, iletişim, etik sorumluluk), yönetsel beceriler (karar alma, proje yönetimi) ve ekolojik/sosyal sorumluluklar (sürdürülebilirlik bilinci, küresel farkındalık) bulunmaktadır. Bu yapı, gelecekte mesleklerin yalnızca "iş" odaklı değil; aynı zamanda "değer üretimi" ve "toplumsal katkı" ekseninde yeniden tanımlandığını göstermektedir.

Bu bilgiler ışığında eğitim politikaları, kariyer planlama stratejileri ve yetenek geliştirme programları; dijital çağın gerektirdiği bu bütünsel yaklaşımı temel alarak yeniden kurgulanmalıdır. Aksi hâlde, büyüyen fırsat alanları ile küçülen istihdam alanları arasında oluşan uçurum, yalnızca

ekonomik değil; aynı zamanda sosyolojik ve kültürel bir risk faktörüne dönüşecektir. Yeni nesil meslekler, yalnızca gelecekte çalışılacak işler değil; aynı zamanda bugünden hazırlanılması gereken çok boyutlu öğrenme ve dönüşüm alanlarıdır.

2. DİSİPLİNLER ARASI BECERİLERİN YENİ MESLEKLERDEKİ ÖNEMİ

Dijital dönüşümün hız kazandığı çağımızda, mesleki yetkinlikler artık tek bir disiplinin sınırları içinde tanımlanamamaktadır. Yeni nesil meslekler, farklı bilgi alanlarının kesişiminde ortaya çıkmakta ve bu durum, çalışanlardan çok yönlü beceri setlerine sahip olmalarını gerektirmektedir. Bu bölümde, teknoloji ile diğer disiplinler arasındaki etkileşimin yeni meslekleri nasıl şekillendirdiği ele alınacaktır.

2.1. Teknoloji ve İşletme Yönetimi Kesişimi

Veri bilimi ve yapay zekâ gibi teknoloji yoğun alanların işletme yönetimi becerileriyle birleşmesi, modern organizasyonların en değerli insan kaynağı profilini oluşturmaktadır. Gökalp vd. (2018), veri biliminin yalnızca istatistiksel yöntemler ve makine öğrenmesi tekniklerini bir araya getiren disiplinler arası bir alan olmakla kalmayıp iş süreçlerini anlama ve stratejik düşünme becerilerini de gerektirdiğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, bir veri analisti sadece veriden içgörü çıkarmakla kalmayıp bu içgörüleri iş stratejilerine dönüştürebilme ve üst yönetime sunabilme yeteneğine sahip olmalıdır.

Horat ve Deniz (2020), veri bilimcilerinin ilişkisel ve ilişkisel olmayan veritabanı sistemleriyle etkin çalışabilme, makine öğrenmesi algoritmalarını uygulama ve bulut tabanlı platformlara hâkim olma gibi teknik becerilerin yanı sıra, iş süreçlerini anlama ve stratejik karar verme süreçlerine katkıda bulunma yeteneklerine de sahip olmaları gerektiğini belirtmektedir. Benzer şekilde, yapay zekâ ve makine öğrenimi uzmanlarının da organizasyonel bağlamı anlamaları kritik önem taşımaktadır. Russell ve Norvig (2021), yapay zekâ uygulamalarının başarısının yalnızca algoritma kalitesiyle değil, bu algoritmaların iş süreçlerine entegrasyonu ve değişim yönetimi yetenekleriyle de belirlendiğini ortaya koymaktadır. Çetinkaya (2020), iş görenlerin

yeni dönemde problem çözebilen, öğrenmeyi öğrenebilen, muhakeme yapabilen ve karar alabilen, eleştirel düşünen, stres ve zaman yönetimi yeteneğine sahip olmalarının gerektiğini vurgulamaktadır. Bu yetkinlikler, teknik bilginin ötesinde, işletme yönetimi ve organizasyonel davranış alanlarının da entegrasyonunu gerektirmektedir.

2.2. Teknoloji ve İletişim Bilimleri Birlikteliği

UI/UX tasarımcıları, teknoloji ile insan iletişiminin en görünür kesişim noktasını temsil etmektedir. Duan vd. (2024), kullanıcı deneyimi tasarımının yalnızca estetik bir süreç değil, psikoloji, antropoloji, sosyoloji ve iletişim bilimlerinin entegrasyonunu gerektiren karmaşık bir alan olduğunu belirtmektedir. Bir UI/UX tasarımcısı, insan-bilgisayar etkileşimi teorilerini bilmeli, kullanıcı araştırması metodolojilerini uygulayabilmeli ve empati haritaları oluşturarak kullanıcı davranışlarını anlayabilmelidir.

Wu vd. (2024), büyük dil modellerinin UI kodu üretiminde kullanılmasıyla birlikte, tasarımcıların hem teknik yeteneklere hem de kullanıcı odaklı tasarım ilkelerine hâkim olmaları gerektiğini göstermiştir. Feng vd. (2023), tasarım süreçlerinde kullanıcının tasarım niyetini anlayabilme ve bunu teknik uygulamalara dönüştürebilme yeteneğinin önemini vurgulamaktadır. Liu vd. (2024) ise kullanıcı tercihlerini toplayarak kişiselleştirilmiş tasarım nesneleri geliştirmenin hem teknoloji hem de iletişim bilimlerindeki yetkinlikleri gerektirdiğini ortaya koymaktadır.

Ayrıca, dijital pazarlama ve içerik stratejisi alanlarında çalışan profesyonellerin de teknoloji ve iletişim bilimlerini birleştirme becerisi gerekmektedir. Aydın Göktepe vd. (2020), gelişmiş ülkelerin pazarlama ve içerik üretimi alanlarına yatırım yaptığını ve bu alanlarda çalışan profesyonellerin hem yaratıcı yazarlık hem de dijital araçların etkin kullanımı konusunda yetkin olmaları gerektiğini belirtmektedir.

2.3. Tasarım ve Veri Analitiği Entegrasyonu

Veri görselleştirme uzmanları, tasarım düşüncesi ile veri biliminin kesiştiği kritik bir alanda faaliyet göstermektedir. Gökalp vd. (2018), etkili veri görselleştirmesinin yalnızca grafik tasarımı değil; aynı zamanda istatistiksel

okuryazarlık, bilişsel psikoloji ve görsel iletişim teorilerinin derinlemesine anlaşılmasını gerektirdiğini savunmaktadır. Modern veri görselleştirme araçları kullanılırken tasarımcıların renk teorisi, tipografi, hiyerarşi gibi görsel tasarım ilkelerini bilmelerinin yanı sıra veri yapılarını, istatistiksel dağılımları ve veri hikâyesi anlatımını da kavramaları gerekmektedir.

Ünlü (2022), veri biliminin büyük veri ve veri madenciliği kavramlarıyla doğrudan ilişkili olduğunu ve gerçek dünyadaki olguları veriler aracılığıyla anlamlandırmayı ve çözümlemeyi amaçladığını işaret etmektedir. Bu bağlamda, veri analistlerinin teknik analiz yeteneklerini sunum tasarımı ve görsel iletişim becerileriyle desteklemesi gerekmektedir. Çelik (2019); veri bilimcilerin Python, R, SQL gibi programlama dillerinin yanı sıra Tableau gibi veri görselleştirme araçlarını da etkin kullanması gerektiğini vurgulamaktadır.

2.4. Mühendislik ve Sosyal Bilimler Kesişimi

IoT (Nesnelerin İnterneti) uzmanları ve siber güvenlik profesyonelleri, teknik bilginin ötesinde sosyal, çevresel ve etik boyutları da dikkate almak durumundadır. Otoum vd. (2025), IoT sistemlerinin toplumsal bağlamdan bağımsız düşünülemeyeceğini ve mühendislerin sosyo-teknik sistemler tasarlarken sosyoloji, antropoloji ve etik gibi alanlarda da bilgi sahibi olmaları gerektiğini savunmaktadır.

Hussain vd. (2024), akıllı şehir sistemleri geliştiren IoT uzmanlarının yalnızca sensör teknolojileri ve veri iletimi konularında değil; aynı zamanda mahremiyet, gözetim toplumu ve katılımcı tasarım ilkeleri konularında da farkındalık sahibi olmaları gerektiğini belirtmektedir. Li vd. (2025), sıfır güven mimarilerinin uygulanmasında hem teknik hem de sosyal mühendislik açısından bütünsel bir yaklaşımın gerekliliğini vurgulamaktadır.

Siber güvenlik alanında da benzer bir durum söz konusudur. Karaarslan (2022), siber güvenlik uzmanlarının sadece teknik güvenlik önlemlerini devreye almakla kalmayıp kullanıcı davranışlarını anlama ve organizasyonel güvenlik kültürü oluşturma konularında da yetkin olmaları gerektiğini belirtmektedir. Çakır ve Arınmış Uzun (2021); siber güvenliğin gizlilik, bütünlük, erişebilirlik gibi teknik prensiplerinin yanı sıra etik ve toplumsal boyutlarının da dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Mittelstadt vd. (2016), yapay zekâ etiği alanında çalışan uzmanların da bilgisayar bilimi ile felsefe, hukuk ve sosyoloji arasında köprü kurmak durumunda olduğunu, algoritmik adalet, açıklanabilirlik ve hesap verebilirlik gibi kavramların hem teknik hem de normatif boyutlarının anlaşılması gerektiğini vurgulamaktadır.

2.5. Disiplinler Arası Yetkinlik Gelişiminin Zorlukları ve Fırsatları

Disiplinler arası beceri geliştirme süreci, geleneksel eğitim sistemlerinin yapısıyla çelişmektedir. YÖK (2019), Türkiye'deki üniversitelerde bölümler arası sınırların katı olması ve öğrencilerin farklı disiplinlerden ders almasının zorluğu nedeniyle dar uzmanlık alanlarına yönlendirildiklerini belirtmektedir. Ancak, son yıllarda birçok üniversite, farklı alanlarda derin uzmanlığa sahip olurken birden fazla alanda da geniş bilgiye sahip "T-tipi" veya "π-tipi" profesyoneller yetiştirmeyi hedefleyen programlar geliştirmektedir.

Groeneveld vd. (2021), yazılım mühendisliğinde yaratıcılığın, özellikle belirsizlik içeren problemler karşısında geliştirilen çözümlerin kalitesini doğrudan etkilediğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, teknik yeterliklerin yanı sıra yenilikçi düşünme yeteneği de yazılım geliştiriciler için belirleyici bir rekabet avantajı hâline gelmektedir. Smuts ve Smuts (2023), geliştiricilerin gelecekte sahip olması gereken beceriler arasında teknolojiyi sosyal fayda temelinde kullanabilme, disiplinler arası iş birlikleri kurabilme ve etik farkındalık geliştirebilme gibi unsurların da yer aldığını belirtmektedir.

Montandon vd. (2020) tarafından yapılan kapsamlı analiz, iş ilanlarının önemli bir kısmında teknik bilgiyle birlikte iletişim, ekip çalışması ve problem çözme gibi davranışsal becerilerin de arandığını göstermektedir. Bu durum, geliştiricilerin yazılım üretiminin yanı sıra paydaşlar arası koordinasyon, gereksinim analizi ve kullanıcı geri bildirimlerine dayalı ürün iyileştirme süreçlerinde de aktif rol oynadığını göstermektedir.

Sonuç olarak, geleceğin mesleklerinde başarı, dar uzmanlık alanlarında derinleşmenin ötesinde, farklı bilgi alanları arasında esnek geçişler yapabilme, kompleks problemleri çok boyutlu bakış açılarıyla analiz edebilme ve çeşitli paydaşlarla etkili iletişim kurabilme yetkinliklerine bağlı olacaktır.

Bu durum, hem bireysel kariyer gelişimi hem de organizasyonel insan kaynakları stratejileri açısından disiplinler arası öğrenme ve iş birliğinin teşvik edilmesini zorunlu kılmaktadır.

3. YENİ NESİL MESLEKLERİN TÜRKİYE'DEKİ GÖRÜNÜMÜ

Küresel dijital dönüşüm süreçlerinin Türkiye'deki yansımaları hem fırsatlar hem de yapısal zorluklar içermektedir. Bu bölümde, yeni nesil mesleklerin Türkiye bağlamındaki durumu, mevcut dijital yetkinlik açığı, ulusal stratejiler ve sektörel ihtiyaçlar üzerinden değerlendirilecektir.

3.1. Türkiye'de Dijital Yetkinlik Açığı ve Mevcut Durum

Türkiye'de internet ve teknoloji kullanımı son yıllarda önemli artış göstermekle birlikte, ileri düzey dijital becerilere sahip profesyonel sayısı yetersiz kalmaktadır. Yavuz Aksakal ve Ülgen (2021), insan çalışanların yeni iş arkadaşlarının robot/makine çalışanlar olacağını ve insan-robot etkileşimli bir çalışma şeklinin organizasyonlarda kabul göreceğini belirtmektedir. Bu dönüşüm, çalışanların sahip olması gereken yetkinlik setlerinde köklü bir değişimi zorunlu kılmaktadır.

Özdemir (2019), insandan makineye kayan alanların giderek genişlediğini ve bu durumun iş gücü piyasasında ciddi bir yetkinlik açığı yarattığını göstermektedir. Özellikle veri analitiği, yapay zekâ, siber güvenlik ve yazılım geliştirme gibi alanlarda yetkin profesyonel sayısının sınırlı olması, Türkiye'nin dijital ekonomide rekabet gücünü olumsuz etkilemektedir.

YÖK (2019) tarafından yayımlanan "Geleceğin Meslekleri Çalışmaları" raporunda, Türkiye'deki üniversitelerin müfredatlarının hızla değişen iş gücü talepleri doğrultusunda güncellenmesi gerekliliğinin altı çizilmektedir.

3.2. İstihdam Piyasasında Talep Edilen Beceriler

Türkiye'deki bilişim ve teknoloji sektöründe nitelikli eleman açığı önemli bir sorundur. Çetinkaya (2020), Kocaeli Üniversitesi Teknopark örneği üzerinden yaptığı çalışmada, teknoloji şirketlerinin çalışanlarda

yalnızca teknik beceriler değil; aynı zamanda disiplinli çalışma, yeniliklere açıklık, iletişim yeteneği, takım çalışması ve stresle başa çıkabilme gibi özellikleri de aradıklarını ortaya koymuştur.

Siber güvenlik alanında, Yumuşak ve Eren (2022), bir siber güvenlik çalışanının CompTIA Security+, CEH, CISSP sertifikalarına sahip olmasının yanı sıra JAVA, C# ve Python yazılım dillerini bilmesini, ayrıca algoritma bilgisi, Linux, CSS, HTML yazılım dilleri ve mantıksal-matematiksel düşünme yeteneğine sahip olmasını gerekli görmektedir. Kariyer.net (2025) de benzer yetkinlikleri vurgulayarak, olası saldırıları önleyebilmek ve saldırı senaryolarını çözümleyebilmek için mantıksal ve matematiksel düşünme yeteneğinin önemini belirtmektedir.

Veri bilimi alanında, Horat ve Deniz (2020), Türkiye'de veri bilimcilerinin istatistik bilimi ile harmanlanmış bir şekilde çalışması gerektiğini ve bu mesleğin değerli ve talep gören ilk 10 meslek arasında yerini aldığını ifade etmektedir. Çelik (2019) ise veri bilimcilerin Python, R, SQL, Java, Scala, Mathlab, Hadoop, SAS ve Tableau gibi araçları kullanması gerektiğini sıralamaktadır.

Er ve Altunışık (2021), COVID-19 salgınıyla birlikte dijitalleşme ve uzaktan çalışma modellerinin yaygınlaşmasının, özellikle siber güvenlik uzmanlarını gözde meslekler arasına soktuğunu belirtmektedir. Bu durum, Türkiye'deki istihdam piyasasında siber güvenlik alanında artan talebi göstermektedir.

3.3. Türkiye'deki Eğitim Altyapısı ve Sektörel Yoğunluk

Aydın Göktepe vd. (2020), gelişmiş ülkelerin yatırım yaptığı meslekleri kategorize ederken Türkiye'nin de bu alanlarda yatırım yapması gerektiğini vurgulamaktadır. Ancak, Türkiye'deki eğitim kurumlarının bu yeni nesil mesleklere yönelik hazırlık düzeyi değişkenlik göstermektedir. Üniversitelerde yapay zekâ, veri bilimi ve siber güvenlik alanlarında programlar açılmakta, ancak bu programların çoğu henüz yeterli mezun vermemiş veya müfredatları güncel teknolojilerle tam olarak uyumlu hâle getirilmemiştir. Özellikle öğretim üyelerinin sektördeki güncel teknolojilere yeterince hâkim olmaması önemli bir engel teşkil etmektedir. Tablo 3, Türkiye'de yeni nesil mesleklerin mevcut durumu ve gelecek projeksiyonlarını özetlemektedir:

Tablo 3. Türkiye'de Yeni Nesil Mesleklerin Durumu ve Projeksiyonları

Meslek Alanı	Temel Yetkinlikler	Eğitim Altyapısı	Sektörel Talep	Başlıca Zorluklar
Siber Güvenlik Uzmanı	CompTIA Security+, CEH, CISSP; Python, C#, Java; mantıksal düşünme	Üniversiteler, siber güvenlik merkezleri	Yüksek (bankacılık, kamu, savunma)	Deneyimli uzman eksikliği
Veri Bilimci/ Analisti	Python, R, SQL, istatistik, makine öğrenmesi	Üniversiteler (YL/DR), özel kurslar	Çok yüksek (finans, telekom, e-ticaret)	İstatistik + programlama birlikteliği
Yapay Zekâ Uzmanı	Derin öğrenme, doğal dil işleme, TensorFlow, PyTorch	Üniversiteler (YL/DR), araştırma merkezleri	Artan (sağlık, finans, teknoloji)	Akademik + pratik deneyim eksikliği
Yazılım Geliştirici	Python, Java, JavaScript; bulut bilişim, DevOps	Üniversiteler, bootcamp'ler	Çok yüksek (tüm sektörler)	Güncel teknolojilere adaptasyon
UI/UX Tasarımcısı	Kullanıcı araştırması, prototipleme, Figma, Adobe XD	Üniversiteler, tasarım okulları	Yüksek (dijital ajanslar, e-ticaret)	Kullanıcı psikolojisi bilgisi
IoT Uzmanı	Gömülü sistemler, sensör teknolojileri, Edge AI	Üniversiteler, teknik okullar	Gelişmekte (akıllı şehirler, sanayi 4.0)	Disiplinlerarası bilgi gereksinimi
Veri Ambarı Uzmanı	SQL, ETL süreçleri, bulut veri ambarları	Üniversiteler, özel eğitimler	Orta (büyük ölçekli şirketler)	Veri yönetişimi farkındalığı

3.4. Ulusal Stratejiler ve Politika Çerçevesi

Türkiye'de dijital dönüşüm ve yeni nesil mesleklere yönelik çeşitli ulusal stratejiler geliştirilmektedir. Turan ve Öcal (2021), Türkiye'nin siber güvenlik perspektifinde güvenlik stratejileri geliştirdiğini ve bu alanda insan kaynağı yetiştirmeye önem verdiğini belirtmektedir. Yıkıcı (2020) ise Türkiye'nin siber güvenlik stratejisinin, güçlü bir ICT (bilgi ve iletişim teknolojileri) yapısı gerektirdiğini ve bu yapının sağlanmasının dijital dönüşümün temel taşlarından biri olduğunu vurgulamaktadır.

Çakır ve Arınmış Uzun (2021), Türkiye'nin Siber Güvenlik Eylem Planlarının değerlendirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada, ulusal düzeyde siber güvenlik uzmanı yetiştirme programlarının yaygınlaştırılması gerektiğini belirtmektedir. Bu çerçevede, üniversiteler, kamu kurumları ve özel sektör iş birlikleriyle eğitim programları geliştirilmektedir.

YÖK (2019) raporunda, geleceğin meslekleri için eğitim sisteminin yeniden yapılandırılması, disiplinler arası programların teşvik edilmesi ve yaşam boyu öğrenme kültürünün güçlendirilmesi önerilmektedir. Rapor, özellikle STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik, Matematik) eğitiminin güçlendirilmesi ve mesleki eğitim kurumlarında Endüstri 4.0 teknolojilerine uygun altyapıların oluşturulması gerektiğini vurgulamaktadır.

3.5. Sektör-Üniversite İş Birlikleri ve İyi Uygulama Örnekleri

Türkiye'de bazı örnek uygulamalar, üniversite-sanayi iş birliğinin nasıl güçlendirilebileceğini göstermektedir. Teknokentler, inovasyon merkezleri ve AR-GE laboratuvarları, öğrencilerin ve araştırmacıların startup'lar ve teknoloji firmaları ile doğrudan etkileşimde bulunabildiği ekosistemler oluşturmaktadır.

Çetinkaya (2020), Kocaeli Üniversitesi Teknopark örneğinde, teknoloji şirketlerinin çalışan beklentilerini analiz etmiş ve bu tür iş birliklerinin mezunların sektöre daha hazırlıklı girmesini sağladığını göstermiştir. Benzer şekilde, diğer üniversitelerdeki teknokentler ve araştırma merkezleri, öğrencilere staj ve proje bazlı öğrenme fırsatları sunmaktadır.

3.6. Türkiye'nin Karşılaştırmalı Konumu ve Zorluklar

Türkiye, dijital yetkinlikler açısından gelişmekte olan ülkeler kategorisinde orta sıralarda yer almaktadır. WEF (2020, 2025) raporlarında belirtildiği gibi, küresel düzeyde teknoloji tabanlı mesleklerde önemli bir büyüme öngörülmektedir. Ancak, Türkiye'nin bu büyümeden yeterince pay alabilmesi için yapısal reformlara ve yatırımlara ihtiyaç vardır.

Özdemir (2019), Türkiye'de mevcut mesleklerin birçoğunun ya dönüşeceğini ya da tamamen ortadan kalkacağını belirtirken eğitim sisteminin bu dönüşüme ayak uydurması gerektiğini vurgulamaktadır. Yavuz Aksakal

ve Ülgen (2021) ise özellikle robot/makine çalışanlarla insan çalışanların birlikte çalışacağı yeni iş modellerine hazırlık yapılması gerektiğini ifade etmektedir.

3.7. Fırsatlar ve Potansiyel

Türkiye'nin genç ve dinamik nüfusu, gelişen teknoloji ekosistemi ve dijitalleşmeye olan ilgisi önemli bir potansiyel sunmaktadır. Son yıllarda yaygınlaşan bootcamp programları, online eğitim platformları (BTK Akademi, Turkcell Geleceği Yazanlar vb.) ve kurumsal eğitim programları, geleneksel eğitim sisteminin yanında alternatif öğrenme yolları oluşturmaktadır.

Ayrıca, Türkiye'deki startup ekosisteminin büyümesi, özellikle fintech, e-ticaret, oyun geliştirme ve SaaS alanlarında, yeni nesil mesleklere olan talebi artırmaktadır. Bu durum hem istihdam fırsatları yaratmakta hem de eğitim kurumlarına sektörle daha yakın iş birliği yapma motivasyonu sağlamaktadır.

Sonuç olarak, Türkiye'nin yeni nesil mesleklerde küresel rekabette yer alabilmesi için eğitim sisteminin köklü bir şekilde yeniden yapılandırılması, sektör-üniversite iş birliklerinin güçlendirilmesi, yaşam boyu öğrenme kültürünün teşvik edilmesi ve özellikle kadınların ve dezavantajlı grupların dijital becerilere erişiminin artırılması gerekmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Küresel dijital dönüşüm sürecinin iş gücü piyasalarında yarattığı yapısal değişim, yeni nesil mesleklerin gerektirdiği yetkinlikler ve Türkiye bağlamındaki durum, bu çalışmada çok boyutlu bir perspektifle ele alınmıştır. Bu son bölümde, çalışmanın ana bulguları özetlenmekte, teorik katkıları değerlendirilmekte ve farklı paydaşlar için pratik öneriler sunulmaktadır.

Çalışmanın temel bulguları beş ana başlık altında toplanabilir:

İlk olarak, mesleklerin dönüşümü kaçınılmaz bir gerçekliktir. WEF (2020, 2025) verilerine göre, 2025-2030 döneminde küresel iş gücü kompozisyonunun %23'ü değişecek; yapay zekâ, büyük veri, siber güvenlik, UI/UX tasarımı ve IoT gibi alanlarda %30'un üzerinde büyüme beklenirken, veri girişi, sekreterlik ve çağrı merkezi gibi rutin işlerde %20-40 oranında

azalma öngörülmektedir. Özdemir (2019) tarafından gösterilen insandan makineye kayan alanlar, bu dönüşümün kapsamını açıkça ortaya koymaktadır.

İkinci olarak, disiplinler arası yetkinlikler kritik öneme sahiptir. Yeni nesil meslekler, teknik becerilerin yanı sıra yaratıcılık, empati, etik farkındalık, iletişim ve stratejik düşünme gibi beşerî becerileri gerektirmektedir. Çetinkaya (2020), iş görenlerin problem çözme, eleştirel düşünme ve küresel farkındalık gibi yetkinliklere sahip olmalarının gerekliliğini vurgulamaktadır. Gökalp vd. (2018), Horat ve Deniz (2020), Montandon vd. (2020), Groeneveld vd.. (2021) ve Smuts ve Smuts (2023) çalışmaları, teknoloji-işletme, teknoloji-iletişim, tasarım-veri analitiği gibi kesişim alanlarının geleceğin en değerli yetkinlik kümelerini oluşturduğunu göstermektedir.

Üçüncü olarak, Türkiye'de yapısal bir yetkinlik açığı bulunmaktadır. İnternet kullanım oranı yüksek olmakla birlikte, ileri düzey dijital becerilere sahip profesyonel sayısı yetersizdir. Özellikle veri bilimi, yapay zekâ ve siber güvenlik alanlarında deneyimli uzman eksikliği önemli bir sorundur. Er ve Altunışık (2021), COVID-19 salgınıyla birlikte bu açığın daha görünür hâle geldiğini belirtmektedir.

Dördüncü olarak, eğitim sistemlerinin güncellenmesi zorunludur. YÖK (2019), üniversite müfredatlarının hızla değişen teknolojilere adapte olamaması, teorik ağırlıklı eğitim modelleri ve sınırlı sektör iş birliklerinin mezunları, iş piyasasına hazırlıksız bıraktığını göstermektedir.

Son olarak, yaşam boyu öğrenme kaçınılmazdır. Mesleklerin ortalama ömrünün kısalması ve teknolojik değişimin hızlanması, bireylerin sürekli öğrenme ve becerilerini güncelleme zorunluluğunu beraberinde getirmektedir. WEF (2020) verileri, klasik iş kollarından geleceğin mesleklerine geçiş yapan bireylerin reskilling ve upskilling süreçlerinden geçmeleri gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışma literatüre üç temel katkı sunmaktadır. Birincisi, teknik becerilerin yanı sıra sosyal, etik ve stratejik yetkinliklerin entegrasyonunu gösteren çok katmanlı yetkinlik modelidir (Şekil 9). Bu model, Tablo 1'de özetlenen geleceğin mesleklerinin ortak özelliklerini sistematik biçimde bütünleştirir. İkincisi; teknoloji ile işletme, iletişim, tasarım ve sosyal bilimler arasındaki etkileşimlerin sistematik disiplinler arası analizidir. Üçüncüsü

ise küresel eğilimlerin Türkiye bağlamındaki özgün yansımalarının yerli literatür (Özdemir, 2019; Yavuz Aksakal ve Ülgen, 2021; Çetinkaya, 2020; Er ve Altunışık, 2021) temelinde ortaya konulmasıdır.

Çalışmanın bulguları doğrultusunda, dört farklı paydaş grubu için somut öneriler geliştirilmiştir:

Eğitim Politikaları İçin

- Üniversite müfredatlarında Murphy (2022), Russell ve Norvig (2021), Géron (2019) ve Goodfellow vd. (2016) tarafından önerilen modern yaklaşımların entegrasyonu sağlanmalıdır.
- Teorik bilginin yanı sıra uygulamalı proje çalışmaları, capstone projeleri ve gerçek sektör problemlerine yönelik çözüm geliştirme faaliyetleri artırılmalıdır.
- Veri bilimi + işletme, yapay zekâ + hukuk, UI/UX + psikoloji gibi disiplinler arası programlar teşvik edilmelidir.
- K-12 düzeyinde algoritmik düşünme, kodlama ve Çetinkaya (2020) tarafından vurgulanan problem çözme, eleştirel düşünme becerileri geliştirilmelidir.
- Öğretim üyelerinin Çelik (2019), Horat ve Deniz (2020) tarafından belirtilen güncel araç ve teknolojiler konusunda eğitim almaları desteklenmelidir.

İşverenler ve Sektör İçin

- Yumuşak ve Eren (2022), Kariyer.net (2025) ve Çetinkaya (2020) tarafından belirlenen yetkinlik setleri temel alınarak beceri odaklı işe alım modeline geçilmelidir.
- Çalışanlara sürekli eğitim ve gelişim fırsatları sunulmalı, öğrenme kültürü örgütsel değer haline getirilmelidir.
- Çetinkaya (2020) tarafından Kocaeli Üniversitesi Teknopark örneğinde gösterildiği gibi, üniversite-sanayi iş birlikleri güçlendirilmelidir.
- Karaarslan (2022), Çelik ve Çeliktaş (2018), Çakır ve Arınmış Uzun (2021) tarafından belirlenen siber güvenlik gibi kritik alanlarda reskilling ve upskilling programları düzenlenmelidir.

Bireysel Kariyer Planlaması İçin

- Akdeniz (2020) tarafından "veri tsunamisi" olarak tanımlanan bilgi akışı karşısında sürekli öğrenme benimsenmeli, online platformlar aktif kullanılmalıdır.
- Montandon vd. (2020) tarafından vurgulanan iletişim, ekip çalışması, yaratıcılık gibi yumuşak becerilere yatırım yapılmalıdır.
- Smuts ve Smuts (2023) tarafından Society 5.0 yaklaşımı çerçevesinde belirlenen teknolojiyi sosyal fayda temelinde kullanabilme ve etik farkındalık gibi yetkinlikler geliştirilmelidir.
- Portföy kariyer yaklaşımı benimsenerek freelance, remote ve proje bazlı çalışma modellerine açık olunmalıdır.

Türkiye Özelinde Politika Önerileri

- YÖK, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, MEB ve İŞKUR arasında "Dijital Yetkinlikler Koordinasyon Kurulu" oluşturulmalıdır.
- YÖK (2019) raporunun önerileri takip edilmeli ve Türkiye'nin dijital yetkinlik haritası düzenli güncellenmelidir.
- Yıkıcı (2020) tarafından vurgulanan güçlü ICT yapısı için kırsal bölgelerde dijital altyapı yatırımları yapılmalıdır.
- Turan ve Öcal (2021), Çakır ve Arınmış Uzun (2021) tarafından vurgulanan Siber Güvenlik Eylem Planları gibi kritik alanlarda özel yatırım programları geliştirilmelidir.
- Aydın Göktepe vd. (2020) tarafından belirlenen gelişmiş ülkelerin yatırım yaptığı mesleklere Türkiye'de de öncelik verilmelidir.

Çalışma, WEF (2020, 2025) raporları ve akademik literatüre dayalı ikincil veri kullanımıyla sınırlıdır; birincil veri toplama yapılmamıştır. Türkiye özelinde sunulan veriler, mevcut ulusal çalışmalarla sınırlı olup bazı alanlarda güncel veri eksikliği bulunmaktadır. Çalışma öncelikle teknoloji tabanlı mesleklere odaklanmış, sektörel farklılıklar detaylı incelenmemiştir.

Gelecek araştırmalar için şu yönler önerilebilir: Çetinkaya (2020) ve Yumuşak ve Eren (2022) çalışmalarını genişleten geniş ölçekli anket çalışmaları; Duan vd. (2024), Wu vd. (2024), Feng vd. (2023), Liu vd. (2024) tarafından yapılan büyük dil modelleri ve UI/UX kesişimi çalışmalarının Türkiye bağlamında tekrarlanması; Otoum vd. (2025), Li vd. (2025), Hussa-

in vd. (2024) tarafından önerilen federated learning, Edge AI ve IoT güvenliği konularında Türkiye'deki durum tespiti; Uddin ve Hossan (2024), Qu ve Wang (2024) tarafından ele alınan veri ambarı konusunda kurumsal hazırlık seviyesi değerlendirmesi yapılabilir.

Geleceğin meslekleri, yalnızca teknolojik değil; toplumsal, ekonomik ve eğitimsel bir dönüşüm sürecidir. Türkiye, Yavuz Aksakal ve Ülgen (2021) tarafından vurgulanan genç nüfus potansiyeline rağmen, YÖK (2019), Özdemir (2019) ve Çetinkaya (2020) tarafından belirlenen yapısal reformlara ihtiyaç duymaktadır.

Başarılı bir dönüşüm için eğitim sisteminin esnekleştirilmesi, yaşam boyu öğrenme kültürünün yaygınlaştırılması ve disiplinler arası yetkinliklerin teşvik edilmesi gerekmektedir. Gökalp vd. (2018), Horat ve Deniz (2020), Ünlü (2022) tarafından gösterilen veri bilimi ve yapay zekâ alanlarındaki disiplinler arası yaklaşımlar; Karaarslan (2022), Çelik (2021) tarafından vurgulanan siber güvenlik boyutları; Duan vd. (2024), Wu vd. (2024) tarafından ortaya konan UI/UX tasarım yenilikleri; Otoum vd. (2025), Li vd. (2025) tarafından belirlenen IoT güvenlik mimarileri, bu dönüşümün temel bileşenleridir.

Sonuç olarak, yeni nesil mesleklerde başarı, Floridi ve Cowls (2019), Mittelstadt vd. (2016) tarafından vurgulanan etik farkındalık; Montandon vd. (2020), Groeneveld vd. (2021), Smuts ve Smuts (2023) tarafından belirlenen yaratıcılık ve disiplinler arası iş birliği; Murphy (2022), Russell ve Norvig (2021), Goodfellow vd. (2016) tarafından tanımlanan teknik yetkinlikler ile European Commission (2021) tarafından düzenlenen yasal çerçevelerin bir araya gelmesiyle mümkün olacaktır. Bu dönüşüm sürecinde empati, yaratıcılık, etik farkındalık ve sürekli öğrenme kapasitesi, bireylerin ve toplumların geleceğini şekillendirecek en değerli yetkinlikler olacaktır.

KAYNAKLAR

Akdeniz, F. (2020). *Bilim dünyası*. Akademisyen Kitabevi. Ankara.

Aydın Göktepe, E., Yıldız, B. & Aydın Gasimov, Ö. (2020). Dijital çağın yetkinlikleri ve geleceğin meslekleri. Örgütlerin yönetimine yeni yaklaşımlar (Ed. A. Akdemir, N. Çolakoğlu, A. Y., Şakar, H. Demirkaya, M. Şahin, C. Yaşar). Holistence Publications. Çanakkale.

Bholat, D., Lastra, R., Markose, S., Miglionico, A., & Sen, K. (2021). *Machine learning in UK financial services*. Bank of England Quarterly Bulletin, Q1, 1–14.

Ceva. (2025). *The 2025 Edge AI Technology Report*. Ceva-IP. https://www.ceva-ip.com/wp-content/uploads/2025-Edge-AI-Technology-Report.pdf

Choudhary, S., Vijitha, S., Bhavani, D. D., Bhuvaneswari, N., Tiwari, M. & Subburam, S. (2025). Edge AI Deploying Artificial Intelligence Models on Edge Devices for RealTime Analytics. *ITM Web of Conferences* 76, https://doi.org/10.1051/itmconf/20257601009

Çakır, H. & Arınmış Uzun, S. (2021). Türkiye'nin Siber Güvenlik Eylem Planlarının Değerlendirilmesi. *Ekonomi İşletme Siyaset ve Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 7(2), 353-379. https://dergipark.org.tr/tr/pub/kkujebpir/issue/67132/1007557

Çelik, S. (2019). Understanding Data Science. *Journal of Current Research on Social Sciences*, 9 (3), 235-256. https://doi.org/10.26579/jocress-9.3.15

Çelik, S. (2021). Kuantum Kriptolojisi ve Siber Güvenlik. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 14(1), 53-64. https://doi.org/ 10.17671/gazibtd.733309

Çelik, S., Çeliktaş, B. (2018). Güncel Siber Güvenlik Tehditleri: Fidye Yazılımlar. *Cyberpolitik Journal*, 3(5), 105-112.

Çetinkaya, M. (2020). Teknoloji şirketlerinin çalışan beklentileri: Kocaeli Ünviversitesi Teknopark örneği. *7. Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri Konferansı" Sağlık Bilişimi ve Analitiği"*, 109-118.

Duan, S., Wang, Z., Wang, S., Chen, M., & Zhang, R. (2024). *Emotion-aware interaction design in intelligent user interface using multi-modal deep learning*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.06326

Er, M. & Altunışık, R. (2021). Dijitalleşme ve Covid-19 pandemisinin meslekler üzerindeki etkileri. *2021 International CEO Communication, Economics, Organization & Social Sciences Congress*. 913-929.

Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, 542(7639), 115–118. https://doi.org/10.1038/nature21056

European Commission. (2021). *Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act)*. (COM/2021/206 final), s. 1–108.

Feng, S., Yuan, M., Chen, J., Xing, Z., & Chen, C. (2023). *Designing with language: Wireframing UI design intent with generative large language models*. arXiv.

Floridi, L., & Cowls, J. (2019). A unified framework of five principles for AI in society. *Harvard Data Science Review*, 1(1). https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1

Géron, A. (2019). *Hands-on machine learning with Scikit-learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, tools, and techniques to build intelligent systems* (2nd ed.). O'Reilly Media.

Géron, A. (2019). *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems* (2nd ed.). O'Reilly Media.

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.

Gökalp, M. O., Kayabay, K., Çoban, S., Yandık, Y. B. & Eren, P. E. (2018). Büyük veri çağında işletmelerde veri bilimi. 5th International Management Information Systems Conference

Groeneveld, W., Luyten, L., & Aerts, K. (2021). Exploring the role of creativity in software engineering. *Empirical Software Engineering, 26*, 1–31.

Horat, S. I. & Deniz, E. (2020). Data science and statistic in Turkey. *Eurasian Econometrics, Statistics & Emprical Economics Journal*, 15, 36-49. http://dx.doi.org/10.17740/eas.stat.2020-V15-03.

https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.07755

Hussain, A. M., Abughanam, N., & Papadimitratos, P. (2024). *Edge AI-based radio frequency fingerprinting for IoT networks*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.10553

Karaarslan, E. (2022). Siber Güvenlik Felsefesine Giriş. Gelişen Teknolojiler ve Hukuk IV: Siber Güvenlik. (Ed. E.A. Retornaz, O. G. Güçlütürk). Onikilevha Yayınları: http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4314352

Kariyer.net (2025). Siber güvenlik uzmanı nedir, nasıl olunur?. https://www.kariyer.net/pozisyonlar/siber+guvenlik+uzmani/nedir

Liu, Y., Sra, M., & Xiao, C. (2024). *CrowdGenUI: Aligning LLM-based UI generation with crowdsourced user preference.* https://doi.org/10.48550/arXiv.2411.03477.

Maswanganyi, N. G., Fumani, N. M., Khoza, J. K., Thango, B. A., & Matshaka, L. (2024). *Evaluating the impact of database and data warehouse technologies on organizational performance: A systematic review*. https://doi.org/10.20944/preprints202410.0059.v1

Mittelstadt, B. D., Allo, P., Taddeo, M., Wachter, S., & Floridi, L. (2016). The ethics of algorithms: Mapping the debate. *Big Data & Society*, 3(2), 1–21. https://doi.org/10.1177/2053951716679679

Montandon, J. E., Politowski, C., Silva, L. L., Valente, M. T., Petrillo, F., & Guéhéneuc, Y.-G. (2020). What skills do IT companies look for in new developers? A study with Stack Overflow Jobs. *Journal of Systems and Software, 167*, 110617. https://doi.org/10.1016/j.infsof.2020.106429

Murphy, K. P. (2022). *Probabilistic machine learning: An introduction*. MIT Press.

Nambiar, A., & Mundra, D. (2022). *An overview of data warehouse and data lake in modern enterprise data management*. Big Data and Cognitive Computing, 6(4), 132. https://doi.org/10.3390/bdcc6040132

Otoum, Y., Asad, A., & Nayak, A. (2025). *LLMs meet Federated Learning for Scalable and Secure IoT Management*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2504.16032

Özdemir, Ş. (2019). Yapay zekâ ve meslekler üzerine etkisi. *YÖK Geleceğin Meslekleri Çalışmaları*. https://eski.yok.gov.tr/Documents/Yayinlar/Yayinlarimiz/2019/gelecegin_meslekleri_calismalari.pdf

Qu, J., & Wang, H. (2024). *Real-time data warehousing in the big data environment: A comprehensive review of implementation in the internet industry*. Applied and Computational Engineering, 88, 105-114. https://doi.org/10.54254/2755-2721/88/20241643

Russell, S. J., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.

Smuts, S., & Smuts, H. (2023). Society 5.0 and the future of work skills for software engineers and developers. *Journal of Technology in Society, 12*(1), 179–196. https://doi.org/10.29007/9kzd

Sommer, R., & Paxson, V. (2010). Outside the closed world: On using machine learning for network intrusion detection. In *Proceedings of the 2010 IEEE Symposium on Security and Privacy* (pp. 305–316). https://doi.org/10.1109/SP.2010.25

Turan, S., Öcal, A. (2021). Siber Güvenlik Perspektifinde Türkiye'nin Güvenlik Stratejileri. *İstanbul Rumeli Üniversitesi Uluslararası Güvenlik Sempozyumu*, 25-26 Mart 2021

Uddin, M. K. S., & Hossan, K. M. R. (2024). A review of implementing AI-powered data warehouse solutions to optimize bir data management and utilization, *Academic Journal on Business Administration, Innovation&Sustainability*, 4(3), 66-78. https://papers.ssrn.com/sol3/Delivery.cfm?abstractid=4993596

Ünlü, H. K. (2020). Başlığında "data science" ifadesi geçen uluslararası kongrelerde sunulan bildiri özetlerinin metin madenciliği yöntemleri ile incelenmesi. *Nicel Bilimler Dergisi*, 4(1), 1-21. http://dx.doi.org/10.51541/nicel.1075225

WEF. (2020). Future of jobs report 2024. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf

WEF. (2025). Future of jobs report 2025. https://reports.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_Report_2025.pdf

Wu, J., Schoop, E., Leung, A., Barik, T., Bigham, J. P., & Nichols, J. (2024). *UICoder: Finetuning large language models to generate user interface code through automated feedback*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.07739

Yavuz Aksakal, N. & Ülgen, B. (2021). Yapay zekâ ve geleceğin meslekleri. *TRTAkademi*, 6(13), 834-853. http://dx.doi.org/10.37679/trta.969285

Yıkıcı, İ. (2020). Siber Teknolojilere Dayalı Yeni Uluslararası Güvenlik Konsepti Bağlamında Türkiye'nin Siber Güvenlik Stratejisi ((Publication No. 626390) [Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi].

Yorulmaz, M., Arıca, N. (2024). Denizcilikte Dijitalleşme ve Siber Güvenlik. *International Journal of Management and Administration*, 8(16), 169-181. https://doi.org/10.29064/ijma.1519040

Yumuşak, R. & Eren, T. (2022). Siber güvenlik uzmanının çok kriterli karar verme yöntemleri ile seçilmesi. *Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi*, 6(2), 117-130. https://doi.org/10.33461/uybisbbd.1179062

BÖLÜM 3

YAPAY ZEKÂ ARAÇLARIYLA TASARIM EĞİTİMİNİN DÖNÜŞÜMÜ

Volkan Davut Mengi

ÖZET

Yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin yaratıcı endüstrilerdeki hızlı yükselişi tasarım eğitimi paradigmalarını yeniden düşünmeyi zorunlu kılmaktadır. YZ'nin ders ortamında nasıl karşılandığı, öğrencilerin bu teknolojiyi ne şekilde anlamlandırdığıyla doğrudan ilişkilidir. Sadece teknik hakimiyet değil, ek olarak anlam üretimi, karar alma yeteneği ve estetik sezgi gibi yaratıcı unsurlar da bu etkileşimde belirleyici rol oynar. Tasarım eğitiminde YZ, bir araçtan çok pedagojik bir muhatap hâline gelmektedir. Yapılan bu çalışmada bir üniversitedeki tasarım öğrencilerinin YZ araçlarına yönelik algı ve tutumları, 14 haftalık yapay zekâ ile tasarım dersi süresi boyunca nasıl değiştiği ampirik olarak incelenmiştir. Çalışma, 21 tasarım öğrencisinin yer aldığı, uzun süreye yayılan ve nicel ile nitel veri toplama yöntemlerini hep birlikte kullanan bir vaka araştırması biçiminde yapılandırılmıştır. Veri toplama süreci, dönemin başında (1. hafta) uygulanan bir ön-test anketi, dönemin ortasında (7. hafta) gerçekleştirilen nitel geri bildirim oturumları ve dönemin sonunda (14. hafta) uygulanan bir son-test anketinden oluşmaktadır. Elde edilen temel sonuçlar öğrencilerin yapay zekâya karşı tutumlarında anlamlı düzeyde olumlu bir değişiklik meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Başlangıçta gözlemlenen teknik zorluklar ve yaratıcı kontrole ilişkin endişeler, dönemin sonunda yerini YZ'yi verimliliği artıran ve yaratıcı süreci zenginleştiren bir işbirlikçi ortak olarak görme eğilimine bırakmıştır. Özellikle fikir geliştirme, hız ve ilham bulma konularında YZ'nin faydaları öne çıkarken öğrenciler, özgünlüğü koruma ve etik sorumluluklar konusunda daha bilinçli bir farkındalık geliştirmiştir. Bu çalışma YZ entegrasyonunda pasif araç kullanımından ziyade, eleştirel düşünceyi, uygulamalı denemeyi ve yansıtmacı pratiği merkeze alan yapılandırılmış bir pedagojik yaklaşımın, öğrencilerin teknolojiye karşı olumlu ve eleştirel bir bakış açısı geliştirmesinde ne denli etkili olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Grafik Tasarım, Tasarım Eğitimi, Görsel İletişim, Görsel Tasarım

GİRİŞ

Eğitimde YZ, kişiselleştirilmiş öğrenme, idari görevlerin otomatikleştirilmesi ve değerlendirme yöntemlerinin iyileştirilmesi gibi çok sayıda avantaj sunmaktadır (Ayala-Pazmiño, 2023). YZ, bilgi kaynaklarına erişimi hızlandırır, öğrencilerin aradıkları içeriklere anında ulaşmasına izin verir ve öğrenme ortamındaki destek mekanizmalarını daha işlevsel hale getirir. Bu yapı öğrencilerin konuları daha derin kavramasına yardımcı olur, öğrenmenin niteliğini yükseltir ve pedagojik etkileşimi güçlendirir. Bununla birlikte eğitimciler YZ kullanımında bazı sınırlamalar olduğunu belirtmektedir; örneğin yanlış kullanım riski, eleştirel değerlendirme eksikliği ve akademik dürüstlüğü tehdit eden kopya çekme gibi potansiyel sorunlar dile getirilmektedir. Yapay zekânın sunduğu avantajlar ile karşılaşılan kısıtlamalara ilişkin algılar, öğretmenlerin görev yaptıkları eğitim düzeyine göre farklılık göstermektedir. Bu durum öğretmenlerin YZ teknolojilerine yönelik ihtiyaçlarına göre hazırlanmış eğitim programlarının geliştirilmesi gerekliliğine işaret etmektedir (Delgado vd., 2024). Yapay zekâ teknolojilerinin eğitimde kullanımı, öğrenmenin bireyselleştirilmesine olanak tanımakta, idari işleri otomatikleştirmekte ve öğrenci başarılarını artırma potansiyeli taşımaktadır (Tajuddin vd., 2025). YZ, öğrencilere daha iyi erişim, öğrenme sürecine daha yüksek katılım ve öğretmenler için daha düzenli bir çalışma yapısı sağlamaktadır (Alashwal, 2024). Bununla birlikte, YZ'nin öğretim ortamına entegre edilmesi dikkatle planlanmalı ve ön hazırlıklarla desteklenmelidir; aksi takdirde eğitim-öğretim kalitesinde istenmeyen sonuçlar ortaya çıkabilir (Lampou, 2023). Bu noktada YZ teknolojilerinin eğitim ortamına entegrasyonu, özellikle içerik ve yöntemlerin öğrencilerin ihtiyaçlarına göre uyarlanmasına imkan tanıyan yapılar yoluyla kişiselleştirilmiş öğrenmeyi güçlendirebilir (Lincango vd., 2025). Ancak, YZ'nin eğitim alanındaki mevcut tartışmaları, genellikle aşırı iyimser beklentiler ile olumsuz gelecek senaryoları arasında sıkışıp kalmış durumdadır. Literatür, YZ'nin potansiyel fırsatlarını ve zorluklarını teorik düzeyde ele alan çok sayıda çalışma barındırsa da (Debo, 2024; Song & Abdul Rabu, 2025), belirli pedagojik modellerin pratik uygulamaları ve ölçülebilir etkileri üzerine yapılan ampirik araştırmaların sayısı sınırlıdır. Bu durum eğitimcilerin ve müfredat geliştiricilerin, YZ'yi derslere etkili bir şekilde hangi yollarla entegre edecekleri hususunda kanıta dayalı rehberlikten yoksun kalmalarına neden olmaktadır. Bu çalışma tam da bu boşluğu doldurmayı hedeflemektedir.

Araştırmanın temel amacı, yapılandırılmış ve dönem boyunca devam eden bir pedagojik müdahalenin, tasarım öğrencilerinin YZ'ye yönelik algı ve tutumları üzerindeki değişimini boylamsal bir yaklaşımla, ampirik olarak belgelemek ve analiz etmektir. Bu genel hedef çerçevesinde, araştırma aşağıda sıralanan sorulara cevap bulmayı amaçlamaktadır:

(1) Tasarım öğrencilerinin yapay zekâya yönelik başlangıçtaki algıları, beklentileri ve endişeleri, 14 haftalık yönlendirilmiş ve uygulamalı bir deneyim sonucunda nasıl bir değişim göstermektedir?

(2) Öğrencilerin, YZ araçlarını kendi tasarım iş akışlarına entegre ederken karşılaştıkları en belirgin faydalar (örneğin, verimlilik, yaratıcılık) ve zorluklar (örneğin; özgünlük, teknik sorunlar) nelerdir?

(3) Yapılandırılmış bir eğitim deneyimi, öğrencilerin yapay zekâ, yaratıcılık ve etik sorumluluk arasındaki karmaşık ilişkiye dair anlayışlarını nasıl şekillendirmektedir?

Araştırmanın önemi YZ entegrasyonuna yönelik etkili pedagojik stratejiler hakkında değerli ve kanıta dayalı içgörüler sunmasında yatmaktadır. YZ'yi yalnızca bir teknoloji değil, aynı zamanda öğretme ve öğrenme süresince kullanılabilecek bir araç olarak değerlendiren bu araştırma, eğitimciler için yeniden uygulanabilir bir çerçeve sunmayı amaçlamaktadır. Bu açıdan YZ'yi ya mutlak bir tehdit ya da her şeyi çözen mucizevi bir araç gibi gören indirgemeci yaklaşımlara karşı, daha dengeli ve derinlikli bir perspektif geliştirmeyi hedefler.

Yapay Zekânın Tarihsel Bağlamı

YZ alanı, ortaya çıktığı günden bu yana önemli paradigma değişimleri geçirmiştir. Araştırmalarda özellikle iki temel yaklaşım öne çıkmıştır: Sembolcülük ve bağlantıcılık (Zhang, 2023). 1950'lerden 1970'lere kadar etkili olan sembolcülük, bilgi modellemesi ve sembolik hesaplama üzerinde yoğunlaşmıştır. Buna karşılık 1980'ler ve 1990'larda gelişen bağlantıcılık yaklaşımı, yapay sinir ağlarını merkeze almıştır (Cristianini, 2014). Bu iki yaklaşım, zekânın nasıl hayata geçirilebileceği ve açıklanabileceği konusunda birbirinden oldukça farklı yollar önerse de hiçbirinin tek başına yeterli bir çözüm sunmadığı anlaşılmıştır. 2000'li yıllardan itibaren ise sembolik,

bağlantıcı, durumsal ve melez yaklaşımlar bir arada varlık göstermeye başlamıştır (Mira, 2008). Güncel tartışmalar, sembolcülük ile bağlantıcılığın güçlü yönlerini birleştiren, daha açıklanabilir, sağlam ve insana daha çok benzeyen sistemler geliştirmek amacıyla "üçüncü kuşak" yapay zekâ anlayışına ihtiyaç olduğunu vurgulamaktadır (Zhu vd., 2023). Bu gelişim çizgisi, biyolojik zekâ ile yapay zekâ arasındaki uçurumu kapatma arayışının hâlâ sürdüğünü göstermektedir.

Tasarım Sürecinde Bir Araç Olarak Yapay Zekâ

Tasarım odaklı düşünme, insan merkezli, tekrara açık ve tümevarıma dayanan bir problem çözme yaklaşımı olarak tanımlanır (Verganti vd., 2020). Yapay zekâ, bu yaklaşımın temel ilkelerini zayıflatmak yerine, onları daha önce erişilemeyen bir hız ve kapsamda gerçekleştirme imkânı sunar. YZ, tasarım odaklı düşünmenin her bir aşamasında katkı sağlayabilir. Örnek olarak:

- Empati kurma (Empathize): Kullanıcıların davranış biçimlerini, ihtiyaçlarını ve duygusal eğilimlerini büyük veri kümeleri üzerinden analiz ederek derinlikli içgörüler elde edilmesini sağlar.
- Problemi tanımlama (Define): Verilerdeki örüntüleri ve eğilimleri ortaya çıkararak tasarım probleminin sınırlarını daha açık biçimde belirlemeye yardım eder.
- Fikir üretme (Ideate): Belirli çerçeveler içinde binlerce yaratıcı öneri oluşturarak fikir çeşitliliğini artırır, tasarımcının zihinsel kalıplara sıkışmasını engeller.
- Prototip oluşturma ve test etme (Prototype & Test): Fikirlerin kısa sürede somutlaştırılmasına ve farklı koşullar altında sınanmasına olanak tanıyarak deneme tekrarlarını hızlandırır (Silver, 2023).

YZ'nin bu aşamalara entegre edilmesi, tasarımcının yalnız çalışan bir yaratıcı figürden, YZ ile iş birliği içinde çalışan; onun ürettiği içerikleri değerlendiren, seçen, birleştiren ve geliştiren bir "küratör" ya da "yaratıcı yönetmen" rolüne geçmesini sağlar. Bu yeni rolde öne çıkan beceri, öğrencinin kendi yaratıcı yönelimi ile YZ'nin sunduğu olanakları uyumlu hâle getirebilme yeteneğidir. Bu tür bir uyum, estetik sezgi, eleştirel düşünce ve bilinçli yönlendirme gibi karmaşık zihinsel işlevleri içerir. Bu araştırmanın

boylamsal yapısı, öğrencilerin bu yeni beceriyi zaman içinde nasıl inşa ettiklerini anlamak için uygun bir alan sunar. Dönemin ortasında dile getirilen belirsizlikler ile sonunda kazanılan öz güven arasındaki fark, bu "İnsan-YZ Küratörlüğü" yetkinliğinin edinildiğini gösteren önemli bir göstergedir.

Tasarım Eğitiminde Pedagojik Fırsatlar ve Zorluklar

Yapay zekânın tasarım eğitimiyle bütünleştirilmesi, önemli fırsatlar yaratmakla birlikte bazı riskleri de barındırmaktadır. Bu imkânlar arasında her öğrencinin öğrenme düzeyine ve bireysel ihtiyaçlarına göre uyarlanabilen esnek ve kişisel öğrenme deneyimleri yer almaktadır. Öğretim sürecinde sık tekrarlanan ve zaman tüketen görevlerin otomatikleştirilmesiyle zaman tasarrufu sağlanmakta ve öğretmenlerin daha yaratıcı ve stratejik faaliyetlere odaklanabilmesi mümkün hâle gelmektedir. Öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini geliştirerek karmaşık problemlere çözüm üretmeleri teşvik edilmekte, aynı zamanda görsel düşünme yeteneklerini ilerletecek şekilde karmaşık fikirleri daha hızlı ve etkili biçimde ifade edebilmeleri sağlanmaktadır.

Bununla birlikte bu olumlu yönlerin karşısında göz ardı edilmemesi gereken ciddi sorunlar da mevcuttur. En sık vurgulanan tehlikelerden biri, öğrencilerin yapay zekâ araçlarına aşırı bağımlı hâle gelmesiyle birlikte temel tasarım bilgisi, el becerisi ve sorgulayıcı düşünme alışkanlıklarının körelmesidir. Bu tür bir geri çekilme, özellikle başlangıç düzeyindeki becerilerin gelişimi açısından uzun vadede olumsuz sonuçlar doğurabilir. Ayrıca dijital araçların kullanımı sırasında karşılaşılan teknik zorluklar, donanım veya erişim farklılıklarından kaynaklanan eşitsizlikler ve sürekli değerlendirme baskısının yol açtığı başarı kaygısı gibi pedagojik problemler de süreci daha da karmaşıklaştırmaktadır.

Tüm bu unsurlar bir araya geldiğinde temel bir ikilem belirginleşmektedir: Yapay zekâ, bir yandan düşünsel gelişimi destekleyebilecek güçlü bir yardımcı olarak görülürken diğer yandan bu gelişimi sekteye uğratabilecek bir tehdit hâline gelebilmektedir. Bu çelişkinin çözümü doğrudan teknolojinin doğasında değil; onun hangi pedagojik anlayışla ve ne tür bir eğitimsel yapı içinde kullanıldığına bağlıdır. Bu bağlamda yapay zekâ uygulamalarının geleneksel yöntemlerin yerini alacak biçimde değil, onları anlamlı biçimde tamamlayacak şekilde yapılandırılması gerektiği açıktır.

Eğitsel müdahalelerin sağlam bir çerçeveye oturtulması, teknolojinin araçsal niteliğinin eğitimi zenginleştirecek yönde kullanılmasını sağlayabilir. Bu çalışmada uygulanan 14 haftalık ders yapısı da bu çerçevenin işlerliğini test etmeyi amaçlamaktadır. Elde edilen olumlu bulgular, dikkatle planlanmış bir öğretim modelinin yapay zekâ ile ilgili bu türden çelişkileri dengeleyebileceğini ve öğrencilerde eleştirel farkındalık temelli bir teknoloji yaklaşımı geliştirebileceğini ortaya koymaktadır. Gelişen olumlu tutumlar, yalnızca edilgen bir kabul değil; bilinçli, yapılandırılmış bir öğrenme sürecinin sonunda kazanılmış etkin bir becerinin göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Etik Boyutlar: Sorumluluk, Taraflılık ve Özgünlük

Yapay zekânın tasarım eğitimine entegre edilmesi, yalnızca teknik gelişmelerle sınırlı kalmayıp aynı zamanda bazı kritik etik meseleleri de beraberinde getirmektedir. Bu sorunların başında algoritmaların beslendiği verilerde yer alan taraflılıkların, toplumsal eşitsizlikleri yeniden üretebilme ve ayrımcı sonuçlara yol açabilme riski gelir. YZ'nin veri temelli yapısı, sistematik ön yargıları fark etmeksizin çoğaltabileceği anlamına gelir. Bununla birlikte öğrencilerin kişisel bilgilerinin korunması ve veri güvenliği, dikkate alınması gereken konulardan bir başkasıdır. Öğrencilerin üretim sürecinde oluşturduğu içeriklerin fikrî mülkiyet hakları ise kimin yaratıcı kabul edileceği ya da hangi bilginin kime ait sayılacağı gibi soruları gündeme getirir. Aynı zamanda yapay zekâ destekli üretimlerde intihal ve akademik dürüstlük gibi meseleler, eğitimciler ve de öğrenciler için çok önemli bir sınav alanı hâline gelmiştir. Bu bağlamda yapay zekânın duygusal zekâdan ve bağlamsal kavrayıştan yoksun olduğu da unutulmamalıdır; bu durum duygusuz, yüzeysel ve toplumsal bağlamdan kopuk tasarımların ortaya çıkma olasılığını artırır.

Söz konusu etik meseleler yalnızca teknik ya da hukuki açıdan ele alınacak konular değildir. Bunlar aynı zamanda eğitimin merkezine yerleşen pedagojik sorunlardır. Öğrenciler ve eğitmenler genellikle bu etik alanlara dair yeterince derin bilgiye ve farkındalığa sahip değildir. Bu çalışmada kullanılan anketlerde yer alan özel sorular, öğrencilerin yapay zekâya dair etik farkındalıklarını değerlendirmeyi hedeflemektedir. Anketlerden elde edilen 14 haftalık veriler, öğrencilerin YZ ile ilişkili etik becerilerinde ve eleştirel düşünme kapasitelerinde belirgin bir gelişimi ortaya koymaktadır. Dersin

başında öğrenciler daha belirsiz ve soyut endişeler dile getirirken, zaman içinde bu endişeler yerini daha sistematik ve yerinde değerlendirmelere bırakmıştır. Dönem sonunda öğrenciler, yapay zekâ ile ilgili etik çelişkilerin farkında olduklarını ancak bu çelişkileri tanıyıp yönetebilme konusunda kendilerini daha donanımlı hissettiklerini ifade etmiştir. Bu değişim de çağdaş teknoloji temelli eğitimin ulaşması gereken temel hedeflerden biri olarak değerlendirilebilir.

1. ARAŞTIRMA TASARIMI VE UYGULAMA SÜRECİ

1.1. Araştırma Modeli

Gerçekleştirilen araştırma zamanla meydana gelen değişiklikleri ayrıntılı biçimde incelemek üzere, tek gruba odaklanan boylamsal ve nicel-nitel veri toplama metotlarını bir arada kullanan bir vaka çalışması olarak yapılandırılmıştır. Nicel veriler (anketler) tutumlardaki değişimin büyüklüğünü ve yönünü ölçerken nitel veriler (geri bildirimler) bu değişimin arkasındaki "nedenleri" ve öğrenci deneyimlerinin zenginliğini ortaya çıkarmayı hedeflemiştir.

1.2. Katılımcılar

Araştırma grubu, Türkiye'deki bir vakıf üniversitesinin iletişim tasarımı bölümünde öğrenim gören 21 adet lisans öğrencisinden oluşmaktadır. Katılımcıların tamamı "yapay zekâ ile tasarım" adlı seçmeli dersi alan öğrencilerden oluşmaktadır. Katılımcıların tamamı çalışmaya gönüllü bir şekilde katılmıştır.

1.3. Ders

Yapay zekâ araçlarının öğretildiği yapay zekâ ile tasarım dersinin amacı öğrencilere yapay zekâ araçlarını kullandırarak tasarımı öğretmek ve yenilikçi tasarım fikirleri geliştirme becerilerini kazandırmayı amaçlamaktadır. Öğrenciler yapay zekâ araçlarını kullanarak logo tasarımı, kitap/dergi kapağı tasarımı, çocuk kitabı hazırlama, ilüstrasyon hazırlama, poster tasarımı, web tasarımı, ambalaj tasarımı, karakter ve çevre tasarımı ve çizgi roman/grafik roman tasarımı ve senaryo yazımı gibi farklı tasarım alanların-

da çalışmışlardır. Derste sürekli olarak üretilen veya güncellenen yapay zekâ uygulamaları kullanılmış ve dönem boyunca yaratıcı promptlar üretilmiş ve sonuçları incelenmiştir. 14 haftalık ders planı:

(1) Öğrenciler ilk derste yapay zekâ ile üretim kavramını genel hatlarıyla tanıyacak, çeşitli yapay zekâ araçlarının tasarım dünyasındaki yeri ve etkisi üzerine örnekler inceleyecekler. Görsel üretimden metin oluşturma süresine kadar geniş bir alanda kullanılan araçlar karşılaştırılacak ve öğrencilerin bu teknolojilere yönelik temel kavrayış geliştirmesi hedeflenecek.

(1) Logo tasarımına geçilerek, öğrencilerin görsel kimlik oluşturma sürecinde yapay zekâ araçlarını nasıl kullanabilecekleri tartışılacak. Farklı sektörlere uygun, yaratıcı ve tanınabilir logo fikirlerinin geliştirilmesi için deneysel çalışmalar yapılacak ve araçların tasarımsal kararlar üzerindeki etkisi değerlendirilecek.

(2) Kitap ve dergi kapağı tasarımı üzerinden, görsel hiyerarşi, başlık yerleşimi, görsel denge ve tipografi gibi temel grafik tasarım unsurları işlenecek. Öğrenciler, bir yayın türü seçerek içeriği temsil eden özgün bir kapak çalışması üretecek ve yapay zekâ araçlarının nasıl işlevsel hâle geldiğini deneyimleyecek.

(3) Çocuk kitabı tasarımıyla birlikte, yaratıcı yazarlık ve görselleştirme birlikte ele alınacak. Öğrencilerden çocuklara yönelik kısa bir hikâye oluşturmaları, ardından bu metni uygun görsellerle destekleyerek bir kitap tasarısı oluşturmaları beklenecek. Bu derste anlatı dili, karakter seçimleri ve görsel uyum gibi konulara odaklanılacak.

(4) İlüstrasyonun anlatım gücü üzerinde durularak, öğrencilerden belirli bir temayı görsel olarak hazırlamaları istenecek. Renk paleti seçimi, stilistik tercih, kompozisyon dengesi gibi konular üzerinde çalışılırken, yapay zekâ araçlarının görsel üretimde ne tür olanaklar sunduğu detaylı biçimde tartışılacak.

(5) Poster tasarımı çerçevesinde, bilgi iletiminin en doğrudan yollarından biri olan afiş dili üzerine analiz yapılacak. Öğrenciler, seçilen bir sosyal ya da kültürel konu üzerine güçlü bir görsel mesaj içeren poster tasarlayacak, renk, tipografi ve kompozisyon kararlarını gerekçelendirerek üretimlerini sunacaklar.

(6) Web tasarımına giriş yapılırken kullanıcı dostu arayüzlerin nasıl tasarlandığı ve bir sitenin hem görsel, ayrıca yapısal olarak nasıl inşa edildiği irdelenecek. Öğrencilerden basit bir web sayfası arayüzü oluşturmaları beklenirken etkileşimli düzen kavramı, görsel bütünlük ve erişilebilirlik üzerine örnekler tartışılacak.

(7) Ambalaj tasarımında işlevsellik ile estetik dengesi bir arada değerlendirilecek ve ürünün hedef kitlesiyle kurduğu ilişki üzerine analizler yapılacak. Çevre dostu ambalaj tasarımı örnekleri üzerinden ilham alınarak öğrencilerden bir ürün için görsel açıdan etkileyici, ayrıca sürdürülebilir bir ambalaj önerisi geliştirmeleri beklenecek.

(8) Oyun tasarımında karakter ve çevre oluşturma üzerine yoğunlaşılarak öğrencilerin dijital oyun dünyası için bir atmosfer yaratmaları sağlanacak. Estetik tercihler, üç boyutlu form dili, karakter ifadesi, çevresel detaylar gibi tasarım kararlarının oyuncu deneyimine etkisi değerlendirilecek ve örnek üretimler yapılacak.

(9) Çizgi roman ve grafik roman tasarımında anlatım dili, sahne düzeni ve görsel öyküleme teknikleri detaylı şekilde incelenecek. Öğrenciler kısa bir hikâyeyi çizgi roman formatında anlatmaya çalışarak karakter kompozisyonları, mekân perspektifi ve renk kullanımı gibi konular üzerine düşünerek üretim yapacaklar.

(10) Mobil uygulama tasarımı konusuna geçilerek, arayüz tasarımı, kullanıcı deneyimi (UX), bilgi mimarisi ve etkileşimli prototipleme gibi başlıklara odaklanılacak. Öğrencilerden belirli bir ihtiyaca yönelik uygulama fikri geliştirerek, bunu dijital araçlarla modellemeleri ve yapay zekâ destekli üretim araçlarından faydalanmaları istenecek.

(11) Kullanıcı arayüzü ve kullanıcı deneyimi üzerine çalışmalar yapılarak, etkileşimli tasarımın temel prensipleri incelenecek. Öğrencilerden farklı kullanıcı tiplerini göz önünde bulundurarak sezgisel bir arayüz tasarımı yapmaları, ardından bu tasarımlarını test ederek geri bildirim toplama yöntemlerini uygulamaları beklenecek.

(12) Senaryo yazımı konusuna geçilerek hikâye yapısı, karakter inşası, çatışma kurgusu ve diyalog yazımı gibi başlıklar işlenecek. Öğrenciler kısa bir senaryo yazımı sürecine girecek, yapay zekâdan fikir alma, yapıyı düzenleme ya da sahne önerisi alma gibi olanakları kullanarak yaratıcı içerik üretmeye teşvik edilecek.

(13) Dönemin kapanışında dijital müzik üretimine yönelik temel kavramlar ve araçlar tanıtılacak; ritim, melodi, ses katmanları gibi unsurlar üzerinden yaratıcı müzik örnekleri oluşturulacak. Aynı zamanda öğrencilerin dönem boyunca ürettikleri içeriklerden yola çıkarak hazırladıkları final projeleri üzerine toplu bir değerlendirme oturumu yapılacak.

1.4. Veri Toplama Araçları ve Süreci

Araştırma 14 haftalık bir akademik dönem boyunca yürütülmüştür. Bu sürede, Midjourney, DALL-E 2, ChatGPT ve Adobe Firefly gibi çeşitli YZ araçları, temel bir tasarım stüdyosu dersinin iş akışına entegre edilmiştir. Veriler üç temel aşamada toplanmıştır:

- Aşama 1 (1. Hafta): Ön-Test Anketi: Öğrencilerin YZ'ye yönelik mevcut algılarını, tutumlarını ve beklentilerini ölçmek amacıyla 60 maddelik bir ön-test anketi uygulanmıştır. Google Forms üzerinden çevrim içi olarak uygulanan anket, 1'den 5'e kadar derecelendirilen bir Likert ölçeği (1: Kesinlikle Katılmıyorum, 5: Kesinlikle Katılıyorum) kullanmıştır. Anket altı ana kategorideki soruları içermiştir: Yapay Zekâ Hakkındaki Genel Algılar, Tasarım Aşamalarına Yaklaşım, Yapay Zekânın Tasarıma Etkisi, Teknoloji Kullanımına Yönelik Tutumlar, Etik ve Toplumsal Algılar ve Yapay Zekâ ile Çalışma Motivasyonu.
- Aşama 2 (7. Hafta): Dönem İçi Nitel Geri Bildirim: Dersin orta noktasında, öğrencilerin deneyimlerinin derinliğini ve nüanslarını yakalamak amacıyla nitel veri toplama oturumları düzenlenmiştir. Bu oturumlar öğrencilerin YZ araçlarının kullanılabilirliği, yaratıcı gelişime etkisi, karşılaştıkları zorluklar ve bu zorlukların üstesinden gelme stratejileri üzerine odaklanan yazılı yanıtlar ve yarı yapılandırılmış odak grup tartışmalarından oluşmuştur.
- Aşama 3 (14. Hafta): Son-Test Anketi: 14 haftalık pedagojik müdahalenin ardından, öğrencilerin algı ve tutumlarındaki değişimin yönünü ve büyüklüğünü ölçmek için, ön-test anketine büyük ölçüde paralel olan 63 maddelik bir son-test anketi uygulanmıştır. Bu anket, deneyim sonrası kazanılan bilgi ve becerileri ölçmeye yönelik ek sorular da içermiştir.

Çalışmada kullanılan veri toplama aracı, "Yapay Zekâ ile Tasarım" dersinin özgün müfredat yapısına ve araştırma sorularına doğrudan cevap verecek nitelikte, yazar tarafından literatür taramasına dayalı olarak geliştirilmiş yapılandırılmış bir anket formudur. Formdaki sorular oluşturulurken, yapay zekânın eğitimdeki rolüne ilişkin güncel çalışmalardan (Ayala-Pazmiño, 2023; Delgado vd., 2024) ve tasarım eğitiminde teknoloji entegrasyonunu ele alan ilgili araştırma sorularından yararlanılmıştır. Kullanılan araç, psikometrik özellikleri test edilmiş standardize bir tutum ölçeği olmaktan ziyade, öğrencilerin ders süresince deneyimledikleri pedagojik dönüşümü, teknik yetkinliği ve etik farkındalığı betimlemeyi hedefleyen, bu vaka çalışmasına ve dersin öğrenme çıktılarına özgü bir durum tespit formu niteliğindedir.

2. ANKET İÇERİKLERİ

2.1. Aşama

Araştırmanın başlangıcında uygulanan anket, katılımcıların yapay zekâ araçlarına ve tasarıma dair mevcut algılarını ve tutumlarını değerlendirmek amacıyla oluşturulmuş 60 soruluk bir ankettir. Sorular, Google Form üzerinden online olarak toplanmış ve 1'den 5'e kadar bir Likert ölçeği ile yanıtlanmıştır. Anket, toplam altı farklı kategoride düzenlenmiştir:

- Yapay Zekâ Hakkındaki Genel Algılar (12 Soru): Bu kategoride katılımcıların yapay zekâ teknolojilerinin günlük yaşam ve yaratıcı düşünme üzerindeki etkileri, etik sınırları, insan yeteneklerini tamamlama veya iş gücünü gereksiz kılma potansiyeli hakkındaki genel düşünceleri ölçülmektedir. Yapay zekânın tasarımdaki değeri, güvenilirliği, problem çözme yeteneği ve kullanıcıların yapay zekâ hakkında bilgi edinme isteği veya mevcut bilgi düzeyi gibi konulara değinilmiştir. Katılımcıların yapay zekânın yaratıcılığı artırma veya sınırlama potansiyeli ile hızlı gelişimine dair endişeleri de bu bölümde yer almaktadır.
- Tasarıma Yaklaşım (10 Soru): Bu bölümde katılımcıların tasarım projelerinde teknoloji kullanımına verdikleri önem, yaratıcı süreçlerinde teknolojiye başvurma sıklıkları ve verimlilik artışı için yeni araçları deneme eğilimleri araştırılmaktadır. Tasarımda sezgilere güvenme, grup çalışması tercihleri, manuel ve dijital yöntemler arasındaki tercihler ve teknoloji kullanımının sınırlandırılması

gerektiği gibi kişisel tasarım yaklaşımları da değerlendirilmiştir. Yeni teknolojileri öğrenmedeki zorluklar ve teknolojinin yaratıcı potansiyeli üzerindeki etkileri de sorgulanmıştır.

- Yapay Zekâ Araçlarının Tasarıma Etkisi (10 Soru): Bu kategoride yapay zekâ araçlarının tasarım sürecini kolaylaştırma, hızlandırma ve yaratıcılığı teşvik etme potansiyeli hakkındaki algılar incelenmektedir. Aynı zamanda yapay zekânın kişisel dokunuşları azaltma, fikir üretme, yenilikçi çözümler geliştirme ve hata oranını düşürme yetenekleri de sorgulanmıştır. Anket ayrıca yapay zekânın tasarım projelerinin kalitesini artırma ve estetik standartları değiştirme potansiyeli üzerindeki inançları da kapsamaktadır.
- Teknoloji Kullanımı Konusundaki Tutumlar (12 Soru): Katılımcıların teknolojik araçları öğrenme kolaylığı, yeni teknolojileri keşfetmeye yönelik heyecanı ve günlük işlerde teknoloji kullanımı hakkındaki genel tutumları bu bölümde incelenmiştir. Teknolojiye erişimin yaratıcı süreçleri geliştirme, tasarım eğitiminde teşvik etme, geleneksel yöntemleri etkileme ve öğrenmeye ayrılan zaman gibi konulara odaklanılmıştır. Yeni teknolojilere uyum sağlama zorlukları, etkin sonuçlar elde etme, yaratıcı özgürlük üzerindeki etkiler, nötr tutum sergileme ve teknolojik yeniliklerden ilham alma gibi hususlar da değerlendirilmiştir.
- Etik ve Toplumsal Algılar (8 Soru): Yapay zekâ araçlarının etik kullanımı hakkında bilgi edinme isteği, toplumsal eşitsizliklere yol açma ve bireylerin mahremiyetini tehdit etme potansiyeli hakkındaki endişeler ele alınmaktadır. Yapay zekânın yanlış kullanımının ciddi sonuçları, tasarım alanındaki etkilerin adil değerlendirilmesi, kültürel çeşitliliği destekleyici potansiyel ve etik olmayan kullanımlara dair endişeler de bu kategori altında incelenmiştir.
- Yapay Zekâ ile Çalışma Konusunda Motivasyon (8 Soru): Son kategori, katılımcıların yapay zekâ araçlarını öğrenmeye yönelik hevesleri, yaratıcı projeler geliştirme istekleri ve yapay zekâyı tasarıma entegre etme motivasyonlarını değerlendirmektedir. Yapay zekânın sağladığı olanaklardan ve avantajlardan yararlanma, öğrenme sürecindeki faydasına inanma, tasarım becerilerini geliştirme ve tasarıma yeni perspektifler kazandırma gibi motivasyonel faktörler de bu bölümde sorgulanmıştır.

2.2. Aşama

Dönem içinde toplanan "Dönem İçi Sözlü ve Yazılı Bildirimler", katılımcıların yapay zekâ araçlarını kullanırken edindikleri deneyimler, karşılaştıkları zorluklar ve çözüm önerileri hakkında detaylı ve nitel veriler toplamayı amaçlamaktadır. Bu geri bildirimler iki ana kategori altında sözlü ve yazılı sorular şeklinde yapılandırılmıştır:

Yapay Zekâ Araçlarının Kullanım Kolaylığı ve Etkisi:

- Sözlü Sorular: Katılımcılardan yapay zekâ araçlarını kullanırken karşılaştıkları en büyük zorluklar, araçların tasarım sürecine katkıları, teknik veya yazılımsal sorunlar, tasarım sürecinin hızlanmasındaki etkileri ve yaratıcı fikirlerin gelişimine nasıl katkıda bulunacağı hakkında bilgi alınmıştır. Ayrıca belirli tasarım aşamalarında yapay zekâ kullanım tercihleri, kullanım kolaylığına dair genel değerlendirme, tasarımda özgünlük katma ve sınırlayıcı etkiler ile deneme yapma fırsatları da sorgulanmıştır.
- Yazılı Sorular: Bu bölümde yapay zekâ araçlarının tasarım projelerindeki kullanım kolaylıkları, yaratıcı sürece etkileri, genel kaliteyi artırıp artırmadığı, zaman kazandırıcı rolü ve hangi aşamalarda fayda sağladığı detaylı olarak yazılı olarak istenmiştir. Katılımcıların araçların sunduğu önerilerin kullanışlılığı, en çok zorlandıkları aşamalar, özgünlük kaybı hissi, algoritmaların etkisi, yeni açılımlar ve en büyük avantajlar hakkındaki düşünceleri de yazılı olarak toplanmıştır.

Karşılaşılan Zorluklar ve Çözüm Önerileri:

- Sözlü Sorular: Katılımcılardan yapay zekâ araçlarını kullanırken yaşadıkları en büyük zorluklar, teknik destek ihtiyaçları, zorluklarla karşılaştıklarında attıkları adımlar ve araçların tasarım sürecine entegrasyonundaki güçlükler hakkında bilgi istenmiştir. Yapay zekâ tarafından sunulan özgün fikirlerle kendi fikirlerini harmanlama, öğrenme sürecindeki zorluklar, tasarımın estetik yönleriyle uyum sağlama sorunları, alternatif çözüm yöntemleri, araçların tatmin edici olmayan sonuçlarıyla başa çıkma ve iyileştirme önerileri de bu bölümde tartışılmıştır.

- Yazılı Sorular: Bu kısımda yapay zekâ araçlarıyla çalışırken karşılaşılan en büyük zorlukların, bu zorlukları çözme sürecinde atılan adımların ve daha verimli kullanım için geliştirilebilecek yöntemlerin yazılı olarak belirtilmesi istenmiştir. Yapay zekânın önerdiği bazı şeyleri benimsemedeki zorluklar, tasarım sürecinde karşılaşılan sorunlar ve çözüm yolları, önerilen tasarım fikirleri hakkındaki olumlu/olumsuz duygular, teknik sorunlar ve çözüm önerileri de detaylıca ele alınmıştır. Son olarak araçlar daha kullanıcı dostu olsaydı tasarım süreçlerinin nasıl değişeceği ve zorlukları aşmak için hangi teknik çözümlerin önerildiği gibi konular da sorgulanmıştır.

2.3. Aşama

Son hafta yapılan ankette "yapay zekâ ile tasarım" dersine katılım sürecinde öğrencilerin yapay zekâ araçlarını kullanma deneyimlerinin genel değerlendirmesini almak için tasarlanmıştır. Bu anket dersin başından sonuna kadar yaşanan değişiklikler, araçların etkileri, karşılaşılan zorluklar, gelişen yetenekler ve dersin genel başarısı hakkında bilgi toplamayı amaçlamaktadır. Anket, 63 sorudan oluşmakta ve beş ana kategoride gruplandırılmıştır. Yanıtlar, 1'den 5'e kadar bir ölçekle verilmiştir (1: Katılmıyorum, 5: Tamamen Katılıyorum).

- Yapay Zekâ Araçlarının Kullanım Kolaylığı ve Etkisi (15 Soru): Yapay zekâ araçlarının kullanım kolaylığının zamanla artıp artmadığı, tasarım sürecinin verimliliğini ve kalitesini artırıp artırmadığı sorgulanmaktadır. Araçların zaman kazandırıcı etkisi, önerilerinin katkısı ve ilham vericiliği, teknik sorunların azalması, süreçleri organize etme yeteneği ve elde edilen sonuçlardan memnuniyet gibi konular da değerlendirilmiştir. Araçların tasarım becerilerini geliştirme, yeni bakış açıları kazanma, özgünlük üzerindeki sınırlamaları, deneme yapma fırsatları ve tasarım sürecine olan güven üzerindeki etkileri de incelenmiştir.
- Yaratıcılık ve Tasarım Süreci Üzerindeki Etkiler (14 Soru): Bu bölümde yapay zekâ araçlarının yaratıcı düşünmeyi teşvik edip etmediği, yeni fikirler üretmeyi zorlaştırıp zorlaştırmadığı ve kendi fikirleriyle yapay zekâ önerileri arasındaki dengeyi kurma zorluğu

ele alınmaktadır. Yapay zekâ sayesinde daha özgün sonuçlar elde etme, yaratıcı engelleri aşma, başlangıçtaki fikirleri genişletme ve daha riskli/yeni fikirler deneme isteği gibi konular da değerlendirilmiştir. Araçların yaratıcılığı sınırlayıcı etkisi, önerilen tasarımların kişisel fikirlerle çelişmesi, yenilikçi çözümler bulma ve yaratıcı süreçte yönlendirici rol üstlenme gibi hususlar da sorgulanmıştır. Son olarak araçların tasarım projelerine sağladığı farklı katkı yönleri ve sunduğu seçeneklerin çeşitliliği de incelenmiştir.

- Zorluklar ve Sorunlar (14 Soru): Öğrencilerin yapay zekâ araçlarını kullanırken yaşadıkları teknik sorunlar, öğrenme sürecinin zaman alması ve beklentilerle örtüşmeyen sonuçlar gibi zorluklar araştırılmaktadır. Araçların karmaşıklığı, doğru sonuçlar vermekte zorlanması, sorunları çözmenin zorluğu ve daha fazla rehberlik ihtiyacı gibi konular da ele alınmıştır. Araçların tasarım sürecini engellediği zamanlar, manuel yöntemlerin daha verimli olması, sonuçların gerçek dünya ihtiyaçlarına uygun olmaması, kişisel değerleri yansıtmama, "standart" tasarımlar ve sonuçları kendi stiline uydurmadaki zorluklar da değerlendirilmiştir. Karşılaşılan belirli hatalar da bu bölümde sorgulanmıştır.
- Yapay Zekâ Araçlarının Eğitim Sürecindeki Rolü (10 Soru): Yapay zekâ araçlarının ders içeriğiyle uyumu, öğrenme hedeflerine katkısı ve temel tasarım becerilerini geliştirmedeki rolü incelenmektedir. Araçların ders içeriğini anlamayı kolaylaştırması, yenilikçi düşünme becerilerini geliştirmesi, genel tasarım anlayışını derinleştirmesi ve farklı bakış açıları kazandırması gibi etkileri de değerlendirilmiştir. Teorik bilgilerin pratiğe dökülmesindeki etkinliği, yaratıcı süreçteki eksik yönleri fark etme ve teorik bilgilerin uygulanabilirliğini artırma gibi hususlar da bu kategori altında yer almaktadır.
- Genel Ders Değerlendirmesi ve Gelecekteki Kullanım (10 Soru): Son kategori, öğrencilerin bu dersi ve yapay zekâ araçlarını gelecekteki projelerde kullanma niyetlerini, yapay zekâ araçlarının tasarım alanında önemli bir araç hâline gelip gelmediğini ve potansiyeli hakkında edindikleri bilgileri sorgulamaktadır. Araçların gelecekteki tasarım yapımında sürekli kullanımı, tasarım alanını nasıl şekillendirebileceğine dair görüşler, tasarım dünyasındaki yeri ve daha geniş etkisi gibi konular da değerlendirilmiştir. Son olarak dersin sonunda araçların verimli kullanımını öğrenme ve dersi diğer öğren-

cilere önerme konuları da bu bölümde yer almaktadır.

3. VERİLERİN ANALİZİ

Verilerin çözümlenmesinde nicel ve nitel bileşenleri içeren karma bir yaklaşım tercih edilmiştir. Anket yoluyla toplanan nicel veriler, SPSS 25.0 yazılımı aracılığıyla değerlendirilmiştir. Katılımcıların tutumlarına dair genel bir tablo sunmak amacıyla ortalama, standart sapma ve frekans gibi tanımlayıcı istatistiksel değerler hesaplanmıştır. Ek olarak, ön-test ile son-test sonuçları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek amacıyla t-testi kullanılmıştır. Dönem içi geri bildirimlerden elde edilen nitel veriler, yinelenen örüntüleri ve temaları belirlemek amacıyla tematik analiz yöntemiyle çözümlenmiştir

3.1. Bulgular

3.1.1. Sayısal Bulgular: Anket Sonuçlarının Karşılaştırmalı Analizi

Araştırmaya katılan 21 öğrencinin demografik bilgileri Tablo 1'de özetlenmiştir. Katılımcıların çoğunluğunu kadın öğrenciler oluşturmakta ve yaş aralığı 20 ile 23 arasında değişmektedir.

Tablo 1. Katılımcıların Demografik Bilgileri

Demografik Özellik	Frekans (n)	Yüzde (%)
Cinsiyet		
Kadın	12	57,1
Erkek	9	42,9
Yaş Aralığı		
20-21	11	52,4
22-23	10	47,6
Toplam	**21**	**100,0**

Ön-test ve son-test ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel anlamlılığını değerlendirmek için bağımlı örneklemler t-testi uygulanmıştır. Analiz-

ler 21 katılımcı üzerinden yürütülmüş ve serbestlik derecesi tüm kategoriler için sd = 20 olarak hesaplanmıştır. Her bir kategori için t değeri, p değeri ve Cohen's d etki büyüklüğü Tablo 2'de sunulmuştur. Etki büyüklüklerinin çoğunun 0.80'in üzerinde olması, farklılıkların yalnızca istatistiksel açıdan değil, aynı zamanda pedagojik açıdan da güçlü bir değişime işaret ettiğini göstermektedir. Bu sonuçlar, öğrencilerin tutumlarının 14 haftalık eğitim sonunda anlamlı biçimde dönüştüğünü desteklemektedir.

Tablo 2. Ön-Test / Son-Test Karşılaştırmalarına İlişkin t, sd ve Etki Büyüklüğü Değerleri

Kategori	**t(20)**	**p**	**Cohen's d**	**Yorum**
Yapay Zekâ Hakkındaki Genel Algılar	6.10	< .001	1.32	Büyük etki
Yapay Zekâ Araçlarının Tasarıma Etkisi	5.72	< .001	1.25	Büyük etki
Teknoloji Kullanımı Konusundaki Tutumlar	3.87	< .01	0.84	Büyük etki
Etik ve Toplumsal Algılar	-2.40	< .05	0.52	Orta etki
Yapay Zekâ ile Çalışma Motivasyonu	5.95	< .001	1.30	Büyük etki

Öğrencilerin YZ'ye yönelik tutumlarındaki genel değişimi görmek amacıyla, ön-test ve son-test anketlerindeki ana kategorilerin ortalama puanları karşılaştırılmıştır. Tablo 3'te görüldüğü üzere birtakım değişimler gözlemlenmiştir. En dikkat çekici artış, "Yapay Zekâ Hakkındaki Genel Algılar" kategorisinde (+1.27) yaşanmıştır. Bu bulgu 14 haftalık ders sürecinin, öğrencilerin YZ'ye dair genel bakış açılarını temelden değiştirdiğini göstermektedir. "Etik ve Toplumsal Algılar" kategorisindeki puan düşüşü, endişe düzeyindeki bir azalmayı ve konuya dair artan öz güveni yansıtmaktadır; bu durum öğrencilerin etik sorunlara karşı duyarsızlaştığı değil, bu sorunlarla başa çıkma konusunda kendilerini daha yetkin hissettikleri şeklinde yorumlanmıştır.

Tablo 3. İlk ve Son Hafta Anketleri Ana Kategori Ortalamalarının Karşılaştırmalı Analizi (1-5 Ölçek)

Kategori	1. Hafta Ortalama Puan	14. Hafta Ortalama Puan	Değişim	p Değeri
Yapay Zekâ Hakkındaki Genel Algılar	3.15	4.42	+1.27	< .001
Yapay Zekâ Araçlarının Tasarıma Etkisi	3.48	4.55	+1.07	< .001
Teknoloji Kullanımı Konusundaki Tutumlar	3.91	4.68	+0.77	< .01
Etik ve Toplumsal Algılar	3.85	3.20	-0.65	< .05
Yapay Zekâ ile Çalışma Motivasyonu	3.75	4.71	+0.96	< .001

Yaratıcılık ve etik gibi alanyazında en tartışmalı olan konulara odaklanmak için, bu alanlardaki kritik soru maddelerine verilen yanıtların dağılımı incelenmiştir (Tablo 4). Bulgular öğrencilerin YZ'nin yaratıcılığı artırabileceğine dair inançlarının önemli ölçüde güçlendiğini göstermektedir. "Yapay zekâ, yaratıcılığı sınırlamak yerine artırabilir" ifadesine katılanların oranı %48'den %86'ya yükselmiştir. Benzer şekilde, YZ'nin tasarımı "mekanik hâle getireceği" yönündeki endişe de anlamlı bir şekilde azalmıştır (%62'den %24'e düşüş).

Etik konusunda ise daha karmaşık bir tablo ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin YZ'nin "etik sınırları aşabileceğine dair endişeleri" artmıştır (%71'den %95'e). Ancak bu artış, son-test anketine eklenen "Yapay zekâ araçlarının etik kullanımı konusunda daha fazla bilgi sahibiyim" sorusuna verilen yüksek olumlu yanıtlarla (%81) birlikte değerlendirildiğinde, bir korku artışından ziyade, konuya dair farkındalığın ve bilginin artması olarak yorumlanmalıdır. Öğrenciler risklerin daha fazla farkına varmış ancak bu riskleri yönetecek bilgiye de sahip olduklarını hissetmişlerdir.

Tablo 4. Yaratıcılık ve Etik Konularındaki Kritik Soru Maddelerine Verilen Yanıtların Dağılımı (%)

Soru Maddesi	Yanıt	1. Hafta (%)	14. Hafta (%)
"Yapay zekâ, yaratıcılığı sınırlamak yerine artırabilir."	Katılıyorum/Kesinlikle Katılıyorum (4+5)	48	86
"Yapay zekâ araçları tasarım süreçlerini mekanik hale getirebilir."	Katılıyorum/Kesinlikle Katılıyorum (4+5)	62	24
"Yapay zekânın etik sınırları aşabileceğine dair endişelerim var."	Katılıyorum/Kesinlikle Katılıyorum (4+5)	71	95
"Yapay zekâ araçlarının etik kullanımı konusunda daha fazla bilgi sahibiyim."	Katılıyorum/Kesinlikle Katılıyorum (4+5)	-	81

3.1.2. Nitel Bulgular: Dönem İçi Geri Bildirimlerin Tematik Analizi

Ara dönemde toplanan yazılı ve sözlü öğrenci geri bildirimleri, YZ temelli tasarım eğitiminin sadece öğrenilen içerik açısından değil, öğrenenin pedagojik pozisyonu açısından da dönüşüm geçirdiğini göstermektedir. İlk olarak, öğrenciler YZ araçlarının kullanım kolaylığına dair karışık yorumlar sunmuştur. Bazı öğrenciler araçların kullanıcı arayüzünün sezgisel olmadığını, özellikle Midjourney ve Firefly gibi görsel üretim sağlayan sistemlerde teknik terminolojiye hâkimiyet gerektirdiğini ifade etmiştir. Bu noktada "prompt mühendisliği" becerisinin teknik zorluklar arasında öne çıktığı görülmektedir. Öğrenciler doğru sonuçları elde etmek için sürekli deneme yanılma yapmak zorunda kaldıklarını belirtmiş, bu da onları YZ ile bir "komut–çıktı" ilişkisinden öteye taşımıştır. Ancak bu zorluklar ders ilerledikçe yerini daha yüksek bir kullanım alışkanlığına ve fonksiyonel yeterliliğe bırakmıştır. Bu değişim öğrencilerin teknolojik adaptasyon sürecini başarıyla geçtiklerini göstermektedir.

İkinci olarak, öğrenciler YZ araçlarını yalnızca zaman kazandırıcı bir unsur olarak değil, aynı zamanda fikir üretimini tetikleyen yaratıcı bir yardımcı olarak tanımlamıştır. Özellikle konsept geliştirme ve görselleştirme aşamalarında, araçların sağladığı alternatif öneriler öğrencilerin tasarıma

çok yönlü yaklaşmasını kolaylaştırmıştır. Örnek olarak bazı öğrenciler geleneksel mood board çalışmalarını YZ desteğiyle çok daha kısa sürede tamamlayabildiklerini ifade etmiş, bu da onlara proje üzerinde daha fazla düşünsel zaman kazandırmıştır. Dolayısıyla öğrencilerin yaratıcı keşif alanları genişlemiş ve YZ'nin fikir çeşitliliği üzerindeki pozitif etkisi net bir şekilde gözlemlenmiştir.

Üçüncü olarak, geri bildirimlerde sıkça karşılaşılan bir tema, tasarımın özgünlüğü ile YZ çıktılarının homojenliği arasındaki gerilimdir. Öğrencilerin büyük kısmı yapay zekâ araçlarının sunduğu yüksek çözünürlüklü ama "fazla cilalı" görsellerin, kendi tasarım dillerinden uzaklaştığını ifade etmiştir. Bu durum öğrencilerin yaratıcı kontrolü elinde tutma çabasını güçlendirmiştir. YZ'den alınan görselleri kişiselleştirmek, öğrenciler açısından yalnızca bir düzenleme pratiği değil, aynı zamanda yaratıcı öznenin direnci olarak görülmüştür. Bu bağlamda öğrencilerin yalnızca görsel estetik üretmekle kalmadığı, aynı zamanda yapay zekâ ile yaratıcı öznellik arasında müzakere yürüttüğü anlaşılmaktadır. Ek olarak bazı öğrenciler, yapay zekânın önerdiği çıktılarla karşılaştıklarında tatmin olmadıklarını, bu nedenle kendi bilgi ve sezgilerini daha çok devreye sokarak alternatifler üretmeyi denediklerini belirtmiştir. Bu da öğrencinin teknolojinin sınırlarını fark etmesi ve kendi tasarım aklını önceliklendirmesi bakımından öğretici bir kazanım olarak düşünülebilir. Ek olarak araçların özgün tasarım fikirlerini sınırladığı durumlarda, öğrenciler kendi özgünlüklerini korumak için manuel müdahalelerde bulunarak üretim sürecini kişiselleştirmeye çalışmıştır.

7. haftada toplanan nitel geri bildirimler yalnızca öğrencilerin araçlara yönelik teknik tepkilerini değil, aynı zamanda pedagojik bir dönüşümün erken göstergelerini de içermektedir. Öğrenciler teknolojik kullanım düzeyinden yaratıcı öznelliğe kadar genişleyen bir yelpazede YZ ile ilişkilerini yeniden tanımlamış; teknik beceriden etik farkındalığa, hızdan özgünlüğe kadar çok katmanlı bir öğrenme deneyimi yaşamışlardır. Bu yönüyle söz konusu ara dönem geri bildirimleri makaledeki boylamsal dönüşümün orta basamağını temsil etmekte, eğitsel müdahalenin öğrencilerde nasıl bir bilişsel ve estetik kırılma yarattığını gözler önüne sermektedir.

3.2. Tartışma

3.2.1. Bulguların Sentezi: Endişeden Yetkinliğe Yolculuk

Araştırmanın bulguları, öğrencilerin 14 haftalık bir sürede YZ'ye karşı tutumlarında "endişeli bir merak"tan "eleştirel bir iyimserliğe" doğru anlamlı bir evrim geçirdiğini göstermektedir. Nicel verilerde gözlemlenen ve istatistiksel olarak anlamlı olan bu pozitif değişim, sihirli bir şekilde gerçekleşmemiştir. Bu değişimin arkasında nitel bulgularla ortaya konan zorlu ama öğretici bir yolculuk yatmaktadır. Bu nicel iyileşmenin ardında öğrencilerin deneyimlerinden süzülen ve her bir aşamada anlam kazanan derin bir dönüşüm bulunmaktadır. Öğrenciler başlangıçtaki teknik engeller ve "komut mühendisliği"nin getirdiği hayal kırıklıklarıyla yüzleşmiş, bu engelleri aştıktan sonra YZ'nin fikir üretimindeki hızlandırıcı gücünü ve ilham potansiyelini deneyimlemiş ve son olarak, çağımızın en temel yaratıcı mücadelesi olan özgünlük ve yaratıcı kontrol ikilemiyle aktif bir şekilde boğuşmuşlardır. Dolayısıyla son-test anketindeki yüksek puanlar, saf bir teknoloji hayranlığını değil, zorluklarla kazanılmış bir yetkinliği ve bilinçli bir farkındalığı temsil etmektedir. Öğrenciler YZ'nin potansiyelini ve sınırlarını ilk elden deneyimleyerek, onu nasıl yöneteceklerini ve kendi yaratıcı amaçları doğrultusunda nasıl kullanacaklarını öğrenmişlerdir.

3.2.2. Araştırmanın Sınırlılıkları

Çalışmanın bulguları tasarım eğitiminde YZ entegrasyonuna dair değerli içgörüler sunmakla birlikte, bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. İlk olarak araştırmanın küçük (N=21) ve rastgele olmayan bir örneklemle yürütülmüş olması, bulguların genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Sonuçlar belirli bir üniversitenin, belirli bir bölümünün ve belirli bir ders tasarımının bağlamına özgüdür. İkinci olarak tek gruplu ön-test ve de son-test sistemi, gözlemlenen değişimin yalnızca uygulanan pedagojik müdahaleden kaynaklandığını kesin olarak iddia etmeyi zorlaştırmaktadır; öğrencilerin dönem boyunca yaşadıkları diğer deneyimler de tutumlarını etkilemiş olabilir. Üçüncü olarak "Hawthorne etkisi" yani katılımcıların gözlemlendiklerini bildikleri için davranışlarını değiştirme potansiyeli de bir sınırlılık olarak not edilmelidir. Öğrencilerin araştırmacının beklentilerine uygun yanıtlar verme eğiliminde olabileceği göz ardı edilmemelidir. Bu sınırlılıklar sonuçların dikkatli bir şekilde yorumlanmasını ve gelecekteki çalışmalar için bir başlangıç noktası olarak görülmesini gerektirmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan boylamsal karma yöntemli çalışmada tasarım öğrencilerinin yapay zekâya yönelik tutumlarının, yapılandırılmış bir pedagojik müdahale ile olumlu yönde dönüştürülebileceği ortaya koyulmaktadır. 14 haftalık bir YZ entegrasyon sürecinin, öğrencilerin başlangıçtaki endişe ve teknik zorluklardan sıyrılarak, YZ'yi hem verimliliklerini hem de yaratıcı potansiyellerini artıran güçlü bir iş birlikçi ortak olarak benimsemelerini sağlayabildiği gösterilmiştir. Bu entegrasyonun anahtarı, teknolojinin kendisinde değil; eleştirel düşünceyi, uygulamalı denemeyi ve yansıtmacı pratiği önceliklendiren pedagojik çerçevenin kendisindedir. Öğrenciler YZ'yi pasif bir şekilde tüketen değil, onunla aktif bir diyalog kuran, çıktılarını sorgulayan ve kendi yaratıcı vizyonları doğrultusunda onu bir araç olarak yöneten "küratörler" hâline gelmişlerdir. Elde edilen veriler yapay zekânın tasarım eğitimi bağlamında öğrencileri yalnızca üretken hâle getirmekle sınırlı kalmayıp aynı zamanda onları etik ikilemlerle karşı karşıya bırakan, yaratıcı kararlarını sorgulamalarını teşvik eden ve daha bilinçli seçimler yapmalarına katkı sağlayan düşünsel bir uyarıcı rolü üstlenebileceğini göstermektedir. Araştırmanın bulguları ve alanyazınla yapılan tartışmalar ışığında, tasarım eğitimcileri, müfredat geliştiricileri ve gelecekteki araştırmalar için aşağıdaki gibi öneriler sunulmaktadır:

Eğitmenler İçin: Yeni Roller ve Yaklaşımlar

Eğitmenler yapay zekâyı öğrencilere sadece açıklayan kişiler olmaktan çıkarak öğrenciler ile YZ araçları arasında etkili ve anlamlı bir etkileşim kurulmasına yardımcı olan rehberlere dönüşebilir. Bu yaklaşım üç temel ilkeye dayandırılabilir:

- Yapay zekâ araçları kendi başına çalışan sistemler gibi değil, öğrencinin yönlendirdiği, denediği ve seçtiği bir destek aracı olarak ele alınabilir. Bu sayede öğrencinin üretimde daha aktif, karar verici ve eleştirel bir hâle gelmesi mümkün olur.
- Öğrencilere yalnızca araçların nasıl çalıştığı değil, aynı zamanda etkili komutlar yazma, YZ'nin sunduğu seçenekleri değerlendirme ve bu araçların etik yönlerini anlama gibi daha kalıcı beceriler kazandırılabilir.

- Öğrencilerin yalnızca son ürünleri değil, bu ürüne ulaşırken yaşadıkları deneme yanılmalar, seçim gerekçeleri ve araçla nasıl çalıştıkları da değerlendirmenin bir unsuru olabilir. Bunun için öğrencilerden kısa notlar ya da günlükler tutmaları istenebilir.

Müfredat Geliştiricileri İçin: Daha Esnek ve Güncel Programlar

Geleneksel, sabit program yapıları yapay zekâ gibi hızla değişen teknolojilere ayak uydurma konusunda sıkıntı yaşayabilir. Bu nedenle programların daha güncel ve esnek bir yapıda olması önerilmektedir:

- Yapay zekâ etiği, dijital mülkiyet ve algoritmik ön yargı gibi başlıklar yalnızca seçmeli derslerde değil, temel tasarım derslerinde de işlenebilir. Bu konular her öğrencinin karşısına düzenli olarak çıkarılabilir.
- Yeni çıkan araçlara ve yaklaşımlara uyum sağlanabilmesi için müfredatlar belirli aralıklarla güncellenebilir. Katı ve değişmeyen yapılar yerine, değişime açık ve yeniden düzenlenebilir içerikler tercih edilebilir.
- Tasarım, teknoloji ve etik gibi farklı alanlardan akademisyenler bir araya getirilerek ortak dersler planlanabilir. Bu tür çalışmalarda öğrencilere sadece bir bakış açısı yerine farklı ve alternatif yaklaşımlar sağlayabilir.

Gelecek Araştırmalar İçin: Yeni Sorulara Odaklanma Gereği

Çalışmada birtakım önemli bulgular elde edilmiştir yalnız konunun daha kapsamlı anlaşılabilmesi için yeni araştırma alanlarına yönelmek önemlidir:

- Çeşitli üniversitelerde farklı yöntemlerle yürütülen derslerin öğrenci tutumu ve öğrenme çıktıları üzerindeki etkileri karşılaştırmalı olarak incelenebilir.
- Yapay zekâ ile eğitim almış öğrencilerin mezuniyet sonrası mesleki gelişimleri, geleneksel yöntemlerle eğitim almış kişilerle kıyaslanarak değerlendirilebilir.
- Farklı YZ araçlarının yaratıcı düşünme sürecini nasıl etkilediği deneysel çalışmalarla araştırılabilir. Hangi aracın hangi aşamada daha etkili olduğu belirlenebilir.

KAYNAKLAR

Alashwal, M. (2024). Empowering educatıion through AI: potentıal benefits and future implications for instructional pedagogy. *PUPIL: International Journal of Teaching, Education and Learning*, 201–212. https://doi.org/10.20319/ictel.2024.201212

Ayala-Pazmiño , M. (2023). Inteligencia artificial en la educación: Explorando los beneficios y riesgos potenciales. *593 Digital Publisher CEIT*, *8*(3), 892-899. https://doi.org/10.33386/593dp.2023.3.1827

Cristianini, N. (2014). On the current paradigm in artificial intelligence. *AI Communications. The European Journal on Artificial Intelligence*, *27*(1), 37–43. https://doi.org/10.3233/aic-130582

Debo, D. (2024, May 18). *AI in Higher Education: Opportunities and Challenges*. The Swary Research Center, Swary University. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/387931327_AI_in_Higher_Education_Opportunities_and_Challenge

Delgado, N., Campo Carrasco, L., Sainz de la Maza, M., & Etxabe-Urbieta, J. M. (2024). Aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) en Educación: Los beneficios y limitaciones de la IA percibidos por el profesorado de educación primaria, educación secundaria y educación superior. *Revista Electrónica Interuniversitaria De Formación Del Profesorado*, *27*(1), 207–224. https://doi.org/10.6018/reifop.577211

Lampou, R. (2023). The integration of artificial intelligence in education: opportunities and challenges. *Review of Artificial Intelligence in Education*, *4*(00), e15. https://doi.org/10.37497/rev.artif.intell.educ.v4i00.15

Lincango Paucar, E. J., Rodriguez Estrella, D. A., & Gavilanes Guzman, G. I. (2025). Integración de tecnologías de inteligencia artificial en la educación para optimizar el aprendizaje personalizado. *Imperium Académico Multidisciplinary Journal*, *2*(3), 1-11. https://doi.org/10.63969/n5vfnb23

Mira, J. M. (2008). Symbols versus connections: 50 years of artificial intelligence. *Neurocomputing*, *71*(4–6), 671–680. http://doi.org/10.1016/j.neucom.2007.06.009

Silver, J. (2024, December 13). *A new era of design thinking: How AI is redefining innovation*. MiroBlog. https://miro.com/blog/ai-is-redefining-innovation/

Song, F., & Abdul Rabu, S. N. (2025). Trends, advantages, and challenges: A systematic literature review of artificial intelligence in design education. *Journal of Educational and Social Research, 15*(4), 401. https://doi.org/10.36941/jesr-2025-0147

Tajuddin, D. M., Alam Mallik, D. M., Fazil, M., Jameel, M. Y., Feroz, M., & Mubeen, A. (2025). AI in Education and Accessibility. *International Research Journal of Innovations in Engineering and Technology*, *09*(Special Issue), 343–348. https://doi.org/10.47001/irjiet/2025.inspire55

Verganti, R., Vendraminelli, L., & Iansiti, M. (2020). *Design in the age of artificial intelligence* (Working Paper 20-091). Harvard Business School. https://www.hbs.edu/ris/Publication%20Files/20-091_3889aa72-1853-42f8-8b17-5760c86f863e.pdf

Youheng, Z. . (2023). A Historical Review and Philosophical Examination of the two Paradigms in Artificial Intelligence Research. *European Journal of Artificial Intelligence and Machine Learning*, *2*(2), 24–32. https://doi.org/10.24018/ejai.2023.2.2.23

Zhang, B., Zhu, J. & Su, H. Toward the third generation artificial intelligence. *Sci. China Inf. Sci.* **66**, 121101 (2023). https://doi.org/10.1007/s11432-021-3449-x

BÖLÜM 4

DİJİTAL ÇAĞDA FİNANSAL OKURYAZARLIK VE YAPAY ZEKÂ İLE FİNANSAL ARAÇLARIN BÜTÜNLEŞMESİ

Orhon Can Dağtekin

ÖZET

Hızla dijitalleşen dünyada finansal sistemlerin geçirdiği dönüşüm ve yapay zekâ teknolojilerinin bu ekosisteme entegrasyonu farklı disiplinlerce, farklı boyutlarda sıkça ele alınmaktadır. Günümüzde finansal okuryazarlık artık yalnızca temel ekonomik kavramları anlamaktan öteye geçmiş, teknolojik araçların etkin kullanımını da kapsayan çok boyutlu bir yetkinlik ve ihtiyaç hâline gelmiştir. Bu bölümde finansal sistemin tarihsel süreç boyunca evrimi ve kritik dönüm noktaları üzerinden yapay zekâ destekli finansal araçların sunduğu fırsatlar, beraberinde getirdikleri riskler ve bu risklerin giderilmesine dair benimsenebilecek olası yaklaşımlar tartışılmıştır. Algoritmik karar verme mekanizmalarının, robot danışmanlık hizmetlerinin, otomatik bütçeleme uygulamalarının ve diğer teknolojik araçların bireysel ve kurumsal finansal planlama üzerindeki etkisinin yanında merkeziyetsiz borsalar, kripto varlıklar gibi yenilikçi teknolojiler ile yapay zekânın kesişiminin getirdiği fırsatlar ve olası tehlikelere dair proaktif şekilde davranılması, teorik bilgilerin yanında yeterli asgari teknik bilgiyle beraber günlük finansal kararlara entegre edilebilmesi, değişen finansal ekosisteme uyum sağlanabilmesi ve değişen çağın sunduğu finansal fırsatların doğru şekilde değerlendirilmesi hem bireysel hem de toplumsal refah açısından önemli bir rol oynayacaktır. Bu süreç teknolojik, toplumsal, finansal ve ekonomik boyutlarıyla bütüncül şekilde ele alınırken olası engel ve istenmeyen sonuçlara karşı proaktif politikalara sahip olmak hedeflere ulaşmak için olmazsa olmaz bir öneme sahip olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Finansal Okuryazarlık, Fintech, Davranışsal Finans

GİRİŞ

Finansal okuryazarlık; finansal işlemlerin, yatırımların ve ekonomik kararların büyük ölçüde dijital platformlar üzerinden gerçekleştirildiği hızla dijitalleşen dünyamızda giderek daha fazla önem kazanmaktadır. İnternet bankacılığı, dijital ödeme sistemleri, kripto varlıklar ve Fintech uygulamalarının yaygınlaşması, bireylerin parayla ve finansal hizmetlerle etkileşim biçimini de ciddi şekilde etkilemektedir. Devrim olarak nitelendirilebilecek bu değişim, öncesinde genellikle varlıklı bireylere veya kurumsal yatırımcılara özel olan finansal araçlara ve yatırım fırsatlarına erişimi herkes için daha ulaşılabilir kılmıştır. Ne var ki bu yayılım hem geleneksel finansal faktörleri hem de evrimleşen dijital teknolojileri derinlemesine anlamayı gerektiren yeni tehlikeleri ve riskleri de beraberinde getirmiştir. Yeterli finansal okuryazarlık düzeyine sahip olmayan karar vericiler siber dolandırıcılığa, ideal olmayan yatırım kararlarına, risk taşıyan kredi uygulamalarına ve birikim, gelir elde etmek ya da finansal refaha erişebilmek için yardımcı olabilecek dijital araçları verimli kullanamama gibi olumsuz durumlara maruz kalabilmektedir.

Dijital çağda finansal okuryazarlığın önemi, kişisel finans yönetiminin ötesine geçerek daha geniş anlamda ekonomik katılımı ve toplumsal eşitliği de içermektedir. Alışılagelmiş nakit işlemler yerini dijital ödemelere bırakırken ve blok zinciri gibi yenilikçi teknolojiler dijital paralar, stabilcoin vb. buluşlar sayesinde parasal ve finansal sistemleri devrimsel şekilde yeniden şekillendirirken finansal ve dijital okuryazarlığı yeterli düzeyde olmayanlar bu modern ekonomik yapıdan dışlanma riskiyle karşı karşıya kalmaktadır. İş gücüne yeni katılan genç yetişkinler, çoğu zaman bu alanlarda resmî bir eğitim almadan, dijital yatırım platformları, robot danışmanlar, eşler arası/eşten eşe (peer-to-peer) kredi sistemleri ve kripto para piyasaları gibi karmaşık yapılarda alınması gereken kararlar ile yüzleşebilmektedir. Dijitalleşmiş finansal hizmetlerin hızı ve kolaylığı, sağlam finansal bilgiyle ve altyapıyla yönlendirilmediği takdirde, dürtüsel harcamalara, aşırı borçlanmaya ve yetersiz emeklilik planlaması gibi olumsuz, uzun vadeli sonuçlara yol açabilmektedir. Bu nedenle hem geleneksel finansal dinamikleri hem de dijital yetkinlikleri kapsayan kapsamlı bir

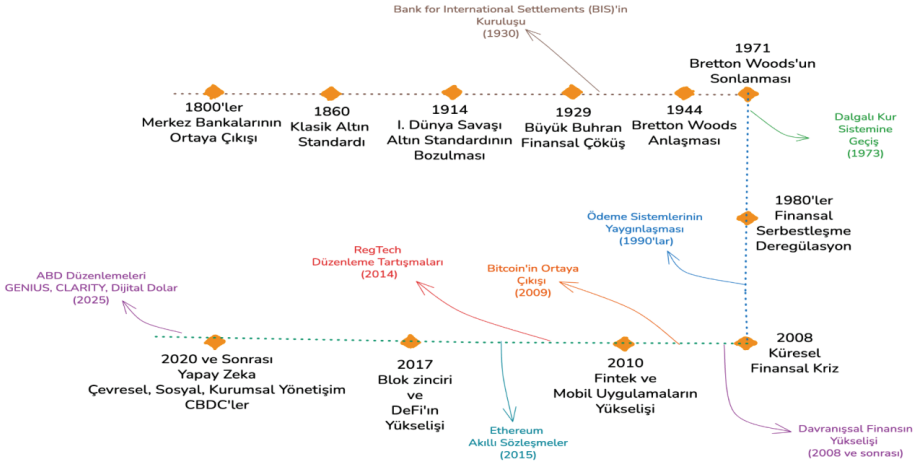
finansal okuryazarlık geliştirmek, bireysel boyutta ekonomik güçlenme, toplumsal anlamda ise finansal istikrar ve geleceğin dijital ekonomisinde kapsayıcı şekilde yer alabilmek için hem bireyler hem de ilgili otoriteler tarafından büyük önem taşımaktadır.

1. FİNANSAL SİSTEM VE EVRİMİ

Mevcut yapıdaki ivmeyi kavrayabilmek adına finansal sistemin ortaya çıkışı ve geçmişine bakıldığında, ekonomik dinamiklerle, toplumsal ilişkilerle ve teknolojik atılımlarla kol kola geliştiğini öne sürmek yanlış olmayacaktır. Hem finansal yapı hem de toplumsal yapı; küreselleşme, dijitalleşme gibi faktörlerin de şekillendirmesiyle yeni ihtiyaçlar ortaya çıktıkça etkileşimli şekilde evrilmiştir.

Finansal sistemlerin dijital dönüşüm eğilimi, küresel finansın yapısını ve işleyişini temelleriyle beraber etkilemiştir. Arner, Barberis ve Buckley (2014), FinTech'in evrimini üç farklı dönem özelinde incelemiş ve 2008 finansal krizinin finans alanındaki dijital inovasyonu hızlandıran bir paradigma değişimi olduğunu savunmakla beraber, özellikle gelişmekte olan ekonomilerdeki sistemlerin verimsizliğinin etkisinin altını çizmiştir. Bu krizin ardından düzenlemelerde ortaya çıkan değişikliklerin teknolojik gelişmelerle birleşerek yeni katılımcılara geleneksel finans kurumlarına karşı yenilikçi yaklaşımları benimsetebileceği vurgusu bu açıdan ilgiye değerdir. Benzer bir bakış açısıyla Gomber, Koch ve Siering (2017) dijitalleşen finansı anlamak için akademik eğilimleri incelerken blok zinciri teknolojisi, mobil ödemeler ve yapay zekâ gibi alanlardaki inovasyonların günümüz geleneksel bankacılık modelleri üzerinde bozucu etkiler yarattığını ve geleneksel düzenleyici çerçevelerin dışında işleyen yeni finansal ekosistemler yarattığını vurgulamaktadır. Kuşkusuz ki teknoloji, finansın ve ekonominin kalbinde yer almaya devam edecektir. Bu sebeple, aralarındaki ilişkinin çok boyutlu olarak anlaşılması önemini koruyacaktır.

1.1. Teknolojinin Finansal Sistemin Evriminde Rolü ve Bütünleşme Süreci



Şekil 1. Finansal ve Ekonomik Sistemin Teknolojiyle Evrimleşme Sürecinde Bazı Önemli Olaylar

Her ne kadar farklı ülkeler makroekonomik gelişmeler ve politik dinamikler sonucu finansal teknolojileri farklı hızlarda, farklı ürün bazında benimsemiş olsalar da Şekil 1'de görülebileceği üzere günümüze kadar uzanan süreçte bazı eğilimler ağırlık kazanmıştır. Tarih boyunca birçok teknolojik yenilik dönemin iktisadi olarak ilerlemiş olan bölgelerinde, nispeten gelişmiş olan ülkelerde ortaya çıkarılırken günümüze bakıldığında artık birçok farklı ülkenin bu yarışa görece kolay şekilde dâhil olabilmesinin teknolojinin ve küreselleşmenin yaygınlaştırıcı bir etkisi olarak değerlendirilmesi mümkündür. Türkiye'de bankacılık sisteminin evrimine bakıldığında (Aksoy ve Güzel, 2023) da dijitalleşmenin boyutları, piyasa büyüklüğü, sistemin dinamikleri açısından zaman zaman küresel eğilimlerden farklılaştığı görülmektedir.

Tablo 1. 1950'den Günümüze Finansal Teknolojideki Bazı Önemli Atılımlar (Bátiz-Lazo ve Wardley (2007), Bátiz-Lazo (2009), Frame ve White (2014), Arner vd. (2017), Gomber vd. (2017))

Dönem	**Teknolojik Atılımlar**	**Finansal Yenilikler**	**Sisteme Başlıca Etkileri**	**Düzenlemeler**
1950'ler	Bankacılıkta bilgisayar teknolojisinin benimsenmesi ve Ar-Ge departmanlarının kurulmaya başlanması	Finansta Ar-Ge atılımları ve bilgisayar destekli bankacılık işlemleri	Dijital bankacılığın temelleri atılmıştır.	II. Dünya Savaşı sonrası finansal sistemin yeniden yapılandırılma süreci
1960'lar	COBOL programlama sistemleri, elektronik veri işleme ve dijital hizmetlere geçiş	ATM Cihazları, çeklerin elektronik olarak işlenmesi ve kayıtların dijital olarak tutulması	Operasyonel verimlilik ve maliyetlerde azalma görülmüştür.	Bankacılıkta otomasyon kullanımına dair düzenlemeler
1970'ler	ATM teknolojisinde atılımlar, SWIFT sistemi ve elektronik fonlar için transfer ağları	Uluslararası ödemelerin standardizasyonu ile gerçek zamanlı işlemler ve elektronik fon transferleri	Küresel anlamda finansal ağ standartları belirlenmiştir.	Uluslararası bankacılık standartlarının oluşturulması (SWIFT)
1980'ler	Çevrim içi bankacılık sistemleri, telekomünikasyonun finansal entegrasyonu ve elektronik ödeme altyapısı	Kredi kartı sisteminin genişletilmesi, elektronik hisse senedi alım satımı ve otomatik takas sistemleri, türev ürünlerin başlangıcı	Müşteriler sistemlere daha hızlı ve daha kolay erişmeye başlamıştır.	Elektronik ödeme sistemlerine dair düzenlemeler
1990'lar	İnternetin benimsenmesi, internet bankacılığı ve elektronik ticaret sistemleri	Çevrim içi aracılık hizmetleri, İnternet tabanlı bankacılık hizmetleri ve elektronik fatura ödemeleri	Uzaktan finansal hizmetler ve piyasaya erişim hızlanmıştır.	İnternet bankacılığı ve uyum çerçevelerinin belirlenmesi
2000'ler	Mobil bankacılık teknolojisi, Yapay zekâ ve büyük veri analitiği ile bulut bilişim teknolojisinin yaygınlaşması	Mobil ödeme sistemleri, Fintech girişimleri, Düzenleyici teknolojiler (RegTech)	Kişiselleştirilmiş finansal hizmetler ve risk yönetimi seçenekleri erişilebilir hale gelmiştir.	Mobil bankacılık ile ilgili güvenlik standartlarının oluşturulması, kara para aklamanın önlenmesine dair (AML) teknolojilerin kullanımı
2010'lar ve sonrası	Blok zinciri teknolojisinin yanında Bitcoin ve diğer kripto varlıklar, Gelişmiş yapay zekâ/makine öğrenimi ile dijital ödeme platformları	Kripto para borsaları, Merkeziyetsiz finans (DeFi), Akıllı sözleşmeler ve dijital cüzdanlar	Finansal adalet ve kapsayıcılıkta iyileşmeler meydana gelmiştir.	Kripto varlıklara dair düzenlemeler, dijital varlıkların çerçeveleri

Tablo 1'de kısaca özetlendiği üzere, finansal sistemin dijitalleşme süreci on yıllar önce başlamasına rağmen 1990'lar ve 2000'ler, uygun fiyatlı yazılım/donanım ve internetin sağladığı ivme ile çevrim içi platformlarının kolay erişebilir hâle gelmesiyle finansal teknolojilerin bireylere daha kolay ulaşmasına ve erişilebilir hâle gelmesine olanak sağlamıştır. Özellikle bankacılık sistemi dikkate alındığında ATM'lerin yaygınlaşması ve şube çalışanlarının bir kısım görevlerini yerine getirebilmesi, geleneksel şube bankacılığının yerini ise daha sonra çağrı merkezleriyle birlikte telefonun, ardından mobil bankacılığın alması, postanın ya da yazılı evrağın kullanıldığı birçok sürecin çevrim içi gerçekleştirilmesi, finansal işlemler açısından bakıldığında ise birçok banka işlemlerinin yerine kredi kartları ve elektronik paranın yaygınlaşması gibi birçok keskin değişim bu yıllarda gözlemlenmiştir.

Ekonomik sistemdeki döngüler dikkatle incelendiğinde kendini tekrar eden bazı süreçlere şahit olmak olasıdır. Genişleme dönemlerinde gelişen teknolojinin de yardımıyla piyasa aktörlerinin finansal verimlilik ve inovasyon isteği körüklenirken finans sektöründeki kurumlar, yatırımcılar ve girişimciler yeni finansal araçlar, piyasalar ve süreçler geliştirmek için kâr veya getiri motivasyonuyla kararlar verirken mevcut düzenleyici kısıtlamaları zorlamak, işlem maliyetlerini azaltmak ve sermaye tahsisinin hızını veya verimliliğini artırmak gibi hedefleri benimsemişlerdir. Bu yaklaşımlar ileride dijitalleşme, enerjide dönüşüm, ekonomik büyüme ve sermayeye erişimin genişlemesinde önemli roller üstlenebilecektir.

Bu süreçlerin verimsizleşmesi veya olası aksaklıklar sonucu ortaya çıkabilecek finansal krizlerle, reel ekonomi üzerinde yıkıcı maliyetlerin oluşabileceği öngörülmektedir. İflaslar, işsizlik ve kamu güveninin kaybı gibi istenmeyen sonuçlarla karşılaşılabilir. Bu olası kayıpları engellemek için devlet düzenlemeleri, kamunun güvenlik ağları, finansal riskleri yönetmek için uluslararası iş birliği gibi yaklaşımlarla sistemik riskin azaltılması, aşırı kaldıraç gibi yüksek risk taşıyan finansal araçların kullanımının kontrol edilmesi terazinin diğer tarafında bir dengeleme yaklaşımını oluşturmaktadır.

Bu perspektifle bakıldığında finansal inovasyon ve dijitalleşme ekonomik sistemin ilerlemesini hızlandırmakta ancak genellikle geleneksel düzenlemelerin hemen ele alamayacağı yeni, şeffaf olmayan risk kanalları ve sistem içi bağımlılıklar yaratmaktadır. 2008 krizinde görülebileceği üzere,

yenilikçi araçlar kontrolsüz bırakıldığında, on yıllar önce ortaya çıkan bir inovasyon gelecekteki krizlerin altyapısını oluşturabilmektedir. Düzenleyici tepkiler genellikle bir krizden sonra ortaya çıkmakta ve sistemi basitleştirmeyi, istikrara kavuşturmayı ve daha şeffaf ve dirençli hâle getirmeyi amaçlamaktadır. Sürecin doğası gereği bir döngü oluştuğu görülmekte, inovasyon ve beraberindeki deregülasyon eğilimiyle büyüme ve karmaşıklık tetiklenmekte, nihayetinde istikrarsızlığın artmasıyla yeniden düzenleme ve kamu denetimine ihtiyaç duyulmaktadır. Dijital çağda hem harcama, tasarruf veya yatırım kararları sırasında hem de sunulan teknolojik ve finansal araçları kullanırken bu durumun farkında olmak gelecekte istenmeyen senaryoların engellenmesine katkıda bulunacaktır.

1.2. Mevcut Finansal Sistem ve Ekonomik Yapı

Mevcut küresel finansal sistemin sermaye akışını kolaylaştıran, riskleri yöneten ve dünya genelinde ekonomik büyümeyi destekleyen kurumlar, piyasalar ve düzenlemeleri barındıran karmaşık bir ağ olduğu gözlemlenmektedir. Şoklar ve krizler tarafından şekillenen ve ilerleyen bu yapı, 2008 finansal krizinden bu yana önemli ölçüde evrilmiş, istikrarı artırmak için dijital teknolojiler ve uluslararası iş birliği daha da ön plana çıkmıştır. Başlıca aktörleri arasında merkez bankaları, ticari bankalar, borsalar, yatırım şirketleri ve türev piyasaları saymak mümkün olmakla beraber; bunlar küresel ölçekte iktisadi işlemleri, yatırımları ve borçlanmayı mümkün kılmaktadır. Bu sistem, sınır ötesi sermaye akışlarının ve ticaretin döviz kurları ve para politikalarından etkilendiği küreselleşme ilkeleriyle şekillenmektedir (Eichengreen, 2019). Günümüzde jeopolitik gerilimler, iklim riskleri, ekonomik ve politik dalgalanmalar gibi zorluklar sistemin dinamiklerini şekillendirmeye devam etmekte, bu da hem bireysel hem de toplumsal anlamda doğru karar verme ihtiyacını artırmaktadır.

Uluslararası Para Fonu (IMF) ya da Dünya Bankası (WB) gibi kurumlar küresel finansal istikrarın korunmasında önemli rollere sahip olmakla beraber; ülkelere denetim, borç verme ve politika danışmanlığı sunmanın ötesinde ekonomik düzen ve iktisadi sistemde yer alan yatırımcılar için de önemli işlevleri yerine getirmektedir. Uluslararası kurumlarla beraber merkez bankalarınca şekillenen para politikaları, faiz oranları, miktarsal genişleme gibi kararlar ile bankacılık ve ilgili sektörlerde düzenleyici stan-

dartlar (Basel düzenlemeleri, Mali Eylem Görev Gücü tavsiyeleri vb.) ile mekanizmalar, sistemik riskleri azaltmaya ve şeffaflığı güçlendirmeye katkı sağlamaktadır. Geleneksel bu yaklaşımların yanında finansal teknoloji ve blok zinciri teknolojilerinin hızlanan entegrasyonu ise verimli, tamamen merkeziyetsiz ya da daha az müdahale ihtiyacı duyacak şekilde yürütülebilecek işlemler için yeni altyapılar sunarak geleneksel bankacılık modelleri üzerinde de devrimsel etkiler yaratmaktadır. Tüm bu gelişmelerle birlikte sistemin ileriye taşınması ve uyumluluğunda iyileşme sağlanırken siber tehditler, dolandırıcılık gibi finans dışı ve piyasa oynaklığı, ekonomik şoklar gibi finansal sistemin kendi içindeki tehlikelere karşı farklı önlemlere ve uluslararası iş birliğine de gereksinim duyulmaktadır.

Tüm bu gelişmeler ışığında finansal okuryazarlık açısından bakıldığında, mevcut sistemi anlamak ve doğru kararlar verebilmek için karmaşıklığının ve birbirine bağlı dinamiklerin kavranması gerekmektedir (Lusardi ve Messy, 2023; Rudeloff, 2019). Finansal okuryazarlık sadece kişisel olarak para yönetimi becerilerini değil, aynı zamanda daha geniş kapsamda ekonomik politikaların ve kurumsal faktörlerin bireylerin elde edeceği finansal sonuçları nasıl etkilediğini, teknolojik gelişmelerin yarattığı çarpan etkilerini de dikkate alarak anlamayı da içermek durumundadır.

Günümüzde finansal okuryazarlık kapsamında sunulan bilgilerin, ekonomik karar alma süreçlerinin hem teknik tarafını hem de davranışsal yönlerini ele alması da altı tekrar tekrar çizilmesi gereken düzeyde bir önem taşımaktadır. Mitchell ve Rusaldi (2015) finansal okuryazarlığın daha iyi borçlanma/tasarruf kararları ve harcama alışkanlıklarıyla bağlantılı olduğunu, bunun da kişisel refah düzeyi açısından temel teşkil ettiğini ileri sürmektedir. Davranışların teknoloji ile nasıl şekillendiğine dair farkındalık oluşturulmasının, sürecin verimliliği açısından kritik bir rol oynadığı ileri sürülmektedir.

1.3. Yapay Zekâ ve Evriminin Finansal Sisteme Etkileri

Yapay zekâda ve büyük dil modellerinde meydana gelen atılımlar ve ortaya çıkan verimlilik artışı, birçok farklı alan ve sektörde yenilikleri de beraberinde getirmiştir. Etkilerini tartışabilmek adına yapay zekâ ve makine öğreniminin finans alanındaki uygulamalarını ve etkileşimini dört ana başlıkta incelemek mümkündür (Xie, 2019);

- *Ön yüz (frontend) uygulamalar:* Kredi puanlaması, sigortacılık ve bireylere yönelik hizmet robotları gibi son kullanıcı/müşteri odaklı olanlar

Burada yer alan hizmetler genellikle son kullanıcılara hitap edecek ve süreçleri iyileştirme potansiyeline olmakla beraber, gizlilik, şeffaflık ve veri yönetimi gibi başlıklar öne çıkmaktadır (Vuković vd., 2025).

- *Arka yüz (backend) uygulamalar:* Sermaye optimizasyonu, risk yönetimi ve piyasa etki analizi gibi yönetimsel düzeyde yer alan uygulamalar

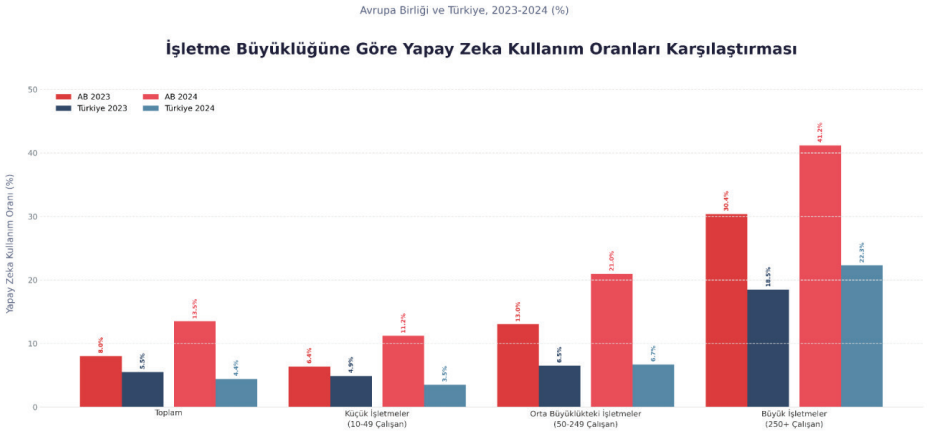
Bu kategoride yer alan modellerin çalışma metodolojisi, süreçlerin şeffaflığı ve ölçülebilir çıktılara sahip olması ihtiyacı başlıca tartışma konuları olarak ortaya konulmaktadır. Sonraki bölümde bazıları tartışılacağı üzere Avrupa Merkez Bankasına (ECB) (2024) göre yapay zekânın finansal istikrar açısından başlıca riskleri; algoritmik ön yargı, hatalı/yanıltıcı çıktı üretimi (halüsinasyon), veri kalitesine dair olası sorunlar, modelin karmaşıklığından kaynaklanan anlaşılması güç süreçler, üçüncü taraf hizmet sağlayıcılara veya dışa bağımlılık, süreçlerde aşırı otomasyon oluşması ve operasyonel kırılganlığa yol açması, piyasa katılımcılarında sürü davranışı ile piyasada aşırı korelasyon gözlenmesi, büyük sağlayıcılara bağımlılıktan kaynaklı tekil hata noktaları ve siber saldırı risklerinin artması şeklinde özetlenebilir olup, birçoğu arka yüz uygulamalarla yakından ilişkilidir.

- Finansal piyasa işlemleri ve portföy yönetimi uygulamaları
- RegTech, finansal kurumlar için düzenleyici teknoloji veya SupTech, finansal düzenleyiciler için denetleyici teknoloji uygulamaları

Düzenlemeye dair teknoloji uygulamalarının (RegTech) finansal kurumlar açısından en büyük avantajı, yüksek izleme ve uyum maliyetlerini sınırlamasıdır. Tekrarlayan, el emeği gerektiren görevleri otomatikleştirerek verimliliği artırabilir, insan kaynaklı hataları azaltabilir ve işletme maliyetlerini önemli ölçüde düşürebilir (Michailidou, 2020). Bu sayede kaynak tahsisini iyileştirmekle beraber, kimlik yönetimi ve dolandırıcılık tespiti, risk yönetimi, gerçek zamanlı izleme ve raporlama, gelişmiş veri analizi, teknolojik esneklik sağlanması gibi geniş bir skalada katkı sağlamaları mümkündür (Michailidou, 2020). Düzenleyici otoriteler için ise SupTech makinelerle uyum, verimlilik ve etkinlik artışı, proaktif ve tahmine dayalı

denetim, teknolojik anlamda ilerleme ve boşlukların giderilmesi gibi avantajlar sunmaktadır (Michailidou, 2020). Gelecekte bu teknolojileri anlayan, düzenleyebilen ve uygulayabilen beşerî sermayenin önem kazanması ve değerlenmesi kaçınılmazdır.

Geçmişten günümüze uzanan süreçte finansal teknolojiyle ilişkili yatay ve dikey sektörler, yapay zekâ, büyük veri, bulut bilişim, nesnelerin interneti (IoT), blok zinciri ve diğer bilgi teknolojilerinin hızla entegrasyonu sayesinde önemli bir büyümeye sahne olmuştur. Şekil 2 yardımıyla Türkiye özelinde incelendiğinde oranlar Avrupa Birliği'nin altında yer almakla beraber ilerleyen dönemler için ciddi bir potansiyele sahip olduğumuzu ileri sürmek temelsiz bir yaklaşım değildir.



Şekil 2. Türkiye ve AB'de İşletmelerde Yapay Zekâ Kullanımı (Eurostat, 2024; Türkiye İstatistik Kurumu, 2024)

Finansal sistem günümüzde yapay zekâ, blok zinciri teknolojisi ve dijital ödeme sistemlerinin yönlendirdiği bir dönüşüm geçirmekte ve değinildiği üzere merkezî kurumlarca yapılan düzenlemeler zaman zaman bu teknolojilerin hızına yetişmekte gecikebilmektedir. Düzenlemeler kademe kademe hayata geçmesine rağmen bu teknolojik gelişmeler ivmesi artan bir şekilde, eşten eşe yeni finansal ilişkilerin kurulabilmesine, otomatik yatırım danışmanlığı (robot danışmanlar, algoritmik portföy oluşturma gibi) benzeri hizmetlerin sağlanmasına ve merkeziyetsiz finans (DeFi) platformlarının hayata geçmesine olanak sağlayarak geleneksel finansalın alışılagelmiş birçok hizmetinin yerini almaktadır. İlerleyen bölümde tartışılacağı üzere,

finanstaki yapay zekâ uygulamaları, risk değerlendirmesi, dolandırıcılıkların tespiti, algoritmik karar hizmetleri ve müşteri hizmetleri otomasyonu gibi geniş bir ölçekte finansal kurumların işleyişini ve müşterileriyle olan etkileşimini radikal bir şekilde, köklerinden değiştirmektedir.

Yapay zekâ ve dijital teknolojilerin bu hızlı entegrasyonun, finansal okuryazarlık ve tüketicilerin korunması için beraberinde hem yeni fırsatları hem de zorlukları getirdiği görülmektedir. Bu teknolojiler finansal hizmetlere erişimi kolaylaştırma ve kişiselleştirilmiş finansal rehberliği büyük ölçekte sağlama potansiyeline sahipken (Mistry, 2025), aynı zamanda modellerin eğitim sürecinde oluşabilecek algoritmik ön yargılar, veri gizliliği ve otomatik oluşturulan sistemlere duyulacak aşırı güven ihtimali ile ilgili yeni riskleri de beraberinde getirmektedir. Merkez bankası dijital para birimlerinin (CBDCler) ve kripto para birimlerinin sisteme entegrasyonları ve yapay zekânın bu süreçlerde kullanılabilmesi, yeni düzenleyici çerçeveler ve bireylerin finansal okuryazarlık konusunda bilgilendirilmelerini gerektirerek bu tabloyu daha da karmaşıklaştırmaktadır. Finansal sistemler gelişmeye devam ettikçe para, bankacılık ve ekonomi politikasının temel dinamiklerinin teknoloji ve finansın kesişimi tarafından muhtemelen yeniden şekillendirileceği ve bu karmaşık, hızla değişen çerçevede güvenli şekilde yol alınabilmesi için finansal okuryazarlığın giderek daha önemli, vazgeçilmez bir hâle geleceği öngörülmektedir.

2. FİNANSAL SİSTEMDE YAPAY ZEKÂ KULLANIMI VE ARAÇLAR

2.1. Bireysel Kullanım

Yapay zekâ araçlarının herhangi bir aracıya ihtiyaç duymadan, bireysel amaçlar için kullanılması gelecekte en olası senaryolardan biri olarak öne çıkmaktadır ve hâlihazırda yapay zekâ kullanılmadan fakat dijital olarak yapılabilen birçok işlem, bu şekilde otomasyonla birleştirilebilecektir. Bu noktada ortaya çıkabilecek etkileri ise kısaca özetlemek mümkündür.

- **Bütçeleme ve Giderlerin Takibi:** Yapay zekâ destekli uygulamaların finansal işlemleri otomatik olarak kategorize etmesi, harcama alışkanlıklarını belirlemesi ve bunlara dayalı olarak kişiselleştiril-

miş öneriler sunması, olağandışı harcamalar hakkında uyarılarda bulunması, geçmiş verilere dayanarak gelecekteki harcamaları tahminlemesi mevcut yapıya kıyasla daha hızlı ve verimli şekilde gerçekleşebilecektir. Bireylerin planlama ve hazırlık yapabilmesi için objektif, veriye dayalı analizler sunması en olası senaryolardandır.

- **Yatırım Yönetimi:** İlerleyen başlıkta tartışılacağı üzere robot (robo) danışmanlar risk toleransına göre çeşitlendirilmiş portföyler oluşturup yönetebilecek ve yapay zekâ destekli piyasa analizi, hisse senedi tarama araçları gibi imkânları bireylere sunabilecektir. Otomatik, algoritmik kararlar verebilen mekanizmaların günümüzdekilere kıyasla daha verimli çalışması mümkün olacaktır.
- **Finansal Planlama:** 7/24 finansal tavsiye sağlayabilecek, soruları yanıtlayabilecek araçların bireylerin finansal kararları üzerinde olumlu etkiler yaratma potansiyelleri büyüktür. Bununla beraber gelecek için tasarruf hedefleri için düzeylerin belirlenmesi ve ilerlemelerin takibi kolaylaşacak, olası ekonomik senaryoların teknik bilgi ihtiyacı olmadan modellenebilmesi ile kişiselleştirilmiş emeklilik planlaması gibi imkânlara bireysel olarak da sahip olunabilecektir.
- **Borç Yönetimi, Fatura/Vergi Ödemesi vb. Takibi:** Bireylerin periyodik süreçleri otomatize edebilecek olması mevcut sistemde de mümkün olsa da bunun daha uzun vadeli, değişen koşullara (vergi dilimi vb.) göre yapılabilecek olması ek olumlu etkiler yaratabilecektir.

2.2. Robot Danışmanlar ve Algoritmik Portföyler

Robot danışmanlar, basitçe algoritmalardan ve yapay zekâdan yararlanarak finansal tavsiye ve yatırım yönetimi hizmetleri sunan, minimum insan müdahalesiyle çalışan otomatik dijital platformlar ya da hizmet olarak nitelenebilmektedir. Sıklıkla çevrim içi anketler yardımıyla kullanıcının finansal hedeflerini, risk toleransını ve yatırım ufkunu değerlendirerek başlar ve ardından hisse senetleri, tahviller ve çeşitli fonlar gibi varlıklardan oluşan çeşitlendirilmiş bir portföy oluşturmakta ve istenildiği takdirde yönetimi üstlenebilmektedirler. Günümüzde de gelişmiş algorit-

malarla desteklenen bu araçlar, optimal varlık dağılımını sürdürmek için portföyleri otomatik olarak yeniden dengeleyebilmekte ve geleneksel finansal danışmanlara kıyasla genellikle daha düşük maliyetlerle işlemleri verimli bir şekilde gerçekleştirebilmektedir. Türkiye gibi uygun fiyatlı finansal hizmetlere erişimin sınırlı olabileceği bölgelerde, yapay zekâ destekli robot danışmanlar değerlendirilecek miktardan bağımsız olarak bu araçlara düşük ücretli erişim imkânı sunarak yatırım kültürünü yaygınlaştırabilme ve kapsamlı finansal bilgiye ihtiyaç duymadan birikimlerini artırmak isteyen bireyler için erişilebilir bir finansal kültür oluşturabilme fırsatı sunabilmektedirler.

Ne var ki robot danışmanlar verimlilik ve maliyet etkinliği konusunda başarılı olsalar da özellikle insan empatisi veya incelikli yargı gerektiren durumlarda, karmaşık veya birey özelinde ortaya çıkan finansal olayları ele almada sınırlamalara sahip olabilirler ve bireylere hizmeti insan çalışanlara kıyasla daha verimsiz şekilde sunabilirler (Eichler ve Schwab, 2024). Genel olarak, eğitim kaynakları ve simülasyonlar sağlayarak finansal okuryazarlığı artırma şansları olsa da bireysel koşullara ve düzenleyici ortamlara uygunluğuna emin olmak için kişisel düzeyde de finansal okuryazarlık bilgisine sahip olma zorunluğu önemini koruyacaktır.

2.2.1. Avantajlar

(1) Verimlilik ve Erişilebilirlik

Kuşkusuz ki hizmetleri mevcut insan danışmanlara kıyasla daha düşük maliyetle sunma imkânına sahip olmalarını en fazla öne çıkan faktör olarak değerlendirmek mümkündür. Bu platformlar, geleneksel varlık yönetiminin teknolojik/ekonomik bariyerlerini ortadan kaldırarak yatırım kültürünü yaygınlaştırmaya, finansal hizmetleri daha geniş bir kitleye erişilebilir kılmaya katkı sağlayabilirler (Crisanto vd., 2024). Duyulan güven, finansal okuryazarlık ve araçların kullanım kolaylığı benimsenmelerinde rol oynamaktadır (Qadoos vd., 2025) ve geliştirilme, tanıtılma süreçlerinde dikkate alınmalıdır.

(2) Otomatik Portföy Yönetimi

Çalışmalar ve günümüzde sunulan hizmetler, robot danışmanların gelişmiş algoritmalar kullanarak verimli otomatik yeniden dengeleme ve

varlık tahsisi sağladığını göstermektedir (Ahn vd., 2020). Bazı araştırmalar, bu sistemlerin minimum insan müdahalesiyle yatırım portföylerini optimize edebildiğini ve rekabetçi performans metriklerini koruyabildiğini ortaya koymaktadır fakat zıt yönde bulgular da mevcuttur (Horn ve Oehler, 2020); tıpkı mevcut sistemde olduğu gibi varlıklara dair farklı yaklaşımlar izleyen bu algoritmaların takibi ve insan müdahalesi anlamlı olabilecektir (Lam, 2016). Örneğin robot danışmanların yönettiği portföyler kriz dönemleri gibi şoklarda olumlu yönde farklılaşırken diğer dönemlerde performansları insanlara benzemektedir (Liu vd., 2023). Dikkate değer başka bir nokta ise gelecekte yapay zekâ algoritmalarının ve modellerin gelişerek verinin daha verimli kullanılma ihtimali ile daha iyi bir performansın genele yayılabilecek olmasıdır.

(3) Veriye Dayalı Karar Verme

Doğal dil işleme modelleri sayesinde makine öğrenimi modelleri ve pekiştirmeli öğrenme kapasitesine sahip bu danışmanlar doğru şekilde eğitildikleri ve kullanıldıkları takdirde piyasa eğilimleri, ekonomik göstergeler ve kullanıcının tercihleri dâhil olmak üzere geniş veri kümelerini analiz etme yeteneği kazanmakta, davranışsal ön yargıları azaltabilmektedirler (Eichler ve Schwab, 2024; Hu vd., 2024; Ahmad vd., 2025).

2.2.2. Tehlikeler

(1) İnsan Etkileşimi

Eichler ve Schwab (2024), robot danışmanların insanların sunduğu hizmeti aynı şekilde sunamadığını, daha da ötesinde finansal okuryazarlık üzerinde olumsuz bir etki yarattığını savunmuştur. Robot danışmanların sundukları önerilerde belirli ürünleri öne çıkarabildiği belirtilmektedir (Kim vd., 2019). Bu noktada dikkate değer önemli bir nokta, bireylerin robot danışman kullanımlarından farklı şekilde etkilenme olasılığıdır. Nitekim Isaia ve Oggero (2022) de yüksek finansal okuryazarlık seviyesine sahip bireylerin bu danışmanları kullanmaya daha meyilli olduğunu gözlemlemiştir. Nourallah ve diğerleri (2025) de finansal okuryazarlık açısından robot danışmanların sahip olduğu potansiyelin gerçekleştirilebilmesi amacıyla benimsenmesinin önündeki engellerin kaldırılmasına yönelik iş birliği ve sorunlara yönelik politika ihtiyacının altını çizmektedir.

(2) Algoritmik Yanlılık ve Şeffaflık

Algoritmalar doğası gereği eğitildiği veriler baz alındığında insan yanlılıkları içerebilmektedir. Derin öğrenme modellerinin "kara kutu" doğası, şeffaflık sorunları yaratmakta ve finans ya da yapay zekâ uzmanlarının karar alma süreçlerini anlamasını ve güvenmesini zorlaştırmaktadır. Yapay zekânın finans piyasalarında sistemik riskleri artırarak tüm toplum üzerinde ciddi dolaylı etkiler yaratabilmesi ihtimali (Svetlova, 2022) dikkatle izlenmelidir.

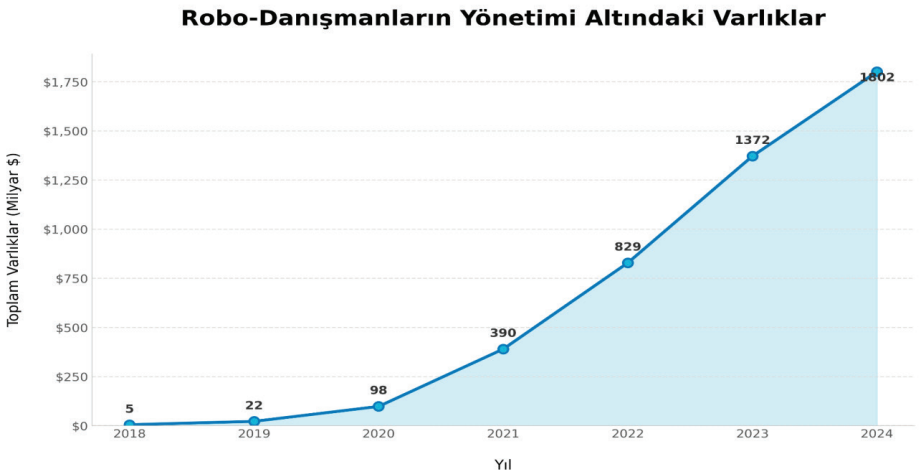
(3) Düzenleme ve Uyum Zorlukları

Özellikle gelişmekte olan piyasalarda robot danışmanlar için netleşmemiş yasal ve düzenleyici çerçeveler (Sanz Bayón, 2018) ile bazı boşluklar dikkat çekmekte ve sınırların çizilmesine olan ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Finansal düzenlemelere uyum sorunları, yaygın benimsemenin önünde önemli bir engel teşkil etmekle beraber düzenlemelere ve genel anlamda hukuki yaklaşımlarda uluslararası uyum da önem taşıyan bir unsurdur. Çin'in deneyimlerinde görülebileceği üzere (Guo, 2020) çok sıkı düzenlemeler bu araçların dünyanın geri kalanıyla aynı düzeye erişmesini engelleyebilir.

Türkiye özelinde incelendiğinde Demirel ve Topçu (2024) yaptıkları çalışmada sohbet botu kullanıcılarındaki %1'lik bir artışın, uzun vadede mobil bankacılık kullanıcılarında %0,2'lik bir artışa yol açtığını, yapay zekâ ile görüntülü görüşmenin de olumlu fakat daha küçük bir etkisi olduğunu gözlemlemiştir. Benzer bir perspektifen Gümüş vd. (2020) finans ve bankacılık sektöründe yapay zekâ uygulamalarının etkin kullanımının, kullanıcılar açısından büyük kolaylıklar sağladığını öne sürerken, anket bulgularına göre katılımcıların yaş, gelir ve eğitim düzeyi yükseldikçe yapay zekâya duydukları güven de artış göstermektedir. Kendini geri besleyebilen bir güven mekanizması yapay zekânın bilinçli kullanımı açısından gelecekte önem taşıması muhtemel bir yapıya işaret etmektedir.

2.3. Geleceğin Danışmanları ve Dijital İkiz Kavramı

Şekil 3'te yer alan grafikteki benimsenme hızı dikkate alındığında, robot danışmanların ilerleyen dönemlerde yoğun ilgi göreceğini ve daha verimli hâle geleceğini tahmin etmek çok da iddialı bir yaklaşım olmayacaktır. Sanal ya da artırılmış gerçeklikten faydalanılması ise bu süreci hızlandırabilecektir.



Şekil 3. Robot Danışmanların Yönettiği Varlıkların Gelişimi (KPMG, 2024)

Hibrit bir yaklaşım olarak nitelendirilebilecek dijital ikiz, fiziksel bir nesnenin, sürecin veya sistemin sanal bir temsili ya da modeli olarak tanımlanabilmektedir. Sensörlerden, IoT cihazlarından ve diğer kaynaklardan gelen verileri kullanarak gerçek dünyadaki karşılığını gerçek zamanlı olarak yansıtmakta ve performansı simüle etmek, tahmin etmek ve optimize etmek için kullanılabilmektedirler. Bu açıdan bakıldığında robot danışmanlar için de uygun bir altyapı sunma ihtimalleri dikkat çekmektedir. Anshari vd.ne (2022) göre dijital ikize sahip robot danışmanlar bazı avantajlara sahip olsa da düzenleme ve uyum ihtiyacı burada da öne çıkmaktadır:

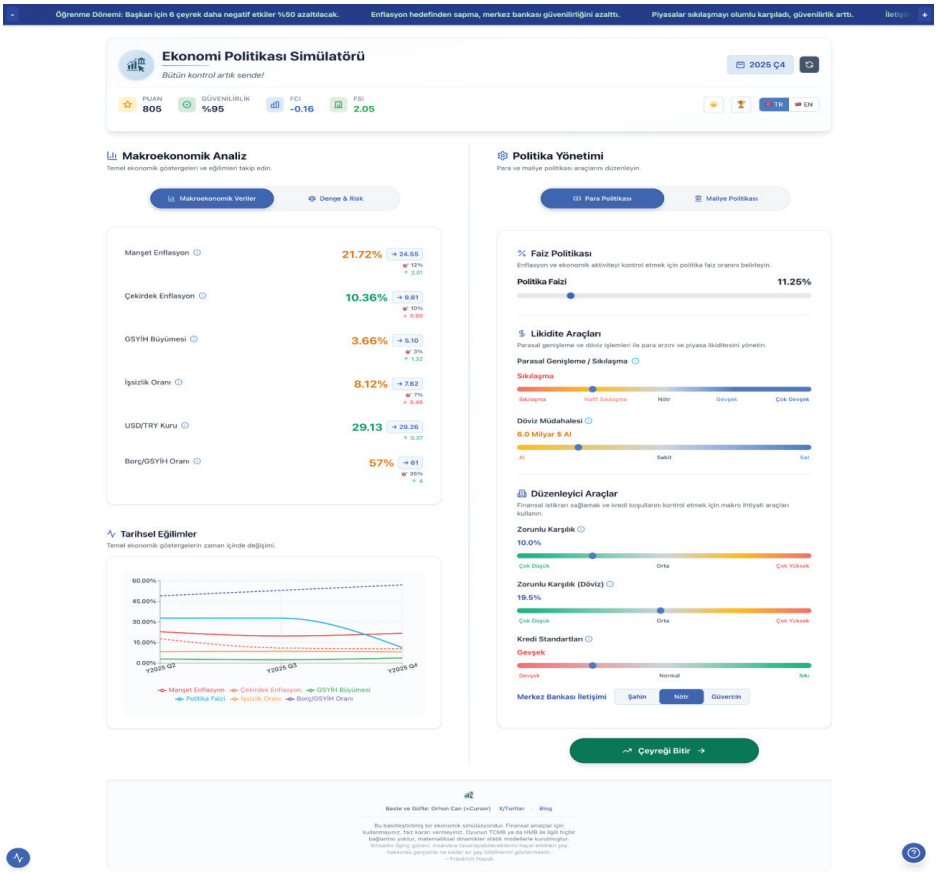
- Dijital ikiz tabanlı robot danışmanlar sadece yatırım hedefi ve risk tercihlerine değil, bireyin tüm dijital finansal davranışlarına erişip daha bütüncül ve gerçek zamanlı analiz yapabilmektedir.
- Kullanıcı ile dijital ikiz arasındaki etkileşim, finansal kararların kalitesini artırabilecek, farklı senaryolarda simülasyon yapma imkânı sunacaktır.
- Dijital ikizler henüz emekleme döneminde olsa da pratik uygulamalar geliştirildikçe potansiyel faydaları artabilecek olsa da yapay zekâ ile etkileşim hâlinde olan tüm sektörler gibi atılımların daha net gözlenebilmesi için etik, gizlilik ve veri yönetimi gibi sorunların da çözülmesi gerekecektir.

2.4. Eğitim Araçları

Kuşkusuz ki yapay zekânın doğrudan olmasa da dolaylı etkilerinden biri, bireylerin finansal okuryazarlık hakkında bilgilendirilmesi üzerinden olabilecektir. Simülasyonlar, oyunlaştırma gibi tekniklerin kullanılması ve internet gibi yaygınlaştırıcı araçların benimsenmesiyle, bilginin yüksek hızlarda yayılması mümkün kılınabilecektir.

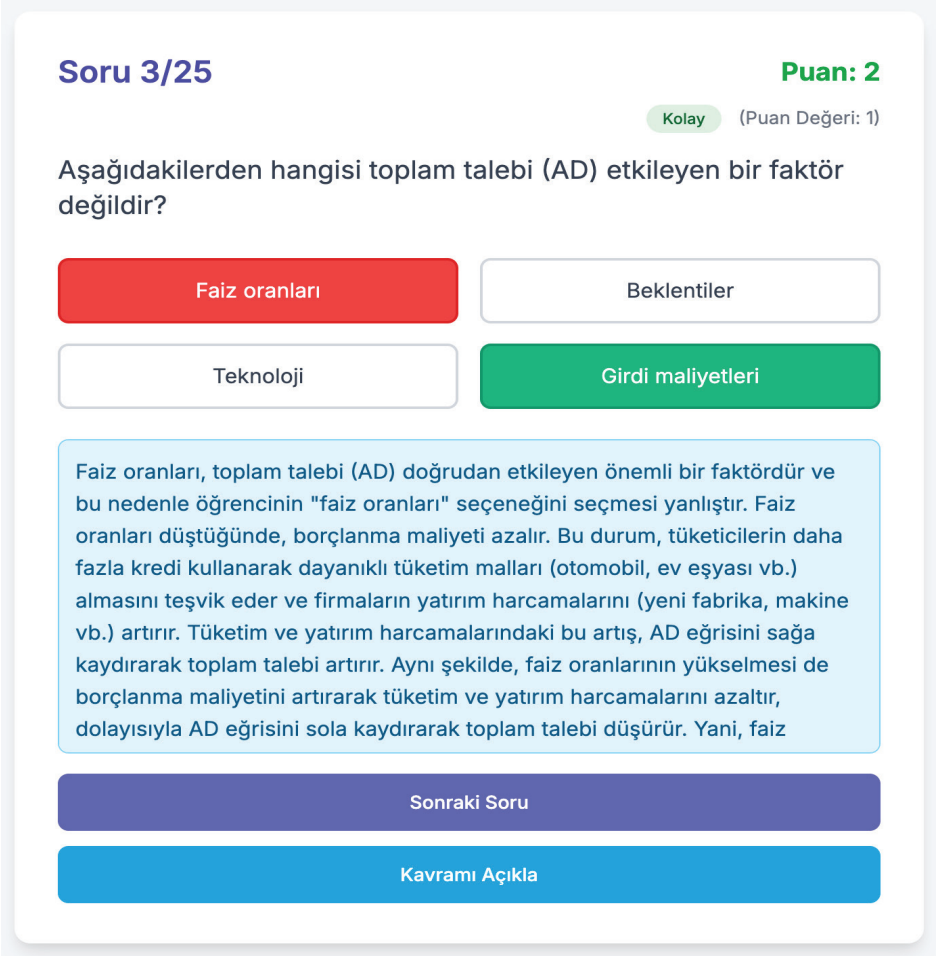
Yapay zekânın kişiselleştirilmiş ve erişilebilir öğrenme deneyimleri sunma konusundaki başarısı finansal okuryazarlık eğitiminin etkinliğini önemli ölçüde artırırken, belirli gruplara ulaşmayı kolaylaştırma potansiyeline sahiptir. Uyarlanabilir, çevrim içi öğrenme uygulamaları gibi yapay zekâ destekli platformlar, başlangıç testleriyle bireyin mevcut bilgi düzeyini değerlendirme ve ardından içeriği buna göre uyarlayarak bütçeleme, yatırım veya borç yönetimi gibi konularda yol haritası sunabilmektedirler. Benzer basit simülasyonların yanı sıra, doğal dil işleme modelleriyle bütünleşmiş sohbet robotları, gerçek zamanlı konuşmaları simüle ederken soruları basit terimlerle yanıtlamakta ve karmaşık kavramları insan eğitmenlere ihtiyaç duymadan açıklamaktadırlar. Bu yaklaşım, eğitim sürecini daha ilgi çekici hale getirmenin ötesinde geleneksel finansal eğitimin sınırlı kalabileceği bölgelerde yetersiz hizmet alan fertlere ulaşarak ölçeklenebilir bir hale dönüştürebilme potansiyeline sahiptir. Daha ileri boyutlarda makine öğrenimi algoritmalarından yararlanarak, bu araçlarla bireylerin ilerlemeyi takip edebilmeleri ve zorluk seviyesini ayarlayarak kendilerine güven kazanmalarını, bilgiyi daha etkili bir şekilde akılda tutmalarını teşvik etmek mümkündür.

Bu tip çevrim içi araçlara para ve maliye politikalarının ekonomideki makroekonomik değişkenler ve enflasyon üzerindeki etkilerini simüle etmek amacıyla yapay zekâ yardımıyla Dağtekin (2025a) tarafından hazırlanan ekonomi simülatörünü örnek vermek mümkündür. Şekil 4'te görüldüğü üzere yapay zekâ yardımıyla kodlanan ve oyunlaştırılan bu araçta bireyler faiz oranı, vergiler, zorunlu karşılıklar gibi makroekonomik değişkenleri simülasyonda izleyerek enflasyon, büyüme, işsizlik gibi göstergeler üzerindeki etkilerini gözlemleyebilmektedir.



Şekil 4. Ekonomi Politikası Simülatörü

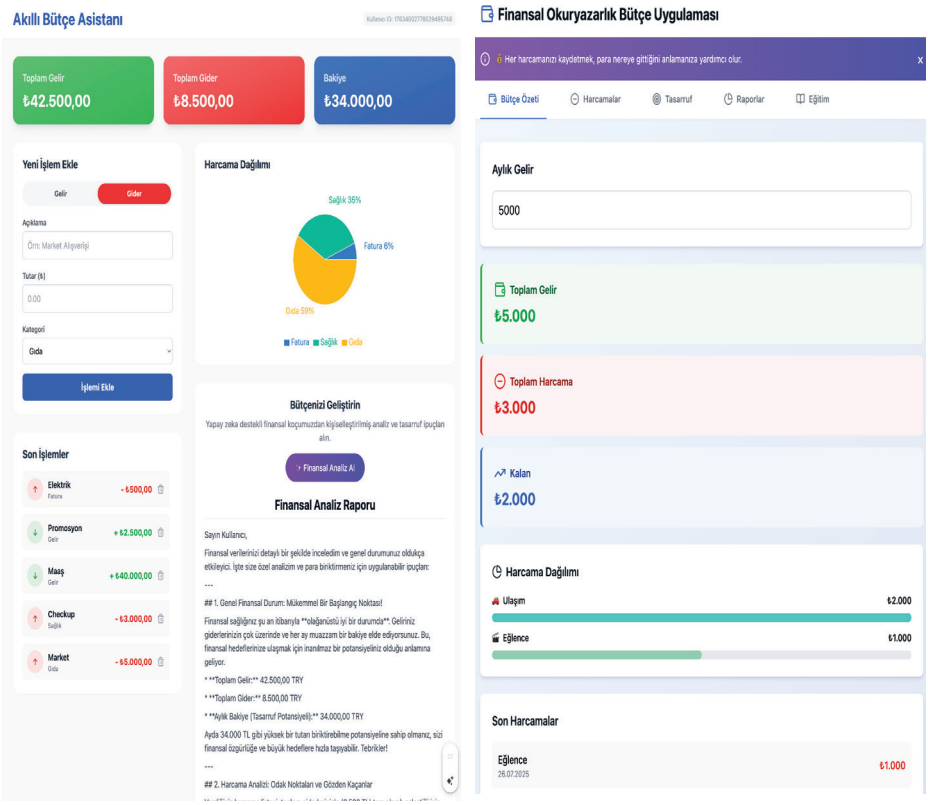
Benzer bir yaklaşımla, API anahtarları aracılığıyla interaktif içerikler oluşturmak ve kullanıcının yaptığı hatalara yönelik kişiselleştirilmiş düzeltmelere sahip bilgi içerikleri oluşturmak da mümkündür. Şekil 5'te bulunan araçta öğrenciler ücretsiz Gemini API anahtarını girdikten sonra çoktan seçmeli sorularla karşılaşmakta ve performanslarına göre soruların zorluk seviyesi değişirken yaptıkları hatalar sonucu zayıf oldukları konulara dair kendilerine özel açıklamalar oluşturulmaktadır.



Şekil 5. Gemini API ile Desteklenen ve Yapay Zekâ Yardımıyla Bireyin Yaptığı Hatalara Yönelik Açıklamalar Sunan Örnek Bir Soru Havuzu (Dağtekin, 2025b)

Birçok yapay zekâ hizmetinin (Claude (Anthropic, 2025), Gemini, (Google, 2025), chatGPT (OpenAI, 2025) vb.) kendi içerisinde gömülü araçları çağırma kapasitesi, MCP sunucuları ve doğrudan erişilebilen sohbet botları finansal okuryazarlık eğitimi ve yönlendirme için dikkate değer fırsatlar sunmaktadır (Şekil 6). Bu sistemler yalnızca bilgi aktarmakla kalmayıp, bireyin anlık ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş finansal rehberlik sunabilmekte, kullanıcıların gerçek zamanlı karar destek sistemlerine erişmesini sağlamaktadır. Özellikle doğal dil işleme ve pekiştirmeli öğrenme

gibi teknolojiler sayesinde bu araçlar, bireyin anlayış düzeyine göre içerik sunabilmekte ve davranışsal finans ön yargılarını azaltacak şekilde etkileşimde bulunabilmektedir. Bu sayede finansal okuryazarlık eğitimi, pasif bilgi aktarımından çıkarak dinamik, kişiselleştirilmiş ve öğrenmeyi pekiştiren bir sürece dönüşmektedir.



Şekil 6. Gemini (Gem) ve Claude (Artifact) ile Oluşturulmuş Örnek Bütçe Takip Uygulamaları

Hemen hemen her sağlayıcının sunduğu hizmetler ile güncel haberleri ayrı bir arayüz ihtiyacı duymadan otomasyona bağlamak ve belirli periyotlarda finansal kararlara temel oluşturacak derinlikli raporlar elde etmek de Şekil 7 benzeri yaklaşımlarla mümkündür.



Şekil 7. Perplexity AI (2025) Kullanılarak Elde Edilmiş Bir Rapor (Günlük, saatlik, aylık periyotlarda istem oluşturulabilir)

3. YAPAY ZEKÂNIN FİNANSAL SİSTEM İLE BÜTÜNLEŞMESİNİN GETİRDİĞİ RİSKLER VE BU RİSKLERİN YÖNETİLMESİ

Tüm bu yenilikçi süreçler kuşkusuz ki kazanımlarla beraber kamusal, bireysel ve toplumsal düzeylerde yönetilmesi gereken çeşitli tehlikeleri de beraberinde getirecektir.

3.1. Yoğunlaşma Riski

Yapay zekâ araçlarının geliştirme süreci büyük miktarda veri ve kapsamlı kaynaklara ihtiyaç duymaktadır. Rekabet üzerinde olumsuz bir etki ve tekelleşmeye yol açma potansiyeliyle, az sayıda büyük oyuncu arasında yoğunlaşma ciddi bir tehdit olarak ortaya çıkmaktadır. Üçüncü taraflara (hizmet sunan şirketlere) oluşabilecek bağımlılık ve yoğunlaşma riski tüm

ekonomik ve finansal sistem üzerinde istenmeyen etkiler ortaya çıkmasına sebep olabilecektir (Crisanto vd., 2024).

3.2. Veri Gizliliği ve Güvenliği

Veri gizliliği ve güvenlik risklerine dair endişeler de güncel tartışmalarda kendine sıkça yer bulmaktadır. Hassas müşteri verilerinin korunmasının zorlaşması ve siber saldırı riskleri ortaya çıkabilecek başlıca tehlikeler arasında yer almaktadır (Crisanto vd., 2024).

3.3. Operasyonel ve Sistemik Riskler

Yapay zekâ entegrasyon süreçleri, özellikle üçüncü taraf ve bulut hizmetlerine bağımlı olunduğunda, finansal kuruluşların bilgi teknolojisi altyapısına karmaşıklık katmaktadır (Crisanto vd., 2024). Aynı anda hizmet sunan bilişim teknoloji şirketlerinde (alan adı sunucuları, yapay zekâ modeli geliştiricileri vb.) yaşanabilecek aksaklıklar, tüm sistemi etkileyebilecektir.

Bununla beraber kritik hizmetlerde kullanılmak üzere az sayıda teknoloji şirketi tarafından sağlanan araç ve altyapılara yüksek düzeyde bağımlılık ile oluşan operasyonel risk, aynı zamanda sistemik riski de beraberinde doğurma riskine sahiptir. Benzer algoritma ve yaklaşımlara sahip modeller aynı anda birçok kurum tarafından kullanıldığı ve hizmete sunulduğu takdirde, sürü davranışı ve döngüsel piyasa hareketlerine yol açarak ekonomiyi ve finansal sistemi olumsuz etkileyebilir (Fernández, 2019).

3.4. Etik Sınırlar ve Yanlılığa Yönelik Endişeler

Hem Mali İstikrar Kurulu (FSB) ile Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) (2024) hem de BIS (Crisanto vd., 2024) raporlarında model riski, verinin yönetilmesi ve şeffaflık diğer risklerle bağlantılı olarak sıkça tartışılmaktadır. Yapay zekâ modellerinin eğitimi daha önce tartışılan ön yargılı çıktıların engellenmesi ve bireylerin etkilendiği davranışsal faktörlerin olumsuz etkilerinin arındırılması için de büyük öneme sahiptir. Bu açıdan bakıldığında düzenleyici ve kısıtlayıcı düzenlemeler ile uluslararası düzeyde uyumun önemi tekrar göze çarpmaktadır.

Modellerin şeffaflığı, eğitim süreci ve kullanılan veriler, kullanıcıların araçlar hakkında yeterli düzeyde bilgilendirilmesi, modellerin çıktılarının sınırlarına dair geliştiricilerce belirlenecek bariyerler, insan müdahalesini

gerektirecek durumlara dair planlamalar gibi birçok alt başlık yapay zekâ araçlarının finansta ve finansal okuryazarlık çerçevesinde sunacağı hizmetler ve katkısı üzerinde doğrudan belirleyici olacaktır.

Etik, sürdürülebilir finansal teknolojileri benimseyen kurumların bu açıdan öne çıkması şaşırtıcı olmayacaktır. Forbes beklentilerine göre sürdürülebilir ve etik finansal ürünlere olan talep artacak, bankalar çevresel etkileri konusunda şeffaf olarak çevre bilincine sahip müşterileri çekmeye çalışacaktır (Marr, 2024).

3.5. Diğer Faktörler

Tartışılan ekonomik ve teknolojik faktörlerin yanında yeterli bilgi düzeyine sahip personel bulunmaması kurumlar açısından bir engel olarak değerlendirilebilecekken bireyin ya da kurumun yapay zekâdan yararlanacak bir potansiyele sahip olmaması gibi durumlar yapay zekânın benimsenmesinin ve kullanılmasının önünde bariyer oluşturabilecektir. Donanım ve altyapıya ulaşmakta zorluk yaşanması, yeterli düzeyde veri elde edilememesi gibi nedenler de olası sorunlar yaratma riski doğurmaktadır.

Tüm bunlara ek olarak kara para aklamayla mücadele ve terörizmin finansmanının engellenmesinde hem yapay zekâ araçlarının kullanılması hem de bu araçlardan faydalanılarak gerçekleştirilebilecek yasa dışı işlemlerin önüne geçilmesi önceliklerden biri olacaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Finansal hizmetlerdeki iş türlerinin, mesleklerin tanımlarının ve yerine getirdikleri görevlerin değişmesi kaçınılmaz bir gerçektir. Yapay zekânın getirdiği bu yeniliklerden, fırsatlardan yararlanmak ve olası riskleri yönetebilmek için doğacak bu beceri açığını kapatmak önemli bir başlık olacaktır (Marr, 2024). İleride hayatımıza girmesi muhtemel, yapay zekâdan yararlanan finansal teknolojiler hem bireysel hem de kurumsal düzeyde yeni ihtiyaçları beraberinde getirecektir. Dijitalleşmenin hızı da dikkate alındığında, bazen yürümeden önce koşmak gerekir. Geleceğe ivedilikle hazırlanmak, kullanılabilecek araçları ve hizmetleri doğru seçmek, eksiklikleri ve güçlü yönleri hakkında bilgi sahibi olmak olası kayıpları engellemek için ön şart olmakla beraber öncül yaklaşımın temelini oluşturmalıdır.

Tüm bu gelişmeler ışığında dijital dönüşüm küresel piyasaların rekabet dinamiklerini kökten değiştirmiş, değer yaratma ve dağıtımında yeni yaklaşımları ortaya çıkarmıştır. Blok zinciri, Nesnelerin İnterneti ve bulut bilişim gibi teknolojilerin entegrasyonu, ekonomik ve finansal sektörler genelinde verimlilik ve şeffaflık artışı sağlamıştır. Güçlü dijital altyapıya ve destekleyici düzenleyici çerçevelere sahip ülkeler önemli ölçüde daha yüksek verimlilik artışlarına sahne olurken bu dijital getirinin eşit şekilde dağılmama riskine karşı dijital kaynaklara ve fırsatlara adil erişimi sağlayan strateji arayışları kuşkusuz devam edecektir.

Dijitalleşmenin ekonomik etkileri yalnızca kısa vadeli verimlilik artışlarıyla sınırlı kalmayıp emek piyasalarının ve sermaye tahsisinin temel yapısını da yeniden şekillendirmesi kaçınılmazdır. Bu yapısal dönüşüm, geçişin etkin bir şekilde yönetilebilmesi için tıpkı finansal okuryazarlık örneğinde olduğu gibi kapsamlı yeniden beceri kazandırma programlarını ve uyumlu sosyal güvenlik ağlarının verimli şekilde kullanılmalarını gerektirecektir. Finansal hizmetlerin dijitalleşmesi şüphesiz ki sermayeye erişimi adilleştirmiş, yenilikçi girişimlerin kitlesel fonlama, dijital kredi platformları vb. aracılığıyla geleneksel finansman kısıtlarını aşmasına da olanak sağlamıştır. Değişen ekonomiler bu gelişmelerin şekillendiği ve hızla dijitalleşen dünyada ilerlerken sürdürülebilir ve adil büyümenin anahtarı teknolojik ilerlemeyle toplumsal uyumu dengelemekte yatacak, dijitalleşmenin faydalarının geniş çapta paylaşılmasını sağlarken kırılgan gruplar üzerindeki yıkıcı etkilerini de hafifletmeye katkı sağlayacaktır.

Finansal bilinç kazanımı açısından bakıldığında temel finansal kavramları anlamanın ve uygulamanın ötesinde, modern finansal okuryazarlık artık dijital yetkinlik ve okuryazarlık, algoritmik yaklaşımlar ve farkındalık ile yapay zekâ tarafından üretilen tavsiyeleri/çıktıları eleştirel bir şekilde değerlendirme yeteneği gerektirmektedir. Kullanıcılar veri gizliliği, otomasyon/çıktı yanlılığı ve makine öğrenimi modellerinin şeffaf olmayan yapılarıyla ilgili endişelerle başa çıkmak ve bilinçli hareket etmek zorundadır. Finansal eğitimin ve ekonomik refahın geleceği, bireylerin yalnızca bu gelişmiş araçları kullanmakla kalmayıp aynı zamanda tercihleri ve risk algıları bağlamında bunları etkili bir şekilde sorgulama ve yorumlama konusunda

da donanımlı olmalarını sağlamak için alışılageldik yaklaşımların ötesine geçerek dijital ve etik okuryazarlığı da kapsayacak şekilde genişlemelidir.

Bireysel Bazda Öneriler

- Çevrim içi kurslar ve sertifika programlarına katılım ilerleyen dönemlerde daha fazla ilgiyle karşılaşacaktır. Türkçe içerik üreten finans uzmanlarının dijital olarak takip edilmesi de katkı sağlayabilecektir. Bu tip kaynakları ve eğitimleri tercih ederken içeriğinin bilimsel bir bakış açısıyla kontrol edilmesi, sunulan bilgiye ulaşırken gerek duyulduğu takdirde farklı kaynaklara da başvurarak bilinçli hareket edilmesi son derece önemlidir.
- Mobil öğrenme uygulamaları ya da finansal kavramları oyunlaştırarak öğreten uygulamaları kullanmak her yaş grubu için dijitalleşen çağın sunduğu imkânlardan verimli ve erken şekilde faydalanmayı sağlayacaktır. Bununla birlikte sanal yatırım simülasyonlarının, dijital bütçe uygulamalarının ve otomatik tasarruf sağlayan araçların kullanımı da hem kişinin kendisi hem de aile bireyleri için finansal okuryazarlığı güçlendirme ve bütçe yönetimi oluşturma konusunda destek vererek ortak bir gelecek yaklaşımı hazırlamaya olanak sunacaktır.
- Hızla yaygınlaşan e-kitap ve dijital kaynaklar bireylerin kişisel finans, yatırım ve bütçe yönetimi konularında düzenli okuma yapmasını sağlayabilecektir. Bu tip kaynakların çevrim içi şekilde periyodik takibi güncel gelişmeleri yakalayabilmek açısından kolaylık sağlamakta, karar verirken bilgiye dayalı olma ihtimalini güçlendirmektedir.
- Siber güvenlik, veri gizliliği, dijital ize dair farkındalık sahibi olmak bireysel boyutta da finansal okuryazarlığı bütünleyici bir nitelik olarak kazanılması ve daima göz önünde bulundurulması gereken başlıklardır. Oltalama vb. dijital dolandırıcılık yöntemlerine karşı dikkatli olunması gerekmektedir.
- Bütçe yönetimi, bireylerin yatırım ve tasarruf kararları dijital çağda farklı kaynaklardan etkilenebilmektedir. Yatırım kararları sosyal medya fenomenleri, sohbet grupları vb. aracılığıyla değil, gerektiğinde alanında uzman kişilerin desteğiyle bireysel faktörleri göz önüne alarak oluşturulmalıdır.

- Genç popülasyon ve öğrenciler açısından otomatik tasarruf/yatırım imkânı sunan uygulamalar finansal planlama alışkanlığının erken yaşta oluşturulması için öne çıkan bir fırsat olarak değerlendirilebilir. Oyunlaştırma sunan uygulamalar da sürece katkı sağlayabilecektir. Bu avantajlara rağmen dijital borçlanma araçları ve yatırım uygulamaları bilinçli ve planlı şekilde kullanılmalıdır.
- Aileler için de bu uygulamaların kullanımının sağduyulu bir şekilde teşvik edilmesi, mümkün olduğunca dijital ve şeffaf şekilde güncellenen ortak bir bütçe anlayışına varılması, dijital varlıkların/hizmetlerin ihtiyaç duyabileceği bilgilere dair (dijital cüzdan erişimi, hesap bilgileri vb.) planlama yapılması, sanal kartlar vasıtasıyla küçük yaştaki çocukların harcama alışkanlıklarının takip edilip doğru yönde öneriler sunulması çağın getirdiği olanaklardan faydalanıldığı anlamına gelecektir.
- Teknolojik farkındalık ile finansal farkındalığın da gelecekte büyük bir yetkinlik anlamına geleceği, tüketim, tasarruf ve yatırım kararlarını verirken teknolojik faktörlerin yanında psikolojik faktörlerin de dikkate alınması gerektiği unutulmamalıdır. Bireylerin kararlarını verirken mantıklı, planlı ve tedbirli hareket etmesi teknolojik imkânları faydalı ve verimli şekilde kullanabilmesi için bir ön koşuldur.

Politika Önerileri

- Hâlihazırda örneklerine rastladığımız dijital eğitim platformları finansal okuryazarlığın toplumun her kesimine aktarılması konusunda büyük imkânlar sağlamaktadır. İlerleyen dönemlerde teknolojiyi yakalamak açısından gelişmesi ve ön planda yer alması muhtemeldir.
- E-devlet entegrasyonu ile finansal okuryazarlık eğitimleri, sertifikaları sunulması ve bankacılık sistemi ile entegrasyonu bilinçli kararları teşvik etme açısından çeşitli fırsatlar doğurabilir. Müfredata entegre edilmekte olan finansal okuryazarlık derslerinin faydalarını ileride daha net görmek mümkün olacaktır.

- Ekonomik ve finansal verilerin hızlı ve şeffaf şekilde paylaşılması, veri toplama ve paylaşımında güncel teknolojik altyapılardan yararlanılması bireylerin daha hızlı ve doğru tercihler yapmasına büyük katkı sağlayacaktır.
- Düzenleme ve destekleme yaklaşımlarında küresel standartlar ile artan uyum ilerleyen dönemlerde Türkiye'nin dünyanın geri kalanıyla finansal entegrasyonunu güçlendirecektir.
- Hedef gruplar (kadınlar, gençler, kırsal kesimde yaşayanlar, emekliler, KOBİ vb.) için özelleştirilmiş, amaca yönelik ve destekleyici altyapılar kurulması, bilgi aktarım mekanizmaları oluşturulması olası dijital uçurumların giderilmesinde faydalı olacaktır.

Politika yapıcılar açısından sektörel bazda mevcut durum ve ilerleyen teknolojilerin getireceği fırsat ve tehditler ile gelecekte ihtiyaç doğurabileceği politika yaklaşımları Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Yapay zekânın gelişiminin finansal sisteme etkileri ile düzenleme yaklaşımları (Yazar tarafından eklemelerle Aldasoro vd.nden (2024) uyarlanmıştır)

<table>
<tr><th>Geleneksel Sistem</th><th>Fırsatlar</th><th>Tehlikeler</th><th>Finansal Sağlamlığa Etkisi</th></tr>
<tr><td>Finansal Aracılık Sistemleri</td><td rowspan="2">Kurala dayalı analiz yapısı ve rekabette iyileşme</td><td rowspan="2">Katı, gelişime kapalı yapı, insan denetimine sürekli ihtiyaç, tüketici gizliliğine yönelik tehditler, verinin belirli ellerde yoğunlaşması</td><td rowspan="4">Sürü davranışının ortaya çıkma olasılığı, zincirleme etki görülme ihtimali, ani çöküş ve şoklar</td></tr>
<tr><td>Sigorta Sektörü</td></tr>
<tr><td>Varlık Yönetimi</td><td>Risk yönetimi, portföy optimizasyonu, otomatik ve yüksek frekanslarda alım satım işlemleri</td><td>Sıfır toplamlı yarışlar, ani çöküş ve şoklar</td></tr>
<tr><td>Ödemeler Altyapısı</td><td>Dolandırıcılık tespiti, merkezi yapı sayesinde işlem hızı ve maliyetleri</td><td>Teknik aksaklıklar, kırılganlık</td></tr>
<tr><td>Düzenleme Yaklaşımları</td><td colspan="3">Veri yönetimi, raporlama standartları, kural tabanlı sistemlerin denetlenebilirliği ve şeffaflığı üzerine mevcut kanuni düzenlemeler</td></tr>
</table>

Makine Öğrenimi	Fırsatlar	Tehlikeler	Finansal Sağlamlığa Etkisi
Finansal Aracılık Sistemleri	Kredi riski vb. analizi süreçlerinde iyileşme, finansal kapsayıcılık artışı	Şeffaf olmayan/açıklanmayan model altyapıları, algoritmik olarak ya da veri kaynağı sebebiyle çıktılarda ayrımcılık	Kararlar sonucunda sürü davranışı vb. eğilimler, ağların birbirine bağlılığı, modellere dair açıklanabilirlik eksikliği, tek hata/saldırı noktası, yoğunlaşma riski
Sigorta Sektörü	Sigorta riskinin daha kolay analizi, daha düşük işlem maliyetleri, dolandırıcılık tespitinde iyileşme		
Varlık Yönetimi	Yeni veri kaynaklarının analize açılması, yüksek frekanslı alım satım işlemleri	Sıfır toplamlı yarışlar, modellerin sürü davranışı sergilemesi, algoritmik olarak tüm modellerin koordine olması, veri maliyetlerinin artması	
Ödemeler Altyapısı	Yeni likidite yönetimi araçları ve dolandırıcılık tespiti, kara para aklama (AML) ve terörizmin finansmanıyla mücadele süreçlerinde iyileşme	Yeni likidite krizi tehlikesi, siber risklerde artış	
Düzenleme Yaklaşımları	Tüketicinin korunması, veri yönetişimi, fikri mülkiyet hakları ve siber güvenlik üzerine modern mikro ve makro boyutlu düzenleyici çerçeveler, RegTech ağırlığı		

Yaratıcı YZ	Fırsatlar	Tehlikeler	Finansal Sağlamlığa Etkisi
Finansal Aracılık Sistemleri	Kredi puanlaması (yapılandırılmamış veriler), daha kolay arka uç işlemleri, daha iyi müşteri desteği	Modellerin çıktılarında oluşabilecek sanrılar, şirketlerin tekelleşmesi ile konsantrasyon riski, gizliliğe ve şeffaflığa dair endişeler, algoritmik düzeyde gizli anlaşmaların ortaya çıkması, enerji/Veri ihtiyacı ve sürdürülebilirliği, benimsenme sürecinin aksaması	Sürü davranışı, tekdüze çıktılar, alternatif verilere dayalı hatalı kararlar, potansiyel iş gücü kaymasının yaratacağı makroekonomik etkiler
Sigorta Sektörü	Yeni ve anlamlı verilerle daha iyi risk analizi, daha yüksek uyumluluk		
Varlık Yönetimi	Robot danışmanlık, varlıkların kategorizasyonu, ihtiyaca yönelik yeni ürünler, sanal asistanlar ve robot danışmanlar		
Ödemeler Altyapısı	Gelişmiş Müşterini Tanı (KYC) sistemleri, kara para aklama ve terörizmin finansmanıyla mücadele süreçlerinde iyileşme		
Düzenleme Yaklaşımları	Tüketicinin korunması, veri yönetişimi, fikrî mülkiyet hakları ve siber güvenlik üzerine modern mikro ve makro boyutlu düzenleyici çerçeveler, RegTech ağırlığı		

YZ Ajanları	Fırsatlar	Tehlikeler	Finansal Sağlamlığa Etkisi
Finansal Aracılık Sistemleri	İnsan müdahalesi olmadan yeni finansal ürünlerin otomatik tasarlanması, pazarlanması ve satışı, mevcut ürünlere dair süreçlerin otomatize edilmesi	Tüketicinin korunmasına yönelik oluşabilecek yeni riskler, siber güvenlik riskleri ve açıklar, insanların sisteme aşırı güvenmesi, dolandırıcılık ve öngörülemeyen riskler	Uyumsuzluk riskleri, yapay zekâ ajanlarının makro ihtiyati politikaların bazı yönleri için doğası gereği uygun olmaması
Sigorta Sektörü			
Varlık Yönetimi	Bilgi işlem hızında artış	Siber güvenlik tehlikeleri, dolandırıcılık, YZ ajanları etkileşimlerinden kaynaklanan öngörülemeyen riskler	
Ödemeler Altyapısı	Daha hızlı ödemeler, dolandırıcılığın önlenmesi	Ani likidite krizleri, manipülasyon ve öngörülemeyen risklerle dolandırıcılık	
Düzenleme Yaklaşımları	Tüketicinin korunması, veri yönetişimi, fikri mülkiyet hakları ve siber güvenlik üzerine modern mikro ve makro boyutlu düzenleyici çerçeveler, RegTech ağırlığı		

KAYNAKLAR

Ahmad, U., Van Keulen, M., Briassouli, A., ve Saad, M. (2025). Cognitive biases, Robo advisor and investment decision psychology: An investor's perspective from New York stock exchange. *Acta Psychologica*, *256*, 105048. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105048

Ahn, W., Lee, H. S., Ryou, H., ve Oh, K. J. (2020). Asset Allocation Model for a Robo-Advisor Using the Financial Market Instability Index and Genetic Algorithms. *Sustainability*, *12*(3), 849. https://doi.org/10.3390/su12030849

Aksoy, T., ve Guzel, A. (2023). Banking in Türkiye: History, Evaluation, and Role in the Financial System. *History of Accounting, Management, Business and Economics, Volume I* (pp. 103-144). Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-3346-4_6

Aldasoro, I., Gambacorta, L., Korinek, A., Shreeti, V., ve Stein, M. (2024). Intelligent financial system: how AI is transforming finance. https://www.bis.org/publ/work1194.pdf (Erişim tarihi: 15.07.2025).

Anshari, M., Almunawar, M. N., ve Masri, M. (2022). Digital twin: Financial technology's next frontier of robo-advisor. *Journal of Risk and Financial Management*, *15*(4), 163. https://doi.org/10.3390/jrfm15040163

Anthropic. (2025). *Claude* [*Büyük dil modeli*]. https://claude.ai/

Arner, D. W., Barberis, J., ve Buckley, R. P. (2015). The evolution of Fintech: A new post-crisis paradigm. https://doi.org/10.2139/ssrn.2676553

Arner, D. W., Zetzsche, D. A., Buckley, R. P., ve Barberis, J. N. (2017). FinTech and RegTech: Enabling Innovation While Preserving Financial Stability. Georgetown *Journal of International Affairs*, 18(3), 47–58. http://www.jstor.org/stable/26395923

Bátiz-Lazo, B. (2009). Emergence and evolution of ATM networks in the UK, 1967–2000. *Business History*, *51*(1), 1-27. https://doi.org/10.1080/00076790802602164

Bátiz-Lazo, B., ve Wardley, P. (2007). Banking on change: Information systems and technologies in UK high street banking, 1919–1969. *Financial History Review*, *14*(2), 177-205. http://doi.org/10.1017/S0968565007000534

Crisanto, J. C., Leuterio, C. B., Prenio, J., ve Yong, J. (2024). *Regulating AI in the Financial Sector: Recent Developments and Main Challenges*. Bank for International Settlements, Financial Stability Institute. https://www.bis.org/fsi/publ/insights63.pdf (Erişim tarihi: 15.07.2025).

Dağtekin, O. C. (2025a). Ekonomi Politikası Simülatörü. https://ekonomipolitikasi.com/ (Erişim tarihi: 19.07.2025).

Dağtekin, O. C. (2025b). AD-AS / IS-LM Modeli. https://orhon.org/adasislm.html (Erişim tarihi: 19.07.2025).

Demirel, S., ve Topcu, M. (2024). The impact of artificial intelligence applications on digital banking in Turkish banking industry. *Advances in Human-Computer Interaction*, *2024*(1), 9921363. https://doi.org/10.1155/2024/9921363

Eichengreen, B. (2019). *Globalizing Capital: A History of The İnternational Monetary System*. Princeton, NJ: Princeton University Press

European Central Bank. (2024). The rise of artificial intelligence: benefits and risks for financial stability. Financial Stability Review. https://www.ecb.europa.eu/press/financial-stability-publications/fsr/special/html/ecb.fsrart202405_02~58c3ce5246.en.html (Erişim tarihi: 02.07.2025).

Eurostat. (2025). Use of artificial intelligence in enterprises. Statistics Explained. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Use_of_artificial_intelligence_in_enterprises (Erişim tarihi: 02.07.2025).

Fernández, A. (2019). *Artificial Intelligence in Financial Services* (Economic Bulletin, 2/2019). Banco de España. https://ssrn.com/abstract=3366846

Financial Stability Board & Organisation for Economic Co-operation and Development. (2024). *OECD – FSB Roundtable on Artificial Intelligence (AI) in Finance: Summary of Key Findings*.

https://www.fsb.org/2024/09/oecd-fsb-roundtable-on-artificial-intelligence-ai-in-finance-summary-of-key-findings/ (Erişim tarihi: 01.07.2025).

Frame, W. S., ve White, L. J. (2014). Technological change, financial innovation, and diffusion in banking. *The Oxford Handbook of Banking*, 486-507.

Gomber, P., Kauffman, R. J., Parker, C., ve Weber, B. W. (2018). On the Fintech Revolution: Interpreting the Forces of Innovation, Disruption, and Transformation in Financial Services. *Journal of Management Information Systems*, 35(1), 220–265. https://doi.org/10.1080/07421222.2018.1440766

Gomber, P., Koch, J. A., ve Siering, M. (2017). Digital Finance and FinTech: current research and future research directions. *Journal of business economics*, *87*(5), 537-580. https://doi.org/10.1007/s11573-017-0852-x

Google. (2025). *Gemini* [*Büyük dil modeli*]. https://gemini.google.com/app

Guo, L. (2020). Regulating investment robo-advisors in China: problems and prospects. *European Business Organization Law Review*, *21*(1), 69-99. https://doi.org/10.1007/s40804-020-00187-8

Gümüş, E., Medetoğlu, B., ve Tutar, S. (2020). Finans ve Bankacılık Sisteminde Yapay Zekâ Kullanımı: Kullanıcılar Üzerine Bir Uygulama. *Bucak İşletme Fakültesi Dergisi*, 3(1), 28-53. https://doi.org/10.38057/bifd.690982

Horn, M., ve Oehler, A. (2020). Automated portfolio rebalancing: Automatic erosion of investment performance?. *Journal of Asset Management*, *21*(6), 489-505. https://doi.org/10.1057/s41260-020-00183-0

Hu, X., Kang, S., Ren, L., ve Zhu, S. (2024). Interactive preference analysis: A reinforcement learning framework. *European Journal of Operational Research*, *319*(3), 983-998. https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.06.033

Isaia, E., ve Oggero, N. (2022). The potential use of robo-advisors among the young generation: Evidence from Italy. *Finance Research Letters*, *48*, 103046. https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103046

Kim, S. D., Cotwright, M., ve Chatterjee, S. (2019). Who are robo-advisor users?. *Journal of Finance Issues*, *18*(2), 33-50. https://doi.org/10.58886/jfi.v18i2.2225

KPMG. (2024). The race for robo advice: Building trust and accelerating growth. KPMG. https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/ie/pdf/2024/08/ie-the-race-for-robo-advice.pdf (Erişim tarihi: 03.07.2025).

Lam, J. W. (2016). Robo-advisors: A portfolio management perspective. *Senior thesis, Yale College*, *20*, 2023-01. https://economics.yale.edu/sites/default/files/2023-01/Jonathan_Lam_Senior%20Essay%20Revised.pdf

Liu, C., Yang, M., ve Wen, M. (2023). Judge me on my losers: Do robo-advisors outperform human investors during the COVID-19 financial market crash? *Production and Operations Management*, *32*(10), 3174-3192. https://doi.org/10.1111/poms.14029

Lusardi, A., ve Messy, F. A. (2023). The importance of financial literacy and its impact on financial wellbeing. *Journal of Financial Literacy and Wellbeing*, *1*(1), 1-11. https://doi.org/10.1017/flw.2023.8

Marr, B. (2024) *The 10 most important banking and financial technology trends that will shape 2025*, *Forbes*. https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2024/11/13/the-10-most-important-banking-and-financial-technology-trends-that-will-shape-2025/ (Erişim tarihi: 01.07.2025).

Michailidou, F. (2020). RegTech and SupTech: Opportunities and challenges in the financial sector. https://doi.org/20.500.14247/15734

Mistry, H. (2025). Utilizing Generative AI for Financial Literacy. Journal of Computer Science and Technology Studies, 7(3), 253-261. https://doi.org/10.32996/jcsts.2025.7.3.28

Mitchell, O. S., ve Lusardi, A. (2015). Financial Literacy and Economic Outcomes: Evidence and Policy Implications. *The Journal Of Retirement*, 3(1), 107–114. https://doi.org/10.3905/jor.2015.3.1.107

Nourallah, M., Öhman, P., Walther, T., ve Nguyen, D. K. (2025). Financial Robo-Advisors: A Comprehensive Review and Future Directions. https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5215748

OpenAI. (2025). *ChatGPT* [*Büyük dil modeli*]. https://chatgpt.com/

Perplexity AI. (2025). *Perplexity* [*Büyük dil modeli*]. https://www.perplexity.ai/

Qadoos, A., AbouGrad, H., Wall, J., ve Sharif, S. (2025). AI Investment Advisory: Examining Robo-Advisor Adoption Using Financial Literacy and Investment Experience Variables. *Advances in Engineering Innovation*, *125*, 201-207.

Rudeloff, M. (2019). The influence of informal learning opportunities on adolescents' financial literacy. *Empirical Research in Vocational Education and Training*, *11*(1), 11. https://doi.org/10.1186/s40461-019-0086-y

Sanz Bayón, P. (2018). A legal framework for robo-advisors. Schweighofer/Kummer/Saarenpää/Schafer (dirs.), Datenschutz/LegalTech: Tagungband des, 21, 311-318. https://ssrn.com/abstract=3226644

Svetlova, E. (2022). AI ethics and systemic risks in finance. *AI and Ethics*, *2*(4), 713-725. https://doi.org/10.1007/s43681-021-00129-1

Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). Girişimlerde Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması 2024 (Bülten No: 53446). https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Girisimlerde-Bilisim-Teknolojileri-Kullanim-Arastirmasi-2024-53446 (Erişim tarihi: 16.07.2025).

Vuković, D. B., Dekpo-Adza, S., ve Matović, S. (2025). AI integration in financial services: A systematic review of trends and regulatory challenges. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1). https://doi.org/10.1057/s41599-025-04850-8

Xie, M. (2019). Development of artificial intelligence and effects on financial system. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1187, No. 3, p. 032084). IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1187/3/032084

BÖLÜM 5

BUGÜNÜN VE YARININ EĞİTİMİNDE YAPAY ZEKÂ

Bilge Aslan Altan

ÖZET

Bu çalışma, yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin günümüz ve geleceğin eğitim ortamları üzerindeki çok boyutlu etkilerini kapsamlı biçimde ele almaktadır. Giriş bölümünde, YZ'nin makine öğrenmesi, doğal dil işleme ve öğrenme analitikleri gibi alt alanları aracılığıyla öğretme-öğrenme süreçlerini köklü biçimde dönüştürdüğü vurgulanmakta; özellikle kişiselleştirilmiş öğrenme, öğrenci performans takibi ve dijital içerik üretimi gibi fonksiyonlarla eğitimde veri temelli karar alma kültürünün güçlendiği belirtilmektedir. Çalışmanın ikinci bölümünde, YZ'nin çağdaş pedagojilerle olan etkileşimi ayrıntılı bir biçimde incelenmektedir. Kişiselleştirilmiş öğrenmede uyarlanabilir sistemlerin öğrenci verilerini analiz ederek bireysel öğrenme yolları oluşturduğu; proje tabanlı öğrenmede YZ'nin problem tanımlama, veri analizi ve iş birliği süreçlerini desteklediği; harmanlanmış ve ters yüz öğrenme modellerinde ise içerik önerileri, otomatik değerlendirme ve öğrenme analitiği işlevleriyle hem öğretmen hem öğrenci deneyimini dönüştürdüğü ortaya konmaktadır. Sorgulama temelli öğrenmede üretken YZ araçlarının soru üretme, veri toplama ve sonuç çıkarma süreçlerini zenginleştirdiği; bilgi işlemsel düşünmede ise YZ destekli kodlama, modelleme ve simülasyon araçlarının öğrencilerin algoritmik düşünme becerilerini geliştirdiği açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde, veri gizliliği, algoritmik ön yargılar ve dijital uçurum gibi etik ve sosyal sorunlar ele alınmakta; YZ tabanlı sistemlerin şeffaflık, güvenlik ve kapsayıcılık ilkeleri çerçevesinde tasarlanması gerektiği vurgulanmaktadır. Geleceğe yönelik perspektifler bölümünde, YZ'nin öğretim programlarının yeniden tasarlanması, öğretmen eğitiminin dijital pedagojik yeterliklerle güçlendirilmesi ve öğrenme ortamlarının daha esnek, kişiselleştirilmiş ve etkileşimli hâle gelmesi gibi yapısal dönüşümlere yol açacağı ifade edilmektedir. Genel olarak çalışma, yapay zekânın eğitimde sunduğu fırsatların ancak etik, pedagojik ve teknik boyutların dengeli biçimde gözetilmesiyle anlamlı bir dönüşüme katkı sağlayacağını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ; Eğitim Teknolojileri, Kişiselleştirilmiş Öğrenme; Dijital Pedagojiler, Öğretmen Eğitimi

GİRİŞ

21. yüzyılın dijital dönüşüm süreci, eğitim sistemlerini köklü biçimde etkilemiş ve bu dönüşümün merkezine yapay zekâ teknolojilerini yerleştirmiştir. Yapay zekâ (YZ), öğrenme süreçlerini daha etkili, verimli ve kişiselleştirilmiş hâle getirme potansiyeliyle eğitimde giderek daha fazla kullanılmaktadır (Martin vd., 2023). Özellikle makine öğrenmesi, doğal dil işleme ve veri analitiği gibi YZ alt alanları, öğrenci performansını izleme, içerik önerme, öğrenme hızını ayarlama ve öğretmenlere destek sağlama gibi işlevlerle eğitim ortamlarını yeniden şekillendirmektedir (Fu vd., 2024).

Eğitimde YZ, öğrenme deneyimlerini ve ürünlerini geliştirmek için çok yönlü planlama, tasarım ve uygulama süreçleri gerektiren karmaşık bir bağlamdır. Bu bağlamın içerisinde, kişiselleştirilmiş öğrenme ve öğretme ortamlarının kullanılması (Ifenthaler vd., 2024; Martin vd., 2023), öğrenci ilerlemesinin gelişim ve değişiminin sürekli izlenmesi, öğrenci ihtiyaçlarına göre özel ders planları oluşturulması (Xu ve Ouyang, 2021) gibi unsurlar dikkat çekmektedir. Ayrıca YZ destekli eğitim materyallerinin geliştirilmesi, öğrenci performansının analiz edilmesi ve eğitim sürecinin sürekli iyileştirilmesi de önemli faktörler arasında yer almaktadır (Kim & Kwon, 2024). Bu sayede, eğitimde yapay zekâ kullanımı öğrencilerin öğrenme potansiyellerini en üst düzeye eriştirmede ve eğitim kalitesini arttırmada nitelik kazanabilmektedir. Buna ek olarak, büyük veri ve makine öğrenmeyi kullanarak eğitim süreçlerini organize etmede, geleneksel öğrenme ve öğretme yöntemlerini dönüştüren bir güç olarak da görülmektedir (Bozkurt vd., 2021). Bu geçişte etik çerçevede oluşan endişeler ve öğrencilerin entelektüel çabalarının azalması da gündem oluşturmaktadır (Al-Zahrani, 2024). Ancak yapay zekânın eğitimde daha verimli ve etkili kullanılmasında doğru planlama ve mevcut potansiyelin faydaları da göz ardı edilmemelidir.

YZ'nin eğitimdeki rolü yalnızca teknolojik bir araç olarak değil, aynı zamanda pedagojik bir dönüşümün tetikleyicisi olarak da değerlendirilmektedir. Öğrenci merkezli öğrenme yaklaşımlarının yaygınlaşması, öğretmen rollerinin yeniden tanımlanması ve öğrenme ortamlarının dijitalleşmesi gibi gelişmeler (Zhang ve Zhang, 2024), YZ'nin eğitimdeki etkisini çok boyutlu

hâle getirmiştir. Bu bağlamda yapay zekâ, hem öğretim süreçlerinin kişiselleştirilmesini hem de öğrenme deneyimlerinin zenginleştirilmesini sağlayan stratejik bir bileşen olarak öne çıkmaktadır.

Bu bölümün temel amacı, yapay zekâ teknolojilerinin eğitim sistemleri üzerindeki etkilerini çok boyutlu bir bakış açısıyla ele almaktır. Eğitimde dijitalleşmenin hız kazandığı günümüzde, yapay zekâ yalnızca bir araç değil; öğretim süreçlerinin yeniden yapılandırılmasında stratejik bir unsur olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda, bölümde hem mevcut uygulamalar hem de geleceğe yönelik potansiyel dönüşümler incelenmektedir. Bölüm kapsamında, yapay zekânın eğitimdeki yeri; pedagojik yaklaşımlar, öğrenme ortamları ve öğretmen rolleri üzerinden değerlendirilecektir. Özellikle kişiselleştirilmiş öğrenme, proje tabanlı öğrenme, harmanlanmış öğrenme, ters yüz öğrenme, sorgulama temelli öğrenme ve bilgi işlemsel düşünme gibi çağdaş pedagojik yaklaşımların yapay zekâ ile nasıl bütünleştiği örneklerle açıklanacaktır. Ayrıca, bu teknolojilerin etik, sosyal ve pedagojik boyutları da ele alınarak eğitimde yapay zekâ kullanımının fırsatları ve sınırlılıkları tartışılacaktır. Bu bölüm; eğitimciler, araştırmacılar ve politika yapıcılar için yapay zekânın eğitimdeki rolünü anlamaya yönelik kapsamlı ve eleştirel bir çerçeve sunmayı hedeflemektedir.

1. YAPAY ZEKÂYA GENEL BAKIŞ

Yapay zekâ, insan zekâsını taklit eden sistemlerin geliştirilmesini amaçlayan bir bilgisayar bilimi dalıdır (Tecuci, 2011). Bu sistemler, öğrenme, akıl yürütme, problem çözme, algılama ve dil anlama gibi bilişsel işlevleri gerçekleştirebilir. Yapay zekâ kavramı ilk kez 1956 yılında Dartmouth Konferansı'nda John McCarthy tarafından ortaya atılmıştır (Tecuci, 2011). O günden bu yana, özellikle makine öğrenmesi, derin öğrenme ve doğal dil işleme gibi alt alanlarda yaşanan gelişmeler, YZ'nin eğitim de dâhil olmak üzere birçok sektörde yaygınlaşmasına neden olmuştur.

Eğitimde kullanılan yapay zekâ uygulamaları genellikle şu teknolojilere dayanmaktadır (Arslan, 2020; Bozkurt vd., 2021; Martin vd., 2023; Russell ve Norvig, 1995):

- *Makine Öğrenmesi (Machine Learning):* Öğrenci verilerinden öğrenerek önerilerde bulunan sistemler.

- *Doğal Dil İşleme (Natural Language Processing):* Chatbotlar, otomatik geri bildirim sistemleri ve dil öğrenme uygulamaları.
- *Öneri Sistemleri:* Öğrencinin ilgi ve ihtiyaçlarına göre içerik sunan algoritmalar.
- *Bilgi Grafikleri ve Anlamsal Ağlar:* Öğrenme içeriklerinin ilişkilendirilmesi ve yapılandırılması.
- *Görüntü ve Ses Tanıma:* Özellikle özel eğitimde ve dil öğreniminde kullanılan destekleyici teknolojiler.

Yapay zekâ, dijital dönüşümün en ileri aşamalarından biri olarak eğitim sistemlerinde köklü değişimlere yol açmaktadır. Dijital araçlar ve kaynaklar, geleneksel öğretim yöntemlerini geliştirerek eğitimde önemli değişimlere yol açmıştır. Yapay zekâ ise veri temelli, öğrenci odaklı ve esnek yapısıyla bu dijital araçların işleyişini ve içerik sunum biçimlerini önemli ölçüde değiştirmiştir. Zhang ve Zhang'a göre (2024), bu dönüşüm, sadece teknolojik araçların değil, aynı zamanda pedagojik yaklaşımların da yeniden şekillenmesini beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla YZ, öğretmenlerin karar alma süreçlerini destekleyen, öğrencilerin öğrenme yollarını kişiselleştiren ve eğitim yöneticilerine stratejik öngörüler sunan bir araç olarak eğitim paydaşlarını yakından ilgilendiren bir konu hâline gelmiştir.

2. YAPAY ZEKÂ VE GÜNCEL PEDAGOJİLER

Eğitimde öğrenme deneyimini zenginleştirmeye yönelik yenilikçi ve özgün öğretim yaklaşımlarının uygulanması, çağdaş pedagojik eğilimler bağlamında "yenilikçi/güncel pedagoji" olarak tanımlanmaktadır (Peterson vd., 2018). Bu yaklaşım, geleneksel öğretim yöntemlerinin yerine, öğrenciyi merkeze alan ve öğrenciye aktif öğrenme sorumlulukları veren yöntemleri ön plana çıkarmaktadır.

Eğitim sistemleri öğrenen özelliklerini çağa uyumlamaya çalışırken uygulamadaki pedagojiler de bu değişime ayak uydurmak durumundadır (Heredotou vd., 2019). Dijitalleşme süreci, pedagojik yaklaşımları da etkileyerek, öğretim yöntemlerinin büyük ölçüde teknolojiyle bütünleşmesini beraberinde getirmiştir (Esteve-Mon vd., 2020; Castro ve Zermeño, 2020). Teknolojinin öğretim sürecinin herhangi bir aşamasında kolaylıkla ve anlamlı bir biçimde kullanılabilir olması, yenilikçi yaklaşımların bu unsuru entegre etme eğilimini güçlendirmektedir.

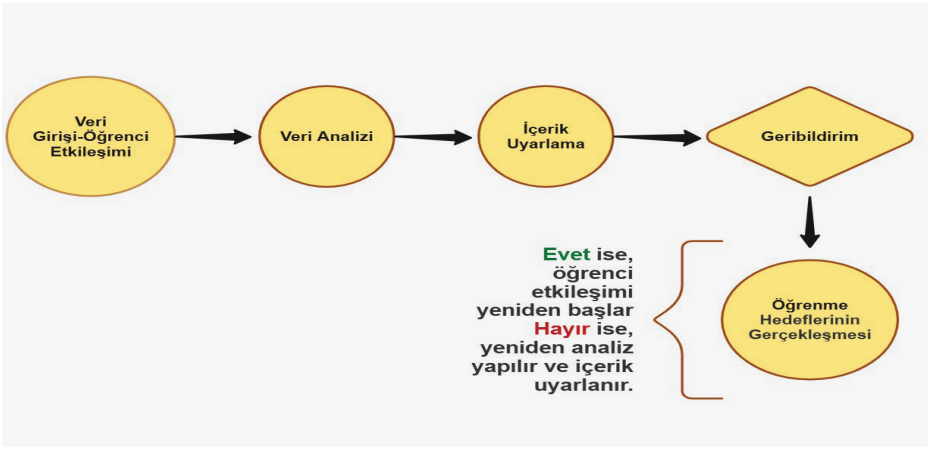
Yapay zekânın eğitimde pedagojik yaklaşımlarla bütünleşmesi, öğrenme süreçlerini kişiselleştirme ve öğrencilerin bilişsel gelişimini destekleme açısından önemli fırsatlar sunmaktadır (Altun, 2024). Bu durum, pedagojik yaklaşımların yalnızca yapay zekâ teknolojisini benimsemesi ile kalmayıp, öğretim ve öğrenmenin doğasını da belirli felsefi yaklaşımlar doğrultusunda yeniden yapılandırmaktadır. Böylelikle, öğrencilere kazandırılması gereken davranışlara en uygun pedagojileri belirlemede sürekli bir düzenleme gerekmektedir. Millî Eğitim Bakanlığının Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü (YEĞİTEK) tarafından 2024 yılında "Eğitimde Kullanılan Yapay Zekâ Araçları" başlıklı bir öğretmen el kitabı yayımlanması, ulusal eğitim çalışmalarında yapay zekânın etkili ve yerinde kullanımı için yapılan düzenlemelere bir örnek gösterilebilir.

Ulusal ve uluslararası eğitim literatüründe, günümüz öğrenen özellikleri de dikkate alınarak tanımlanan ve öğretme süreçlerinde benimsenmesine teşvik edilen güncel pedagojiler ile yapay zekâ etkileşimine aşağıdaki başlıklarda daha detaylı yer verilmiştir.

2.1. Yapay Zekâ ve Kişiselleştirilmiş Öğrenme

Yapay zekâ, eğitim alanında kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerinin tasarlanmasında giderek daha merkezî bir rol üstlenmektedir (Li ve Wong, 2023). Oruç, Yeşilyurt ve Kurt (2024); yapay zekâ uygulamalarının eğitimde en çok kişiselleştirilmiş öğrenme alanında kullanıldığını belirtmektedir. Bu sistemlerin öğrencilere ait daha fazla veriye ulaşabilmesi, bu verilerin işlenebilmesi ve öğrenme özelinde yorumlanabilmesi ile öğrenme ihtiyaçları daha kişiye özel tanımlanabilir olmuştur. Böylelikle öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına göre içerik sunarak öğrenme süreci desteklenebilmektedir. Öğrenci verilerinin analizine dayalı olarak öğrenme süreçlerinin bireysel ihtiyaçlara göre uyarlanması ile öğrencinin akademik gelişimine ilişkin özgün yol haritaları oluşturulabilmektedir (Şekil 1). Özgün ihtiyaçlara yönelik öğretimi planlayabilme, öğretim etkinliğini artırmakta ve öğrenme motivasyonunu güçlendirmektedir. Bu bağlamda, YZ destekli sistemler; öğrencilerin öğrenme geçmişlerini, hızlarını ve ilgi alanlarını dikkate alarak içerik sunmakta ve öğretim stratejilerini dinamik biçimde şekillendirmektedir (Arslan, 2020; Martin vd., 2023).

Shemshack ve Spector (2020) kişiselleştirilmiş öğrenmeyi, öğrencilerin bilişsel çeşitliliğini ve öğrenme stillerini merkeze alan bir pedagojik yaklaşım olarak tanımlamaktadır. Yapay zekâ, bu yaklaşımı destekleyerek öğretmenlere veri temelli geri bildirimler sunmakta ve öğrencilerin öz düzenleme becerilerini geliştirmelerine olanak tanımaktadır.



Şekil 1. Yapay zekâ kişiselleştirilmiş öğrenme platformu çalışma akışı

Özellikle uyarlanabilir öğrenme sistemleri, öğrencinin performansına göre zorluk seviyesini ayarlayabilmekte ve bireysel öğrenme yolları oluşturabilmektedir (Nguyen, 2025). Bu durum, öğrenme sürecinin daha kapsayıcı ve etkili bir biçimde yürütülmesini sağlamaktadır.

Öğretim plan ve uygulamalarına verdiği desteğin yanında, yapay zekâ destekli kişiselleştirilmiş öğrenme sistemleri, öğrencilerin bireysel öğrenme deneyimlerini derinleştirmek amacıyla da çeşitli işlevler sunmaktadır (Bernacki vd., 2021). Bu sistemler, öğrencinin önceki başarı düzeylerini, öğrenme hızını, ilgi alanlarını ve bilişsel eğilimlerini analiz ederek ona özgü öğrenme yolları oluşturur. Örneğin, öneri motorları öğrencinin eksik olduğu konuları belirleyerek uygun kaynakları sunabilirken sohbet robotları (Chatbots), öğrencinin sorularına anında yanıt vererek öğrenme sürecini desteklemektedir. Ayrıca, görsel ve işitsel içeriklerin bireysel tercihlere göre uyarlanması, öğrenme materyallerinin erişilebilirliğini ve etkililiğini artırmaktadır. Bu tür sistemler, öğrencinin öz düzenleme becerilerini geliştirmenin yanı sıra, öğrenme sürecine yönelik farkındalığını da artırmakta;

böylece daha bağımsız, motive ve hedef odaklı bir öğrenme deneyimi sunmaktadır (Bernacki vd., 2021). Bu deneyim birçok yaş grubu ve sınıf düzeyine mensup öğrencilerin kullanımına sunulmakla birlikte, özellikle yükseköğretim kademesinde yer alan öğrenciler tarafından daha yoğunluklu tercih edilmektedir (Fu vd., 2024). Kişisel asistan özellikleri ile kullanımı yaygınlaşan yapay zekâ sistemleri, yükseköğretimde yer alan öğrencilerin akademik birçok çalışmasında (ödev, araştırma, ders çalışma vb.) başat kaynaklar arasında yer almaktadır.

Ancak YZ tabanlı kişiselleştirilmiş öğrenme uygulamalarının yaygınlaşması, beraberinde etik ve pedagojik sorumlulukları da getirmektedir. Öğrenci verilerinin gizliliği, algoritmik ön yargıların önlenmesi ve teknolojik erişim eşitliği gibi konular, bu sistemlerin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir (Mulaudzi ve Hamilton, 2025; Regan & Jesse, 2018). Ayrıca, öğretmenlerin bu teknolojileri pedagojik amaçlarla etkili biçimde kullanabilmeleri için dijital yeterliliklerinin artırılması gerekmektedir. Bu çerçevede, yapay zekâ destekli kişiselleştirilmiş öğrenme, yalnızca teknolojik bir yenilik değil, aynı zamanda eğitimde dönüşümün etik ve pedagojik bir bileşeni olarak değerlendirilmelidir.

Uygulama Örnekleri

Yapay zekâ destekli kişiselleştirilmiş öğrenme sistemleri, yalnızca teorik bir kavram olmaktan çıkıp dünya genelinde birçok eğitim kurumunda ve dijital platformda somut uygulamalara dönüşmüştür. Bu sistemler, öğrencilerin bireysel öğrenme ihtiyaçlarına göre içerik sunmakta, öğrenme hızlarını analiz etmekte ve öğretmenlere veri temelli geri bildirimler sağlamaktadır. Aşağıda, bu alanda öne çıkan uluslararası ve Türkiye bağlamındaki örnek uygulamalara yer verilmiştir.

- Squirrel AI: Çin merkezli bu sistem (https://squirrelai.com), öğrencilerin öğrenme hızlarını ve eksiklerini analiz ederek bireysel öğrenme yolları oluşturabilmektedir. Öğretmenlere detaylı analiz raporları sunabilen bu sistem, oyunlaştırma unsurları ile öğrencilerin motivasyonunu artırmak için de kullanılabilmektedir.
- Jungle AI: Jungle AI (https://jungleai.com), öğrencilerin ders materyallerinden (PDF, PowerPoint, YouTube videoları, web sayfaları vb.) hızlıca kişiselleştirilmiş çalışma içerikleri üretmelerini sağla-

yan bir yapay zekâ destekli öğrenme platformudur. Sistem, öğrencinin yüklediği materyalleri analiz ederek bilgi kartları, çoktan seçmeli soru, açık uçlu soru gibi içerikler üretmekte ve öğrenciye anında geri bildirim sunabilmektedir. Bu geri bildirimler, öğrencinin eksik olduğu konuları belirlemesine ve öğrenme sürecini daha etkili yönetmesine yardımcı olabilmektedir. Jungle AI ayrıca aralıklı tekrar, özelleştirilmiş açıklamalar, analojiler ve gelişim takibi gibi öğrenme bilimine dayalı özellikler de kullanmaktadır. Öğrenciler; sistemdeki "Jungle ağacı" ile ilerlemelerini görselleştirebilmekte, puan kazanarak ödüller açabilmekte ve öğrenme sürecini oyunlaştırılmış bir deneyime dönüştürebilmektedir.

- DreamBox Learning: DreamBox Learning (https://www.dreambox.com), özellikle ilköğretim düzeyindeki matematik eğitimi için geliştirilmiş, yapay zekâ destekli bir kişiselleştirilmiş öğrenme platformudur. Sistem, öğrencilerin yanıtlarını ve etkileşimlerini gerçek zamanlı olarak analiz ederek her öğrenciye özel bir öğrenme yolu oluşturmaktadır. DreamBox, öğrencinin her tıklamasını, yanıt süresini ve stratejisini analiz ederek anında içerik uyarlaması yapabilmektedir. Bu sayede öğrenci her zaman "tam uygun öğrenme bölgesinde" kalabilmektedir. Öğrenci faaliyetlerine ek olarak öğretmenler, öğrenci ilerlemesini standartlara göre izleyebilmekte, gruplar oluşturabilmekte ve kişiselleştirilmiş geri bildirimler verebilmektedir.

Örnekleri verilen yapay zekâ sistemleri, öğrencilerin bireysel olarak kullanımına açık ve kendi öğrenme deneyimlerini oluşturabilecekleri platformlar arasında sayılabilir. Öğrencinin bireysel kullanımlarına ek olarak, öğretmenler/öğreticiler tarafından öğrenen özelliklerine göre uyarlanabilen platformlar (Smart Sparrow, Wildfire Learning, Easygenerator vb.) da mevcuttur. Bu platformlar öğretmenlerin fazla teknik bilgiye ihtiyaç duymadan sürükle-bırak yöntemiyle zengin ve etkileşimli ders materyalleri oluşturabilmelerini sağlamaktadır.

Uluslararası uygulamaların yanı sıra ulusal uygulama örneklerinde de yapay zekânın eğitime uyarlanma çalışmalarından bahsetmek mümkündür. Türkiye'de yapay zekâ destekli kişiselleştirilmiş öğrenme uygulamaları hem kamu hem özel sektör tarafından geliştirilen çeşitli dijital platformlar

aracılığıyla eğitim sistemine entegre edilmektedir. MEB (2024) tarafından paylaşılan el kitabında yer alan araçlar içerisinde de Edufy, Quizlet, Brilliant, Socrat AI, Homer, Duolingo, Mondly, Rosetta Stone gibi araçların, farklı disiplinlerde öğrenciler için kişiselleştirilmiş öğrenme içerikleri üretebildikleri ve Türkçe dil desteği olduğu görülmektedir. Benzer şekilde Millî Eğitim Bakanlığı tarafından sunulan *EBA Akademik Destek* sistemi (https://akademikdestek.eba.gov.tr), lise düzeyindeki öğrencilerin sınav hedeflerine göre kişiselleştirilmiş çalışma planları ve içerik önerileri sunarak öğrenme sürecini bireysel ihtiyaçlara göre şekillendirmektedir. Ayrıca, üniversite tercih dönemlerinde kullanılan YÖK Atlas (https://yokatlas.yok.gov.tr) ve çeşitli tercih robotları, öğrencilerin başarı sıraları ve ilgi alanlarına göre kişiselleştirilmiş tercih listeleri oluşturarak karar süreçlerini desteklemektedir. Bu uygulamalar, Türkiye'de yapay zekânın eğitimdeki rolünün giderek arttığını ve öğrenme süreçlerinin daha esnek, veri temelli ve öğrenci odaklı hâle geldiğini göstermektedir.

2.2. Yapay Zekâ ve Proje Tabanlı Öğrenme

Proje tabanlı öğrenme (PTÖ), öğrencilerin gerçek dünya problemleri üzerine çalışarak bilgi ve becerilerini geliştirdikleri, öğretme-öğrenme sürecinde aktif rol aldıkları öğrenci merkezli bir yaklaşımdır (Erdem, 2002). Bu yaklaşım, öğrencilerin bireysel ya da grup hâlinde, yaşamı yansıtan doğal ortamlarda problem çözme, analiz ve sentez gibi üst düzey bilişsel becerilerini geliştirmeyi amaçlamaktadır (Bayraktar Vatansever, 2015).

Yapay zekâ (YZ) teknolojileri, PTÖ süreçlerini hem öğretmen hem de öğrenci açısından daha etkili ve verimli hâle getirebilecek özelliklere sahiptir (Altun, 2024; Yiling vd., 2025). YZ'nin proje tabanlı öğrenme ile kullanımı çeşitli şekillerde gerçekleştirilebilir:

- Problem tanımlama ve çözüm üretme: YZ destekli araçlar, öğrencilerin mevcut bir konu hakkında düşüncelerini derinleştirmesinde ve uygun sorular oluşturmasında oldukça işlevsel görülmektedir (Yiling vd., 2025). Özellikle sohbet botları ile karşılıklı diyaloglarla, öğrencilere proje konularında ilham verebilmekte, mevcut verilerden yola çıkarak çözüm önerileri sunabilmekte ve problem çözme sürecine rehberlik edebilmektedir.

- Veri analizi ve modelleme: Öğrenciler, projelerinde kullanacakları verileri YZ araçlarıyla analiz edebilir. Örneğin, doğal dil işleme ile metinleri inceleyebilir, görüntü tanıma teknolojileriyle görsel verileri değerlendirebilir veya tahminleme algoritmalarıyla öngörülerde bulunabilirler. Bu destek günümüzde yaygın olarak akademik çalışmaların da ilgi odağı hâline gelmiştir (Yiling vd., 2025).
- İş birliği ve iletişim: YZ destekli araçlar, öğrencilerin ilgi alanlarına, becerilerine ve önceki performanslarına göre proje görevlerini otomatik olarak dağıtarak süreç takibini yapabilmekte ve ilerleme durumunu bildirebilmektedir. Özellikle iş birliği ile yapılan çalışmalarda, sohbet botları veya sanal asistanlar yapılan işlerin özetlerini çıkarabilmekte, eksikleri tespit edebilmekte ve yeni görevleri ekip üyelerine otomatik dağıtabilmektedir. YZ, ekip içi mesajlaşmaları analiz ederek iletişim dinamiklerini değerlendirebilmekte ve bu analizler öğretmenlere ekip içi ilişkiler ve iletişim hakkında bilgi sağlayabilmektedir.
- Geri bildirim ve değerlendirme: Öğrencilerin proje süreçleri, YZ sistemleri tarafından izlenerek anlık geri bildirim sağlanabilmekte; bu sayede öğrenciler, çalışmalarını sürekli olarak iyileştirme fırsatı bulabilmektedir.

Bu süreç yalnızca öğrencilerin aktif iş başı süreçlerine değil, öğretmenlerin de verilecek sorumlulukları planlaması ve takip etmesine yardımcı olabilmektedir. Viruel vd.ne göre (2025), öğretmenler tarafından kullanıldığında, YZ araçları proje önerileri sunma konusunda bir kılavuz oluşturabilmekte, öğrenci takibi yapabilmekte ve gerektiğinde kişiselleştirilmiş destek sağlayabilmektedir. Bu araçlar, öğretmenlerin rehberlik rolünü güçlendirirken aynı zamanda dijital araçlarla zenginleştirilmiş öğretim etkinliklerini desteklemekte ve değerlendirme süreçlerini kolaylaştırmaktadır. Ancak, bu süreçte öğrencilerin özgün üretim yapma becerilerinin gölgelenmemesi, veri güvenirliği ve öğrenci mahremiyeti gibi etik ve pedagojik tehditlere de dikkat edilmelidir (Altun, 2024).

Uygulama Örnekleri

Yapay zekâ araçlarının proje tabanlı öğrenme etkinliklerinde yaygın olarak kullanılanlarına somut örnekler vermek mümkündür. Bu örneklere aşağıda yer verilmiştir:

- Miro +AI (Beyin fırtınası ve görsel iş birliği - https://miro.com/ai): Bu araç öğrencilerin dijital bir beyaz tahtada fikirlerini paylaşabileceği, geliştirebileceği ve iş birliği yapabileceği bir ortam sunmaktadır. Fikir paylaşımı yapıldıktan sonra, YZ bu fikirleri gruplayabilmekte, temaları özetleyebilmekte ve devam eden süreçler için öneriler sunabilmektedir.
- Notion AI (Proje planlama ve görev yönetimi - https://www.notion.com): Öğretmen ve öğrencilerin proje planlarını oluştururken kullanılabilecek bu araç, görevleri otomatik olarak alt başlıklara ayırabilmekte, zaman çizelgesi oluşturabilmekte ve içerik üretimine destek olabilmektedir.
- ChatGPT ve benzeri Copilotlar (Sanal danışmanlık ve bilgi paylaşımı): Öğrencilerin proje süresince, fikir oluşturmadan başlayarak tüm proje aşamalarında karşılaştıkları sorunları paylaşarak çözüm arayabileceği en yaygın YZ araçlarıdır.

Yapay zekâ teknolojilerinin uluslararası bağlamda yeri giderek artarken Türkçe arayüzlü ve yerel bağlama uygun araçlar da proje tabanlı öğrenme süreçlerinde öğretmen ve öğrenciler için önemli kolaylıklar sağlamaktadır. YEĞİTEK'in (2024) kılavuzunda yer alan DragonBox, Polyup, Brilliant, Thinkrolls, ClassDojo, Google Teachable Machine, OpenCV, MIT App Inventor gibi araçlar, farklı disiplin alanlarında öğrencilerin proje tabanlı öğrenme etkinlikleri için destek olarak kullanıma uygun görülmektedir. Benzer şekilde MEB tarafından desteklenen FCL Etkileşimli Tahta ve YZ destekli öğrenme yönetim sistemleri, öğrencilerin bilişsel ve performans odaklı katılımını analiz edebilen sistemler haline gelmiştir.

2.3. Yapay Zekâ ve Harmanlanmış Öğrenme

Harmanlanmış öğrenme, geleneksel yüz yüze öğretim ile çevrim içi öğrenme ortamlarının bir araya getirildiği, esnek ve öğrenci merkezli bir öğretim modelidir (Hrastinski, 2019; Ünsal, 2010). Bu model, yüz yüze ve çevrim içi öğrenme ortamlarının pedagojik olarak bütünleştirilmesini ifade eder. Böylelikle, öğrencilerin hem öğretmen rehberliğinde hem de kendi hızlarında öğrenmelerine olanak tanınması mümkün hâle gelmektedir (Lalima ve Dangwal, 2017).

Harmanlanmış öğrenme ortamlarının akademik başarı üzerindeki olumlu etkisi, çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur. Usta ve Usta'nın (2008) çalışmasında, harmanlanmış öğrenme ortamlarının çevrim içi ortamlara kıyasla hem akademik başarıyı hem de öğrenme doyumunu anlamlı düzeyde artırdığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, Uluyol ve Karadeniz'in (2009) araştırmasında da farklı öğrenme ve değerlendirme yöntemlerinin harmanlandığı bir ders ortamının, öğrenci başarısını artırdığı ve öğrenciler tarafından pedagojik açıdan olumlu bulunduğu ortaya konmuştur. Bu bulgular; harmanlanmış öğrenmenin sadece bilgi aktarımını değil, aynı zamanda öğrenme sürecine yönelik motivasyonu ve memnuniyeti de desteklediğini göstermektedir.

Öğretmenler, YZ destekli harmanlanmış öğrenme ortamlarında öğrencilerin çevrim içi ve yüz yüze etkinliklerdeki performanslarını bütüncül bir şekilde izleyebilmektedir (Lalima ve Dangwal, 2017). Bu sayede öğretim süreci daha esnek ve öğrenci ihtiyaçlarına uygun gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca harmanlanmış öğrenme, öğrencilerin hem bireysel hem de iş birliğine dayalı öğrenme deneyimlerini zenginleştirirken, öğretmenlere de öğretim sürecini daha etkili planlama ve izleme fırsatı sunmaktadır.

Yapay zekâ, harmanlanmış öğrenme ortamlarında önemli bir dönüştürücü unsur olarak öne çıkmaktadır. Bu teknolojinin sunduğu olanaklar, öğrenme süreçlerinin daha esnek, kişiselleştirilmiş ve veri temelli hâle gelmesini sağlamaktadır (Park ve Doo, 2024). Öncelikle, yapay zekâ destekli sistemler öğrencilerin bireysel öğrenme stillerine ve hızlarına göre içerik önerileri sunarak kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri oluşturabilmektedir. Bu sayede her öğrenci, kendi öğrenme yolculuğunu daha etkili bir şekilde sürdürebilmektedir. Uyarlanabilir öğrenme sistemleri, öğrencilerin performanslarını anlık olarak izleyerek ihtiyaç duydukları alanlarda geri bildirim ve yönlendirme sağlamaktadır (Hamadneh vd., 2022). Bu dinamik yapı, öğrenme sürecinin sürekli olarak optimize edilmesine olanak tanımaktadır.

Yapay zekâ destekli harmanlanmış öğrenme ortamları, öğretim sürecini hem içerik hem de pedagojik açıdan zenginleştirme potansiyeline sahiptir. Cao ve Phongsatha (2025) çalışmasında, yapay zekâ tabanlı platformların öğrenci performansını izleyerek öğretmenlere kapsamlı öğrenme analitikleri sunduğunu ve bu verilerin öğretim stratejilerinin yeniden yapılandırılma-

sında etkili olduğunu belirtmektedir. Bu tür sistemler, öğrencilerin öğrenme eksikliklerini zamanında tespit ederek bireyselleştirilmiş geri bildirimlerle öğrenme sürecini desteklemektedir (Kılıçkaya ve Kic-Drgas, 2024). Ayrıca, otomatik test üretimi, metin özetleme ve içerik önerileri gibi işlevler aracılığıyla öğretim materyallerini çeşitlendiren yapay zekâ araçları hem öğretmenlerin iş yükünü azaltmakta hem de öğrencilerin öğrenme deneyimini daha etkileşimli ve verimli hâle getirmektedir.

Yapay zekâ destekli harmanlanmış öğrenme modellerinin güçlü yönleri arasında esneklik, erişilebilirlik ve öğrenme verimliliği öne çıkmaktadır (Bauer vd., 2025). Ancak bu modellerin uygulanmasında bazı sınırlılıklar da söz konusudur. Özellikle teknolojiye erişim eşitsizliği, öğretmenlerin dijital yeterlilik düzeyleri ve etik sorunlar, bu modellerin yaygınlaştırılmasında dikkatle ele alınması gereken konular arasındadır (Kılıçkaya ve Kic-Drgas, 2024). Geleceğe yönelik olarak, yapay zekâ destekli harmanlanmış öğrenme modelleri öğretmenlerin rehberlik rollerini yeniden tanımlarken, öğrencilerin daha özerk ve etkileşimli öğrenme deneyimleri yaşamalarını mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda, öğretmen eğitimi programlarının dijital pedagojik tasarım becerilerini kapsayacak şekilde yeniden yapılandırılması büyük önem taşımaktadır.

Uygulama Örnekleri

Yapay zekâ destekli araçlar, harmanlanmış öğrenme ortamlarında hem çevrim içi hem de yüz yüze öğrenme süreçlerini destekleyerek öğrenme deneyimini daha etkili ve kişiselleştirilmiş hâle getirmektedir. Bu araçlar, öğretmenlerin öğretim stratejilerini veri temelli biçimde yapılandırmalarına olanak tanırken öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına göre uyarlanmış öğrenme yolları sunar. Örneğin, *Khan Academy* (https://tr.khanacademy.org); öğrencilerin bireysel öğrenme hızları ve ihtiyaçları doğrultusunda özelleştirilmiş içerikler sunan, yapay zekâ destekli uyarlanabilir öğrenme algoritmalarıyla çalışan, ücretsiz ve küresel ölçekte erişilebilir bir çevrim içi eğitim platformudur. Khan Academynin yapay zekâ destekli öğrenme platformu, öğrencilerin farklı konu alanlarında bireysel hızlarına göre ilerlemelerine olanak tanır. Sistem, öğrencinin doğru ve yanlış yanıtlarını analiz ederek eksik öğrenmeleri belirler ve buna göre yeni içerikler önerir. Bu süreçte öğretmen, sınıf içi etkinliklerde öğrencilerin karşılaştığı kavramsal zorluklara odaklanarak daha hedefli bir öğretim gerçekleştirebilir.

Benzer şekilde, *Century Tech* (https://www.century.tech), öğrencilerin bireysel öğrenme yolculuklarını analiz ederek kişiselleştirilmiş içerikler sunan ve öğretmenlere öğrenci performansına ilişkin veri sağlayan, yapay zekâ destekli öğrenme platformudur. Bu platform, öğrencilerin öğrenme alışkanlıklarını analiz eder ve onlara özel öğrenme yolları oluşturur. Öğretmenlere öğrencilerin ilerleme düzeylerini gösteren ayrıntılı raporlar sunarak sınıf içi müdahaleleri daha etkili hâle getirir. Harmanlanmış öğrenme ortamlarında, bu tür araçlar çevrim içi öğrenme sürecini desteklerken yüz yüze oturumlar daha çok tartışma, uygulama ve rehberlik için kullanılabilir. *Labster* (https://www.labster.com) gibi sanal laboratuvar uygulamaları, fen bilimleri derslerinde öğrencilerin deneysel süreçleri çevrim içi olarak deneyimlemelerine olanak tanır. Yapay zekâ, öğrencilerin deney sırasında yaptığı seçimleri analiz ederek yönlendirme sağlar ve bilimsel süreç becerilerini geliştirmeye katkıda bulunur. Bu uygulamalar, yüz yüze laboratuvar oturumlarının daha verimli geçmesini sağlar.

Bu örnekler, yapay zekâ araçlarının harmanlanmış öğrenme ortamlarında nasıl işlevsel hâle geldiğini ve öğretim süreçlerini nasıl dönüştürdüğünü göstermektedir. Öğrenci merkezli, esnek ve veri temelli bir öğrenme ortamı oluşturmak için bu tür teknolojilerin pedagojik amaçlarla bütüncül biçimde tasarlanması büyük önem taşımaktadır.

2.4. Yapay Zekâ ve Ters Yüz Öğrenme

Ters yüz öğrenme modeli, harmanlanmış öğrenmenin bir alt modeli olarak, geleneksel öğretim sürecini yeniden yapılandırarak bilgi edinme sürecini öğrencinin bireysel çalışma zamanına; uygulama ve pekiştirme süreçlerini ise sınıf içi etkileşimli ortama taşımaktadır (Hayirsever & Orhan, 2018). Bu modelde öğrenciler, ders öncesinde çevrim içi materyaller aracılığıyla temel kavramları öğrenirken sınıf içinde öğretmen rehberliğinde problem çözme, tartışma ve iş birlikli öğrenme etkinliklerine katılmaktadır.

Ters yüz öğrenme yaklaşımı, öğretmenlerin geleneksel bilgi aktarıcı rolünden çıkarak rehberlik ve kolaylaştırıcılık rollerini üstlenmelerini sağlayarak öğretim sürecini yeniden yapılandırmaktadır (Karadeniz, 2015; Ünsal, 2018). Bu model, öğrencilere öğrenme sürecinde daha fazla esneklik ve bireyselleştirme olanağı sunarken dijital araçların etkin kullanımıyla öğrenme verimliliğini artırmaktadır. Yapay zekâ teknolojileri, bu modelin her iki

boyutunu da destekleyerek öğrenme sürecini daha etkili ve kişiselleştirilmiş hâle getirmektedir.

Öncelikle, yapay zekâ destekli içerik öneri sistemleri, öğrencilerin bireysel öğrenme düzeylerine ve ilgi alanlarına göre ders öncesi materyalleri uyarlayabilmektedir. Bu sistemler, öğrencinin önceki öğrenme geçmişini analiz ederek hangi konularda daha fazla destek gerektiğini belirleyebilir ve buna uygun video, metin ya da etkileşimli içerikler sunabilir (Lo & Hew, 2023). Böylece öğrenciler, sınıf öncesi hazırlık sürecini daha verimli bir şekilde geçirebilir. Sınıf içi uygulamalarda ise yapay zekâ, öğrencilerin çevrim içi etkinliklerdeki performans verilerini analiz ederek öğretmene anlık geri bildirim sağlamada önemli bir aracıdır (Pratschke, 2024). Bu sayede öğretmen, sınıf içi zamanı öğrencilerin ihtiyaçlarına göre planlayabilir ve farklılaştırılmış öğretim stratejileri geliştirebilir. Ayrıca, yapay zekâ destekli tartışma platformları ve akıllı soru-cevap sistemleri, öğrencilerin sınıf içi katılımını artırarak eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini destekler.

Uygulama Örnekleri

Ters yüz öğrenme modelinin etkili bir şekilde uygulanabilmesi, öğrencilerin çevrim içi öğrenme sürecinde kaliteli ve kişiselleştirilmiş içeriklere erişebilmesine bağlıdır. Bu noktada, yapay zekâ destekli dijital araçlar, hem öğrencilerin bireysel öğrenme deneyimlerini zenginleştirmekte hem de öğretmenlerin sınıf içi uygulamalarını veri temelli biçimde planlamalarına olanak tanımaktadır. Harmanlanmış öğrenme ile ilişkili bir model olması ile benzer araç örneklerini ters yüz öğrenme için de vermek mümkündür:

- Edpuzzle: Edpuzzle (https://edpuzzle.com), öğretmenlerin video içeriklerini etkileşimli hâle getirmek ve öğrencilerin izleme süreçlerini izlemek amacıyla kullanabilecekleri çevrim içi bir eğitim platformudur. Ders videoları üzerine çoktan seçmeli, açık uçlu ya da yorum soruları eklemek; öğrencilerin videoyu izleme davranışlarını takip etmek ve bu verileri analiz etmek, platformun temel işlevleri arasında yer almaktadır. Yapay zekâ desteği, öğrencilerin hangi bölümleri tekrar izlediğini, nerede durakladığını ya da hangi sorularda zorlandığını belirlemek, öğretmene öğrencinin kavrama düzeyine ilişkin değerli veriler sunmaktadır. Bu verileri kullanarak sınıf içi etkinlikleri öğren-

cilerin ihtiyaçlarına göre planlamak, ters yüz öğrenme modelinin önerdiği öğretim etkinliklerini destekleyici niteliktedir.

- Century Tech: Century Tech (https://www.century.tech), öğrencilerin bireysel öğrenme süreçlerini analiz etmek ve bu süreçlere uygun içerikler sunmak amacıyla geliştirilmiş yapay zekâ destekli bir platformdur. Öğrencilerin öğrenme alışkanlıklarını, başarı düzeylerini ve ilgi alanlarını izlemek; bu veriler doğrultusunda kişiselleştirilmiş öğrenme yolları önermek, platformun temel işlevleri arasında yer almaktadır. Yapay zekâ teknolojilerini kullanarak öğrencilerin çevrim içi öğrenme deneyimlerini optimize etmek, ters yüz öğrenme modelinin kullanılabilirliğini de desteklemektedir. Ders öncesi bireysel öğrenme sürecini destekleyerek öğrencilerin sınıf içi etkinliklere daha hazırlıklı katılmalarına olanak tanımaktadır. Öğretmenlerin, sistemin sunduğu analizleri kullanarak sınıf içi uygulamaları öğrencilerin ihtiyaçlarına göre planlaması, ters yüz öğrenmenin pedagojik hedefleriyle örtüşmektedir.
- Khan Academy: Khan Academy (https://tr.khanacademy.org), öğrencilere kendi hızlarında öğrenme fırsatı sunmak ve öğretmenlere öğrenci ilerlemesini izleme imkânı vermek amacıyla geliştirilmiş, küresel ölçekte erişilebilen ücretsiz bir çevrim içi öğrenme platformudur. Matematik, fen bilimleri, tarih ve daha birçok alanda sunduğu kapsamlı içeriklerle, bireyselleştirilmiş öğrenme deneyimleri oluşturmak ve öğrenme sürecini veri temelli biçimde desteklemek platformun temel hedefleri arasındadır. Yapay zekâ teknolojilerini kullanarak öğrencilerin çözüm süreçlerini analiz etmek, hangi konularda zorlandıklarını belirlemek ve buna göre içerik önerileri sunmak, Khan Academy'nin öğrenme sürecini kişiselleştirmesini mümkün kılmaktadır. Bu özellikler, ters yüz öğrenme modelinin çevrim içi öğrenme bileşenini desteklemek açısından büyük önem taşımaktadır. Öğrencilerin ders öncesinde temel kavramları kendi hızlarında öğrenmelerine olanak tanımak, sınıf içi zamanı ise uygulama, tartışma ve problem çözme gibi daha üst düzey bilişsel etkinliklere ayırmak, ters yüz öğrenmenin temel işlevleri arasındadır. Öğretmenlerin, platformun sunduğu öğrenci analizlerini kullanarak sınıf içi öğretimi farklılaştırması, ters yüz öğrenmenin etkili biçimde uygulanmasını desteklemektedir.

Yukarıda örnekleri verilen araçlar, YEĞİTEK (2024) tarafından öğretmenlere önerilen yapay zekâ araç kılavuzunda da yer almaktadır. Farklı konu alanlarına sahip öğretmenlerin, bu araçları kullanarak öğretim etkinliklerini desteklemeleri, öğrenme çıktılarına da olumlu etki edebilecektir.

2.5. Yapay Zekâ ve Sorgulama Temelli Öğrenme

Sorgulama temelli öğrenme, öğrencilerin merak duygusunu harekete geçirerek bilgiye ulaşma sürecini aktif biçimde deneyimlemelerini amaçlayan, araştırma, sorgulama ve problem çözme temelli bir pedagojik yaklaşımdır (Pedaste vd., 2015). Bu modelde öğrenciler, öğretmenin yönlendirmesiyle sorular üretmekte, hipotezler geliştirmekte, veri toplamakta ve elde ettikleri bulgular üzerinden anlamlı sonuçlara ulaşmaya çalışmaktadır. Öğrencinin öğrenme sürecinde pasif bir bilgi alıcısı olmaktan çıkarak aktif bir bilgi üreticisine dönüşmesi, bu yaklaşımın temel hedefidir.

Yapay zekâ teknolojileri, sorgulama temelli öğrenme süreçlerini hem bireyselleştirme hem de destekleme açısından önemli fırsatlar sunmaktadır. Pedaste vd.nin (2015) sistematik literatür taramasına dayalı olarak paylaştığı sorgulama döngüsü, öğrenme sürecini beş temel aşamada yapılandırmaktadır: yönlendirme (orientation), kavramsallaştırma (conceptualization), araştırma (investigation), sonuç çıkarma (conclusion) ve tartışma (discussion). Bu aşamaların her biri, öğrencilerin aktif katılımını, problem çözme becerilerini ve bilimsel düşünme süreçlerini geliştirmeyi hedeflemektedir. YZ teknolojileri bu döngünün her aşamasında işlevsel olabilir. Örneğin, yönlendirme aşamasında öğrencilerin ilgi alanlarına göre içerik önerileri sunabilir; kavramsallaştırma aşamasında doğal dil işleme teknikleriyle öğrencilerin oluşturduğu soruları analiz ederek hipotez geliştirmelerine yardımcı olabilir. Araştırma sürecinde veri toplama, analiz ve yorumlama işlemleri YZ destekli araçlarla daha erişilebilir ve anlamlı hâle getirilebilir. Ayrıca, sonuç çıkarma ve tartışma aşamalarında öğrencilerin bulgularını yapılandırmalarına, akranlarıyla etkileşim kurmalarına ve öz-yansıtma yapmalarına olanak tanıyan YZ tabanlı platformlar geliştirilebilir.

Yapay zekâ teknolojileri, özellikle üretken yapay zekâ (GenAI) araçları, sorgulama temelli öğrenme süreçlerini daha erişilebilir, etkileşimli ve kişiselleştirilmiş hâle getirme potansiyeline sahiptir. Öğrencilerin ilgi alan-

larına göre araştırma soruları önermek, bilgi kaynaklarını filtrelemek, veri analiz süreçlerini desteklemek ve öğrenme sürecine ilişkin anlık geri bildirimler sunmak gibi işlevler, bu teknolojilerin bu model çerçevesinde üstlenebileceği roller arasında yer almaktadır (Adeyele & Ramnarain, 2024). Yeh (2025), öğretmenlerin ChatGPT gibi GenAI araçlarını kullanarak ders planları geliştirdiği, uyguladığı ve bu süreçleri yansıttığı bir mesleki gelişim sürecini inceleyerek, bu araçların öğretmenlerin pedagojik yaratıcılıklarını ve öğrenci merkezli yaklaşım geliştirmelerini nasıl desteklediğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Moundridou vd. (2024), GenAI araçlarını planlama, içerik üretimi, değerlendirme ve öğretim desteği gibi kategorilere ayırarak bu araçların Pedaste vd. (2015) tarafından geliştirilen sorgulama temelli öğrenme çerçevesinin her bir aşamasında nasıl kullanılabileceğini sistematik biçimde göstermiştir. Her iki çalışma da yapay zekânın öğretmenleri yalnızca teknik olarak değil, aynı zamanda pedagojik olarak da destekleyebileceğini, öğrenme süreçlerini daha veri temelli, esnek ve kapsayıcı hâle getirebileceğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, GenAI ve sorgulama temelli öğrenme birleşimi, öğretmenlerin farklı öğrenci özelliklerine uygun, yaratıcı ve etkili öğrenme ortamları tasarlamalarına olanak tanıyan güçlü bir model sunmaktadır.

Uygulama Örnekleri

Sorgulama temelli öğrenme yaklaşımının etkili biçimde uygulanabilmesi, öğrencilerin araştırma yapma, soru sorma ve eleştirel düşünme becerilerinin desteklenmesini gerektirir. Bu noktada yapay zekâ destekli dijital araçlar, öğrencilerin sorgulama süreçlerini daha yapılandırılmış, etkileşimli ve kişiselleştirilmiş hâle getirme potansiyeline sahiptir. Bu araçlara bazı örnekler aşağıda paylaşılmıştır:

- Curipod: Curipod (https://curipod.com), öğretmenlerin belirlediği konuya göre etkileşimli ders içerikleri oluşturmasına olanak tanıyan yapay zekâ destekli bir platformdur. Yapay zekâ, öğretmenin girdiği başlıklara göre otomatik olarak soru, tartışma başlığı, görsel ve etkinlik önerileri sunmakta; öğrencilerin yanıtlarını analiz ederek öğretmene anlık geri bildirim sağlamaktadır. Bu yapı, öğrencilerin kendi sorularını üretmelerini teşvik eden, tartışma ve keşfetme temelli etkinliklerle sorgulama temelli öğrenme modelini doğrudan desteklemektedir.

- Kialo Edu: Bu platform (https://www.kialo-edu.com), öğrencilerin yapılandırılmış biçimde tartışmalar yürütmesini sağlayan yapay zekâ destekli bir platformdur. Yapay zekâ, öğrencilerin oluşturduğu tartışma ürünlerini analiz ederek mantıksal tutarlılık, konuya uygunluk ve ifade netliği açısından geri bildirim sunmakta; öğretmenlere ise tartışma yapısının genel görünümünü ve öğrencilerin katkı düzeylerini raporlamaktadır. Öğrencilerin açık uçlu sorulara dayalı olarak araştırma yapmalarını, görüş geliştirmelerini ve karşıt fikirlerle yüzleşmelerini sağlayan bu yapı, öğretmenlerin sorgulama temelli öğrenme etkinliklerini desteklemektedir.
- Google Bard: Google Bard, doğal dil işleme teknolojileriyle çalışan ve kullanıcıların sorularına kapsamlı, açıklayıcı yanıtlar sunan bir yapay zekâ destekli sohbet aracıdır. Öğrencilerin sorduğu açık uçlu, keşif temelli sorulara çeşitli kaynaklardan derlenmiş çok yönlü yanıtlar sunmakta; aynı zamanda araştırma süreçlerini yönlendirmek ve bilgiye erişimi kolaylaştırmak amacıyla önerilerde bulunmaktadır. Bard, öğrencilerin kendi sorularını üretmelerini ve bu sorulara yanıt aramalarını teşvik ederek sorgulama temelli öğrenme sürecini desteklemekte; özellikle bireysel araştırma ve bilgi keşfi aşamalarında öğrencilere rehberlik etmektedir.

Bunlara ek olarak, YEĞİTEK (2024) tarafından önerilen bazı dijital araçlar da sorgulama temelli öğrenme süreçlerini desteklemektedir. Örneğin, *Mathigon*, matematiksel kavramları keşfetmeye yönelik interaktif bir platform olarak öğrencilerin problem çözme ve modelleme becerilerini geliştirmelerine katkı sağlar. *Science360*, bilimsel konulara dair 3D simülasyonlar ve videolar sunarak öğrencilerin bilimsel olayları görselleştirmelerine ve sorgulamalarına olanak tanır. *The Magic School Bus: Oceans*, bilimsel keşifleri oyunlaştırarak sunmakta; *DIY Sun Science*, güneş enerjisiyle ilgili deneyler yapılmasını sağlayarak öğrencilerin hipotez kurma ve test etme becerilerini desteklemektedir. *Mystery Science* ise fen konularında yapılandırılmış sorgulama temelli etkinlikler sunarak öğrencilerin bilimsel düşünme süreçlerini derinleştirmektedir. Bu araçlar, sorgulama temelli öğrenmenin temel bileşenleri olan soru üretme, araştırma yapma, veri analiz etme ve kanıta dayalı çıkarımda bulunma süreçlerini yapay zekâ desteğiyle daha erişilebilir, etkileşimli ve öğrenci merkezli hâle getirmektedir.

2.6. Yapay Zekâ ve Bilgi İşlemsel Düşünme

21. yüzyılın dijitalleşen dünyasında öğrencilerden yalnızca bilgiye erişmeleri değil; aynı zamanda bu bilgiyi yapılandırmaları, çözüm üretmeleri ve teknolojiyi etkin kullanmaları beklenmektedir. Bilgi işlemsel düşünme, bireylerin karmaşık problemleri çözmek, sistemleri anlamak ve insan davranışlarını modellemek amacıyla bilgisayar bilimi temelli düşünme biçimlerini kullanmalarını ifade etmektedir (Angeli ve Giannakos, 2019; Üzümcü ve Bay, 2018). Bu bağlamda bilgi işlemsel düşünme, yani bireylerin problemleri algoritmik yollarla çözme, soyutlama yapma, desen tanıma ve mantıksal akıl yürütme gibi becerileri geliştirmesi, eğitimde temel bir yetkinlik olarak öne çıkmaktadır (Üzümcü ve Bay, 2018; Angeli ve Giannakos, 2019). Eğitimde bilgi işlemsel düşünmeyi geliştirmek, öğrencilerin yalnızca kodlama becerilerini değil, aynı zamanda analitik düşünme, problem çözme ve sistematik yaklaşım geliştirme yetkinliklerini de desteklemektedir. Bu becerilerin yapay zekâ teknolojileriyle entegrasyonu ise öğrenme süreçlerini dönüştürme potansiyeli taşımaktadır (Weng vd., 2024).

Bilgi işlemsel düşünme, öğrencilerin yalnızca kodlama yapmalarını değil, aynı zamanda düşünme biçimlerini dönüştürmelerini sağlamaktadır. Bu dönüşüm, problem çözme süreçlerinde daha sistematik ve yaratıcı yaklaşımlar geliştirmelerine olanak tanımaktadır. Özellikle algoritmik düşünme, problem parçalama ve soyutlama gibi beceriler, öğrencilerin karmaşık sorunları daha kolay çözmelerine yardımcı olur (Angeli ve Giannakos, 2019). Bu becerilerin erken yaşlardan itibaren kazandırılması, bireylerin dijital çağın gerektirdiği düşünme biçimlerine uyum sağlamalarını kolaylaştırabilmektedir (Tosik-Gün ve Güyer, 2019).

Yapay zekâ teknolojilerinin eğitim ortamlarına entegrasyonu, bilgi işlemsel düşünmenin gelişimini destekleyen önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir. Yapay zekâ destekli öğrenme ortamları, öğrencilere kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunarak onların hem bilişsel hem de duyuşsal gelişimlerini desteklemektedir (Massaty vd., 2024). Özellikle akıllı öğretim sistemleri, otomatik geri bildirim mekanizmaları ve uyarlanabilir öğrenme platformları, öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerini daha iyi yönetmelerine olanak tanıdığından, öğrencilerin öz-yeterlik algılarını da olumlu yönde etkilenmektedir (Massaty vd., 2024). Bununla birlikte, yapay

zekâ destekli simülasyonlar, modelleme araçları ve kodlama ortamları, öğrencilerin soyut kavramları somutlaştırmalarına ve gerçek dünya problemleri üzerinde çalışarak bilgi işlemsel düşünme becerilerini geliştirmelerine olanak tanımaktadır.

Araştırmalar (Massaty vd., 2024; Weng vd., 2024), yapay zekâ ile bilgi işlemsel düşünmenin entegrasyonunun iki temel biçimde gerçekleştiğini göstermektedir. Birincisi, disiplinler arası bilgi entegrasyonu yoluyla öğrencilerin hem yapay zekâ hem de bilgi işlemsel düşünme alanlarında eş zamanlı olarak gelişmelerini sağlamaktır. İkincisi ise yapay zekâ araçlarının bilgi işlemsel düşünme becerilerinin öğrenilmesinde birer araç olarak kullanılmasıdır (Weng vd., 2024). Bu iki yaklaşım, öğrencilerin hem teknolojiyi anlamalarını hem de bu teknolojiyi üretken biçimde kullanmalarını teşvik etmektedir. Yapılan çalışmalar, bu entegrasyonun yalnızca bilişsel değil, aynı zamanda duyuşsal kazanımlar sağladığını da ortaya koymaktadır. Öğrencilerin öğrenme süreçlerine olan ilgileri artmakta, problem çözme süreçlerinde daha yaratıcı ve iş birlikçi davranışlar sergilemektedirler (Massaty vd., 2024). Ayrıca, yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarında öğrencilerin öğrenme stratejileri çeşitlenmekte, bireysel farklılıklar daha kolay gözetilebilmektedir (Weng vd., 2024).

Bilgi işlemsel düşünme ve yapay zekâ entegrasyonunun eğitimde dönüştürücü bir potansiyele sahip olduğu anlaşılmakta, ancak bu potansiyelin tam anlamıyla hayata geçirilebilmesi için öğretmenlerin bu alanlarda yeterli donanıma sahip olmaları, öğretim programlarının bu becerileri destekleyecek şekilde yeniden yapılandırılması ve değerlendirme araçlarının bu yeni öğrenme biçimlerine uygun hâle getirilmesi gerekmektedir (Angeli ve Giannakos, 2019; Massaty vd., 2024; Weng vd., 2024). Disiplinler arası yaklaşımların benimsenmesi, uygun teknolojik araçların seçilmesi ve öğretmenlerin bu süreçte aktif rol alması büyük önem taşımaktadır (Weng vd., 2024; Massaty vd., 2024). Ayrıca, bu entegrasyonun etik boyutları da göz ardı edilmemelidir.

Uygulama Örnekleri

Bilgi işlemsel düşünme becerilerini geliştirmek amacıyla tasarlanan ve yapay zekâ teknolojileriyle desteklenen dijital araçlara şu örnekler verilebilir:

- Tynker: Tynker (https://www.tynker.com), çocuklara kodlama öğretmek amacıyla geliştirilmiş, görsel blok tabanlı bir programlama platformudur. Öğrencilerin algoritmik düşünme, problem çözme ve yaratıcı ifade becerilerini geliştirmelerine olanak tanıyan bu araç, bilgi işlemsel düşünmenin temel bileşenlerini oyunlaştırılmış bir yapıda sunmaktadır. Yapay zekâ desteğiyle öğrencilerin ilerleme düzeylerini analiz etmek, kişiselleştirilmiş içerikler önermek ve öğretmenlere sınıf içi etkileşim verileri sağlamak mümkündür. Bu yönüyle Tynker, bilgi işlemsel düşünmenin erken yaşlardan itibaren kazandırılmasına katkı sunmakta ve öğrencilerin sistematik düşünme becerilerini desteklemektedir.
- ML for Kids: Machine Learning for Kids (https://machinelearningforkids.co.uk), öğrencilerin temel makine öğrenimi kavramlarını deneyimleyerek öğrenmelerini sağlayan, uygulamalı bir eğitim platformudur. Öğrenciler bu araçla metin, sayı, görsel ya da ses verilerini sınıflandıran modeller oluşturmakta ve bu modelleri Scratch gibi programlama ortamlarında kullanarak projeler geliştirmektedir. Yapay zekâ, öğrencilerin oluşturduğu modelleri analiz ederek geri bildirim sunmakta ve öğrenme sürecini yönlendirmektedir. Bu süreç, bilgi işlemsel düşünmenin soyutlama, örüntü tanıma ve algoritmik düşünme gibi bileşenlerini doğrudan desteklemektedir.
- Teachable Machine: Google Teachable Machine (https://teachablemachine.withgoogle.com), kullanıcıların herhangi bir kod yazmadan kendi makine öğrenimi modellerini oluşturabilecekleri web tabanlı bir araçtır. Görsel, ses veya poz verilerini kullanarak sınıflandırma modelleri oluşturmak, bu modelleri test etmek ve farklı platformlara entegre etmek mümkündür. Öğrenciler, bu süreçte veri toplama, model eğitme ve sonuçları değerlendirme gibi bilgi işlemsel düşünme becerilerini uygulamalı olarak deneyimlemektedir.

Bilgi işlemsel düşünme becerilerini geliştirmeye yönelik YEĞİTEK (2024) tarafından önerilen dijital araçlara da örnek vermek mümkündür. *Code.org*, blok tabanlı kodlama etkinlikleriyle algoritmik düşünmeyi öğretirken; *Blockly*, görsel programlama dili aracılığıyla temel kodlama becerilerinin kazandırılmasını sağlamaktadır. *Cognimates*, çocuklara yapay zekâ kavramlarını tanıtmakta ve kodlama ile yapay zekâyı bütünleştiren uygula-

malar sunarak erken yaşta bilişimsel düşünme farkındalığı oluşturmaktadır. *MIT App Inventor*, öğrencilerin mobil uygulama geliştirerek algoritmik yapı kurma ve problem çözme becerilerini pekiştirmelerine olanak tanımaktadır. *PythonTurtle*, Python programlama diliyle grafik tabanlı uygulamalar geliştirerek hem sözdizimsel hem de mantıksal düşünme becerilerini desteklemektedir. Daha ileri düzeyde, *TensorFlow*, *PyTorch* ve *Keras* gibi yapay zekâ kütüphaneleri, öğrencilerin gerçek dünya problemleri üzerinde çalışarak modelleme, veri analizi ve makine öğrenimi süreçlerini deneyimlemelerine imkân tanımakta; böylece bilgi işlemsel düşünmenin üst düzey bilişsel becerilerle bütünleşmesini sağlamaktadır.

Bu araçlar, bilgi işlemsel düşünmenin temel bileşenlerini yapay zekâ teknolojileriyle bütünleştirerek öğrencilerin problem çözme, algoritmik düşünme ve sistematik analiz becerilerini geliştirmelerine olanak tanımaktadır. Aynı zamanda öğrencilerin yalnızca teknoloji tüketicisi değil, teknoloji geliştiricisi bireyler olarak yetişmelerine katkı sağlamaktadır.

3. ETİK VE SOSYAL SORUNLAR

Yapay zekâ teknolojilerinin eğitim ortamlarında giderek daha yaygın biçimde kullanılması, beraberinde çeşitli etik ve sosyal sorumluluk tartışmalarını da gündeme getirmektedir. Öğrenme süreçlerinin dijitalleşmesi, öğrenci verilerinin toplanması ve analiz edilmesi, karar alma süreçlerinde algoritmaların rol oynaması gibi uygulamalar; veri gizliliği, algoritmik ön yargılar, şeffaflık, hesap verebilirlik ve dijital eşitsizlik gibi çok boyutlu sorun alanlarını ortaya çıkarmaktadır (Porayska-Pomsta vd., 2023; Temur, 2025; Wiese vd., 2025). Bu bağlamda, yapay zekânın eğitimdeki rolünü yalnızca teknolojik bir dönüşüm olarak değil, aynı zamanda etik ve toplumsal etkileriyle birlikte değerlendirmek gerekmektedir. Eğitimde adaletin, kapsayıcılığın ve insan haklarına saygının korunabilmesi için, yapay zekâ sistemlerinin tasarımı, uygulanması ve denetlenmesi süreçlerinde etik ilkelerin gözetilmesi büyük önem taşımaktadır.

3.1. Veri Gizliliği ve Güvenlik

Yapay zekâ destekli eğitim teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, öğrenci verilerinin toplanması, işlenmesi ve saklanması süreçleri önemli

etik soruları gündeme getirmektedir (Huang, 2023). Öğrencilerin öğrenme davranışları, performans düzeyleri, ilgi alanları ve hatta duygusal tepkileri gibi çok çeşitli verilerin dijital ortamda izlenmesi, veri gizliliği ilkesinin eğitimde yeniden tanımlanmasını zorunlu kılmaktadır (Nguyen vd., 2022). Bu verilerin kim tarafından, ne amaçla ve ne süreyle kullanılacağına ilişkin şeffaflık eksikliği, öğrencilerin mahremiyet haklarını tehdit edebilmektedir. Türkiye'de bu alandaki yasal çerçeve, hem ulusal hem de uluslararası gelişmeler ışığında şekillenmektedir. Kişisel Verilerin Korunması Kanunu [2016, (KVKK)], eğitimde yapay zekâ uygulamalarında veri işleme süreçlerinin hukuka uygunluğunu sağlamak açısından temel bir referans noktasıdır. KVKK, bireylerin açık rızası olmadan kişisel verilerin işlenmesini yasaklamakta ve veri sorumlularına çeşitli yükümlülükler getirmektedir.

Yapay zekâ sistemlerinin veri temelli çalışması, eğitim ortamlarında sürekli veri üretimi ve analizi gerektirirken bu verilerin kötüye kullanımı ya da yetkisiz erişim riski ciddi güvenlik açıkları doğurabilmektedir. Özellikle bulut tabanlı platformlarda depolanan öğrenci verilerinin korunması, sadece teknik değil aynı zamanda etik bir sorumluluk alanı olarak ele alınmalıdır. Ayrıca, öğrencilerin verilerinin ticari amaçlarla üçüncü taraflarla paylaşılması, eğitimde güven ilişkisini zedeleyebilecek bir başka risk unsurudur. Bu nedenle, yapay zekâ tabanlı eğitim uygulamalarında veri gizliliğini sağlamak için güçlü yasal düzenlemelere, kurumsal denetim mekanizmalarına ve kullanıcı bilgilendirme süreçlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Huang, 2023; Nguyen vd., 2022). Öğrencilerin verilerinin anonimleştirilmesi, açık rıza alınması, veri işleme süreçlerinin şeffaf biçimde açıklanması ve veri güvenliği protokollerinin uygulanması, etik bir yapay zekâ kullanımının temel ilkeleri arasında yer almalıdır. Eğitimde teknolojik ilerlemenin, birey haklarını gözeten bir etik çerçeveyle birlikte yürütülmesi, sürdürülebilir ve güvenilir bir dijital öğrenme ekosistemi için vazgeçilmezdir.

2025 yılı itibarıyla MEB tarafından yürürlüğe konan Eğitimde Yapay Zekâ Politika Belgesi ve Eylem Planı (2025-2029), etik ve güvenli yapay zekâ kullanımını teşvik eden stratejik hedefler içermektedir. Bu belge, öğretim programlarının güncellenmesinden dijital içerik üretimine, öğretmen eğitimi ve veri analitiği uygulamalarına kadar birçok alanda somut adımlar öngörmektedir. Ayrıca, Avrupa Birliği'nin 2024'te yürürlüğe giren

AI Act adlı düzenlemesi, Türkiye'de hazırlanan Yapay Zekâ Kanun Teklifi için de önemli bir referans olmuştur. Bu teklif, yapay zekâ sistemlerinin etik, şeffaf ve insan haklarına saygılı biçimde geliştirilmesini hedeflemekte; risk temelli bir yaklaşım benimseyerek farklı düzeylerde düzenlemeler içermektedir.

3.2. Algoritmik Ön Yargılar

Yapay zekâ sistemleri, eğitimde karar destek mekanizmaları olarak giderek daha fazla kullanılmaktadır. Ancak bu sistemlerin karar alma süreçleri, çoğu zaman şeffaf değildir ve kullanılan verilerdeki ön yargılar algoritmalara da yansıyabilmektedir. Bu durum, eğitimde fırsat eşitliğini tehdit eden ciddi etik sorunlara yol açmaktadır (Celik vd., 2022). Örneğin, öğrenci başarı tahmin sistemleri geçmiş verilerdeki sosyoekonomik eşitsizlikleri yansıtarak bazı öğrenci gruplarını sistematik olarak düşük başarı potansiyeliyle etiketleyebilmektedir (Wang vd., 2021). Bu tür sistemler, öğrencilerin gelişim potansiyelini sınırlamakta ve öğretmenlerin beklentilerini olumsuz etkileyebilmektedir.

Algoritmik ön yargıların temel nedenlerinden biri, eğitim verilerinin yeterince temsil edici olmamasıdır (Baker ve Hawn, 2021). Veriler, çoğunluk grupların deneyimlerini yansıttığında, azınlık grupların ihtiyaçları göz ardı edilebilmektedir. Ayrıca, algoritmaların "kara kutu" niteliği, kararların nasıl alındığını anlamayı zorlaştırmakta ve hesap verebilirliği azaltmaktadır (Wang vd., 2021). Benzer şekilde, doğal dil işleme tabanlı içerik öneri sistemleri, cinsiyetçi veya kültürel ön yargılar içeren metinlerle eğitildiklerinde, öğrencilere sunulan içeriklerde ayrımcılığa neden olabilmektedir. Bu durum, özellikle azınlık gruplarına mensup öğrencilerin dışlanma hissini artırabilmekte ve öğrenme motivasyonlarını olumsuz etkilemektedir.

Bu sorunların önüne geçebilmek için, algoritmaların etik denetimden geçirilmesi, açıklanabilir yapay zekâ (Explainable AI) yaklaşımlarının benimsenmesi ve eğitim verilerinin çeşitlilik açısından gözden geçirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, öğretmenlerin algoritmik farkındalık konusunda eğitilmesi, bu sistemlerin daha adil ve kapsayıcı biçimde kullanılmasına katkı sağlayacaktır (Celik vd., 2022; Wang vd., 2021).

3.3. Erişim Eşitliği ve Dijital Uçurum

Yapay zekâ destekli eğitim teknolojileri, öğrenme süreçlerini kişiselleştirme ve verimliliği artırma potansiyeline sahiptir. Ancak bu teknolojilere erişim, tüm öğrenci grupları için eşit değildir. Özellikle kırsal bölgelerde yaşayan, düşük gelirli ya da dezavantajlı gruplara mensup öğrenciler, dijital araçlara ve internet altyapısına erişimde ciddi engellerle karşılaşmaktadır (Timotheou vd., 2022).

COVID-19 pandemisi sürecinde dijital uçurumun etkileri daha görünür hâle gelmiştir. Uzaktan eğitim uygulamaları sırasında birçok öğrenci, gerekli teknolojik donanıma sahip olamadığı için öğrenme süreçlerinden dışlanmıştır. Bu durum, yalnızca akademik başarıyı değil, aynı zamanda öğrencilerin psikososyal gelişimini de olumsuz etkilemiştir (Timotheou vd., 2022). Yapay zekâ uygulamaları, dijital uçurumu daha da derinleştirme riski taşımaktadır. Örneğin, yapay zekâ destekli öğrenme analitiği sistemleri, yalnızca yeterli veri sağlayabilen öğrenciler için etkili sonuçlar üretebilmektedir. Bu da veri üretme kapasitesi düşük olan öğrencilerin sistem tarafından yeterince tanınmamasına ve desteklenmemesine yol açabilecektir (Urmeneta ve Romero, 2024).

Bu eşitsizliklerin giderilmesi için, eğitim politikalarının dijital kapsayıcılığı önceleyen bir yaklaşımla yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Okullarda dijital altyapının güçlendirilmesi, öğretmenlerin dijital pedagojik yeterliliklerinin artırılması ve öğrencilerin dijital okuryazarlık becerilerinin geliştirilmesi bu sürecin temel adımlarıdır.

4. GELECEĞE YÖNELİK PERSPEKTİFLER

Yapay zekâ teknolojilerinin eğitimdeki rolü, gelecekte öğretim programlarının, öğretmen rollerinin ve öğrenme ortamlarının köklü biçimde dönüşmesini beraberinde getirecektir. Öğretim programları, yalnızca bilgi aktarımına değil, öğrencilerin algoritmik düşünme, dijital etik farkındalık ve yapay zekâ ile iş birliği yapabilme becerilerine odaklanacak şekilde yeniden tasarlanmalıdır. Bu dönüşüm, disiplinler arası yaklaşımları ve yapay zekâ okuryazarlığını temel bir yeterlilik olarak benimsemeyi gerektirir (Zhang ve Aslan, 2021). Eğitim sistemleri, bu teknolojileri pedagojik amaçlarla kullanabilecek esnek ve kapsayıcı yapılar geliştirmelidir.

Öğretmen eğitimi ve öğrenme ortamlarının evrimi de bu dönüşümün merkezindedir. Öğretmenler, yapay zekâ destekli araçları yalnızca kullanan değil, aynı zamanda bu sistemlerin etik ve pedagojik yönlerini değerlendiren bilinçli aktörler hâline gelmelidir. Gelecekteki öğrenme ortamları, artırılmış gerçeklik, sanal sınıflar ve kişiselleştirilmiş öğrenme analitiği gibi teknolojilerle donatılarak mekân ve zaman bağımlılığını azaltacaktır. Bu gelişmeler, öğrenmeyi daha erişilebilir, esnek ve öğrenci merkezli hâle getirme potansiyeline sahiptir.

4.1. Program Tasarımı ve Öğretmen Eğitimi

Yapay zekâ teknolojilerinin eğitim sistemlerine entegrasyonu öğretim programlarının yeniden yapılandırılmasını da gerektirmektedir. Farklı kademe ve sınıf seviyelerinde uygulanacak konu alanlarında, öğrencilerin yapay zekâ ile iş birliği yapabilmeleri beklenmekte; bu nedenle, yapay zekâ araçlarını kullanım ilkelerine uygun, doğru ve etkili biçimde kullanabilmeleri gerekmektedir. Bu bağlamda, disiplinler arası öğrenme, problem çözme ve veri okuryazarlığı gibi beceriler, program tasarımının temel bileşenleri hâline gelmektedir (Pratschke, 2024). Ayrıca, öğrenmenin yalnızca çıktı değil, süreç odaklı bir etkinlik olarak ele alınması gerektiği vurgulanmakta; bu da değerlendirme yaklaşımlarının da dönüşmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu dönüşüm sürecinde öğretmenlerin rolü de kritik önemdedir. Araştırmalar, öğretmenlerin yapay zekâ tabanlı uygulamaları benimseme niyetlerinin, öz yeterlik algıları, teknolojiye yönelik tutumları ve algılanan fayda düzeyleriyle yakından ilişkili olduğunu göstermektedir (Rawas, 2024; Wang vd., 2021). Türkiye bağlamında yapılan çalışmalar da öğretmenlerin yapay zekâ entegrasyonuna yönelik hazırbulunuşluklarının artırılması için mesleki gelişim programlarının önemine işaret etmektedir (Filiz vd., 2025). Bu nedenle, öğretmen eğitimi yalnızca teknik bilgi aktarımıyla sınırlı kalmamalı; aynı zamanda pedagojik, etik ve eleştirel düşünme boyutlarını da kapsamalıdır.

4.2. Yapay Zekâ ile Öğrenme Ortamlarının Değişimi

Yapay zekâ teknolojileri, geleneksel öğrenme ortamlarını dönüştürerek daha esnek, kişiselleştirilmiş ve veri odaklı yapılar ortaya çıkarmaktadır (Grassini, 2023; Rawas, 2024). Artırılmış gerçeklik, sanal sınıflar, öğrenme

analitiği ve uyarlanabilir içerik sistemleri gibi uygulamalar, öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına göre şekillenen dinamik öğrenme deneyimleri sunmaktadır. Bu dönüşüm, öğrenmenin mekân ve zaman bağımlılığını azaltmakta; öğrencilerin kendi hızlarında, kendi ilgi alanlarına göre öğrenmelerini mümkün kılmaktadır (Almasri, 2024; Rawas, 2024).

Ancak bu evrimsel süreç yalnızca teknolojik gelişmelerle sınırlı değildir; aynı zamanda pedagojik yaklaşımların da yeniden düşünülmesini gerektirmektedir. Yapay zekâ ile desteklenen öğrenme ortamlarında öğretmenlerin rolü, bilgi aktarıcılığından rehberliğe ve öğrenme sürecinin tasarımcılığına doğru şekillenmektedir. Öğrencilerin yapay zekâ ile etkileşim kurabilmeleri, bu sistemleri eleştirel ve etik bir bakış açısıyla değerlendirebilmeleri, yeni öğrenme ortamlarının başarısı için temel bir gereklilik hâline gelmiştir (Almasri, 2024; Rawas, 2024, Wang vd., 2021).

4.3. Eğitimde Yapay Zekânın Potansiyel Sınırları

Yapay zekâ teknolojileri eğitimde önemli fırsatlar sunmakla birlikte, bu teknolojilerin sınırsız ve her koşulda etkili olduğu varsayımı yanıltıcı olabilmektedir. Öncelikle, yapay zekâ sistemlerinin karar alma süreçleri çoğu zaman şeffaf değildir; bu da eğitimde hesap verebilirlik ve etik sorumluluk açısından ciddi sorunlar doğurabilir (Zhang ve Aslan, 2021). Ayrıca, yapay zekâ uygulamaları genellikle büyük veri kümelerine dayanır; ancak bu verilerin kalitesi, çeşitliliği ve temsiliyeti sınırlı olduğunda, sistemler ön yargılı ya da hatalı sonuçlar üretebilir (Grassini, 2023; Yim ve Su, 2024). Bu durum, özellikle öğrenci değerlendirmeleri ve yönlendirme sistemlerinde adaletsizliklere yol açabilir.

Bir diğer sınırlayıcı unsur ise pedagojik uyumdur. Yapay zekâ sistemleri, öğretim süreçlerini desteklemek üzere tasarlansa da her öğrenme ortamına ve öğrenci özelliklerine uygun çözümler sunmayabilmektedir (Grassini, 2023). Özellikle duygusal, sosyal ve kültürel bağlamların önemli olduğu durumlarda, insan öğretmenlerin sezgisel ve empatik yaklaşımlarının yerini alması mümkün değildir. Ayrıca, öğretmenlerin yapay zekâya yönelik tutumları, öz yeterlik algıları ve teknolojik kaygıları da bu sistemlerin etkili kullanımını sınırlayabilmektedir (Wang vd., 2021). Bu nedenle, yapay zekânın eğitimdeki rolü, insan etkileşimini dışlamayan, tamamlayıcı bir araç olarak yeniden konumlandırılmalıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay zekâ teknolojileri, eğitim sistemlerinde köklü bir dönüşümün habercisi olarak hem pedagojik hem de teknolojik boyutlarda yeni olanaklar sunmaktadır. Bu bölümde ele alınan içerikler, yapay zekânın güncel pedagojilerden öğretmen eğitimi ve program tasarımına, etik ve sosyal sorunlardan öğrenme ortamlarının değişimine kadar çok boyutlu etkilerini ortaya koymaktadır. Yapay zekâ, öğrenme süreçlerini daha esnek, veri temelli ve öğrenci merkezli hâle getirme potansiyeline sahip olsa da bu potansiyelin gerçekleştirilmesi ancak etik, pedagojik ve teknik sınırların farkında olunarak mümkündür. Özellikle algoritmik ön yargılar, veri güvenliği, erişim eşitsizliği ve pedagojik uyum gibi sınırlılıklar, yapay zekâ uygulamalarının dikkatle planlanmasını ve sürekli değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu bağlamda, eğitim politikalarının yapay zekâ entegrasyonunu yalnızca teknolojik bir yenilik olarak değil, aynı zamanda kapsayıcı ve etik bir dönüşüm süreci olarak ele alması gerekmektedir. Öğretmenlerin dijital pedagojik yeterliliklerinin artırılması, öğretim programlarının yapay zekâ okuryazarlığını içerecek şekilde yeniden yapılandırılması ve öğrenme ortamlarının erişilebilirliğinin sağlanması, bu sürecin temel yapı taşlarıdır. Ayrıca; yapay zekâ sistemlerinin şeffaf, açıklanabilir ve hesap verebilir biçimde tasarlanması, eğitimde adaletin ve güvenin korunması açısından kritik öneme sahiptir. Gelecekte yapılacak araştırmaların, yapay zekânın eğitimdeki etkilerini farklı yaş grupları, disiplinler ve sosyokültürel bağlamlar üzerinden incelemesi; uygulayıcılar için daha bütüncül ve sürdürülebilir stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Tüm bu sunulan bilgiler ışığında eğitim paydaşlarına yönelik aşağıdaki önerilerde bulunulmaktadır:

Eğitim politikacıları ve uygulayıcıları için:

- Yapay zekâ okuryazarlığının tüm eğitim kademelerinde disiplinler arası bir yeterlilik olarak öğretim programlarına eklenmesi,
- Öğrencilerin algoritmik düşünme, veri okuryazarlığı ve dijital etik becerilerini geliştirecek içerikler oluşturulması,
- Öğretmenlerin yapay zekâ araçlarını pedagojik amaçlarla etkili biçimde kullanabilmeleri için sürekli mesleki gelişim programlarının düzenlenmesi,

- Öğretmen eğitiminde etik, eleştirel düşünme ve algoritmik farkındalık konularına ilişkin temalar eklenmesi,
- Öğretmenlerin sadece kullanıcı değil, aynı zamanda yapay zekâ sistemlerinin tasarım ve değerlendirme süreçlerine katkı sağlayan paydaşlar olarak konumlandırılması,
- Tüm öğrencilere eşit dijital erişim sağlamak için altyapı yatırımlarının arttırılması; özellikle kırsal ve dezavantajlı bölgelerde internet ve cihaz erişiminin güçlendirilmesi,
- Okullarda yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarının kurulması için donanım ve yazılım desteğinin sağlanması,
- Yapay zekâ uygulamalarında veri güvenliği, şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkelerini temel alan yasal düzenlemelerin hassasiyetle uygulanması,
- Öğrenci verilerinin toplanması, işlenmesi ve saklanması süreçlerinde açık rıza, anonimleştirme ve denetim mekanizmalarının zorunlu tutulması,
- Yapay zekâ uygulamalarının eğitimdeki etkilerini izlemek ve değerlendirmek için ulusal düzeyde veri toplama ve analiz sistemleri kurulması,
- Farklı yaş grupları, disiplinler ve sosyokültürel bağlamlarda yapay zekâ uygulamalarının etkilerini inceleyen araştırmaların desteklenmesi önerilmektedir.

Öğretmenler için:

- Teknolojiyi sadece içerik sunumu için değil, öğrencilerin öğrenme süreçlerini desteklemek ve farklılaştırmak için kullanmaya özen göstermeleri,
- Öğrenci verilerini yorumlayabilme, analiz edebilme ve bu verilerle öğretim stratejilerini şekillendirme becerilerini geliştirmeleri,
- Öğrenci verilerinin gizliliği, algoritmik ön yargılar ve dijital eşitlik gibi konularda bilinçli olmaları,
- Yapay zekâ teknolojilerinin hızla değişmesi sebebi ile güncel kalmak için eğitimlere ve atölyelere katılmaları, meslektaşlarını da teşvik etmeleri,

- Yapay zekâ ile etkileşim kurabilmeleri için öğrencilerin dijital okuryazarlıklarını geliştirmelerine rehberlik etmeleri önerilmektedir.

Veliler için:

- Çocuklarının kullandığı dijital öğrenme platformlarını ve yapay zekâ destekli uygulamaları incelemeleri, nasıl çalıştıklarını öğrenmeleri,
- Çocuklarının kişisel verilerinin hangi platformlarda, nasıl kullanıldığını sorgulamaları ve gerektiğinde gizlilik ayarlarını kontrol etmeleri,
- Yapay zekâ destekli öğrenme araçlarının yerine göre işlevselliğini de hatırlayarak, ekran süresi ve çevrim dışı etkinlikler arasında denge kurmaya özen göstermeleri,
- Çocuklarının yapay zekâ araçlarıyla nasıl çalıştığını, neler öğrendiğini ve hangi alanlarda zorlandığını konuşarak öğrenme sürecine aktif katılım sağlamaları,
- Çocuklarının yapay zekâdan gelen bilgileri sorgulamasını, doğruluğunu değerlendirmesini ve kendi fikirlerini geliştirmesini desteklemeleri önerilmektedir.

Tüm bu önerilere ek olarak, yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarında başarılı olabilmek için öğrencilerin yalnızca teknolojiyi kullanmaları değil, aynı zamanda bu teknolojiyi bilinçli, etik ve etkili bir şekilde değerlendirmeleri gerekmektedir. Öncelikle, yapay zekâ araçlarını sadece cevap almak için değil, öğrenme sürecini derinleştirmek amacıyla kullanmaları önemlidir. Örneğin; bir yapay zekâ uygulamasından gelen yanıtları sorgulamak, farklı kaynaklarla karşılaştırmak ve kendi yorumlarını geliştirmek, eleştirel düşünme becerilerini güçlendirecektir. Ayrıca, öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerini takip etmeleri, hangi konularda zorlandıklarını fark etmeleri ve bu alanlarda destek aramaları, yapay zekâdan en verimli şekilde yararlanmalarını sağlayacaktır.

Öğrencilerin dijital etik konusunda da farkındalık geliştirmeleri gerekmektedir. Yapay zekâ ile etkileşimde bulunurken kişisel verilerini paylaşmadan önce dikkatli olmaları, gizlilik ayarlarını kontrol etmeleri ve güvenilir platformları tercih etmeleri önemlidir. Ayrıca, yapay zekâ araçlarını ödev ya da proje üretiminde kullanırken bu araçların sunduğu bilgileri kendi

ifadeleriyle yeniden yapılandırmaları ve özgünlük ilkesine sadık kalmaları beklenmektedir. Böylece hem akademik dürüstlük korunabilecek hem de öğrenciler kendi öğrenme sorumluluklarını üstlenmiş olacaklardır. Yapay zekâ, doğru kullanıldığında öğrencilerin öğrenme yolculuğunu destekleyen güçlü bir araç olsa da bu yolculukta rehberlik, öz disiplin ve bilinçli kullanım temel belirleyicilerdir.

KAYNAKLAR

Adeyele, V. O., & Ramnarain, U. (2024). Exploring the integration of ChatGPT in inquiry-based learning: teacher perspectives. *International Journal of Technology in Education*, *7*(2), 200-217. https://doi.org/10.46328/ijte.638

Almasri, F. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: a systematic review of empirical research. *Research in Science Education*, *54*(5), 977-997. https://doi.org/10.1007/s11165-024-10176-3

Altun, E. (2024). Yapay zekâ ve pedagoji: eğitimde fırsatlar ve zorluklar. *Dijital Teknolojiler ve Eğitim Dergisi*, *3*(1), 80-95. https://www.dijitalted.com/index.php/dijited/article/view/37

Al-Zahrani, A. M. (2024). Unveiling the shadows: beyond the hype of AI in education. *Heliyon*, *10*(9), e30696. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30696

Angeli, C., & Giannakos, M. (2019). Computational thinking education: issues and challenges. *Computers in Human Behavior*, *105*, 106185. https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.106185

Arslan, K. (2020). Eğitimde yapay zekâ ve uygulamaları. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, *11*(1), 71-88. https://dergipark.org.tr/en/pub/baebd/issue/55426/690058

Baker, R. S., & Hawn, A. (2021). Algorithmic bias in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, *32*(4), 1052-1092. https://doi.org/10.1007/s40593-021-00285-9

Bauer, E., Greiff, S., Graesser, A. C., Scheiter, K., & Sailer, M. (2025). Looking beyond the hype: understanding the effects of AI on learning. *Educational Psychology Review*, *37*(2). https://doi.org/10.1007/s10648-025-10020-8

Bernacki, M. L., Greene, M. J., & Lobczowski, N. G. (2021). A systematic review of research on personalized learning: personalized by whom, to what, how, and for what purpose(s)? *Educational Psychology Review*, *33*(4), 1675-1715. https://doi.org/10.1007/s10648-021-09615-8

Bozkurt, A., Karadeniz, A., Baneres, D., Guerrero-Roldán, A. E., & Rodríguez, M. E. (2021). Artificial ıntelligence and reflections from educational landscape: a review of AI studies in half a century. *Sustainability*, *13*(2), 800. https://doi.org/10.3390/su13020800

Cao, S., & Phongsatha, S. (2025). An empirical study of the AI-driven platform in blended learning for business English performance and student engagement. *Language Testing in Asia*, *15*(1). https://doi.org/10.1186/s40468-025-00376-7

Castro, M. P., & Zermeño, M. G. G. (2020). Challenge based learning: innovative pedagogy for sustainability through e-learning in higher education. *Sustainability*, *12*(10), 4063. https://doi.org/10.3390/su12104063

Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H., & Järvelä, S. (2022). The promises and challenges of artificial ıntelligence for teachers: a systematic review of research. *TechTrends*, *66*(4), 616-630. https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y

Erdem, M. (2002). Proje tabanlı öğrenme. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *22*, 172-179. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/87910

Esteve-Mon, F. M., Llopis-Nebot, M. A., & Adell-Segura, J. (2020). Digital teaching competence of university teachers: a systematic review of the literature. *IEEE Revista Iberoamericana De Tecnologias Del Aprendizaje*, *15*(4), 399-406. https://doi.org/10.1109/rita.2020.3033225

European Commission. (2024). *Artificial intelligence act*. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-approach-artificial-intelligence

Filiz, O., Kaya, M. H., & Adiguzel, T. (2025). Teachers and AI: understanding the factors influencing aı integration in K-12 education. *Education and Information Technologies, 30*, 7931–17967. https://doi.org/10.1007/s10639-025-13463-2

Fu, Y., Weng, Z., & Wang, J. (2024). Examining AI use in educational contexts: a scoping meta-review and bibliometric analysis. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. https://doi.org/10.1007/s40593-024-00442-w

Grassini, S. (2023). Shaping the future of education: exploring the potential and consequences of AI and ChatGPT in educational settings. *Education Sciences*, *13*(7), 692. https://doi.org/10.3390/educsci13070692

Hamadneh, N. N., Atawneh, S., Khan, W. A., Almejalli, K. A., & Alhomoud, A. (2022). Using artificial intelligence to predict students' academic performance in blended learning. *Sustainability*, *14*(18), 11642. https://doi.org/10.3390/su141811642

Hayirsever, F., & Orhan, A. (2018). A theoretical analysis of flipped learning. *Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *14*(2), 572-596. https://doi.org/10.17860/mersinefd.431745

Herodotou, C., Sharples, M., Gaved, M., Kukulska-Hulme, A., Rienties, B., Scanlon, E., & Whitelock, D. (2019). Innovative pedagogies of the future: an evidence-based selection. *Frontiers in Education*, *4*. https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00113

Hrastinski, S. (2019). What do we mean by blended learning? *TechTrends*, *63*(5), 564-569. https://doi.org/10.1007/s11528-019-00375-5

Huang, L. (2023). Ethics of artificial intelligence in education: student privacy and data protection. *Science Insights Education Frontiers*, *16*(2), 2577-2587. https://doi.org/10.15354/sief.23.re202

Ifenthaler, D., Majumdar, R., Gorissen, P., Judge, M., Mishra, S., Raffaghelli, J., & Shimada, A. (2024). Artificial intelligence in education: ımplications for policymakers, researchers, and practitioners. *Technology Knowledge and Learning, 29,* 1693-1710. https://doi.org/10.1007/s10758-024-09747-0

Karadeniz, A. (2015). Ters-yüz edilmiş sınıflar. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, *4*(3), 322-326. http://www.jret.org/FileUpload/ks281142/File/35._abdulkadir_karadeniz.pdf

Kilickaya, F., & Kic-Drgas, J. (2024). The role of AI ChatBots in self-regulated blended learning: benefits and challenges. *International Journal on E-learning*, *23*(4), 429-441. https://doi.org/10.70725/174580yctggc

Kim, K., & Kwon, K. (2024). A systematic review of the evaluation in K-12 artificial intelligence education from 2013 to 2022. *Interactive Learning Environments, 33*(1), 1-29. https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2335499

Kişisel Verileri Koruma Kurumu (KVKK) (2016). *6698 sayılı kişisel verilerin korunması kanunu*. https://www.kvkk.gov.tr

Lalima, & Dangwal, K. L. (2017). Blended learning: an innovative approach. *Universal Journal of Educational Research*, *5*(1), 129-136. https://doi.org/10.13189/ujer.2017.050116

Li, K. C., & Wong, B. T. (2023). Artificial intelligence in personalised learning: a bibliometric analysis. *Interactive Technology and Smart Education*, *20*(3), 422-445. https://doi.org/10.1108/itse-01-2023-0007

Lo, C. K., & Hew, K. F. (2023). A review of integrating AI-based chatbots into flipped learning: new possibilities and challenges. *Frontiers in Education*, *8,* 1175715. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1175715

Martin, F., Zhuang, M., & Schaefer, D. (2023). Systematic review of research on artificial intelligence in K-12 education (2017-2022). *Computers and Education Artificial Intelligence*, *6*, 100195. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100195

Massaty, M. H., Fahrurozi, S. K., & Budiyanto, C. W. (2024). The role of AI in fostering computational thinking and self-efficacy in educational settings: a systematic review. *Indonesian Journal of Informatics Education*, *8*(1), 49. https://doi.org/10.20961/ijie.v8i1.89596

Millî Eğitim Bakanlığı (2025). *Eğitimde yapay zekâ politika belgesi ve eylem planı (2025-2029)*. https://www.meb.gov.tr/egitimde-yapay-zek-politika-belgesi-ve-eylem-plani-yururluge-girdi/haber/37531/tr

Milli Eğitim Bakanlığı (2024). *Policy brief for AI in education raporu*. Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü. https://yegitek.meb.gov.tr/www/policy-brief-for-ai-in-education-raporu-yayinlandi/icerik/3687

Moundridou, M., Matzakos, N., & Doukakis, S. (2024). Generative AI tools as educators' assistants: designing and implementing inquiry-based lesson plans. *Computers and Education Artificial Intelligence*, *7*, 100277. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100277

Mulaudzi, L. V., & Hamilton, J. (2025). Lecturer's perspective on the role of AI in personalized learning: benefits, challenges, and ethical considerations in higher education. *Journal of Academic Ethics, 23*, 1571-1591. https://doi.org/10.1007/s10805-025-09615-1

Nguyen, A., Ngo, H. N., Hong, Y., Dang, B., & Nguyen, B. T. (2022). Ethical principles for artificial intelligence in education. *Education and Information Technologies*, *28*(4), 4221-4241. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11316-w

Nguyen, K. V. (2025). The use of generative AI tools in higher education: ethical and pedagogical principles. *Journal of Academic Ethics, 23*, 1435-1455. https://doi.org/10.1007/s10805-025-09607-1

Oruç, T., Yeşilyurt, M., & Kurt, M. (2024). Eğitimde yapay zekâ konulu çalışmaların betimsel analizi. *Temel Eğitim, 6*(24), 44-60. https://dergipark.org.tr/tr/pub/temelegitim/issue/84158/1465815

Park, Y., & Doo, M. Y. (2024). Role of AI in blended learning: a systematic literature review. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, *25*(1), 164-196. https://doi.org/10.19173/irrodl.v25i1.7566

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli, C. C., Zacharia, Z. C., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, *14*, 47-61. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003

Peterson, A., Dumont, H., Lafuente, M., & Law, N. (2018). Understanding innovative pedagogies. *OECD Education Working Papers*. https://doi.org/10.1787/9f843a6e-en

Porayska-Pomsta, K., Holmes, W., & Nemorin, S. (2023). The ethics of AI in education. *Handbook of artificial intelligence in education* (Eds. Benedict du Boulay, Antonija Mitrovic, and Kalina Yacef) içinde (sf: 571-604). Edward Elgar Publishing. https://doi.org/10.4337/9781800375413.00038

Pratschke, B. M. (2024). *Generative AI and Education: Digital Pedagogies, Teaching Innovation and Learning Design*. Springer Nature.

Rawas, S. (2024). AI: the future of humanity. *Discover Artificial Intelligence*, *4*(1). https://doi.org/10.1007/s44163-024-00118-3

Regan, P. M., & Jesse, J. (2018). Ethical challenges of edtech, big data and personalized learning: twenty-first century student sorting and tracking. *Ethics and Information Technology*, *21*(3), 167-179. https://doi.org/10.1007/s10676-018-9492-2

Russell, S., & Norvig, P. (1995). *Artificial intelligence: a modern approach*. http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Show?1bb0

Shemshack, A., & Spector, J. M. (2020). A systematic literature review of personalized learning terms. *Smart Learning Environments*, *7*(1). https://doi.org/10.1186/s40561-020-00140-9

Tecuci, G. (2011). Artificial intelligence. *Wiley Interdisciplinary Reviews Computational Statistics*, *4*(2), 168-180. https://doi.org/10.1002/wics.200

Temur, S. (2025). Eğitimde yapay zekâ kullanımı: Etik sorunlar ve çözümler. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *74*, 568-595. https://doi.org/10.21764/maeuefd.1516576

Timotheou, S., Miliou, O., Dimitriadis, Y., Sobrino, S. V., Giannoutsou, N., Cachia, R., Monés, A. M., & Ioannou, A. (2022). Impacts of digital technologies on education and factors influencing schools' digital capacity and transformation: A literature review. *Education and Information Technologies*, *28*(6), 6695-6726. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11431-8

Tosik-Gün, E., & Güyer, T. (2019). Bilgi işlemsel düşünme becerisinin değerlendirilmesine ilişkin sistematik alanyazın taraması. *Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, *1*(2), 99-120. https://doi.org/10.38151/akef.597505

Uluyol, A. G. Ç., & Karadeniz, Y. Ş. (2009). Bir harmanlanmış öğrenme ortamı örneği, öğrenci başarısı ve görüşleri. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, *6*(1), 60-84. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/146295

Ünsal, H. (2010). Yeni bir öğrenme yaklaşımı: harmanlanmış öğrenme. *Milli Eğitim Dergisi*, *40*(185), 130-137. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/442791

Ünsal, H. (2018). Ters yüz öğrenme ve bazı uygulama modelleri. *Gazi Journal of Education Sciences*, *4*(2), 39-50. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/515740

Urmeneta, A., & Romero, M. (2024). Creative applications of artificial intelligence in education. *Creative applications of artificial intelligence in education* (Eds. Alex Urmeneta and Margarida Romero) içinde (sf: 3-16). Palgrave Macmillian. https://doi.org/10.1007/978-3-031-55272-4

Usta, E., & Usta, E. (2008). Harmanlanmış öğrenme ve çevrim içi öğrenme ortamlarının akademik başarı ve doyuma etkisi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, *9*(2), 1-15. Erişim adresi: https://dergipark.org.tr/en/pub/kefad/issue/59525/856022

Üzümcü, Ö., & Bay, E. (2018). Eğitimde yeni 21. yüzyıl becerisi: bilgi işlemsel düşünme. *Uluslararası Türk Kültür Coğrafyasında Sosyal Bilimler Dergisi*, *3*(2), 1-16. https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/752455

Vatansever Bayraktar, H. (2015). Proje tabanlı öğrenme yaklaşımı. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, *8*(37), 709-718.: https://www.sosyalarastirmalar.com/articles/project-based-learningapproach.pdf

Viruel, S. R., Rivas, E. S., & Palmero, J. R. (2025). The role of artificial ıntelligence in project-based learning: teacher perceptions and pedagogical implications. *Education Sciences*, *15*(2), 150. https://doi.org/10.3390/educsci15020150

Wang, Y., Liu, C., & Tu, Y. (2021). Factors affecting the adoption of aı-based applications in higher education: an analysis of teachers' perspectives using structural equation modeling. *Educational Technology & Society, 24*(3), 116-129. https://doaj.org/article/e2fe5622b1fa4f88a3f1f90285a4126a

Weng, X., Ye, H., Dai, Y., & Ng, O. (2024). Integrating artificial intelligence and computational thinking in educational contexts: a systematic review of instructional design and student learning outcomes. *Journal of Educational Computing Research*, *62*(6), 1640-1670. https://doi.org/10.1177/07356331241248686

Wiese, L. J., Patil, I., Schiff, D. S., & Magana, A. J. (2025). AI ethics education: a systematic literature review. *Computers and Education Artificial Intelligence, 8*, 100405. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2025.100405

Xu, W., & Ouyang, F. (2021). A systematic review of AI role in the educational system based on a proposed conceptual framework. *Education and Information Technologies*, *27*(3), 4195-4223. https://doi.org/10.1007/s10639-021-10774-y

Yeh, H. (2024). The synergy of generative AI and inquiry-based learning: transforming the landscape of English teaching and learning. *Interactive Learning Environments, 33*(1), 1-15. https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2335491

Yiling, J., Omar, M., & Kamaruzaman, F. M. (2025). Exploring the aı-enhanced project-based learning for english language acquisition: a systematic review of the key elements and emerging technology trends. *International Journal of Learning Teaching and Educational Research*, *24*(2), 636-652. https://doi.org/10.26803/ijlter.24.2.31

Yim, I. H. Y., & Su, J. (2024). Artificial intelligence (AI) learning tools in K-12 education: A scoping review. *Journal of Computers in Education, 12,* 93-131. https://doi.org/10.1007/s40692-023-00304-9

Zhang, J., & Zhang, Z. (2024). AI in teacher education: unlocking new dimensions in teaching support, inclusive learning, and digital literacy. *Journal of Computer Assisted Learning*, *40*(4), 1871-1885. https://doi.org/10.1111/jcal.12988

Zhang, K., & Aslan, A. B. (2021). AI technologies for education: recent research & future directions. *Computers and Education Artificial Intelligence*, *2*, 100025. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100025

BÖLÜM 6

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ EĞİTİMDE ETİK SORUNLAR: FIRSATLAR, RİSKLER VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Güler Göçen Kabaran

ÖZET

Bu bölümde, yapay zekâ teknolojilerinin eğitim alanındaki yükselen rolü etik bir perspektiften ele alınmakta; bu teknolojilerin fırsatları, riskleri ve çözüm yolları çok boyutlu olarak değerlendirilmektedir. Bölümün amacı, eğitimde yapay zekâ kullanımına ilişkin mevcut etik sorunları tanımlamak, bu sorunların uluslararası ve ulusal politika belgelerindeki yansımalarını ortaya koymak ve uygulamaya dönük somut öneriler geliştirmektir. İlk olarak, yapay zekâ temelli sistemlerin eğitimdeki başlıca kullanım alanları tanıtılmış ve bu alanlardaki etik etkiler tartışılmıştır. Ardından, mahremiyet, veri güvenliği, adalet, hesap verebilirlik ve insan-makine etkileşimi gibi temel etik ilkeler incelenmiştir. UNESCO, OECD, Avrupa Komisyonu ve Birleşmiş Milletler gibi uluslararası kurumların yayımladığı etik çerçeveler ve politika belgeleri temel alınarak küresel düzeydeki etik yaklaşımlar analiz edilmiştir. Türkiye bağlamında ise Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi, MEB öğretmen kılavuzları, FEYZA Projesi ve YÖK'ün üretken yapay zekâ rehberi gibi uygulamalar değerlendirilmiş; ulusal etik politika altyapısının gelişimi ele alınmıştır. Bölümün sonunda, kuramsal çerçevenin ötesine geçilerek öğretmenler, içerik üreticileri ve karar vericiler için uygulanabilir özgün çözüm önerileri sunulmuştur. Bu öneriler; vaka temelli etik eğitimler, üretken yapay zekâ içeriklerinin etiketlenmesi ve algoritmik karar süreçlerine karşı geri bildirim mekanizmalarının geliştirilmesi gibi somut uygulamalara dayanmaktadır. Bölüm, yapay zekâ destekli eğitimin etik temeller üzerinde inşa edilmesi gerektiğini vurgulamakta ve sürdürülebilir dijital dönüşüm için yol haritası sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Etik, Eğitim Teknolojileri, Veri Güvenliği

GİRİŞ

Dijitalleşmenin hız kazandığı günümüzde, yapay zekâ (YZ) teknolojileri eğitim alanında da giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Yapay zekâ kavramı, farklı dönemlerde çeşitli araştırmacılar tarafından farklı biçimlerde tanımlanmış; bu tanımlar hem disiplinin tarihsel gelişimini hem de yaklaşım farklılıklarını yansıtmıştır. Alanın kurucu isimlerinden biri olan John McCarthy, 1956 yılında düzenlenen Dartmouth Konferansı'nda yapay zekâyı "zeki makineler yapma bilimi ve mühendisliği" olarak tanımlamıştır (Collins vd., 2021). Bu tanım, yapay zekâyı teknik ve uygulamalı bir çerçevede konumlandıran ve kavramın ilk kez resmî olarak adlandırıldığı ifadedir. Yapay zekâya ilişkin bir diğer önemli yaklaşım, Newell ve Simon (1976) tarafından geliştirilmiştir. Onlara göre zekâ, "sembolik yapıları yorumlama ve işleme yeteneği"dir. Bu bakış açısı, yapay zekânın erken döneminde baskın olan fiziksel sembol sistemi hipotezine dayanır ve zekâyı yalnızca hesaplama kapasitesiyle değil; anlamlandırma, çıkarım yapma ve problem çözme yetisiyle ilişkilendirir. Daha sonraki yıllarda Russell ve Norvig (2020), yapay zekâyı dört temel perspektiften sınıflandırarak daha sistematik bir çerçeve sunmuştur: insan gibi düşünen sistemler, insan gibi davranan sistemler, rasyonel düşünen sistemler ve rasyonel davranan sistemler. Bu çerçeve, yapay zekânın bilişsel süreçlerle ilişkisini açıklamada ve farklı yapay zekâ türlerini ayırt etmede önemli bir referans noktası hâline gelmiştir. Genel anlamda yapay zekâ, insan benzeri bilişsel süreçleri taklit edebilen; karar verme, problem çözme, öğrenme ve çevresel koşullara uyum sağlama yeteneğine sahip sistemlerin geliştirilmesini amaçlayan bir teknoloji olarak kabul edilmektedir. Günlük yaşantımızda sıklıkla karşımıza çıkan kişiye özel içerik önerileri sunan platformlar, sesli komutlarla çalışan dijital asistanlar ve otomatik yüz tanıma özellikleri gibi teknolojiler, yapay zekânın en çok bilinen ve yaygın olarak kullanılan uygulama örnekleri arasında yer almaktadır.

Bu teknolojik dönüşüm, yalnızca bireysel kullanıcı deneyimlerini değil; aynı zamanda kurumsal yapıların işleyiş biçimlerini ve toplumsal etkileşim kalıplarını da köklü bir şekilde etkilemektedir. Eğitim alanı da bu dönüşümden doğrudan etkilenmekte; öğrenme ortamlarının tasarımından öğretim yöntemlerine, değerlendirme araçlarından eğitim yönetimine kadar pek çok boyutta yapay zekâ uygulamalarıyla yeniden şekillenmektedir.

Günümüzde yapay zekâ temelli algoritmalar, eğitim sistemlerinin farklı katmanlarında aktif olarak kullanılmaktadır. Akıllı rehberlik sağlayan bilişsel sistemler, öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına uyum sağlayan kişiselleştirilmiş öğrenme ortamları ve öğretmenlere öğrencilerin bilgi düzeyini değerlendirme süreçlerinde destek sunan otomatik sistemler bu uygulamaların başlıca örnekleridir. Ayrıca sosyal medya ağları, bloglar, oyunlaştırılmış öğrenme platformları ve mobil uygulamalar aracılığıyla öğrenme süreçleriyle entegre hâle gelen geniş bir dijital ekosistem, yapay zekânın dolaylı etkilerini de ortaya koymaktadır (Holmes & Porayska-Pomsta, 2023). Bu çerçevede, literatürde yapay zekânın eğitimde kullanımına yönelik oldukça geniş bir uygulama yelpazesine işaret edilmektedir. Yapay zekâ teknolojileri sadece öğretim süreçlerinde değil, aynı zamanda ders programlarının düzenlenmesi, kaynakların etkin dağıtımı, öğrenci hareketliliğinin takibi ve velilere yönelik bilgilendirme gibi yönetimsel işlevlerde de kullanılmaktadır. Öte yandan, yapay zekâ destekli sistemlerin öğrenci farklılıklarına duyarlı biçimde kişiselleştirilmiş değerlendirme, müfredat ve öğretim materyali tasarımı gibi alanlarda da katkı sunduğu belirtilmektedir (Huang vd., 2023; Strielkowski vd.; Tang, 2024)

Bununla birlikte, bu teknolojilerin hızla yaygınlaşması etik, pedagojik ve toplumsal düzeyde tartışmaları da beraberinde getirmektedir. Yapay zekânın eğitimdeki rolünü ve potansiyelini anlamak, aynı zamanda bu dönüşümün ne tür fırsatlar sunduğunu ve hangi riskleri barındırdığını da değerlendirmeyi gerektirmektedir. Bu bölümde öncelikle yapay zekânın eğitimdeki temel işlevleri ve uygulama alanları ele alınacak, ardından bu teknolojilerin beraberinde getirdiği etik sorunlar, fırsatlar ve çözüm önerileri çok boyutlu bir bakış açısıyla tartışılacaktır.

1. YAPAY ZEKÂNIN EĞİTİMDEKİ ROLÜ VE UYGULAMA ALANLARI

Eğitimde yapay zekâ (Artificial Intelligence in Education-AIED) uygulamalarının artan rolü, yalnızca teknolojik bir yenilik olarak değil; öğretme-öğrenme anlayışında köklü bir paradigma dönüşümünün habercisi olarak değerlendirilmektedir. Geleneksel bilgi aktarımına dayalı öğretim yaklaşımlarının yerini, yapılandırmacı ve öğrenci merkezli anlayışların aldığı günü-

müzde, yapay zekâ temelli sistemler bu dönüşümü daha da derinleştirmekte ve bireyselleştirilmiş, veri temelli öğrenme ortamlarının yaygınlaşmasını sağlamaktadır.

Eğitimde yapay zekâ uygulamaları, yalnızca teknolojik yenilikler olarak değil; aynı zamanda öğretme-öğrenme süreçlerinin doğasını dönüştüren pedagojik araçlar olarak da değerlendirilmektedir. Öğrenme süreçlerinin bireyselleştirilmesi, öğretmenlerin karar destek sistemleriyle güçlendirilmesi ve eğitim yönetiminin veri temelli yapılara kavuşması gibi pek çok uygulama, YZ'nin eğitimdeki etkisini görünür kılmaktadır. Nitekim yapay zekâ algoritmaları ve sistemlerinin eğitim alanında uygulanmasına yönelik akademik ilgi de her geçen yıl artmaktadır. Web of Science ve Google Scholar verilerine göre, 2010 yılından itibaren "yapay zekâ" ve "eğitim" anahtar kelimeleriyle yayımlanan makalelerin sayısında dikkat çekici bir artış gözlenmiştir. Özellikle 2015-2019 yılları arasında yayımlanan çalışmalar, bu alandaki tüm yayınların yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır. Bu artış, eğitim araştırmacılarının bireyselleştirilmiş öğretim yöntemleri geliştirmek amacıyla derin öğrenme, veri madenciliği ve benzeri ileri yapay zekâ tekniklerine yöneldiğini göstermektedir (Chen vd., 2020). Yapay zekâ destekli eğitim, kişiselleştirilmiş öğrenme imkânı sunarak öğrencileri desteklemekte, öğretmenlerin öğrenme süreçlerini daha iyi analiz etmelerini sağlamakta ve anında geri bildirim olanaklarıyla öğretim uygulamalarını dönüştürmektedir (Chiu vd., 2023).

Öğrenme süreçlerinin bireyselleştirilmesi, öğretim etkinliklerinin otomasyonu ve veriye dayalı karar alma süreçlerinin desteklenmesi gibi çeşitli uygulama alanlarında yapay zekâ temelli sistemler öne çıkmaktadır. Bu sistemlerden biri olan öğrenme analitiği, öğrencilerin dijital ortamlarda bıraktıkları izler aracılığıyla öğrenme davranışlarını analiz etmekte ve öğretmenlere veri temelli geri bildirimler sunmaktadır. Siemens ve Long'a (2011) göre öğrenme analitiği; öğrenenler ve öğrenmenin gerçekleştiği ortamların daha iyi anlaşılması ve geliştirilmesi amacıyla, bireyler ve bulundukları bağlama ilişkin verilerin sistemli biçimde ölçülmesi, toplanması, analiz edilmesi ve raporlanması sürecini ifade etmektedir. Öğrenme analitiği, psikoloji, yapay zekâ ve öğrenme bilimi gibi disiplinlere dayanan; veri madenciliği, sosyal ağ analizi, istatistik, görselleştirme, metin analitiği ve makine öğrenimi gibi teknolojilerden beslenen çok disiplinli bir uygulama

alanıdır (Chen & Zhang, 2014). Bu bağlamda, yapay zekâ destekli öğrenme analitiği, öğrencilerin dijital ortamlarda ürettiği veriler aracılığıyla öğrenme davranışları hakkında uygulamaya dönük bilgiler sunmakta; bu bilgiler doğrultusunda, öğrencilerin ihtiyaçlarına ve öğrenme stillerine göre özelleştirilmiş içerikler sunarak öğrenme süreçlerinin daha etkili biçimde yönlendirilmesine katkı sağlamaktadır. Ayrıca, öğrenme analitiği yoluyla elde edilen veriler doğrultusunda, sistemi terk etme riski taşıyan öğrenciler erken dönemde belirlenebilmekte; bu sayede öğrencilerin öğrenme düzeyi, verimlilik ve olası akademik başarısı öngörülebilmektedir (Pardo vd., 2019).

Öğrenme analitiği sistemleri, öğrenenlerin dijital ortamlarda bıraktığı izleri analiz ederek geri bildirim sunma, riskli durumları belirleme ve öğrenme ortamlarını düzenleme gibi işlevlere odaklanırken, doğrudan öğretim gerçekleştirmezler. Buna karşılık, zeki öğretim sistemleri (ZÖS), öğretme işlevini üstlenen yapay zekâ tabanlı sistemlerdir. Bu sistemler, öğrencinin öğrenme sürecine aktif olarak müdahale ederek rehberlik eden ve öğretim stratejilerini bireysel ihtiyaçlara göre uyarlayan dijital eğitmenler gibi işlev görmektedir (Laureano-Cruces vd., 2010). Wenger (1987), zeki öğretim sistemlerini, ne öğretileceğini belirleyen öğretim içerik modelleri ve nasıl öğretileceğini belirleyen öğretim stratejilerini içeren bilgisayar tabanlı öğretim sistemleri olarak tanımlamaktadır. Woolf (2009) ise bu sistemleri, öğrencinin bilgi düzeyine ve öğrenme sürecine göre öğretimi bireyselleştiren yapay zekâ destekli öğrenme ortamları olarak tanımlamaktadır. Bu doğrultuda, zeki öğretim sistemleri yalnızca bilgi aktarımı sağlayan araçlar değil, aynı zamanda öğrenme süreçlerini anlamaya ve yönlendirmeye yönelik dinamik yapay zekâ çözümleri olarak değerlendirilmektedir.

Yapay zekâ ayrıca otomatik değerlendirme sistemleri aracılığıyla öğrenci performansını gerçek zamanlı olarak izleyebilmekte; açık uçlu sorulara verilen yanıtları dahi anlamlandırarak puanlama yapabilmektedir. Bu sistemler, yalnızca çoktan seçmeli değil; aynı zamanda açık uçlu ve yazılı yanıtların değerlendirilmesinde de kullanılmakta ve Büyük Dil Modelleri (Large Language Models-LLM) gibi teknolojiler sayesinde hızlı, tutarlı ve ölçeklenebilir geri bildirim sunmaktadır (Gao vd., 2024). Luckin (2017) ise bu sistemlerin daha adil, kanıta dayalı ve bireyselleştirilmiş değerlendirme süreçleri sunduğunu; bilgi ve öğrenci modellerine dayalı olarak öğretimsel geri bildirim sağladığını belirtmektedir. Bu gelişmeler, öğretmenlerin değerlendirme süreçlerindeki

bilişsel yükünü azaltmakta ve öğrencilere anlık geri bildirimlerle öğrenmelerini yapılandırma fırsatı sunmaktadır. Özellikle büyük sınıf ortamlarında bireysel geri bildirim verme güçlüğü, yapay zekâ destekli sistemlerle büyük ölçüde aşılabilmektedir. Ayrıca, öğrencilerin yanıtlarını yalnızca doğru-yanlış ekseninde değil; içerik, yapı ve argümantasyon kalitesi gibi çok boyutlu ölçütlere göre analiz etme imkânı sunması, bu sistemleri geleneksel değerlendirme yaklaşımlarından ayıran önemli bir özelliktir.

Sonuç olarak, yapay zekâ teknolojilerinin eğitimde artan kullanımı, öğretim süreçlerinin doğasını dönüştürmekte; öğretmen ve öğrenci rollerine yeni işlevler kazandırmaktadır. Yapılandırmacı yaklaşımla zaten öğrenme sürecinde etkin bir rol üstlenen birey, yapay zekâ destekli sistemler sayesinde sürecini daha bilinçli biçimde yönetebilen ve veriye dayalı geri bildirimlerle öğrenmesini geliştirebilen bir özneye dönüşmektedir. Öğretmenler ise bilgi aktarımının ötesinde, öğrenme analitiği verilerine dayalı olarak rehberlik sunan, öğrenme ortamlarını tasarlayan ve kişiselleştirilmiş destek sağlayan öğrenme liderlerine evrilmektedir. Bu dönüşüm, öğretim süreçlerinin yalnızca teknolojik olarak değil; aynı zamanda pedagojik olarak da daha esnek, kapsayıcı ve etkileşimli bir yapıya kavuşmasını sağlamaktadır. Tüm bu gelişmeler, eğitimde köklü bir paradigma değişiminin yaşandığını açık biçimde ortaya koymaktadır.

2. ETİK SORUNLAR: MAHREMİYET, VERİ GÜVENLİĞİ VE ADALET

Yapay zekâ destekli sistemlerin eğitim ortamlarına entegrasyonu, sadece pedagojik ve teknolojik değil, aynı zamanda etik açıdan da çok sayıda soruyu beraberinde getirmektedir. Etik meseleler özünde normatiftir; yani "Nasıl yaşamalıyız?" ve "Ahlaken ne yapmalıyız?" gibi ortak değerlerin inşasına dayanır (Holmes & Porayska-Pomsta, 2023). Eğitim gibi gerçek yaşam bağlamlarında etik, iyi ya da kötü davranışın, doğru ya da yanlış kararın ne olduğuna dair karmaşık müzakereleri içerir. Bu bağlamda, etik sorular "Nasıl yaşamalıyız ve ahlaki olarak ne yapmalıyız?" soruları etrafında şekillenir (Driver, 2005). Dahası, yapay zekâ uygulamalarında "etik şeyler yapmak" ile "etik bir şekilde yapmak" ayrımı önem kazanmaktadır. Russell ve Norvig (2020) tüm yapay zekâ araştırmacılarının çalışmalarının etik sonuçlarıyla ilgilenmesi gerektiğini belirtmektedir.

Bu etik müzakereler, özellikle öğrenci verilerinin toplanması ve kullanımı, algoritmaların karar verme süreçlerindeki rolü ve bu süreçlerin adil olup olmadığı gibi konularda somutlaşmakta; ayrıca veri kaynaklarına erişim sınırlılıkları, veri sahipliği ve kontrolü, ön yargı ve temsiliyet sorunları ile insan müdahalesinin azalmasına bağlı karar mekanizmaları gibi ek zorlukları da kapsamaktadır (Akgun & Greenhow, 2021; Eubanks, 2018; Slade & Prinsloo, 2013; Suresh & Guttag, 2019). Eğitimde yapay zekâ uygulamaları, öğrenci başarısını artırma potansiyeli kadar, bireysel hak ve özgürlükleri tehdit etme riski de taşımaktadır. Bu nedenle mahremiyetin korunması, veri güvenliğinin sağlanması ve algoritmik kararların adil biçimde yapılandırılması, dikkatle ele alınması gereken temel etik sorunlardır.

Yapay zekâ sistemlerinin eğitim ortamlarında uygulanması, çoğunlukla öğrenme analitiği, otomatik geri bildirim ve kişiselleştirilmiş içerik sunma gibi olanaklar sağlasa da bu sistemlerin dayandığı temel veri altyapısı, öğrencilerin dijital ayak izlerini kapsamlı biçimde toplamaktadır. Ancak verilerin toplanması ve kullanımı, verilerin konumu ve yorumlanması; bilgilendirilmiş onam, verilerin gizliliği ve kimliksizleştirilmesi; verilerin sınıflandırılması ve yönetimi de dâhil olmak üzere bir dizi etik zorlukla karşı karşıyadır (Slade & Prinsloo, 2013). Öğrencilerin sistemle olan her etkileşimi bir veri noktası hâline gelirken bu verilerin hangi amaçlarla toplandığı, nasıl işlendiği, nerede saklandığı ve kimlerle paylaşıldığı çoğu zaman yeterince şeffaf değildir (du Boulay, 2023; Slade & Prinsloo, 2013; Yu & Yu, 2023; Zawacki-Richter vd., 2019). Bu belirsizlik, öğrenci verilerinin yönetimi ve kullanımında etik sorumluluğu ön plana çıkarırken; öğrenenlerin mahremiyetine yönelik sistematik ihlallerin önünü açabilecek potansiyel riskleri de beraberinde getirmektedir. Yapay zekâ tabanlı sistemler, öğrencilerin öğrenme süreçlerine ilişkin çok çeşitli verileri toplamaktadır. Bu veriler arasında; tıklama sıklıkları, yanıt süreleri, başarı durumları, sosyal etkileşim düzeyleri gibi davranışsal ve performansa dayalı bilgiler bulunmaktadır. Söz konusu verilerin toplanması, depolanması ve işlenmesi süreçlerinde, öğrenci mahremiyetinin ihlali riski doğmaktadır. Özellikle bireysel tanımlayıcı bilgilerin izinsiz paylaşımı ya da ticari amaçlarla kullanılması, hem etik hem de hukuki sorunlara yol açabilmektedir.

AIED sistemlerinin çoğunda öğrenciler yalnızca veri sağlayıcı konumundadır; ancak bu veriler üzerinde sahiplik veya kontrol hakkına çoğu zaman sahip değildirler. Bu durum, eğitimde veri mülkiyeti, veri özerkliği ve temsiliyet gibi kavramların yeniden ele alınmasını gerektirmektedir. Öğrenme analitiği bağlamında yapılan çalışmalar, verilerin nasıl yorumlandığına dair farklı yaklaşımların yalnızca teknik değil, aynı zamanda pedagojik ve yönetsel güç ilişkilerini de şekillendirdiğini göstermektedir. Nitekim Kay ve Kummerfeld (2019) ile Kitto ve Knight (2019), veri kullanımına ilişkin karar süreçlerinin öğretmenler, öğrenciler ve sistem geliştiriciler arasındaki yetki dağılımını etkilediğini ve bu ilişkilerin etik açıdan sorgulanması gerektiğini vurgulamaktadır. UNESCO'nun (2021) Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence belgesinde de vurgulandığı üzere, yapay zekâ uygulamalarının insanlar üzerinde oluşturabileceği etki ancak çok paydaşlı bir veri yönetişimi yaklaşımıyla şeffaf ve kapsayıcı biçimde ele alınabilir. Bu kapsamda, dijital ortak alanlar üzerinden verinin kamusal faydaya açık, ancak etik sınırlar dâhilinde paylaşıma açılması önerilmektedir.

Öte yandan, veri güvenliği yalnızca teknolojik bir mesele değil, etik bir sorumluluktur. Eğitim kurumlarında kullanılan yapay zekâ tabanlı sistemlerin güvenlik açıkları, öğrencilerin kişisel bilgilerinin kötü niyetli kişilerce ele geçirilmesine neden olabilir. Holmes ve Porayska-Pomsta (2023), etik tasarımın bu noktada sadece güvenlik önlemleri almakla sınırlı kalmaması, aynı zamanda kullanıcıların verilerine erişimi ve kontrolü konusunda şeffaf mekanizmalar sunması gerektiğini savunmaktadır. Deshpande ve Rao (2017), yapay zekâ temelli sistemlerin yalnızca güvenli değil, aynı zamanda gizlilik, kullanıcı bütünlüğü ve kapsayıcılık gibi etik ilkeler çerçevesinde değerlendirilmesi gerektiğini ileri sürmektedir. Bu yaklaşım, eğitim teknolojilerinde etik tasarımın yalnızca teknik koruma değil, değer temelli bir yapılandırma gerektirdiğini ortaya koymaktadır. Toplanan verilerin yetkisiz erişime karşı korunması büyük önem taşımaktadır. Eğitim ortamlarında kullanılan sistemlerin siber saldırılara karşı savunmasız olması, öğrenci bilgilerinin kötüye kullanılmasına neden olabilir. Bu nedenle yapay zekâ uygulamalarında güçlü şifreleme yöntemleri, veri anonimleştirme ve düzenli güvenlik denetimleri gibi teknik önlemlerin alınması gerekmektedir.

Algoritmaların karar verme süreçlerinde rol oynaması ise adalet ve ayrımcılık tartışmalarını beraberinde getirmektedir. Özellikle düşük temsiliyete sahip gruplar, tarihsel ön yargıların veri setlerine yansıması sonucu AIED sistemlerinde dezavantajlı konuma düşebilmektedir (Eubanks, 2018; Suresh & Guttag, 2019). du Boulay (2023), AIED sistemlerinin geçmişe ait ön yargıları tekrar üretme tehlikesine dikkat çeker; bu durum, verinin tarafsız olmadığını ve sistem tasarımlarında etik gözetimin zorunlu olduğunu göstermektedir. Yapay zekâ sistemlerinin karar alma süreçlerinde kullanılan algoritmalar, çoğu zaman geçmiş verilere dayanmakta ve bu verilerde var olan ön yargıları yeniden üretebilmektedir. Bu durum, özellikle sosyoekonomik durumu farklı, öğrenme stilleri çeşitlenen ya da dil ve kültür bakımından farklılık gösteren öğrencilere yönelik ayrımcı sonuçlar doğurabilir. Örneğin; düşük performans gösteren öğrencilerin sistem tarafından otomatik olarak daha az destek alacak biçimde sınıflandırılması, fırsat eşitliğine aykırı sonuçlar doğurabilir. Bu bağlamda algoritmaların şeffaflığı, hesap verebilirliği ve sürekli olarak izlenmesi, eğitimde adil ve kapsayıcı bir yaklaşımın geliştirilmesi için kritik önemdedir.

Yu ve Yu'nun (2023) eğitim alanında yapay zekâ etiğine yönelik gerçekleştirdiği bibliyometrik analizde, alanyazında en sık vurgulanan etik ilkeler arasında şeffaflık, adalet, eşitlik, zarar vermeme, sorumluluk ve mahremiyet öne çıkmaktadır. Bu ilkeler, AIED sistemlerinin hem tasarımında hem de uygulama süreçlerinde gözetilmesi gereken temel değerler olarak sunulmakta ve etik risklerin azaltılmasında yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır. Bu etik ilkelerin yalnızca teorik düzeyde öneriler olarak kalmaması; eğitim teknolojilerinin tasarımı, uygulanması ve değerlendirilmesi süreçlerine bütüncül şekilde entegre edilmesi gerekmektedir. Nitekim Holmes vd. (2021), AIED teknolojilerinin kullanıldığı eğitim bağlamlarında, "doğru şeyleri yapmak" ile "şeyleri doğru şekilde yapmak" arasında ayrım yapmanın önemini vurgulamakta; pedagojik açıdan etik tercihler yapabilmenin ve sistemlerin öngörülemeyen sonuçlarına karşı sorumluluk almanın, etik bir yaklaşımın temelini oluşturduğunu belirtmektedir. Sonuç olarak, eğitimde yapay zekâ uygulamaları yaygınlaşmadan önce, bu ilkelerin bütüncül olarak kavranması ve hem öngörülebilir hem de beklenmedik etkilerinin farkında olunması kritik önem taşımaktadır.

3. HESAP VEREBİLİRLİK, SORUMLULUK VE ÖZERKLİK: İNSAN-MAKİNE ETKİLEŞİMİ

Yapay zekâ sistemleriyle ilişkili etik tartışmalarda sıklıkla vurgulanan üç temel ilke; hesap verebilirlik (accountability), sorumluluk (responsibility) ve özerklik (autonomy) olarak tanımlanmaktadır. Bu ilkeler yalnızca bireysel etik davranışları değil, aynı zamanda sistem düzeyinde şeffaflık, açıklanabilirlik ve yönetişim yapılarını da kapsar. Çok katmanlı bir etik çerçeve olarak ele alındığında, yapay zekâ sistemlerinin insan merkezli yaklaşımla tasarlanması gerektiği vurgulanmaktadır (Dignum, 2020). Bu çerçevede, en dış düzeyde hesap verebilirlik, sorumluluk ve şeffaflık gibi temel etik ilkeler öne çıkarken orta düzeyde kullanıcıyla etkileşim ve sistemin uyarlanabilirliği önem kazanmaktadır. Merkezde ise yapay zekâ sisteminin karar verme süreçleriyle doğrudan ilişkili olan özerklik unsuru yer almaktadır. Bu bütüncül yapı, yapay zekâ sistemlerinin sadece teknik etkinliğiyle değil, aynı zamanda etik değerlere dayalı olarak da yapılandırılması ve yönetilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Bu çerçeveye paralel olarak, yapay zekâ destekli sistemlerin eğitim alanında giderek daha stratejik kararlarda kullanılması, hesap verebilirlik kavramını yalnızca teknik bir zorunluluk olmaktan çıkarıp, çok katmanlı etik ve yönetişimsel bir sorumluluk alanına taşımaktadır. Yapay zekâ bağlamında hesap verebilirlik, algoritmaların sahibi, tasarımcısı ya da kullanıcısı olan kişi veya kurumların sistemin ürettiği sonuçlardan sorumlu tutulmasını sağlayan önleyici ya da telafi edici stratejiler bütünü olarak tanımlanmaktadır (Bearman vd., 2022). Bu konuda farklı akademik yaklaşımlar öne çıkmaktadır. Örneğin, Bezuidenhout ve Ratti (2021); hesap verebilirliği, bir sistemin açıklanabilir olmasıyla doğrudan ilişkilendirirken Shin vd. (2022) bu kavramı, otomatik karar verme sistemlerini geliştirenlerin, sistemin ürettiği sonuçlardan sorumlu tutulmasına olanak tanıyan bir denetim aracı olarak görmektedir. Bu farklı yaklaşımlar, eğitim ortamlarında kararların kimin tarafından verildiği ve sonuçlardan kimin sorumlu olacağına dair net bir çerçevenin oluşturulmasının önemine işaret etmektedir. Özellikle eğitimde hem öğretmenlerin etik sorumluluğu hem de sistem tasarımcılarının açıklanabilirlik yükümlülüğü birlikte düşünülmelidir. Ancak, yapay zekâ sistemlerinin giderek daha özerk ve karmaşık hâle gelmesi, bu sorumluluğun kime ait olduğuna dair belirsizlikleri artır-

maktadır. Geleneksel sınıf ortamında kararların sorumluluğu öğretmene aitken, yapay zekâ destekli ortamlarda bu kararlar genellikle dış kaynaklı ve opak algoritmalar tarafından verilmektedir. Bu durum, öğretmen ve yöneticilerin sistem çıktıları üzerindeki denetimini sınırlarken karar hatalarında hesap verebilirliğin kimde olduğu sorusunu da gündeme taşımaktadır (Dhiman vd., 2025).

Bu noktada, hesap verebilirlik ve sorumluluk kavramlarının yalnızca bireysel düzeyde değil, aynı zamanda sistemsel ve çok aktörlü bir çerçevede ele alınması zorunludur. Novelli, Taddeo ve Floridi (2024), hesap verebilirliği yalnızca sonuçları açıklama yükümlülüğü olarak değil; aynı zamanda sorgulanabilirlik, güç sınırlandırması ve meşru otoriteye karşı sorumluluk gibi çok katmanlı unsurları içeren bir sistem mimarisi olarak tanımlamaktadır. Bu yaklaşıma göre, hesap verebilirliğin sağlanabilmesi için yedi temel bileşenin açıkça tanımlanması gerekir: bağlam, kapsam, sorumlu ajan, forum (hesap soran otorite), standartlar, süreçler ve sonuçlar. Eğitim ortamlarında bu mimarinin uygulanması, öğretmeni sadece kararları uygulayan bir figür değil; aynı zamanda sistemin etik tutarlılığını gözeten bir denetleyici aktör konumuna taşımaktadır.

Özerklik, yapay zekâ destekli eğitim ortamlarında hem öğretmenin pedagojik özerkliği hem de öğrencinin öğrenme sürecine aktif ve anlamlı biçimde katılımı açısından kritik bir etik ilkedir. Yapay zekâ sistemlerinin karar verme süreçlerine artan ölçüde entegre edilmesi, eğitimde özerklik kavramının sınırlarını yeniden tartışmaya açmaktadır. Özellikle algoritmaların öneri sunma, değerlendirme ya da içerik seçme gibi işlevleri üstlendiği durumlarda, öğretmenlerin mesleki takdir yetkisi daralmakta; öğrencilerin ise kendi öğrenme yollarını belirleme hakkı zayıflayabilmektedir. Bu durum, yalnızca bireysel özgürlük açısından değil, aynı zamanda öğrenenlerin sisteme anlamlı katılımı ve yaşa uygun bilgilendirilmiş onam yoluyla sürece aktif biçimde dâhil olması açısından da değerlendirilmeyi gerektirir (Adams vd., 2023).

Literatürde, yapay zekâ sistemlerinin bireylerin özerkliklerini sınırlayabilecek ya da zayıflatabilecek biçimlerde işlediğine dair ciddi etik kaygılar dile getirilmektedir. Örneğin, seçim ortamlarının algoritmik olarak manipüle edilmesi, bireylerin kararlarının otantikliği ve öz belirleme kapasitesini tehdit edebilir (Yeung, 2018; Susser vd., 2019; Danaher, 2018). Bu risk,

özellikle öğrencilerin veya öğretmenlerin kararlarını sistem önerilerine otomatik olarak uyarladığı durumlarda daha belirgin hâle gelir. İnsan-makine etkileşiminin bu biçimi, öz-yeterlik duygusunun zayıflamasına ve öğrenme motivasyonunun düşmesine neden olabilir.

Özerklik, bireyin kendi yaşamını yönlendirme ve kararlarını bağımsız biçimde alma kapasitesi olarak tanımlanmakta ve psikolojik iyi oluş için temel bir ihtiyaç olarak kabul edilmektedir (Ryan & Deci, 2000). Bu nedenle, insan özerkliğine saygı duyulan bir yapay zekâ tasarımı, kullanıcıların ve paydaşların kendi yaşamlarını etkileyen sistemler üzerinde söz hakkına sahip olmasını zorunlu kılar (Väänänen vd., 2020). Bu bakış açısıyla geliştirilen insan merkezli yapay zekâ uygulamaları, kullanıcıların kontrol duygusunu desteklemeli ve teknolojik sistemlerle olan etkileşimlerinde yönlendirici değil, güçlendirici bir rol üstlenmelidir.

Üretken yapay zekânın giderek daha yaygın hâle geldiği günümüzde, bu teknolojiyi özerklik merceğinden değerlendirmek, yalnızca etik bir gereklilik değil, aynı zamanda öğrencilerin bugünün ve geleceğin iş gücüne hazırlanması açısından da stratejik bir fırsat sunmaktadır. Ayrıca, öğretmen ve öğrenci açısından akademik dürüstlüğün korunması ve karar süreçlerinde insan iradesinin merkezde kalması için özerklik ilkesinin yapay zekâ uygulamalarında temel bir tasarım kriteri olarak benimsenmesi gerekmektedir (Strunk & Willis, 2025).

4. ETİK TEMELLİ POLİTİKA VE UYGULAMA ÖNERİLERİ

4.1. Uluslararası Yaklaşımlar ve Politikalar

Yapay zekânın eğitimde etik kullanımına yönelik çabalar, uluslararası kuruluşların hazırladığı politika belgeleri ve etik çerçeveler aracılığıyla yönlendirilmekte ve desteklenmektedir. Bu kuruluşlar, farklı ülkelerdeki uygulamalara rehberlik eden ilkeler geliştirerek, küresel ölçekte ortak bir etik standart oluşturmayı hedeflemektedir. Bu bölümde, UNESCO, OECD, Avrupa Birliği ve Birleşmiş Milletler gibi önde gelen uluslararası kuruluşların yapay zekâ etiğine ilişkin politika belgeleri ve eğitim odaklı yaklaşımları ele alınmaktadır.

4.2. Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü

Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) tarafından 2021 yılında kabul edilen Yapay Zekâ Etiği Tavsiyesi (Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence), yapay zekânın etik kullanımını desteklemeye yönelik ilk küresel standart belirleyici belgedir. Belge, yapay zekâ etiğini dinamik ve çoğulcu değerlere dayalı normatif bir düşünme süreci olarak tanımlamakta; eğitim, bilim, kültür, iletişim ve bilgi gibi UNESCO'nun temel çalışma alanlarında bu teknolojilerin etik etkilerine dikkat çekmektedir (UNESCO, 2021; Gao & Yu, 2024). Tavsiyede, ülkelerin yapay zekâya ilişkin yasa ve politikalar geliştirmesi, geliştiricilerin sistem yaşam döngüsünün tüm aşamalarında etik ilkelere bağlı kalması ve çok paydaşlı, şeffaf yönetişim yapılarının kurulması önerilmektedir. Özellikle etik etki değerlendirmesi, etik yönetişim ve izleme-değerlendirme alanlarında somut politika araçlarının geliştirilmesi vurgulanmaktadır. Belgenin temel ilkeleri arasında şeffaflık, hesap verebilirlik, adalet ve kapsayıcılık yer almaktadır (UNESCO, 2024). Ancak bu ilkelerin hayata geçirilebilmesi, yalnızca evrensel çerçevelerin belirlenmesiyle değil; aynı zamanda kültürel adaptasyon ve bağlamsal duyarlılıkla mümkündür.

UNESCO'nun 2023 yılında sunduğu Etik Etki Değerlendirme Aracı (Ethical Impact Assessment Tool), bu ilkelerin uygulamaya aktarılmasında karar vericilere sistematik bir yol haritası sunmaktadır. Araç, insan yargısının (human judgment) etik karar alma süreçlerindeki önemine vurgu yaparken yapay zekâ sistemlerinin potansiyel risklerini insan hakları, toplumsal eşitlik ve çevresel etkiler açısından analiz etmeyi amaçlamaktadır (UNESCO, 2023).

UNESCO'nun önerdiği etik çerçevenin özellikle eğitim alanında uygulanabilirliği güçlüdür. Öğrenci verilerinin toplanması, öğrenme analitiği sistemlerinin kullanımı ve kişiselleştirilmiş öğrenme platformları gibi uygulamalarda şeffaflık, hesap verebilirlik ve adalet ilkeleri belirleyici etik kılavuzlar olarak öne çıkmaktadır. Etik Etki Değerlendirme Aracı da bu tür teknolojilerin kullanılmadan önce etik riskler açısından değerlendirilmesini mümkün kılarak, kırılgan grupların korunmasına ve eğitimde fırsat eşitliğinin sağlanmasına katkıda bulunmayı hedeflemektedir (UNESCO, 2023).

UNESCO, genel olarak eğitim, bilim ve kültür alanlarında küresel normlar geliştiren, üye devletleri etik yönetişim ilkeleri doğrultusunda destekleyen bir kurumdur. Yapay zekâ özelinde savunduğu insan onuruna dayalı etik yaklaşım; kapsayıcılık, şeffaflık ve sorumluluk ilkeleriyle birleşmekte, özellikle eğitim gibi kamusal alanlarda adil ve güvenilir yapay zekâ uygulamalarını teşvik etmektedir.

4.3. Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü

Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD), yapay zekâ teknolojilerine ilişkin çalışmalarına 2016 yılı itibarıyla başlamış ve bu alandaki belirsizlikleri hem fırsatlar hem de riskler açısından değerlendiren raporlar yayımlamıştır (OECD, 2016). Bu doğrultuda 2019 yılında kabul edilen Yapay Zekâya İlişkin Konsey Tavsiyesi (Council Recommendation on Artificial Intelligence), hükûmetler arası düzeyde yapay zekâya yönelik ilk etik ilke setini oluşturmuştur. Tavsiye kararları; güvenilir, insan merkezli ve sorumlu yapay zekâ sistemlerinin geliştirilmesini destekleyen, esnek ve uygulanabilir bir standart sunmayı hedeflemektedir (OECD, 2019). Belgede yer alan beş temel etik ilke şunlardır:

(1) Kapsayıcı büyüme ve sürdürülebilir kalkınma,

(2) Hukukun üstünlüğü, insan hakları ve demokratik değerler,

(3) Şeffaflık ve açıklanabilirlik,

(4) Güvenlik, sağlamlık ve emniyet,

(5) Hesap verebilirlik.

Bu ilkelerin yanı sıra, hükümetlere yönelik politika önerileri de sunulmuştur. Bunlar arasında yapay zekâ araştırma ve geliştirmeye yatırım yapılması, kapsayıcı yapay zekâ ekosistemlerinin teşvik edilmesi, insan kapasitesinin güçlendirilmesi ve uluslararası iş birliğinin artırılması yer almaktadır (OECD, 2021). OECD'nin 2023 yılında yayımladığı Advancing Accountability in AI raporu, etik ilkelere dayalı yönetişimin nasıl somut mekanizmalarla desteklenebileceğini tartışmakta; risk temelli dokümantasyon, değerlendirme, denetim ve şeffaflık süreçlerine odaklanmaktadır (OECD, 2023). Ayrıca OECD.AI Gözlemevi üzerinden yayımlanan araç ve göstergeler, şeffaflık sertifikaları, risk sınıflandırmaları, performans ve

güvenlik değerlendirmeleri gibi araçlarla sistemlerin izlenebilirliğini ve denetlenebilirliğini artırmayı amaçlamaktadır (OECD.AI, 2025a).

Eğitim bağlamında, OECD'nin Trustworthy Artificial Intelligence in Education başlıklı raporu (Vincent-Lancrin & Van der Vlies, 2020), yapay zekânın kişiselleştirilmiş öğrenme, özel gereksinimli öğrencilere destek ve öğretmenlerin iş yükünü hafifletme gibi avantajlarını vurgularken veri mahremiyeti, algoritmik ön yargılar ve açıklanabilirlik gibi risklerin göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmiştir. Bu çerçevede, eğitimde yapay zekâ sistemlerinin şeffaf, adil ve hesap verebilir bir şekilde tasarlanması ve uygulanması gerektiği vurgulanmaktadır.

Son olarak, OECD'nin öncülüğünde oluşturulan Yapay Zekâ Küresel Ortaklığı (GPAI); hükûmetleri, akademiyi, özel sektörü ve sivil toplumu bir araya getirerek çok paydaşlı ve insan merkezli yapay zekâ vizyonunu küresel düzeyde desteklemeyi amaçlamaktadır (OECD.AI, 2025b). Tüm bu yapı ve araçlar, OECD'nin etik ve yönetişim ilkelerinin yalnızca ilkeler düzeyinde kalmayıp politika araçları, izleme mekanizmaları ve uygulama rehberleri ile desteklendiğini göstermektedir.

4.4. Avrupa Birliği

Avrupa Birliği (AB), yapay zekâ teknolojilerini yalnızca ekonomik büyüme ve küresel rekabet aracı olarak değil; aynı zamanda temel haklar, etik değerler ve toplumsal refah ekseninde değerlendiren bir vizyon benimsemektedir. 2018 yılında yayımlanan Avrupa İçin Yapay Zekâ Stratejisi (European Commission, 2018a), yapay zekânın toplumun karşılaştığı büyük ölçekli sorunları çözme potansiyeline sahip olduğunu ve bu teknolojilerin "herkes için iyi olan" bir yapıyla geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Aynı yıl 24 AB ülkesi ve Norveç, yapay zekâ konusunda ortak hareket etme kararlılıklarını ortaya koyan Ortak Bildiri'yi imzalamıştır (Roberts vd., 2023). Bu bağlamda AB'nin yaklaşımı; insan merkezli, güvenilir ve Avrupa değerlerine dayanan bir yapay zekâ ekosistemi inşa etmek üzerine temellenmektedir.

Avrupa Komisyonu, 2019 yılında yayımladığı İnsan Merkezli Yapay Zekâda Güven İnşası belgesinde, güvenilir yapay zekâ için yedi temel ilke ortaya koymuştur (European Commission, 2019):

(1) İnsan gözetimi,

(6) Teknik sağlamlık ve güvenlik,

(7) Gizlilik ve veri yönetimi,

(8) Şeffaflık,

(9) Çeşitlilik, ayrımcılık yapmama ve adalet,

(10) Toplumsal ve çevresel refah,

(11) Hesap verebilirlik.

Bu ilkeler, Avrupa Yapay Zekâ Uzman Grubu (AI HLEG) tarafından geliştirilen Güvenilir Yapay Zekâ İçin Etik Yönerge ile sistematik bir çerçeveye oturtulmuştur (AI HLEG, 2019). Bu etik ilkeleri yasal düzenlemelere dönüştürme süreci, 2020 yılında yayımlanan Yapay Zekâ Hakkında Beyaz Kitap ile hız kazanmış, güvenli ve kapsayıcı dijital dönüşüm vizyonu çerçevesinde hem teknolojik gelişmenin desteklenmesi hem de vatandaş haklarının korunması amaçlanmıştır (European Commission, 2020). Nihayetinde 2024 yılında kabul edilen AB Yapay Zekâ Yasası, dünyadaki ilk kapsamlı yapay zekâ mevzuatı olarak, risk temelli bir yaklaşımı benimseyerek yapay zekâ sistemlerini dört kategoriye ayırmıştır: kabul edilemez risk, yüksek risk, sınırlı risk ve minimum risk (European Parliament and Council, 2024). Özellikle yüksek riskli sistemlerde, şeffaflık, insan gözetimi, güvenlik önlemleri ve hesap verebilirlik gibi yükümlülükler bağlayıcı hâle getirilmiş; Avrupa Yapay Zekâ Kurulu aracılığıyla düzenli izleme ve denetim mekanizmaları kurulmuştur.

Avrupa Birliği'nin yapay zekâya ilişkin etik çerçevesi yalnızca teknoloji politikalarıyla sınırlı kalmamış; eğitim alanı da bu dönüşümün merkezine yerleştirilmiştir. 2018 tarihli Yapay Zekâda Eşgüdüm Planı kapsamında, eğitim sistemlerinin dijital dönüşüme uyumlu hâle getirilmesi, öğretmenlerin dijital becerilerinin artırılması ve yapay zekâ okuryazarlığının erken yaşlardan itibaren kazandırılması önerilmiştir (European Commission, 2018). Ayrıca, Yapay Zekâ Beyaz Kitabı'nda, yurttaşların dijital teknolojilere güven duymasını sağlamak ve yapay zekâ uygulamalarının etik yönlerini anlayabilecek donanıma sahip olmaları gerektiği vurgulanmıştır (European Commission, 2020). Bu doğrultuda, Avrupa Birliği'nin etik vizyonu, yalnızca bireylerin dijital becerilerini geliştirmeyi değil; aynı zamanda toplumun

tamamında yapay zekâya yönelik eleştirel farkındalığı ve sorumlu katılımı teşvik etmeyi amaçlamaktadır.

Sonuç olarak AB, yapay zekâ alanındaki strateji belgeleri, etik rehberler ve hukuki düzenlemeler yoluyla çok katmanlı bir yönetişim modeli inşa etmiş; bu modelde hem insan haklarını korumayı hem de yenilikçiliği desteklemeyi hedeflemiştir. Eğitim politikalarının bu sürece entegrasyonu, etik değerlere dayalı, kapsayıcı ve dijital yetkinliği yüksek bireylerin yetiştirilmesi açısından önemli bir adım olarak öne çıkmaktadır.

4.5. Birleşmiş Milletler

Birleşmiş Milletler (BM), yapay zekâ teknolojilerinin insan hakları, barış ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda kullanılmasını teşvik eden küresel çerçeveler oluşturmakta öncü bir kuruluştur.

2020 yılında yayımlanan Dijital İş Birliği Yol Haritası (Digital Cooperation Roadmap), dijital teknolojilerin daha adil, kapsayıcı ve sürdürülebilir biçimde yönetişimini sağlamak amacıyla çok paydaşlı küresel bir iş birliği modeli önermiştir. Bu modelde, hükûmetlerin yanı sıra özel sektör, akademi, sivil toplum ve uluslararası kuruluşların da etik yönetişim süreçlerine etkin şekilde katılımı teşvik edilmektedir. Yol haritasında; dijital okuryazarlığın artırılması, etik standartların geliştirilmesi ve özellikle gelişmekte olan ülkelerin dijital dönüşüme adil biçimde katılımının sağlanması hedeflenmektedir (United Nations, 2020).

Ardından, 2021 yılında BM Genel Sekreteri tarafından yayımlanan Ortak Gündemimiz (Our Common Agenda) raporu, dijital teknolojilerin insan merkezli, kapsayıcı ve etik temelli kullanımına ilişkin küresel ölçekte bir vizyon sunmuştur. Raporda, yapay zekânın dönüştürücü potansiyelinin ancak etkili yönetişim ve insan hakları temelli çerçevelerle birlikte anlamlı şekilde kullanılabileceği vurgulanmaktadır (United Nations, 2021).

Bu sürecin devamı niteliğinde olan ve 2024 yılında BM'nin Gelecek Zirvesi (Summit of the Future) kapsamında kabul edilen Küresel Dijital Sözleşme (Global Digital Compact), dijital geleceğin şekillendirilmesine yönelik temel ilkeleri belirlemektedir. Sözleşmede, yapay zekâ sistemlerinin güvenli, hesap verebilir ve şeffaf biçimde çalışması gerektiği vurgulanmakta; bu ilkelerin evrensel insan haklarıyla uyumlu olması zorunlu görülmek-

tedir. Ayrıca, eğitimde yapay zekâ kullanımının fırsat eşitliğini artıracak biçimde düzenlenmesi, dijital uçurumun azaltılması ve öğrenci merkezli yaklaşımların desteklenmesi gerektiği ifade edilmektedir (United Nations, 2024).

Bu doğrultuda yapılan güncel akademik değerlendirmeler de Birleşmiş Milletlerin yapay zekâyı insan hakları, toplumsal eşitlik ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri çerçevesinde ele alan bütüncül yaklaşımını desteklemektedir. Örneğin Baig vd. (2024), yapay zekânın BM'nin Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (Sustainable Development Goals – SDG) ile uyumlu biçimde kullanılabilmesi için çok paydaşlı, etik temelli bir yönetişim çerçevesi geliştirilmesi gerektiğini savunmaktadır. Bu modelde yalnızca teknik gelişmeler değil; adalet, şeffaflık, hesap verebilirlik ve kapsayıcılık gibi değerlere dayalı uygulamalar öne çıkmaktadır.

Genel olarak BM'nin yaklaşımı, yapay zekâ teknolojilerinin yalnızca teknik yeterlilikle değil, aynı zamanda toplumsal, kültürel ve etik boyutlarıyla da ele alınmasını zorunlu kılmaktadır. Bu yaklaşım, özellikle eğitim gibi kamusal hizmet alanlarında, teknolojinin insan onurunu temel alan bir perspektifle uygulanmasını sağlamak açısından kritik önemdedir. BM'nin insan hakları odaklı vizyonu, yapay zekânın kapsayıcı, adil ve sürdürülebilir kullanımını önceleyen bütüncül bir etik çerçeve sunmaktadır.

4.6. Ulusal Politikalar ve Düzenlemeler

Türkiye'de yapay zekâ destekli eğitim politikaları, son yıllarda stratejik düzeyde ele alınarak kapsamlı ulusal planlamalarla desteklenmiştir. İlk Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi (2021–2025), 24 Ağustos 2021 tarihinde Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Dijital Dönüşüm Ofisi iş birliğinde yayımlanmıştır. Bu strateji, yapay zekâ alanındaki ulusal girişimleri bütüncül bir çerçeveye oturtmayı ve teknolojik dönüşüme uyum sağlamayı hedeflemekte; 6 stratejik öncelik, 24 amaç ve 119 tedbir içermektedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı & Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 2021). Eğitim sektörü, "Yapay Zekâ Uzmanlarını Yetiştirmek ve Alanda İstihdamı Artırmak" önceliği kapsamında önemli bir odak olarak ele alınmıştır. Bu doğrultuda, Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) Temel Eğitim Genel Müdürlüğü tarafından geliştirilen ve Talim ve Terbiye Kurulu tarafından onaylanan "Yapay Zekâ Uygulamaları" dersi, 2023 yılından itibaren

7. ve 8. sınıflarda seçmeli ders olarak uygulanmaya başlanmıştır. Ders kapsamında öğrencilere blok tabanlı programlama, algoritmalar, veri işleme, makine öğrenmesi ve yapay zekâ etiği gibi temel kavramlar kazandırılmaktadır (T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, 2023). Aynı dönemde, lise düzeyinde yapay zekâ destekli kişiselleştirilmiş öğrenme araçları, özellikle matematik, fen bilimleri ve yabancı dil derslerinde pilot uygulamalarla kullanılmaya başlanmıştır.

2022 yılında, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi iş birliğinde hazırlanan Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021-2025 Belgesi hedefleriyle uyumlu olarak, MEB Din Öğretimi Genel Müdürlüğü tarafından başlatılan ve yürütülen **FEYZA (Fırsatları Artıran Eğitimde Yapay Zekâ) Projesi**, eğitimde yapay zekâ entegrasyonuna yönelik önemli bir adım olmuştur. Proje kapsamında öğretmen ve öğrencilere yönelik dijital içerikler geliştirilmiş; yapay zekâ tabanlı öğretim sistemleri ve analiz araçları sunulmuştur. Ayrıca öğretmenlerin sınıf içi uygulamalarda bu teknolojileri pedagojik olarak kullanabilmelerine destek olmak amacıyla **"Yapay Zekâ Uygulamaları Öğretmen El Kitabı"** yayımlanmıştır (*Altun vd., 2023).* Mayıs 2024 itibarıyla MEB Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü (YEĞİTEK) tarafından yayımlanan çevrim içi öğretmen kılavuzu, web tabanlı yapay zekâ araçlarının eğitsel kullanımına yönelik örnek uygulamalar sunmakta; farklı branşlara ve özel eğitim gereksinimi olan öğrencilere ilişkin öneriler içermektedir (Sevil & Saralar Aras, 2024).

Yine 2024 yılı içerisinde, YEĞİTEK bünyesinde faaliyet gösteren Yapay Zekâ ve Büyük Veri Uygulamaları Daire Başkanlığı, yapay zekâ okuryazarlığını geliştirmek amacıyla eğitim materyalleri hazırlamakta, kullanım stratejileri geliştirmekte ve dijitalleşme sürecine yönelik karar destek mekanizmaları oluşturmaktadır (Ceylan, 2025). 24–25 Mayıs 2024 tarihlerinde İstanbul'da düzenlenen Eğitimde Yapay Zekâ Uygulamaları Uluslararası Forumu, Türkiye'nin bu alandaki vizyonunu çok paydaşlı bir platformda tartışmaya açmıştır. Forumda üç temel başlık öne çıkmıştır: eğitimde yapay zekâ politikaları, uygulamaları ve teknolojik sistemler (Gülnar vd., 2024). Son olarak, Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2024–2025 Eylem Planı, önceki hedefleri somutlaştırarak, eğitimde yapay zekâ okuryazarlığını artırmaya, müfredatın güncellenmesine ve algoritmik düşünmenin kazandırılmasına yönelik adımları YÖK, MEB, TÜBİTAK ve MYK gibi

paydaş kurumlarla koordineli biçimde uygulamaya geçirmiştir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı & Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 2024).

Yükseköğretim Kurulu (YÖK), yapay zekâ alanında nitelikli insan kaynağı yetiştirmek amacıyla son yıllarda birçok üniversitede yapay zekâ mühendisliği ve benzeri lisans programlarının açılmasını teşvik etmiştir. 2023–2024 öğretim yılında yürürlüğe giren bu programların sayısı, 2024 itibarıyla 70'i aşmıştır (YÖK, 2024). Ayrıca, YÖK Atlas üzerinden, "yapay zekâ mühendisliği" ve "yapay zekâ ve veri mühendisliği" gibi programların taban puanları, netleri ve yerleşim verileri kamuya açık şekilde sunulmakta; bu sayede adaylar tercihlerini veri temelli ve şeffaf biçimde yapabilmektedir.

Yapay zekâ destekli eğitim uygulamalarının yaygınlaşmasıyla birlikte, Türkiye'de bu teknolojilerin etik, hukuki ve toplumsal yönleri üzerine tartışmalar yoğunlaşmıştır. Özellikle kişisel verilerin korunması, öğrenci mahremiyetinin sağlanması ve algoritmik adaletin gözetilmesi gibi konular, eğitim politikalarının öncelikli alanları arasında yer almaktadır. Kişisel Verileri Koruma Kurumu (KVKK) tarafından yayımlanan Yapay Zekâ Alanında Kişisel Verilerin Korunmasına Dair Tavsiyeler dokümanında; hukuka uygunluk, veri minimizasyonu, şeffaflık, ayrımcılığın önlenmesi ve veri güvenliği gibi ilkeler, eğitim ortamlarında etik veri işleme çerçevesi olarak tanımlanmıştır [Kişisel Verileri Koruma Kurumu (KVKK), 2021].

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) da etik yaklaşımlarını sistemli belgelerle desteklemektedir. 2023 yılında ortaokul düzeyinde müfredata giren yapay zekâ uygulamaları dersi kapsamında; etik kullanım, veri gizliliği, insan hakları ve algoritmik tarafsızlık gibi konular öğrencilere kazandırılmaktadır (T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, 2023). Ayrıca, öğretmen el kitabı ve öğretmen kılavuzlarında bu teknolojilerin kullanımında veri gizliliği, etik risk değerlendirmesi ve öğrenci odaklılık vurgulanmaktadır (Altun vd., 2023; Sevil & Saralar Aras, 2024). Ekim 2024'te MEB Etik Komisyonu tarafından yayımlanan Yapay Zekâ Sistemlerinin Kullanımında Kamu Görevlilerinin Uyması Gereken Etik Davranış İlkeleri belgesi ise eğitimde görev alan kamu çalışanlarının yapay zekâ kullanımında şeffaflık, hesap verebilirlik, adilik ve kişisel veri korunması gibi ilkelerle hareket etmesini zorunlu kılmaktadır (T.C. Millî Eğitim Bakanlığı Etik Komisyonu, 2024).

Türkiye'de yapay zekâ etik uygulamalarına yönelik bir diğer sistematik adım ise Yükseköğretim Kurulu (YÖK) tarafından Mayıs 2024'te yayımlanan Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Faaliyetlerinde Üretken Yapay Zekâ Kullanımına Dair Etik Rehber ile atılmıştır; bu rehber bilimsel araştırma, eğitim ve yayın süreçlerinde şeffaflık, dürüstlük, özen, adalet, hesap verebilirlik, gizlilik ve mahremiyet gibi temel etik ilkeleri zorunlu hâle getirmektedir (YÖK, 2024).

Bu gelişmeler, Türkiye'de yapay zekâ destekli eğitim politikalarının yalnızca teknoloji temelli araçların yaygınlaştırılmasına odaklanmadığını; aynı zamanda öğretim programlarının güncellenmesi, öğretmenlerin mesleki gelişimi, veri güvenliği ve etik yönetişim gibi çok boyutlu alanları kapsayacak şekilde şekillendiğini ortaya koymaktadır. Ulusal strateji belgeleri, MEB ve YÖK uygulamaları ile desteklenen bu çok yönlü yaklaşım, yapay zekânın eğitim sistemine entegrasyonunu daha sürdürülebilir ve sorumlu bir temele oturtmayı hedeflemektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay zekâ destekli eğitim teknolojileri, öğretim süreçlerinden yönetimsel karar alma mekanizmalarına kadar eğitim sisteminin pek çok boyutunu dönüştürmektedir. Öğrenme analitiği, kişiselleştirilmiş öğrenme ortamları, zeki öğretim sistemleri ve otomatik değerlendirme araçları gibi uygulamalar, öğrenme süreçlerini daha etkili, esnek ve veriye dayalı hâle getirme potansiyeli taşımaktadır. Bu potansiyel, öğretmenlerin rehberlik rolünü yeniden tanımlarken öğrencilerin de öğrenme süreçlerine daha aktif ve bilinçli biçimde katılımını desteklemektedir.

Ancak bu teknolojilerin eğitim ortamlarına entegrasyonu, ciddi etik sorunları da beraberinde getirmektedir. Özellikle öğrenci verilerinin mahremiyeti, algoritmaların karar alma süreçlerindeki rolü, insan özerkliğinin sınırlandırılması, algoritmik önyargılar ve veri güvenliği gibi konular, yapay zekâ sistemlerinin adil, şeffaf ve güvenilir biçimde yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Etik ilkeler yalnızca teorik bir zemin değil; aynı zamanda teknolojik tasarımın her aşamasında gözetilmesi gereken uygulama ilkeleri olarak değerlendirilmelidir.

Bu bağlamda, yapay zekâ destekli eğitim uygulamaları yalnızca bireysel öğrenme deneyimlerini değil; aynı zamanda kurumsal sorumluluk yapısını,

toplumsal adalet anlayışını ve pedagojik özerkliği de yeniden tanımlamaktadır. Uluslararası düzeyde UNESCO, OECD, Avrupa Birliği ve Birleşmiş Milletler gibi kuruluşların yayımladığı etik ilkeler ve politika belgeleri, bu dönüşümün yönetişimsel çerçevesini oluşturmaktadır. Türkiye'de ise Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi, MEB öğretmen kılavuzları, FEYZA Projesi, YÖK'ün üretken yapay zekâ rehberi ve MEB Etik Komisyonunun 2024 tarihli etik ilke belgesi gibi uygulamalar, eğitimde yapay zekâ kullanımına yönelik etik farkındalığı artırmayı hedefleyen önemli adımlar arasında yer almaktadır.

Bununla birlikte, mevcut durum incelendiğinde, etik ilke ve standartların yalnızca strateji belgelerinde tanımlanması yeterli değildir. Bu ilkelerin okul ve sınıf düzeyinde hayata geçirilmesini sağlayacak izleme, denetim ve farkındalık mekanizmalarına ihtiyaç vardır. Öğrencilerin dijital izlerinin nasıl kullanıldığı, öğretmenlerin pedagojik takdir yetkisini algoritmalar karşısında nasıl koruyacağı ve sistem çıktılarının ne ölçüde denetlenebilir olduğu gibi sorular hâlâ net bir karşılık bulamamaktadır.

Bu çerçevede, yapay zekâ destekli eğitim uygulamalarının etik temelde güçlendirilmesi için, mevcut ilkelerin ötesine geçen ve sahada uygulanabilirliği yüksek bazı somut adımlar atılmalıdır. Öncelikle, öğretmenlerin etik farkındalıklarını yalnızca bilgi düzeyinde değil, karar verme süreçlerinde de kullanabilecekleri biçimde geliştirmek amacıyla vaka temelli kısa senaryolara dayalı eğitim içerikleri oluşturulmalıdır. Bu senaryolar; algoritmalarla karşılaşılan sınıf içi uygulama ikilemlerini, öğrenci verisinin hangi amaçla ve ne ölçüde kullanılacağına ilişkin kararları, öğretmenlerin özerkliğini koruma yollarını içermeli ve etik muhakeme becerilerini destekleyecek şekilde yapılandırılmalıdır. Öte yandan, üretken yapay zekâ sistemleriyle oluşturulan ödev, ders içeriği ya da öğretim materyallerinin eğitim ortamlarında şeffaf bir şekilde etiketlenmesi gerekmektedir. Bu uygulama, yalnızca akademik dürüstlüğü teşvik etmekle kalmayacak; aynı zamanda öğrencilerin ve öğretmenlerin yapay ve insan üretimi içerikleri eleştirel biçimde ayırt etmesini sağlayarak dijital okuryazarlığı da güçlendirecektir. Son olarak, yapay zekâ sistemlerinin sunduğu öneri, değerlendirme ya da sınıflandırmalara karşı kullanıcıların görüş bildirebileceği, gerekçeli olarak itiraz edebileceği ve algoritmik kararları sorgulayabileceği bağımsız geri bildirim ve düzeltme mekanizmaları oluşturulmalıdır. Bu sayede, sistemlerin hatalı veya ön yargılı kararlarının mutlaklaşması

engellenebilir; kullanıcıların hakları korunarak insan merkezli bir denge sürdürülebilir hâle gelir. Tüm bu adımlar, etik ilkelerin yalnızca teorik belgelerde değil, sınıf içi uygulamalarda ve dijital öğrenme platformlarında yaşatılmasına katkı sunacaktır.

KAYNAKLAR

Adams, C., Pente, P., Lemermeyer, G. and Rockwell, G. (2023) Ethical principles for artificial ıntelligence in K-12 education. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 4,* 100131. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100131

AI HLEG. (2019). *Ethics guidelines for trustworthy AI.* https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/ethics-guidelines-trustworthy-ai

Akgun, S., & Greenhow, C. (2021). Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings. *AI and Ethics*, 1–10. https://doi.org/10.1007/s43681-021-00096-7

Altun, M., Uçar Altun, S., ve Kutlu, E. (2023). *Ortaokul ve liseler için yapay zekâ uygulamaları öğretmen el kitabı* (U. Tecir, Ed.). T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Din Öğretimi Genel Müdürlüğü. https://dogmprojeler.meb.gov.tr/upload/feyza/YapayZekâ.pdf

Baig, M. A. A., Huang, J., & Xu, J. (2024). *AI for United Nations sustainable development goals. EngrXiv.*https://doi.org/10.31224/3866

Bearman, M., Ryan, J., & Ajjawi, R. (2023). Discourses of artificial intelligence in higher education: A critical literature review. *Higher Education, 86*(2), 369-385. https://doi.org/10.1007/s10734-022-00937-2

Bezuidenhout, L., & Ratti, E. (2021). What does it mean to embed ethics in data science? An integrative approach based on microethics and virtues. *Ai & Society*, *36*(3), 939-953. https://doi.org/10.1007/s00146-020-01112-w

Ceylan, A. (2025). T.C. Millî Eğitim Bakanlığı'nın yapay zekâ üzerine yapmış olduğu çalışmalar ve ilkokul kademesinin yeri. *15th International Başkent Congress on Social, Humanities, Administrative, and Educational Sciences: Congress Proceedings Book*, 751–774. Başkent Academy Publishing. https://doi.org/10.30546/19023.978-9952-8566-0-6.2025.0908

Chen, C., & Zhang, C. (2014). Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on Big Data. Information *Sciences, 275,* 314–347. https://doi.org/10.1016/j.ins.2014.01.015

Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access, 8,* 75264–75278. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510

Chiu, T. K., Xia, Q., Zhou, X., Chai, C. S., & Cheng, M. (2023). Systematic literature review on opportunities, challenges, and future research recommendations of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 4,* 100118. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100118

Collins, C., Dennehy, D., Conboy, K., & Mikalef, P. (2021). Artificial intelligence in information systems research: A systematic literature review and research agenda. *International Journal of Information Management*, *60*, 102383. 10. https://doi.org/1016/j.ijinfomgt.2021.102383

Danaher, J. (2018). Toward an ethics of AI assistants: An initial framework. *Philosophy & Technology*, *31*(4), 629-653. https://doi.org/10.1007/s13347-018-0317-3

Deshpande, M., & Rao, V. (2017, December). Depression detection using emotion artificial intelligence. In *2017 International Conference on Intelligent Sustainable Systems (iciss)* (pp. 858–862). IEEE. https://doi.org/10.1109/ISS1.2017.8389299

Dhiman, T., Chauhan, V., Kumar, A., Vasantha, M., & Kumar, A. (2025). Ethical Crossroads: Navigating Data Privacy, Bias, Accountability and Sustainability in AI-Driven Education. *Open Access Journal of Multidisciplinary Research (OAJMR), 1*(3), 69-77. https://doi.org/10.47760/oajmr.2025.v01i03.007

Dignum, V. (2020). Responsibility and artificial intelligence. In M. Dubber, F. Pasquale, & S. Das (Eds.), *The Oxford Handbook of Ethics of AI* (pp. 215–231). Oxford University Press.

Driver, J. (2005). Normative ethics. In F. Jackson & M. Smith (Eds.), *The Oxford handbook of contemporary philosophy* (pp. 31–62). Oxford University Press.

du Boulay, B. (2023). Artificial intelligence in education and ethics. In *Handbook of open, distance and digital education* (pp. 93-108). Singapore: Springer Nature Singapore.

Eubanks, V. (2018). *Automating inequality: How high-tech tools profile, police, and punish the poor.* St. Martin's Press.

European Commission (2018). *Coordinated plan on artificial ıntelligence.* https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:22ee84bb-fa04-11e8-a96d-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF

European Commission (2020). *White paper: A European On Artificial Intelligence - A European approach to excellence and trust.* https://commission.europa.eu/system/files/2020-02/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf

European Commission. (2019). *Building trust in human-centric aı*. https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/communication-building-trust-human-centric-artificial-intelligence

European Parliament and Council. (2024). *Artificial Intelligence Act*. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng

Gao, D., & Yu, D. (2024). Challenges and cracks: Ethical issues in the development of artificial intelligence. *Science, Technology and Society, 29*(3), 415-434. https://doi.org/10.1177/09717218241246372

Gao, R., Merzdorf, H. E., Anwar, S., Hipwell, M. C., & Srinivasa, A. R. (2024). Automatic assessment of text-based responses in post-secondary education: A systematic review. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *6*, 100206. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100206

Gülnar, B., Tuğlu, B., Saralar Aras, İ., Şaban, M., & Sevil, Ş. (2024). *Eğitimde yapay zekâ uygulamaları uluslararası forumu raporu* (S. H. Eral, Ed.). T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü. https://yegitek.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2024_09/11104346_meb_egitimde_uyz_formu_raporu_web_28082024_tr.pdf

Holmes, W., & Porayska-Pomsta, K. (2023). *The ethics of artificial intelligence in education*. Lontoo: Routledge.

Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, Ken, Sutherland, E., Baker, T., Buckingham Shum, S., Santos, O. C., Rodrigo, M. M. T., Cukorova, M., Bittencourt, I. I., & Koedinger, K. (2021). Ethics of AI in education: Towards a community-wide framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 32*(3), 504-526. https://doi.org/10.1007/s40593-021-00239-1

Huang, A. Y. Q., Lu, O. H. T., & Yang, S. J. H. (2023). Effects of artificial Intelligence–Enabled personalized recommendations on learners' learning engagement, motivation, and outcomes in a flipped classroom. *Computers & Education*, *194*, 104684. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104684

Kay, J., & Kummerfeld, B. (2019). From data to personal user models for life-long, life-wide learners. *British Journal of Educational Technology*, *50*(6), 2871–2884. https://doi.org/10.1111/bjet.12878

Kişisel Verileri Koruma Kurumu [KVKK]. (2021). *Yapay zekâ alanında kişisel verilerin korunmasına dair tavsiyeler*. https://www.kvkk.gov.tr/Icerik/7048/Yapay-Zekâ-Alaninda-Kisisel-Verilerin-Korunmasina-Dair-Tavsiyeler

Kitto, K., & Knight, S. (2019). Practical ethics for building learning analytics. *British Journal of Educational Technology*, *50*(6), 2855–2870. https://doi.org/10.1111/bjet.12868

Laureano-Cruces, A. L., Ramírez-Rodríguez, J., Mora-Torres, M., de Arriaga, F., & Escarela-Perez, R. (2010). Cognitive-operative model of intelligent learning systems behavior. *Interactive Learning Environments, 18*(1), 11-38. https://doi.org/10.1080/10494820802160872

Luckin, R. (2017). Towards artificial intelligence-based assessment systems. *Nature Human Behaviour*, *1*(3), 0028. https://doi.org/10.1038/s41562-016-0028

Newell, A., & Simon, H. A. (1976). Computer science as empirical inquiry: Symbols and search. *Communications of the ACM, 19*(3), 113–126. https://doi.org/10.1145/360018.360022

Novelli, C., Taddeo, M., & Floridi, L. (2024). Accountability in artificial intelligence: What it is and how it works. *Ai & Society*, *39*(4), 1871-1882. https://doi.org/10.1007/s00146-023-01635-y

OECD (2016). *OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2016.* https://www.oecd.org/en/publications/oecd-science-technology-and-innovation-outlook-2016_sti_in_outlook-2016-en.html

OECD (2019). *Artificial intelligence in society.* https://www.oecd.org/en/publications/artificial-intelligence-in-society_eedfee77-en.html

OECD (2021). State of implementation of the OECD AI principles: Insights from national AI policies. https://www.oecd.org/en/publications/state-of-implementation-of-the-oecd-ai-principles_1cd40c44-en.html

OECD. (2023). *The state of implementation of the OECD AI Principles four years on.* https://www.oecd.org/en/publications/the-state-of-implementation-of-the-oecd-ai-principles-four-years-on_835641c9-en.html

OECD.AI. (2025a). *Catalogue of tools & metrics for trustworthy AI: Overview*. https://oecd.ai/en/catalogue/overview

OECD.AI. (2025b). *About the global partnership on artificial intelligence (GPAI)*. https://oecd.ai/en/about/about-gpai

Pardo, A., Jovanovic, J., Dawson, S., Gašević, D., & Mirriahi, N. (2019). Using learning analytics to scale the provision of personalised feedback. *British Journal of Educational Technology, 50*(1), 128-138. https://doi.org/10.1111/bjet.12592

Roberts, H., Cowls, J., Hine, E., Morley, J., Wang, V., Taddeo, M., & Floridi, L. (2023). Governing artificial intelligence in China and the European Union: Comparing aims and promoting ethical outcomes. *The Information Society*, *39*(2), 79-97. https://doi.org/10.1080/01972243.2022.2124565

Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist, 55*(1), 68. https://doi.org/10.1037//0003-066x.55.1.68

Sevil, Ş., & Saralar Aras, İ. (2024). *Eğitimde kullanılan yapay zekâ araçları öğretmen el kitabı* (S. H. Eral, Ed.). T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü. https://yegitek.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2024_07/12172521_meb_nek_yapay_zek_araclari_12072024_web.pdf

Shin, D., Rasul, A., & Fotiadis, A. (2022). Why am I seeing this? Deconstructing algorithm literacy through the lens of users. *Internet Research*, *32*(4), 1214-1234. https://doi.org/10.1108/intr-02-2021-0087

Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE Review*, *46*(5), 31-40. https://eric.ed.gov/?id=EJ950794

Slade, S., & Prinsloo, P. (2013). Learning Analytics: Ethical Issues and Dilemmas. *American Behavioral Scientist*, *57*(10), 1510-1529. https://doi.org/10.1177/0002764213479366

Strielkowski, W., Grebennikova, V., Lisovskiy, A., Rakhimova, G., & Vasileva, T. (2025). AI-driven adaptive learning for sustainable educational transformation. *Sustainable Development*, *33*(2), 1921-1947. https://doi.org/10.1002/sd.3221

Strunk, V., & Willis, J. (2025). Generative Artificial Intelligence and Education: A Brief Ethical Reflection on Autonomy. *EDUCAUSE Review (Online)*. https://www.proquest.com/docview/3225398554?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true&sourcetype=Scholarly%20Journals

Suresh, H., & Guttag, J. V. (2019). A framework for understanding unintended consequences of machine learning. arXiv preprint arXiv:1901.10002, 2(8), 73. https://doi.org/10.48550/arXiv.1901.10002

Susser, D., Roessler, B., & Nissenbaum, H. (2019). Online manipulation: Hidden influences in a digital world. *Geo. L. Tech. Rev.*, *4*, 1.https://doi.org/10.2139/ssrn.3306006

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (2023). *Yapay zekâ uygulamaları dersi öğretim programı (I-II)*. https://tegm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2023_11/23174117_yapayzekâuygulamalaridersiogretimprogrami_3.23.pdf

T.C. Millî Eğitim Bakanlığı Etik Komisyonu. (2024). *Yapay zekâ sistemlerinin kullanımında kamu görevlilerinin uyması gereken etik davranış ilkeleri.* https://etik.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2024_10/07160042_yapayzekâsistemlerininkullanimindakamugorevlilerininuymasigerekenetikdavranisilkeleri.pdf

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı & Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi. (2021). *Ulusal yapay zekâ stratejisi (2021–2025)*. https://cbddo.gov.tr/SharedFolderServer/Genel/File/TR-UlusalYZ Stratejisi2021-2025.pdf

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı & Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi. (2024). *Ulusal yapay zekâ stratejisi 2024–2025 eylem planı* [PDF]. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/UlusalYapayZekâStratejisi2024-2025EylemPlani.pdf

Tang, K. H. D. (2024). Implications of artificial intelligence for teaching and learning. *Acta Pedagogia Asiana, 3*(2), 65-79. https://doi.org/10.53623/apga.v3i2.404

UNESCO (2021). *Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137

UNESCO (2023). Ethical impact assessment: A tool of the recommendation on the ethics of artificial intelligence. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386276

UNESCO (2024). Challenging systematic prejudices: An investigation into bias against women and girls in large language models. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388971

United Nations (2024). *Global digital compact (Rev. 1)*. https://www.un.org/digital-emerging-technologies/sites/www.un.org.techenvoy/files/Global_Digital_Compact_Rev_1.pdf

United Nations (2020). *Report of the secretary-general: Roadmap for digital cooperation*. https://www.un.org/en/content/digital-cooperation-roadmap/assets/pdf/Roadmap_for_Digital_Cooperation_EN.pdf

United Nations (2021). *Our common agenda: Report of the Secretary-General*. https://www.un.org/en/content/common-agenda-report/

Väänänen, K., Ala-Luopa, S., Lehtiö, A., & Olsson, T. (2020, October). Towards human-centered AI that respects human autonomy and sustainability. In *NordiCHI 2020 Workshop on Respecting Human Autonomy through Human-Centered AI*.

Vincent-Lancrin, S., & Van der Vlies, R. (2020). *Trustworthy artificial intelligence (AI) in education: Promises and challenges*. (OECD Education Working Papers No. 218). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/a6c90fa9-en

Wenger, E. (1987). Artificial intelligence and tutoring systems. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann.

Woolf, B. P. (2009). *Building intelligent interactive tutors: Student-centered strategies for revolutionizing e-learning*. Burlington, MA: Morgan Kaufmann.

Yeung, K. (2018). 'Hypernudge': Big Data as a mode of regulation by design. In *The social power of algorithms* (pp. 118-136). Routledge.

YÖK (2024). *Yükseköğretim Kurumları bilimsel araştırma ve yayın faaliyetlerinde üretken yapay zekâ kullanımına dair etik rehber.* https://eski.yok.gov.tr/Documents/2024/yapay-zekâ-kullanimina-dair-etik-rehber.pdf

Yu, L., & Yu, Z. (2023). Qualitative and quantitative analyses of artificial intelligence ethics in education using VOSviewer and CitNetExplorer. *Frontiers in Psychology*, *14*, 1061778. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1061778

Yükseköğretim Kurulu (YÖK). (2024). https://yokatlas.yok.gov.tr

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education–where are the educators?. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *16*(1), 1-27. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

BÖLÜM 7

BÜYÜK VERİ ÇAĞINDA AÇIK VE UZAKTAN ÖĞRENME

Halis Aykut Coşgun - Evrim Genç Kumtepe

ÖZET

Bu bölüm, dijital dönüşüm çağında büyük veri teknolojilerinin açık ve uzaktan öğrenme sistemleriyle entegrasyonunu kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Çalışma, büyük verinin 5V modeli (Hacim, Hız, Çeşitlilik, Doğruluk, Değer) çerçevesinde açık ve uzaktan öğrenme ortamlarında nasıl değerlendirildiğini ve bu teknolojilerin eğitim süreçlerine sağladığı katkıları sistematik olarak analiz etmektedir. Bölüm, kavramsal çerçeve olarak sistem teorisi, sosyo-teknik sistem yaklaşımı, öğrenme analitikleri ve etik perspektiflerini benimseyerek, büyük verinin açık ve uzaktan öğrenmedeki uygulamalarını çok boyutlu olarak ele almaktadır. Öğrenme analitikleri, kişiselleştirilmiş öğrenme sistemleri ve gerçek zamanlı müdahale mekanizmaları gibi temel uygulamalar detaylı olarak incelenmektedir. Çalışma, büyük verinin açık ve uzaktan öğrenmede sunduğu fırsatları; dijital dönüşümün getirdiği yenilikler, öğrenme deneyiminin iyileştirilmesi, eğitim kalitesinin artırılması ve erişilebilirlik açısından değerlendirmektedir. Aynı zamanda veri güvenliği, etik sorunlar, algoritmik manipülasyon, öğrenen hakları ve teknolojik bağımlılık gibi riskleri de kapsamlı olarak ele almaktadır. Ayrıca büyük veri bağlamında Türkiye'deki mevcut durum ve trendler özelinde somut örnekler üzerinden ulusal düzeydeki gelişmeler analiz edilmektedir. Veri temelli karar alma süreçleri, etik veri kullanımı, dijital eşitlik ve sürdürülebilir eğitim teknolojileri konularında politika önerileri sunularak, büyük veri çağında açık ve uzaktan öğrenme sistemlerinin geliştirilmesi için bütüncül bir yaklaşım ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Büyük Veri, Açık ve Uzaktan Öğrenme, Dijital Öğrenme, Eğitimde Büyük Veri Uygulamaları

GİRİŞ

Dijital Çağda Eğitimin Dönüşümü ve Büyük Verinin Rolü

Dijital dönüşüm, yalnızca bir teknolojik evrim değil; ekonomik kalkınmadan toplumsal yapıya, kamu hizmetlerinden bireysel yaşama kadar tüm sistemleri kökten etkileyen stratejik bir zorunluluktur. Türkiye'de bu farkındalıkla, 2018 yılında Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi kurulmuş ve "Milli Teknoloji Hamlesi ve Dijital Türkiye" hareketiyle büyük veri, yapay zekâ (YZ), siber güvenlik gibi dijital teknolojilere ilişkin stratejiler ve eylem planları (Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi, 2024) ile dijitalleşmeyi ulusal bir öncelik hâline getirmiştir.

Devletin farklı kademelerinde yürütülen dijitalleşme çalışmaları; veri temelli karar alma süreçleri, kamu hizmetlerinin dijitalleşmesi ve YZ entegrasyonu gibi başlıklarda somutlaşmaktadır. Bu dönüşüm sürecinde eğitim sektörü de merkezî bir rol üstlenmektedir. Çünkü dijital çağın gerektirdiği yetkinliklerin kazandırılacağı en temel alan eğitimdir. Nitekim, Türkiye'de bu doğrultuda hayata geçirilen dijital platformlar bu vizyonu desteklemektedir. Örneğin, BTK Akademi, bireylerin yazılım, YZ, siber güvenlik gibi alanlarda ücretsiz çevrim içi eğitimler alabileceği bir altyapı sunarken Uzaktan Eğitim Kapısı, kamu personeline yönelik hizmet içi eğitimlerin dijital ortamda sunulmasını sağlayarak kurumsal kapasitenin artırılmasına katkı sağlamaktadır. Benzer şekilde, KOSGEB Girişimcilik Sertifikası gibi belgelerin çevrim içi eğitimlerle alınabilir hale gelmesi, girişimcilik kültürünün yaygınlaştırılması adına önemli bir adımdır. Bu tür uygulamalar, dijital eğitim ekosisteminin kurumsallaşmasına ve yaygınlaşmasına katkı sunmakta; bireylerin ve kurumların dijital yetkinlik kazanımını hızlandırmakta ve böylece uzaktan öğrenmenin dijital dönüşüm içerisinde yerini pekiştirmektedir. Mustafa Kemal Atatürk'ün "Muasır medeniyet seviyesinin üstüne çıkmak" hedefi, bugün dijital okuryazarlık, YZ farkındalığı ve teknolojik donanımla mümkündür.

21. yüzyılın dijital çağında eğitim sektörü, yukarıda değinildiği üzere, derin bir dönüşüm yaşamaktadır. Bu dönüşüm, sadece teknolojik araçların eğitim süreçlerine entegrasyonu değil, aynı zamanda öğrenme ve öğretme paradigmalarının temelinden yeniden şekillenmesi anlamına gelmektedir. Dijital dönüşüm, eğitim kurumlarının değer yaratma, hizmet sunma ve paydaşlarıyla etkileşim kurma biçimlerini köklü şekilde değiştiren stratejik bir

süreçtir. Bu noktada, Atatürk'ün "Hayatta en hakiki mürşit ilimdir, fendir." sözü, dijital çağın getirdiği değişimlere ayak uydurmanın ve bu değişimi yönlendirmenin temel anahtarının bilimsel düşünce ve teknolojik yetkinlik olduğunu bizlere bir kez daha hatırlatmaktadır.

COVID-19 pandemisinin etkisiyle hızlanan bu dönüşüm, uzaktan öğrenme ve çevrim içi eğitim platformlarının yaygınlaşmasını beraberinde getirmiştir. Bu süreçte, eğitim kurumları tarafından üretilen ve toplanan veri miktarı üstel olarak artmış, büyük veri (big data) kavramı eğitim alanında kritik bir öneme sahip olmuştur (Coşgun, 2024).

Büyük veri, eğitim süreçlerinin anlaşılması, öğrenen performansının tahmin edilmesi ve kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerinin tasarlanması için benzersiz fırsatlar sunmaktadır. Günümüzde eğitim kurumları, öğrenen verilerini analiz ederek kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunma, akademik performansı artırma ve eğitim süreçlerini optimize etme konularında büyük veri teknolojilerinden yararlanmaktadır.

Açık ve uzaktan öğrenme (AUÖ) sistemleri, bu dijital dönüşümün en belirgin örneklerinden birini oluşturmaktadır. Kitlesel açık çevrim içi ders (KAÇD – Massive Open Online Course - MOOC) platformları ve çevrim içi öğrenme ortamları, çok yüksek sayılarda öğrenen kitlelerine erişim sağlarken aynı zamanda öğrenme süreçleri hakkında zengin veri setleri üretmektedir. Bu veriler, öğrenen davranışlarının analiz edilmesi, öğrenme zorluklarının belirlenmesi ve eğitim kalitesinin artırılması için değerli kaynaklar hâline gelmiştir.

Büyük Veri: Tanım ve Temel Özellikler (5V Modeli)

Büyük veri, geleneksel veri işleme yöntemleriyle analiz edilemeyecek kadar büyük, karmaşık ve hızla değişen veri setlerini ifade etmektedir. Büyük verinin karakteristik özellikleri, yaygın olarak kabul edilen 5V modeli ile açıklanmaktadır:

Hacim

Veri setlerinin büyüklüğü, terabayt ve petabayt seviyelerine ulaşabilmektedir. Eğitim bağlamında, öğrenen etkileşimleri, ölçme ve değerlendirme sonuçları ve öğrenme kaynaklarına erişim verileri sürekli olarak büyük hacimler oluşturmaktadır. Günlük olarak 402,74 milyon terabayt veri

üretildiği tahmin edilmekte olup, 2025 yılında 181 zetabayt veri üreteceği öngörülmektedir (Duarte, 2025).

Hız

Hız; verinin üretilme, işlenme ve analiz edilme hızını ifade eder. Çevrim içi öğrenme ortamlarında, öğrenen aktiviteleri gerçek zamanlı olarak kaydedilmekte ve anında analiz edilebilmektedir. Bu hızlı veri akışı, veriyi zamanında analiz etmek ve yanıt sağlamak için gelişmiş teknolojileri gerekli kılmaktadır.

Çeşitlilik

Büyük veride çeşitlilik, yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış veri türlerini kapsayan veri yapısını ifade eder. Eğitimde metin, video, ses gibi içerik verilerine ek olarak; platformu ziyaret etme, oturum açma, tıklama, sayfa görüntüleme gibi web analitiği verileri; sınav/deneme puanı, doğru – yanlış cevap sayısı gibi akademik veriler; öğrenen demografik bilgileri ve sosyal etkileşim verileri gibi farklı veri formatları ve veri çeşitliliği bulunmaktadır. Bu çeşitlilik, veri analizi süreçlerini karmaşıklaştırırken aynı zamanda daha derinlemesine analizler elde etme imkânı sağlamaktadır.

Doğruluk

Doğruluk, verinin kalitesi, güvenilirliği ve tutarlılığını ifade eder. Eğitim verilerinde, veri kalitesi yönetimi kritik bir zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Veriler genellikle düzensiz, eksik veya yanlı olabilir ve uygun şekilde ele alınmadığında yanıltıcı sonuçlara yol açabilir.

Değer

Veriden elde edilebilecek anlamlı analizler ve iş değerini temsil eder. Eğitimde, büyük verinin değeri öğrenme süreçlerinin iyileştirilmesi, değerlendirilmesi ve öğrenen başarısının artırılmasında ortaya çıkmaktadır. Sadece veriye sahip olmak yeterli değildir; ham veriyi işlemek ve eyleme dönüştürülebilir kapsamlı değerlendirmeler yapmak için analitik araçları ve metodolojileri kullanmak gerekmektedir.

Açık ve Uzaktan Öğrenme: Tanım ve Kapsam

Açık ve uzaktan öğrenme, geleneksel sınıf ortamının fiziksel sınırlarını aşarak, esnek ve erişilebilir eğitim fırsatları sunan bir öğretim modelidir.

Bu model, öğrenenlerin zaman ve mekân kısıtlamaları olmaksızın öğrenme süreçlerine katılabilmelerini sağlamaktadır.

AUÖ'nün Temel Özellikleri

Açıklık: Eğitim kaynaklarına ve fırsatlarına geniş erişim sağlanması. Bu, bireylerin coğrafi, ekonomik ve sosyal engellerden bağımsız olarak eğitime erişimini sağlamayı hedefler.

Esneklik: Öğrenenlerin zaman, mekân, hız ve içerik açısından öğrenme süreçlerini kişiselleştirmelerine olanak tanıyan bir öğretim tasarımı ilkesi. AUÖ, öğrenenlere canlı ders kayıtlarının istenilen zamanda izlenmesi (zamansal esneklik), herhangi bir mekândan eğitime erişilmesi (mekânsal esneklik), kendi hızında öğrenmesi (hız esnekliği), farklı içeriklerle öğrenme sürecini desteklemesi (içerik ve kaynak esnekliği) ve istedikleri zamanda programa devam etmek istendiğinde ara vermesi (giriş-çıkış esnekliği) gibi birçok esneklik seçeneği sunmaktadır. Bu özellik, çalışan yetişkinler ve farklı yaşam şartlarına sahip öğrenenler için önemli bir avantajdır.

Erişilebilirlik ve Kapsayıcılık: Farklı sosyoekonomik, kültürel ve fiziksel özelliklere sahip bireylerin eğitime eşit şekilde erişimini sağlama. Engel durumları ve çeşitli ihtiyaçlar için uyarlanabilir içerikler sunarak eğitimde fırsat eşitliğini destekler.

Öğrenen Özerkliği ve Öz Düzenleme: Öğrenenlerin kendi öğrenme süreçlerini planlama, izleme ve değerlendirme sorumluluğunu üstlenmesini teşvik etme. Bu yaklaşım, bireysel farkındalığı ve öğrenme motivasyonunu destekler.

Teknoloji Entegrasyonu: Dijital araçlar ve platformların yoğun kullanımı. Modern AUÖ sistemleri, video konferans, etkileşimli simülasyonlar ve YZ destekli öğrenme araçlarını içerir.

Kişiselleştirme: Bireysel öğrenme ihtiyaçlarına uygun içerik sunumu. Büyük veri analitiği sayesinde her öğrenenin öğrenme tarzına uygun deneyimler tasarlanabilir.

KAÇD Sistemleri ve Çevrim İçi Öğrenme Platformları

Kitlesel açık çevrim içi dersler, ücretsiz olarak erişilebilen ve sınırsız katılımcıya açık çevrim içi dersleri ifade etmektedir. KAÇD platformları,

Harvard, MIT, Stanford gibi prestijli üniversitelerin derslerini büyük kitlelere ulaştırarak her yaştan bireye eğitim hizmeti sunmuş ve böylece eğitimde demokratikleşmeye katkı sağlamıştır. KAÇD kapsamında başlıca çevrim içi öğrenme platformları aşağıda sunulmuştur:

- **edX:** Dünyanın önde gelen üniversiteleri ve kurumlarıyla iş birliği içinde, çeşitli disiplinlerde yüksek kaliteli çevrim içi dersler sunan bir öğrenme platformudur.
- **Coursera:** Dünyanın önde gelen üniversite ve şirketleriyle iş birliği yaparak, çeşitli alanlarda yüksek kaliteli çevrim içi dersler, uzmanlık programları, sertifikalar ve derece programları sunan bir öğrenme platformudur.
- **Khan Academy, FutureLearn, Udacity, Udemy:** Diğer önemli çevrim içi öğrenme platformlarıdır. Bunlardan KhanAcademy tamamen ücretsiz bir platform olup, diğer KAÇD platformlarında katılımcılar bir sertifika veya derece almak istediğinde belirli bir ücret ödemek durumunda kalmaktadır. Bu durum, erişim açısından açık olsa da belgelendirme sürecinde finansal bir eşik yaratabilmektedir.

Bu platformlar, öğrenen etkileşimlerinden elde edilen büyük veri setleri sayesinde öğrenme analitikleri (ÖA) ve kişiselleştirilmiş eğitim deneyimleri geliştirmektedir.

Kavramsal Kesişim: Büyük Veri ile Açık ve Uzaktan Öğrenmenin Buluşması

Büyük veri ile AUÖ arasındaki sinerjik ilişki, eğitim teknolojisinin en dinamik alanlarından birini oluşturmaktadır. Bu kesişim noktası, çeşitli boyutlarda kendini göstermektedir:

Öğrenme Analitikleri

Açık ve uzaktan öğrenmenin tasarlandığı çevrim içi ortamlarında üretilen büyük veri setleri, öğrenen davranışlarının, öğrenme örüntülerinin ve performans metriklerinin detaylı analizini mümkün kılmaktadır. Açık Üniversite Öğrenme Analitikleri Veri Seti (Open University Learning Analytics Dataset) (Kuzilek vd., 2017) gibi açık veri setleri, bu alanda kıyaslama ve değerlendirme çalışmaları için kritik kaynaklar sağlamaktadır.

Kişiselleştirilmiş Öğrenme

YZ yöntemleri ve veri bilimi teknikleri kullanılarak her bireyin öğrenme hızı, ilgi alanları, bilgi düzeyi ve öğrenme tarzı analiz edilebilmekte; bu sayede kişiye özel içerikler, etkinlikler ve öğrenme yolları tasarlanabilmektedir. Bu yaklaşımla, öğrenme süreci daha etkili, anlamlı ve motive edici hâle gelirken aynı zamanda öğrenen memnuniyeti ve başarı oranı da önemli ölçüde artabilmektedir.

Gerçek Zamanlı Müdahale Sistemleri

Açık ve uzaktan öğrenme ortamlarında büyük veri analitikleri, yalnızca öğrenen başarısı ya da okul terki gibi sonuçlara odaklanmakla kalmaz; aynı zamanda öğrenenlerin öğrenme sürecindeki davranışlarını, etkileşim düzeylerini, katılım sıklığını ve duygusal tepkilerini de analiz ederek çok yönlü geri bildirim sağlar. Öğrenme yönetim sistemlerinden (ÖYS) toplanan tıklama verileri, etkinlik tamamlama durumları, video izleme oranları, tartışma forumlarındaki etkileşimler ve sınav performansları gibi veriler sayesinde, öğrenenlerin öğrenme yolculukları gerçek zamanlı olarak izlenebilir.

Bu sistemler, öğrenme güçlüğü yaşayan, motivasyonu düşen veya kopma eğiliminde olan öğrenenleri erken evrede belirleyip bireysel rehberlik, içerik önerileri, hatırlatmalar veya destek mesajları gibi müdahalelerle sürece yeniden dâhil edebilir. Ayrıca, öğretim tasarımcılarına, eğitimcilere ve yöneticilere de öğrenme ortamlarını sürekli iyileştirmeleri için veri temelli çıkarımlar sunar. Böylece yalnızca akademik başarı değil; öğrenme deneyimi, bağlılık, motivasyon ve genel memnuniyet gibi daha geniş çaplı öğrenme çıktıları da geliştirilebilir.

Kavramsal Çerçeve

Bu bölümde büyük veri çağında AUÖ sistemlerinin sunduğu fırsatlar, karşılaşılan riskler ve geliştirilmesi gereken politikalar dengeli bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Bu kapsamda aşağıdaki perspektifler dikkate alınmıştır:

Sistem Teorisi Perspektifi: Açık ve uzaktan öğrenme sistemleri, karmaşık ve dinamik sistemler olarak ele alınmaktadır (Jakobson, 2019). Bu perspektif, büyük verinin sistem içindeki farklı bileşenler (öğrenenler, eğitimciler, içerik, teknoloji) arasındaki etkileşimleri nasıl etkilediğini anlamaya yardımcı olmaktadır.

Sosyo-Teknik Sistem Yaklaşımı: Açık ve uzaktan öğrenme ortamları, teknik altyapılarla sosyal, kültürel ve örgütsel bileşenlerin etkileşimde bulunduğu sosyo-teknik sistemler olarak değerlendirilir (Simonette vd., 2019; Upadhyaya ve Mallik, 2013). Bu yaklaşım, büyük veri uygulamalarının yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda sosyal bağlamda nasıl anlam kazandığını ortaya koyar.

Öğrenme Analitikleri Çerçevesi: Öğrenme analitikleri, öğrenenler ve öğrenme ortamları hakkında veri toplayarak bu verileri analiz etme ve raporlama süreci olarak tanımlanır (Siemens ve Long, 2011). 2010'ların başından bu yana öğrenme analitiği ve eğitim alanında veri madenciliğinin gelişimi, öğrenen davranışları ve öğrenme süreçleri hakkında ayrıntılı bilgiler edinilmesini sağlamıştır (Potgieter, 2020). Bu çerçeve, büyük verinin öğrenmeyi destekleyici şekilde nasıl kullanılabileceğini sistematik olarak değerlendirmeyi amaçlar (Baig vd., 2020).

Etik ve Sürdürülebilirlik Perspektifi: Büyük veri uygulamaları, yalnızca teknik değil aynı zamanda etik sorumluluklar da taşır. Veri mahremiyeti, algoritmik adalet ve dijital eşitlik gibi konular; bu uygulamaların güvenilir, adil ve sürdürülebilir olmasını sağlayan temel değerler arasında yer alır (Zaman, 2024).

Güncel Araştırma Eğilimleri (2020-2025)

Son beş yılda büyük veri ve AUÖ alanında yapılan çalışmalar, bu alanın hızla gelişen doğasını yansıtmaktadır (Ifenthaler vd., 2020; Lim vd., 2022; Liu vd., 2023; Narimani ve Barberà, 2024; Noroozi, 2020; Panwale ve Vijayakumar, 2025; Qiu vd., 2023). Bu gelişim süreci, aşağıdaki eğilimler çerçevesinde somut biçimde gözlemlenmektedir:

- Eğitim değerlendirmesinde büyük veri odaklı yaklaşımların artışı
- Öğrenen refahını desteklemek için büyük veri kullanımı
- Gerçek zamanlı büyük veri analitikleri ve erken uyarı sistemleri
- Etik, yapay zekâ, veri mahremiyeti ve yönetişim konularında artan farkındalık
- Büyük dil modelleri ve yapay zekâ entegrasyonunu içeren yenilikçi uygulamalar

- Hibrit öğrenme ortamlarında çok modlu (multi-modal) veri kaynaklarının entegrasyonu
- Büyük veriye dayalı karar destek sistemlerinin eğitim yönetiminde kullanımının artması

Bu kavramsal çerçeve, sonraki bölümlerde ele alınacak uygulamalar, fırsatlar, riskler ve politika önerilerinin analizi için teorik temel sağlamaktadır. Çerçeve hem mevcut durumun anlaşılması hem de gelecekteki gelişmelerin öngörülmesi için bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır.

1. AÇIK VE UZAKTAN ÖĞRENMEDE BÜYÜK VERİ UYGULAMALARI

Açık ve uzaktan öğrenme bağlamında büyük verinin benimsenmesi, günümüzde öğrenme analitiği ve eğitim alanında veri madenciliği uygulamalarının temelini oluşturan geniş ölçekli veri akışlarına dayanmaktadır. Bu veri akışları; öğrenenlerin demografik verileri, tıklama günlükleri, çevrim içi tartışma etkileşimleri, değerlendirme süreçlerine ilişkin işlem kayıtları ve çeşitli sensör verileri gibi çok boyutlu dijital izleri kapsamaktadır.

1.1. Genel Bakış

Yapılan araştırmalar, literatürdeki baskın uygulamaların, ağırlıklı olarak tanımlayıcı, tanısal ve tahmine dayalı öğrenme analitiği modelleri üzerine yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Bu modeller, yükseköğretim ve yaşamboyu öğrenme (YBÖ) ortamlarında risk altındaki öğrenenlerin erken belirlenmesi, katılım örüntülerinin segmentlere ayrılması ve öğrenen kohortlarının zaman içindeki gelişiminin görselleştirilmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Ang vd., 2020). Özellikle ÖYS'lerden elde edilen verileri esas alan kapsam belirleme çalışmaları, ağırlıklı olarak makine öğrenimi tabanlı sınıflandırma algoritmalarının ve sıralı modelleme yaklaşımlarının (uzun kısa süreli bellek ağları, gradyan destekli karar ağaçları vb.) öğrenen başarı notları veya okul terki gibi çıktılar için erken uyarı sistemlerinde %80'in üzerinde doğruluk sağladığını ortaya koymaktadır (Zahra ve Naeem, 2024). Son yıllardaki araştırmalarda, araştırmacıların ele aldığı yöntemler, salt makine öğrenimi algoritmaları yerine derin öğrenme veya makine öğrenimiyle derin öğrenmeyi entegre kullanan hibrit çözümlere

doğru evrilmektedir. Bununla birlikte, bu modellerin uygulamaya geçirilmesinde veri gizliliği, etik kaygılar ve teknik altyapıya ilişkin sınırlılıklar da dikkat çekmektedir. Söz konusu davranışsal analizlerin, öğrenenlerin duygusal durumlarını ve öz düzenleme eğilimlerini anlamaya yönelik niteliksel göstergelerle bütünleştirilmesi yönünde eğilim artmakta ve bu sayede öğretimsel uygulamaların iyileştirilmesi ve politika düzeyinde karar alma süreçleri için daha sağlam ve kapsamlı bir kanıt tabanı oluşturmaktadır.

Kişiselleştirilmiş ve uyarlanabilir öğrenme sistemleri, büyük veriden elde edilen değerin bir üst aşamasını temsil etmektedir. Tahmine dayalı analizler ve öneri sistemlerine dair çalışmalar, içerik temelli, iş birlikçi filtreleme veya YZ algoritmalarıyla yönlendirilen uyarlanabilir içerik sıralamasının, ders tamamlama oranlarını %10–20 oranında artırabildiğini ve bireysel öğrenme süresini kısaltabildiğini göstermektedir (Sun vd., 2022). KAÇD'lerde demografik veriler ile ayrıntılı etkileşim analitikleri birleştirilerek elde edilen derinlemesine analizler sonucu öğrenenlere, telafi materyalleri veya alternatif değerlendirme yolları önerilmektedir. Açık eğitim kaynakları (AEK) sunan platformlar ise eğiticilere yönelik içerik önerileri geliştirmek üzere kullanıcı etkileşimlerini analiz etmeye başlamıştır.

Bu sistemlerin somut uygulamaları hem potansiyeli hem de karşılaşılan zorlukları ortaya koymaktadır. COVID-19 pandemisi sürecinde birçok üniversite, kullandıkları ÖYS'lerinden elde edilen günlükler (sistem kayıtları) ile canlı ders verilerini harmanlayarak, öğrenenlerin etkileşim düzeylerini izleyip kişiselleştirilmiş kısa mesaj veya sohbet botu müdahaleleri gerçekleştirmiştir. Bu uygulamalar, bazı STEM alanlarındaki öğrenen gruplarında ders bırakma oranlarını yarı yarıya azaltmıştır (Çelik vd., 2022). Birleşik Krallık'taki Açık Üniversite (Open University – OU) tarafından geliştirilen ve Yapay Zekâ Etkisi kategorisinde Milton Keynes 2025 Ödülü alan "OU Analiz" sistemi, haftalık sanal öğrenme ortamı etkileşimlerine gradyan artırma algoritmaları uygulamakta olup, pilot çalışmalarda eğiticilerin bu uyarılar doğrultusunda hareket etmesinin başarı oranlarını %30'a kadar artırdığı bildirilmiştir (Herodotou vd., 2019; Hlosta vd., 2021). Latin Amerika'da ise büyük ölçekli KAÇD sağlayıcıları, öneri sistemlerini mikro yeterlilik yolları için optimize etmek amacıyla bölgesel istihdam verilerini kullanarak, YBÖ ile işgücü hareketliliği arasında köprü kurma potansiyelini ortaya koymuştur (Sun vd., 2022).

Tüm bu gelişmeler, güçlü ve esnek veri altyapılarıyla desteklenmektedir. Grafik veri tabanları, sosyal ağ analizleri için kullanılmakta; mikro hizmet mimarileri, modellerin servis olarak sunulmasına olanak tanımaktadır. Ancak birçok yükseköğretim kurumu, otomatik model güncellemeleri, kavramsal kayma tespiti (veri dağılımına bağlı model performans düşüşü) ve etik veri kullanımına dair çerçeveleri hâlâ yeterince geliştirememiştir (Alzahrani vd., 2022; Stojanov ve Daniel, 2023). Bu nedenle, ilerleme; teknik altyapı ile pedagojik, etik ve kullanıcı odaklı entegrasyonun uyumuna bağlıdır.

1.2. Türkiye'de Mevcut Durum ve Trendler

Türkiye son beş yılda dijitalleşme gündemini "veri odaklı dönüşüm" söylemi etrafında yeniden konumlandırmıştır. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi'nin (CBDDO) yürüttüğü Ulusal Veri Stratejisi hazırlıkları veri yönetişimi, veri paylaşımı ve YZ politikalarını bütünleştirmeyi hedeflemektedir (CBDDO, 2024). Aynı ekosistemde Yükseköğretim Kurulu'nun (YÖK) "Yükseköğretimde Büyük Veri Projesi" tüm üniversitelerden ders, öğrenen ve performans verilerini merkezi bir ambarda toplayarak karar süreçlerini analitikle güçlendirmeyi amaçlamaktadır (YÖK, 2022). Söz konusu proje kapsamında İTÜ, ODTÜ, Atatürk Üniversitesi, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi, Sabancı Üniversitesi, Fırat Üniversitesi, Sakarya Üniversitesi ve Trabzon Üniversitesi pilot uygulamanın başlatıldığı üniversitelerdir. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü bünyesinde kurulan "Yapay Zekâ ve Büyük Veri Uygulamaları Daire Başkanlığı" ise YBÖ dahil tüm okulöncesi- K12 hattında veri temelli karar verme kapasitesini kurumsallaştıracak altyapıyı inşa etmektedir (MEB, 2025). Bu üst düzey politikaların AUÖ alanındaki teknik yatırımları ve araştırma projelerini doğrudan beslediği düşünülmektedir.

Son yıllarda Türkiye'de, öğrenme ve davranışsal veri analitiği uygulamaları, öğrenen performansını ve öğrenme deneyimini optimize etme potansiyeliyle dikkat çekmektedir. Bu bağlamda öne çıkan örneklerden bir tanesi Türkiye'nin en büyük AUÖ ekosistemine sahip olan Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesidir (AÜAÖF). AÜAÖF'ün bir milyondan fazlası aktif olmak üzere 3 milyonluk Açıköğretime kayıtlı öğrenen kitlesine hizmet veren AÖF Analytics Projesi, web ve mobil arayüz üzerinden ÖYS

(e-Kampüs) tıklama günlüklerini, mobil uygulama izlerini ve öğrenen bilgi sistemi verilerini tek bir veri ambarı üzerinde birleştirmekte; eğitim materyal tercihleri, oturum süreleri ve başarı korelasyonlarını haftalık olarak görünür kılmaktadır (Anadolu Üniversitesi, 2019). Böylece aynı veri ambarı üzerinde çalıştırılan öğrenme analitiği modelleri canlı gösterge panellerine dönüşme potansiyeline sahip hâle gelmektedir. Bu göstergelerden üretilen risk (erken uyarı) ve kişiselleştirilmiş içerik öneri sinyalleri, belirli periyotlarla akademik danışman sistemine yansıtılarak öğretim tasarımcıları ve öğrenen destek birimleri tarafından doğrudan müdahale kararlarında kullanılabilir bir yapı sunmaktadır. Nitekim, Öztürk (2022) tarafından AÜAÖF öğrenenlerinin davranış örüntüleri, profilleri ve akademik performans göstergelerini modellemek amacıyla büyük bir veri seti üzerinde gerçekleştirilen tez çalışması, AUÖ alanında büyük veri analitiği literatürüne değerli bir katkı sunmaktadır. Öte yandan öğrenme ve davranışsal veri analitiklerinin entegrasyonu ve raporlanmasına dair yapılan son araştırmalar (Börekci ve Sarıtaş, 2023; Güyer vd., 2023; Yildirim & Gülbahar, 2022), uluslararası AUÖ gündeminin yanı sıra Türkiye'deki araştırma gündeminin de büyük veri analitiğine dayalı erken uyarı ve kişiselleştirme temalarına yoğunlaştığını ortaya koymaktadır.

K-12 ekosisteminde ise Marmara Üniversitesi araştırmacıları, kamu ve özel okullardaki yöneticilerle yaptıkları fenomenolojik çalışmada, Türkiye'de ÖA'nın yaygınlaştırılmasının "teknolojik liderlik" kapasitesine ve kurumsal politikalardaki boşluklara bağlı olduğunu vurgulamışlardır (Öz ve Levent, 2025). Görüşmeler, özellikle devlet okullarında analitik araçlarının sınırlı düzeyde kullanıldığını; buna gerekçe olarak altyapı eksikleri, veri okuryazarlığı yetersizliği ve tutarlı yazılım çözümlerinin bulunmayışını göstermektedir. Araştırmacılar, okul düzeyinde veri kültürünü ve yöneticilerin analitik okuryazarlığını güçlendirecek ulusal stratejilere ihtiyaç olduğunu savunmaktadır.

KAÇD ve AEK için de Türkiye menşeli örnekler ve bu platformlara ilişkin büyük veri analitikleriyle ilgili çalışmalar dikkat çekmektedir. ODTÜ tarafından AB ve Türkiye Cumhuriyeti'nin destekleriyle hayata geçirilen BilgeİŞ platformu 100'ü aşkın dersiyle 100 binden fazla yetişkine hizmet veren bir KAÇD sistemidir. Çelik vd. (2025) tarafından yapılan karşılaştırmalı analiz, MITx ve BilgeİŞ verilerini kullanarak yerli platformda yaş-

cinsiyet çeşitliliğinin ve istihdam odaklı kurs temasının belirgin olduğunu, ancak tamamlama oranlarının hâlâ düşük seyrettiğini göstermiştir. Anadolu Üniversitesinin AKADEMA ve Atatürk Üniversitesinin ATADEMiX platformları da KAÇD videolarını öğrenme kuramları açısından 2019'da Ataizi vd. tarafından incelenen çalışmada veri kaynağı olarak yer almıştır. Çalışma kapsamında videoların çoğunda davranışçı tasarım baskın bulunmuştur. AEK tarafında ise YÖK Dersleri Platformu için geliştirilen merkezî havuz, indirme ve yeniden kullanım analitikleri, yükseköğretim kalite çalışmaları kapsamında kullanıldığı düşünülmektedir. Bu veriler ayrıca ileride AEK öneri motorlarına girdi olacak şekilde yapılandırılabilir. AEK erişim günlüklerinin öğretim tasarımcılarına kalite sinyali üretmek için işlenmesi, araştırmacıların dikkate alması gereken bir konu olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç olarak Türkiye, AUÖ'de büyük veriyi hem stratejik politika belgeleriyle hem de kurum içi pilot uygulamalarla hızla gündemine almıştır. AÜÖ kapsamında büyük veri analitiği uygulamaları ÖYS tabanlı erken uyarı sistemleri, öz-düzenleme panoları ve analitik göstergeler gibi somut müdahalelerle çeşitlenmiş durumdadır. Yine de hem yükseköğretimde hem de K-12'de ölçeklenebilir, etik ve bütüncül analitik ekosistemleri kurabilmek için altyapı standartlarının netleşmesi, yönetsel kapasitenin artırılması ve disiplinler arası araştırma-uygulama iş birliklerinin genişletilmesi kritik bir önem teşkil etmektedir.

1.3. Fırsatlar ve Potansiyeller

Büyük veri çağında AUÖ, eğitim sektörü için benzeri görülmemiş fırsatlar sunmaktadır. Bu bölüm, dijital dönüşümün getirdiği yeniliklerin eğitim ekosistemindeki dönüştürücü etkilerini analiz etmektedir. Büyük verinin eğitime sunduğu fırsatlar; sadece teknolojik iyileştirmeler değil, öğrenme paradigmalarının temelinden yeniden şekillenmesi anlamına gelmektedir.

1.3.1. Dijital Dönüşümün Getirdiği Yenilikler

Dijital dönüşüm, eğitim sektöründe köklü değişimlere yol açarak yeni fırsatlar yaratmaktadır. Bu süreçte, geleneksel tek boyutlu yaklaşımdan dinamik olarak uyarlanmış ders planlarına dayalı ölçekte kişiselleştirilmiş içeriğe geçiş yaşanmaktadır. Özellikle son yıllarda, büyük verinin eğitimde sunduğu fırsatlar; kişiselleştirilmiş, verimli ve sonuç odaklı öğrenme

ortamlarına doğru bir dönüşümü temsil etmektedir. Bu dönüşüm, eğitim kurumlarının değer yaratma, hizmet sunma ve paydaşlarıyla etkileşim kurma biçimlerini köklü şekilde değiştirmektedir. Temel YZ modellerinin ortaya çıkışı, çeşitli öğrenen ihtiyaçları, kaynak eşitsizlikleri ve katılım gibi eğitimde uzun süredir devam eden zorlukları ele alan kayda değer yeteneklere sahip olmuştur.

AUÖ ekosistemi, yüksek hacim, çeşitlilik ve hızda dijital iz üreten ÖYS, KAÇD platformları ve sosyal medya gibi kaynaklar sayesinde büyük veri karakteristiğine sahip zengin bir veri alanı oluşturmuştur. Bu veriler, öğrenen davranışlarının milisaniyeler düzeyinde kayda geçirilmesine ve çok katmanlı analitik işlemlerle anlamlandırılmasına olanak tanıyarak karar verme süreçlerinin ölçeğini ve niteliğini köklü biçimde değiştirmektedir (Ang vd., 2020).

Veri odaklı karar verme süreçleri eğitim açısından ciddi katkılar sağlama potansiyeline sahiptir. Bunlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir:

- **Öğrenen Performans Analizi**: Gerçek zamanlı veri analizi ile öğrenen başarısının ve istikrarlılığının sürekli izlenebilmesi
- **Kaynak Optimizasyonu**: Eğitim kaynaklarının en verimli şekilde dağıtılabilmesi
- **Öğretim Programı Geliştirme**: Öğrenen geri bildirimlerine ve kullanımla ilgili analitik göstergelere dayalı öğretim programı iyileştirmeleri
- **Eğitici Performans Değerlendirmesi**: Objektif kriterlere dayalı değerlendirme sistemleri
- **Politika ve Sistem İyileştirme:** Doğal dil işleme, çok modlu analitik gibi gelişmiş sistemlerin kullanımı
- **Kurumsal ve Program Düzeyi Kararlar:** Kayıt tahmini, eğitici iş yükü dengesi, kalite güvence politikalarının takibi ve iyileştirilmesi

1.3.2. Öğrenme Deneyiminin İyileştirilmesi

Açık ve uzaktan öğrenme ortamları, tıklama izlerinden forum metinlerine ve dijital ders materyalleri ile video etkileşimlerine kadar çok çeşitli veriyi YZ modelleriyle besleyerek her öğrenenin bilişsel profiline uygun öğrenme yolları oluşturabilmektedir. Sistematik araştırmalar, büyük verinin

en yoğun "öğrenen düzeyi analitiklerde" kullanıldığını ve terk/başarı olasılıklarını yüksek doğrulukla öngörebildiğini ortaya koymaktadır (Yunita vd., 2021). KAÇD tasarım döngülerine entegre edilen analitik panolar, öğrenen etkileşimlerini görselleştirerek eğiticilerin öğretim tasarımındaki zayıf-güçlü kavram dizilerini yeniden düzenlemesine imkân tanımıştır (Khalil vd., 2022). Hem öğrenen hem de öğreten için tasarlanan öğrenme ve etkileşim analitiklerinin sunulduğu panolar ise hem anlık geri bildirim üretmiş hem de ders tamamlama oranlarında ölçülebilir artış sağlamıştır (Safsouf vd., 2021). Bu geri bildirimin otomatik, anlık ve hedefli olması, öğrenenlerin belirli bilgi boşluklarına yönelik özelleştirilmiş egzersizlerle desteklenmesine olanak tanır. Etkileşimli ve sürükleyici öğrenme deneyimleri bağlamında çok modlu öğrenme analitiğinin kullanımı yükselişe geçmiştir. Metin, ses, video ve görüntü akışlarının birlikte işlenmesi, soyut kavramları somutlaştıran zengin öğrenme deneyimleri sunmaktadır. Çok modlu ortam verilerini kullanan YZ modelleri, öğrenenlerin duygusal tepkilerini dahi algılayarak içerik zorluk düzeyini ve sunum formatını anlık optimize etme kapasitesine sahip olacak şekilde yapılandırılabilmektedir (Wang vd., 2024). Literatürde YZ destekli sanal/artırılmış gerçeklik uygulamalarının entegrasyonuna dair ayrıntılı ampirik çalışma sayısı sınırlı olmasına karşın bu teknolojilerin potansiyeli, çok modlu analitiğin doğal bir uzantısı olarak görülebilir. Öte yandan büyük veri analiz hatları, geçmişte haftalar süren değerlendirme döngülerini saniyeler düzeyine indirmiştir. YZ temelli gösterge panoları, öğrenenlerin güçlü ve zayıf öğrenme alanlarını işaret ederek yeniden öğrenme – pekiştirme döngüsüne girmelerini sağlayabilmekte ve öz düzenleme kapasitelerini iyileştirebilmektedir. Erken uyarı sistemleri, dersi terk riski taşıyan öğrenenleri otomatik mesajlar, ek danışmanlık veya alternatif öğrenme yollarıyla proaktif olarak destekleyerek başarı oranlarını yükseltebilmektedir.

AUÖ alanında veri bilimi uygulamaları, öğrenenler için benzersiz bilişsel/duygusal profilini tanıyan kişiselleştirilmiş rehberlik; dinamik uyarlanan içerik ve anlık, hedefli geri bildirim; çok modlu – sürükleyici öğrenme deneyimleri ve proaktif erken uyarı mekanizmaları sunarak AUÖ'yü daha etkili, kapsayıcı ve sürdürebilir hâle getirme potansiyeline sahiptir.

1.3.3. Eğitim Kalitesinin Artırılması

Bu bölümde, kanıt temelli öğretim yöntemlerinden eğitici performansının iyileştirilmesine ve idari süreçlerin otomasyonuna, öğretim programı optimizasyonundan gerçek zamanlı analiz ve gözetim sistemlerine kadar, büyük veri ve yapay zekâ destekli uygulamalarla eğitim kalitesinin nasıl artırılacağı ele alınmıştır.

1.3.3.1. Kanıt Temelli Öğretim Yöntemleri

Kanıt temelli öğretim yaklaşımı, ÖYS'lerden elde edilen büyük verinin analiziyle öğretim tasarımının sürekli olarak güncellenmesini öngörür. Moodle ve benzeri ÖYS platformlarından elde edilen oturum, materyal kullanımı, forum etkileşimi ve sınav sonuçları gibi dijital izler, öğrenenlerin katılım düzeylerini nicel olarak ortaya koyarak eğiticilere erken uyarı sinyalleri üretir. Hellenic Açık Üniversitesinde yürütülen çalışmalar, bu tür verilerin ders içi müdahaleleri zamanlamada ve öğretim stratejilerini yeniden biçimlendirmede nasıl kullanıldığını göstermiştir (Alachiotis vd., 2019; Gkontzis vd., 2018). Örneğin, derin bilgi izleme modelleri ve pekiştirmeli öğrenme algoritmaları içeren büyük veri temelli sistemler, uzaktan İngilizce öğretiminde, öğrenenin bilgi durumunu anlık izleyip içerik sırasını dinamik biçimde ayarlayarak hem öğrenme kazanımlarını hem de memnuniyeti anlamlı ölçüde artırabilmektedir (Huang, 2024). Zhao (2025) ise çalışmasında, yükseköğretimde büyük ölçekli davranış verisine dayalı olarak dinamik öğrenme yolları inşa etmiş, etkileşim ve kalıcılıkta belirgin iyileşmeler rapor etmiştir.

Büyük veri ve öğrenme analitiği destekli kanıt temelli öğretim, öğretim sürecini sayısallaştırılmış geri bildirimle besleyerek hem öğrenen deneyimini kişiselleştirmekte hem de eğitici kararlarını nesnelleştirerek eğitim kalitesini sürdürülebilir biçimde artırma fırsatı sunmaktadır.

1.3.3.2. Eğitici Performansının İyileştirilmesi ve İdari Görevlerin Otomasyonu

Büyük veri, eğiticilerin performansını artırmak için çeşitli araçlar ve derinlemesine analizler sunmaktadır. Yapılan araştırmalar, ÖYS gibi platformlardan elde edilen tıklama günlükleri, değerlendirme sonuçları ve diğer etkileşim verilerini görselleştirerek eğiticilere erken uyarı, müdahale ve tasarım kararlarını destekleyen döngüler sunmuştur. Ortalama 110 kişi-

lik sınıf mevcuduna sahip bir sağlık bilimleri dersinde geliştirilen analitik tabanlı işaretleme sistemi, düşük etkileşimli öğrenenlerin hızla belirlenmesini ve kişiselleştirilmiş geri bildirim gönderilmesini sağlamış; böylece ders sorumlusunun hem iş yükü azalmış hem de müdahalelerin zamanlaması iyileşmiştir (Honson vd., 2024). Benzer şekilde, nitel bir çalışma, harmanlanmış öğrenmeyle tasarlanan derslerde eğitim personelinin analitik raporlar aracılığıyla etkinlikleri yeniden tasarladığını ve öğrenen merkezli uygulamalara yöneldiğini ortaya koymuştur (Naujokaitienė vd., 2020). Alan uzmanlarıyla ortak yürütülen tasarım araştırmalarında da analitik öngörülerin açıklanabilir YZ destekli modellerle birleştirilmesi, riskli öğrenenleri tanımlamakla kalmayıp gelecekteki ders örgüsünü yönlendirecek değerlendirmeler üretmiştir (Plumley vd., 2024).

Yukarıda ifade edilen bulguların da işaret ettiği üzere veri analitiği, öğretim elemanı performansını geliştirmede önemli bir potansiyele sahiptir. Analitik temelli sistemler, eğiticilerin öğrenenleri daha yakından izleyebilmesini, riskli grupları zamanında belirlemesini ve kişiselleştirilmiş geri bildirimler sunmasını mümkün kılarak öğretim sürecinin etkinliğini artırmaktadır. Açıklanabilir YZ destekli modellerin sağladığı öngörüler ise yalnızca mevcut sorunların çözümüne değil, gelecekteki ders tasarımlarının iyileştirilmesine de katkı sunmaktadır. Böylece, veri odaklı ve kanıta dayalı karar verme süreçleri, eğiticilerin hem pedagojik yaklaşımlarını hem de ders yönetimi becerilerini güçlendirerek sürdürülebilir bir performans artışını desteklemektedir.

Öte yandan büyük veri analitiği ve YZ temelli yaklaşımlar, yükseköğretimin idari süreçlerini hem hız hem de doğruluk açısından dönüştürmeye başlamıştır. Üniversite kabul süreçlerinde, makine öğrenimine dayalı çok modelli tahmin sistemleri adayların kayıt olma olasılığı ile gelecekteki akademik başarılarını eş zamanlı olarak öngörebilmektedir. Bu sayede öğrenci kabul komitelerine gerçek zamanlı ve veri temelli karar destek mekanizmaları sunulmakta, böylelikle kontenjan planlaması optimize edilerek insan kaynaklı hata riski minimize edilmektedir (Li vd., 2025). Bölüm düzeyindeki yönetim görevlerinde de veri temelli ve YZ destekli sistemler giderek yaygınlaşmaktadır. Derin öğrenme ve rol tabanlı erişim kontrolü içeren bütünleşik bir bölüm yönetim sistemi; ders programı oluşturma, biyometrik devamsızlık takibi ve öğretim üyesi iş yükü dengelemesini tek çatı altında

otomatikleştirerek program çakışmalarını %15 oranında azaltmış, fakülte iş yükü dağılımını ise %30 iyileştirmiştir (Mary vd., 2025). Benzer şekilde, 8.752 öğrenenin davranış izlerini analiz eden makine öğrenimi tabanlı karar destek çerçevesi, riskli öğrenme desenlerini önceden belirleyip yöneticilerin müdahale süresini kısaltarak karar verme verimliliğini %47 yükseltmiştir (Zhou vd., 2025). Bu örnekler, büyük hacimli ve çok çeşitli kurumsal verinin anlık işlenmesi sayesinde hem operasyonel hem de stratejik idari süreçlerde özyinelemeli bir iyileşme döngüsü oluşturulduğunu göstermektedir. Diğer yandan, gerçek zamanlı yüz tanıma, nesne algılama ve davranış analizi modüllerini birleştiren çevrim içi gözetim sistemleri, sınava giren öğrencileri eş zamanlı izleyip şüpheli faaliyetleri otomatik olarak etiketleyerek insan gözetmen ihtiyacını azaltmakta ve sınav bütünlüğünü korumaktadır (Chougule vd., 2024; Unnisa vd., 2025). Böylece idari personel, tüm öğrencileri sürekli izlemek yerine yalnızca sorun yaşayan veya farklı durumdaki öğrencilerle ilgilenmeye odaklanabilir; ayrıca sistemin esnek yapısı sayesinde AUÖ programlarındaki artan sınav ve değerlendirme yükü daha kolay ve verimli şekilde yönetilebilir.

1.3.3.3. Öğretim Programı Optimizasyonu

Büyük veriye dayalı öğretim programı optimizasyonu, son beş yılda giderek kapsamı genişleyen bir araştırma alanı hâline gelmiştir. ÖA'dan elde edilen zengin etkileşim verileri, içerik sıralaması ve pedagojik kararları gerçek zamanlı olarak yeniden şekillendirmek için kullanılmaktadır. Örneğin LightGBM tabanlı YZ tahmin modelleri, öğrenenlerin ilerleme durumuna göre ders modüllerini dinamik biçimde uyarlayarak katılım ve başarıyı anlamlı düzeyde artırmıştır (Singh vd., 2024). Benzer biçimde, karma yöntemli bir öğrenme analitiği yaklaşımıyla geliştirilen uyarlanabilir program tasarımları, risk altındaki öğrenenleri erken belirleyip içerik akışını kişiselleştirerek performansta dikkate değer iyileşmeler sağlamıştır (Sumilat vd., 2025). Ölçeklenebilir öğrenme analitiği panelleri, çok dönemli derslerde elde edilen etkinlik verilerini, dersi iyileştirme süreçlerine entegre ederek, bu verilerin kalıcı destek yapıları hâline dönüştürülmesini mümkün kılmaktadır (Plumley vd., 2024). Derin öğrenme ve davranış analitiğini harmanlayan bazı sistemler, binlerce çevrim içi öğrenenin etkileşimlerinden öğrenerek öğretim programı sıralamasını yeniden kurgulamakta ve etkileşim, kalıcılık ve öğrenme verimliliğinde anlamlı artışlar sağlayabilmektedir

(Zhao, 2025). Bu bulgular, büyük veri odaklı analitiklerin yalnızca başarıyı tahmin etmekle kalmayıp öğretim programını canlı olarak "eyleme döktüğünü" ve ölçülebilir pedagojik kazançlar ürettiğini göstermektedir. ÖA ile güçlendirilmiş adaptif öğretim programılar, bireysel gereksinimleri merkeze alan, veriye duyarlı ve sürdürülebilir bir uzaktan öğretim ekosistemi kurmanın anahtarı olarak öne çıkmaktadır.

1.3.4. Erişilebilirlik ve Kapsayıcılık

Büyük veri destekli açık ve uzaktan öğrenme sistemleri, sınırları ortadan kaldırarak eğitime evrensel erişim sağlama potansiyeline sahiptir. Bu dönüştürücü potansiyel, özellikle ÖA ve öngörücü modelleme teknikleri aracılığıyla özel ihtiyaçlı öğrenenler için erişilebilirliği temelden yeniden şekillendirmektedir. Herodotou vd. (2020), İngiliz Açık Üniversitesinde 23.000'den fazla öğrenciyi kapsayan dört yıllık çalışmalarında, öngörücü öğrenme analitiği sistemlerinin haftalık risk puanları üreterek eğiticilere "trafik ışığı" tarzında gösterge panelleri sunmuşlardır. Bu sistem, öğrenim sürecinde zorluk yaşadığını bildiren öğrencilerin program tamamlama oranlarında önceki öğrenci gruplarına kıyasla 8 puana varan artış sağlamıştır. Benzer şekilde, Bellaj vd. (2024) tarafından geliştirilen uyarlanabilir öğrenme analitiği modeli, dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu ya da belirli öğrenme güçlüğü olan öğrenciler için içerik zorluk seviyesini öğrencinin anlık performansına göre ayarlayarak, öğrencilerin dikkatini sürdürme süresini %23 oranında artırmıştır. Bu sonuç, büyük verinin olaylara tepki vermekten (reaktif) ziyade önceden müdahale eden (proaktif) ve kişiselleştirilmiş destek sistemlerine geçişi mümkün kıldığını göstermektedir.

Büyük veri analitiğinin kapsayıcılık üzerindeki etkisi, sosyoekonomik ve coğrafi engellerin görünür kılınması ve bu engellere yönelik müdahalelerin tasarlanması açısından da oldukça önemlidir. Lambert'in (2019) KAÇD'i inceleyen sistematik derlemesi, ücretsiz çevrim içi derslerin yüz yüze çalışma grupları, çok dilli öğrenme materyalleri ve öğrenme topluluklarıyla iş birliği gibi destekleyici unsurlarla birleştirildiğinde ekonomik, kültürel (dil vb.) ve beceri temelli dezavantajlarla karşı karşıya olan öğrenenler arasında katılımı ve dersi tamamlamayı önemli ölçüde artırdığını bulmuştur. Lido, Reid ve Osborne'un (2019) Glasgow'daki iMCD projesinde yürüttüğü kentsel büyük veri analizi; hane halkı anketleri, GPS takibi ve sosyal medya verilerini birleştirerek mahalle bazındaki eşitsizlikleri haritalandırmış ve

politika yapıcıların, maliyetinin kısmen karşılandığı internet erişimi ile mobil öğrenme merkezleri gibi yerel çözümler tasarlamasını mümkün kılmıştır. Tüm bu bulgular, dijital uçurumun sadece bir erişim meselesi değil, aynı zamanda beceri ve kullanım etkililiği meselesi olduğunu vurgulamaktadır (Vassilakopoulou ve Hustad, 2021).

Evrensel eğitim erişimi hedefine ulaşmak için, büyük veri teknolojilerinin sunduğu olanakların evrensel öğrenme tasarımı gibi pedagojik yaklaşımlarla entegre edilmesi gerekmektedir. Khalil, Slade ve Prinsloo'nun (2023) 26 çalışmayı kapsayan sistematik incelemesi, ÖA alanında engellilik konularını ele alan çalışmalara 2016'dan önce rastlanmadığını, ancak o tarihten bu yana bu alana olan ilginin arttığını ortaya koymuştur. Bununla birlikte, aynı inceleme ÖA çalışmalarının çok az bir kısmının doğrudan özel gereksinime ihtiyaç duyan öğrenenleri hedef aldığını ve bu durumun önemli bir araştırma-uygulama açığına işaret ettiğini vurgulamıştır. Bu bağlamda, Patibandla vd.nin (2024) önerdiği YZ destekli kişiselleştirilmiş öğrenme yaklaşımı, öğrenme güçlüğü olan öğrenenler için adaptif öğrenme yolları, gerçek zamanlı geri bildirim ve otomatik uyarlamalar sunarak yükseköğretimde kapsayıcılığı artırma potansiyeline sahiptir. Nihayetinde, büyük veri destekli AUÖ'nün gerçek başarısı, teknolojinin kendisinde değil, onu şeffaf yönetişim yapıları, algoritmik denetim ve katılımcı tasarım yaklaşımlarıyla nasıl yönettiğimizde yatmaktadır.

1.4. Riskler ve Etik Sorunlar

Başta da belirtildiği gibi açık ve uzaktan öğrenme her ne kadar uzun yıllardır bir eğitim modeli olarak varlığını sürdürüyor olsa da son yıllarda dijitalleşmenin etkisiyle ve özellikle COVID-19 pandemisiyle birlikte yaygınlaşmış ve dijital platformlar üzerinden yürütülen öğrenme süreçleri eğitime erişimi artırmıştır. Bu süreçte dijital teknolojilerin ve ÖYS'lerin gelişmesiyle birlikte büyük veri uygulamaları da kaçınılmaz hâle gelmiştir. Öğrenenlerin etkileşimleri, öğrenme hızları, sınav performansları, etkinliklere katılım düzeyleri gibi çok sayıda veri sürekli toplanmakta ve analiz edilmektedir. Bu durum, öğrenme analitiği uygulamalarını ve kişiselleştirilmiş eğitim yaklaşımlarını desteklese de beraberinde önemli riskleri ve etik sorunları da gündeme getirmektedir. Bu başlıkta, büyük veri uygulamalarının AUÖ sistemleri üzerindeki riskleri ve etik sorunları bazı temel başlıklar

altında ele alınmıştır. Hem teknik hem de sosyal perspektifleri içeren bu analiz, politika yapıcılar, eğitim yöneticileri, öğretim elemanları ve öğrenenler için kapsamlı bir farkındalık zemini oluşturmayı hedeflemektedir.

1.4.1. Veri Güvenliği ve Sistem Riskleri

Veri güvenliği, AUÖ ortamlarında büyük veri uygulamalarının en ciddi risk alanlarından biridir. AUÖ sistemlerinde toplanan veriler; oturum açma bilgileri, öğrenme malzemelerine tıklama sayıları ve izleme/okuma süreleri, ödev, sınav ve anket yanıtları, forum yazışmaları ve video izleme kayıtları gibi kapsamlı bir yelpazeye yayılmaktadır. Bu sistemlerin büyük çoğunluğu ticari veya açık kaynaklı ÖYS'ler (Moodle, Canvas, Sakai vb.) üzerinden çalışmakta ve veri güvenliği açısından önemli tehditlerle karşı karşıya kalmaktadır.

KAÇD ve ÖYS platformlarında büyük ölçekli kişisel veri toplama etkinlikleri, anonimleştirme sınırları ve platforma özgü güvenlik açıkları literatürde kapsamlı biçimde incelenmiştir (Djeki vd., 2022; Hutt vd., 2022; Shahriar vd., 2016). Djeki vd. (2021), COVID-19 döneminde kullanılan dijital öğrenme sistemlerinin siber güvenlik açıklarını OWASP[1] ve CWE[2] çerçevesinde inceleyerek, özellikle video konferans ve ÖYS platformlarının teknik ve yönetimsel düzeyde çeşitli zafiyetler barındırdığını ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Shahriar vd. (2016) de MOOC tabanlı sistemlerde yaygın olan yazılım açıklarını ve olası önleme stratejilerini teknik düzeyde sınıflandırmıştır. Bu bulgular, AUÖ platformlarının sadece kullanıcı deneyimi değil; aynı zamanda bireysel mahremiyet ve kurumsal güvenilirlik açısından da büyük riskler taşıdığını göstermektedir.

Bununla birlikte, bu risklerin sadece teknik değil, aynı zamanda yasal ve yönetişimsel boyutları da bulunmaktadır. Khalil ve Slade (2018), 4 uluslararası KAÇD platformunu inceledikleri çalışmalarında, kullanıcı rızasının alınma biçimlerinin zayıf olduğunu, verilerin uzun süreli ve sürekli toplandığını ve kullanıcıların sistemden çıkma hakkının sınırlı kaldığını vurgulamışlardır. Bu durum, GDPR[3] gibi düzenlemelerle öngörülen "bil-

[1] Mark Curphey tarafından 9 Eylül 2001'de hayata geçirilen Açık Web Uygulama Güvenliği Projesi (Open Web Application Security Project- OWASP)

[2] Ortak Zaafiyetler Dizini (Common Weakness Enumeration- CWE)

[3] Genel Veri Koruma Tüzüğü (General Data Protection Regulation- GDPR) — Avrupa Birliği'nin 2018 yılında yürürlüğe giren ve tüm üye ülkelerde bağlayıcılığı olan en kapsamlı kişisel veri koruma yasasıdır.

gilendirilmiş onam" ve "veri minimizasyonu" ilkeleriyle doğrudan çelişmektedir (Khalil vd., 2018; Kiennert vd., 2019). Hutt vd. (2022) ise büyük eğitim verilerini gizliliği ihlal etmeden analiz edebilmelerini ve birbirlerinin analizlerini deneysel olarak tekrar edebilmelerini sağlayan bir platform olan MORF (MOOC Replication Framework) örneği üzerinden, araştırmacıların kontrollü veri çıktılarıyla çalışmasını sağlayan gizliliği koruyucu altyapılar geliştirmenin mümkün olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde Coşgun ve Genç Kumtepe (2026) AUÖ araştırmalarına yönelik geliştirdikleri ajan tabanlı simülasyon ortamı ile tasarım aşamasından itibaren gizlilik (privacy by design) ilkesi temelinde bir çerçeve ortaya koymuştur. Bu çalışmalar, AUÖ platformlarının veri güvenliğine ilişkin sistemsel yaklaşımlarını hem teknolojik hem de yasal uyumluluk bağlamında yeniden yapılandırması gerektiğine işaret etmektedir. Verilerin kötü niyetli kişi ve kuruluşlar tarafından ele geçirilmesi yalnızca bireysel gizliliği değil, aynı zamanda kurumsal itibarı da tehdit eder. Bu nedenle şifreleme, çok faktörlü kimlik doğrulama, güvenli sunucu mimarisi gibi teknik önlemlerin alınması kadar, kullanıcı farkındalığı ve güvenlik kültürü de önem taşımaktadır.

1.4.2. Etik Sorunlar ve Düzenlemeler

Büyük veri uygulamalarında etik sorunların başında kullanıcıdan açık rıza alınmaması, verinin ne amaçla kullanılacağının belirtilmemesi ve algoritmik kararların açıklanamaması gelmektedir. Öğrenenler çoğu zaman hangi verilerinin kaydedildiğinden habersizdir ve bu durum etik ihlalleri beraberinde getirmektedir.

Günümüzde AUÖ ortamlarında büyük veri temelli öğrenme analitiği uygulamalarının yaygınlaşması, etik sorumlulukların yalnızca bir düzenleme meselesi değil, aynı zamanda uygulamaya dönük bir tasarım ilkesi olarak ele alınmasını gerektirmektedir. Araştırmalar, etik yaklaşımların soyut ilke setlerinden çıkarılarak sistem tasarımı, yönetişim yapıları ve günlük uygulamalarla bütünleştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Cerratto Pargman ve McGrath, 2021; Kitto ve Knight, 2019). Kurumlar düzeyinde bu dönüşümün sağlanabilmesi için katılımcı politika üretimi, daha şeffaf bir yönetişim ve paydaş temsili önem kazanmaktadır (Scheffel vd., 2019). Ayrıca, kişisel verilerin sahipliği, onam mekanizmalarının işlevsizliği ve veri şeffaflığı konularında öğrenenler, geliştiriciler ve akademik danışman-

lar arasında önemli etik gerilimler yaşandığı görülmektedir (Sun vd., 2019). Bu durum, sadece teknik güvenlik önlemleri değil, etik kararların da tasarım sürecine entegre edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Etik yönetişim için kurumsal düzeyde somut politika belgeleri ve uygulama kılavuzlarının oluşturulması yönünde çeşitli iyi uygulama örnekleri bulunmaktadır. Öğrenme analitiği süreçlerinde etik uygulama için geliştirilen en yaygın bilinen rehber DELICATE çerçevesidir (bk. Tablo 1). Bu rehberdeki her bir harf, bir etik ilkeler grubunu temsil eden, amaç belirleme, açık bilgilendirme, paydaş katılımı ve düzenli denetim gibi sekiz ilkeye dayalı bir yönetişim önerisi sunmaktadır (Slade ve Prinsloo, 2013).

Tablo 1. DELICATE Etik İlkeler Çerçevesi

Harf	İlke -İngilizce	Açıklama
D	Determine purpose	Amacı belirle
E	Explain	Öğrenciye ne toplandığını açıklamak
L	Legitimate	Hukuki dayanaklara oturtmak
I	Involve stakeholders	İlgili paydaşları sürece dahil etmek
C	Consent	Bilgilendirilmiş rıza/onam almak
A	Anonymize	Verileri mümkün olduğunca anonimleştirmek
T	Technical safeguards	Teknik güvenlik önlemleri uygulamak
E	Evaluate and audit regularly	Süreçleri düzenli olarak değerlendirmek ve denetlemek

Open Polytechnic of New Zealand, Slade ve Prinsloo gibi araştırmacıların geliştirdiği etik yaklaşımlardan yararlanarak, öğrenme analitiği uygulamaları için kurumsal düzeyde yapılandırılmış bir etik pozisyon geliştirmiştir (Nichols, 2021). Geliştirilen bu belge, risk alanları, veri kategorileri, kurumsal değerler, şeffaflık, hesap verebilirlik ve uygulamaya uygunluk gibi başlıklar içermektedir. Benzer şekilde, Rets vd. (2023) tarafından yürütülen dört yıllık bir erken uyarı sistemi çalışmasında, yalnızca teorik değil, uygulamaya dönük etik ilke önerileri geliştirilmiş; veri gizliliği, paydaş katılımı ve açık bilgilendirme gibi başlıklar ön plana çıkarılmıştır. Ayrıca, Birleşik Krallık'ta Jisc desteğiyle geliştirilen ve Niall Sclater tarafından hazırlanan öğrenme analitiği etik uygulama kodu, çok aşamalı bir araştırma ve paydaş katılım sürecinin sonucunda oluşturulmuş; diğer yükseköğretim kurumlarına model teşkil eden bir rehber niteliği kazanmıştır (Sclater, 2016). Ancak

yapılan çalışmalar, uygulamada bu çerçevelerin çoğu zaman dikkate alınmadığını, özellikle üçüncü taraf yazılımların gözetimsiz veri işlediğini göstermektedir. Tüm bu çalışmalar, etik kaygıların sistem dışı denetimle değil, bizzat sistemin bir bileşeni olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir.

1.4.3. Algoritmik Manipülasyon ve Eşitsizlik Sorunları

Büyük veri uygulamaları, teknolojik imkânlara erişimi olan öğrenenler için avantaj yaratırken düşük gelirli veya kırsal kesimden gelen öğrenenler için dezavantajları artırabilir. Bu durum, eğitimde fırsat eşitliğini zedeleyebilir. Ayrıca sistemlerin genellikle İngilizce veya belli teknik beceriler varsayarak tasarlanması, dijital okuryazarlığı düşük kişilerin sistemlere dâhil olmasını zorlaştırır. Bu noktada veri analitiğinde "kapsayıcılık" ilkesi daha çok dikkat çekmektedir.

Bu kapsamda karşımıza çıkan kavramlardan biri "algoritmik manipülasyon ya da yanlılık" (algorithmic bias/manipulation) terimidir. Bu kavram, bilgisayar sistemlerinin ve otomatik karar verme süreçlerinin sistematik, tekrarlanabilir hatalar üretmesi sonucu belirli grupların ya da bireylerin aleyhine çıkan sonuçlara işaret eder (Friedman ve Nissenbaum, 1996).

AUÖ'de yaygın olarak kullanılan makine öğrenimi algoritmaları yani tahmin modelleri, öğrenenleri başarı durumuna göre sınıflandırırken bazen adaletsiz sonuçlar üretebilir. Örneğin, geçmişte belirli grupların (cinsiyet, etnik köken, gelir durumu gibi) daha düşük başarı puanları elde etmesi, modelin gelecekte de o gruplara haksız/yanlı biçimde düşük risk ataması yapmasına yol açabilir (Froehlich ve Weydner-Volkmann, 2024). Bu sorunu çözmek için kişisel özellikleri tamamen modelden çıkarmak her zaman işe yaramaz; araştırmalar, elinizdeki veriye göre farklı yöntemler deneyerek (örneğin bazı öğrenenlerin kayıtlarını/örneklem sayısını çoğaltarak) adaleti sağlamanın mümkün olabileceğini göstermiştir (Cock vd., 2023). Ayrıca, cinsiyet gibi kişisel bilgileri kullanan modellerle kullanmayan modellerin hem doğruluk hem de adalet açısından nasıl farklı davrandığını inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır (Jawthari ve Stoffa, 2022).

Öte yandan dijital açıklık ve adalet boyutunda çevrim içi sınavlarda kullanılan otomatik gözetim (yüz tanıma, tuş vuruş analizi vb.) sistemleri, herkesin eşit düzeyde internete, donanıma veya özel yazılımlara erişimi olmadığını düşündüğümüzde yeni bir risk alanı oluşturmuştur (Cele ve

Maphalala, 2025). Özellikle kırsal bölgede yaşayan veya düşük gelirli öğrenenler, bu teknolojileri kullanacak cihaz ya da hızlı internet erişimine sahip olmayabilir. Diğer yandan, Coursera ve Blackboard üzerinde yürütülen bir eleştirel analiz çalışmasında Petreski (2024); bazı büyük veri platformları ticari çıkarlarla iç içe çalıştığından, verilerin nasıl toplandığı ve kullanıldığı konusunda şeffaf davranmadıklarında "sağlayıcı–kurum" arasındaki güç dengesizliğinin eğitimde adil uygulamaları zayıflatabildiğine dikkat çekmiştir. Bu nedenle AUÖ platformlarının yalnızca teknik doğruluk ve performansa odaklanmak yerine, adil erişim, şeffaflık ve sosyal adalet perspektiflerini de bütüncül olarak benimsemesini gerektirmektedir.

1.4.4. Öğrenen Hakları ve Özgürlükleri

Öğrenenlerin verilerinin ne kadar süreyle, kimler tarafından ve hangi amaçla saklandığı genellikle belirsizdir. Bu durum, öğrenenlerin gizlilik hakkını ve eğitim ortamındaki özerkliğini zedeler. Yukarıda da belirtildiği gibi öğrenenlerin kişisel verilerinin korunması ve veri kullanımına dair onaylarının alınması, AUÖ büyük veri ve öğrenme analitiği uygulamalarının en önemli etik sorunlarından biridir. Mevcut onam (rıza) alma yöntemleri öğrenenler tarafından genellikle anlaşılmamakta, karmaşık bulunmakta ve öğrenenlere verileri üzerinde gerçek bir kontrol imkânı sunamamaktadır (Jones vd., 2020; Khalil ve Slade, 2018; Tsai vd., 2020). Öğrenenlerle yapılan görüşmeler, onların kişisel verilerinin nasıl kullanıldığına dair farkındalıklarının sınırlı olduğunu ve çoğu zaman kurumların veri toplama yöntemlerine karşı çekinceler duyduklarını ortaya koymaktadır (Jones vd., 2020; Karimov ve Baker, 2025). Bu durum, verilerin etik kullanımına dair ilkeleri uygulamada mevcut süreçlerin yetersiz olduğunu göstermektedir.

Eğitimde dijitalleşmenin insan hakları çerçevesinde ele alınması gerektiği sıkça vurgulanmaktadır. Etik bir öğrenme analitiği süreci için, veri kullanımının öğrenenler için şeffaf olması ve öğrenenlerin bu süreçlere anlamlı katılımının sağlanması sıkça vurgulanan önerilerdendir (Jones ve Briney, 2023; Rets vd., 2023; Sun vd., 2019). Öğrenenlerin, kendi verileriyle ilgili süreçlerde karar alıcı pozisyonda olmaları ve veri kullanımı hakkında bilgilendirilmiş olmaları oldukça önemlidir. Çalışmalar ve katılacakları platformlara yönelik açık rıza vermeleri, gerektiğinde bu sistemlerden çıkma veya verilerinin silinmesini talep etme hakları da olmalıdır. Özellikle eğitim

platformlarında kullanılan öğrenen katılım verilerinin toplanması ve analizi süreçlerine dair öğrenenlerin endişeleri, şeffaflık ve daha net iletişim politikalarıyla hafifletilebilir (Jones ve Briney, 2023; Karimov ve Baker, 2025). Bu kapsamda, veri kullanım süreçlerinin hem yasal hem de etik olarak tutarlı olması ve öğrenenlere yönelik politika ve uygulamaların sürekli olarak güncellenmesi büyük öneme sahiptir (Hutchens ve Hulbert, 2016).

1.4.5. Veri Sahipliği ve Platform Bağımlılığı

Verilerin sahibi kimdir? Üniversiteler mi, platform sağlayıcıları mı yoksa öğrenenlerin kendileri mi? Bu soru, sadece etik değil aynı zamanda hukuki bir belirsizliği de beraberinde getirir. Pek çok ticari ÖYS sağlayıcısı, verileri kendi sistemlerinde işleyip analiz etmekte ve sonuçlarını üçüncü taraflarla paylaşabilmektedir. Veri sahipliğinin belirsizliği, üniversitelerin öğrenenleri adına veriyi nasıl koruyacakları konusundaki sorumluluklarını da belirsizleştirmektedir.

Yükseköğretim kurumlarında kullanılan öğrenme analitiği sistemlerinde veri sahipliği ve kontrolü, öğrenenler, kurumlar ve hizmet sağlayıcılar arasında ciddi bir gerilim ve tartışma konusudur. Bu bağlamda öne çıkan "bilgi emanetçiliği" (information fiduciary) kavramı, üniversitelerin veri kullanımı konusunda daha yüksek bir etik standart benimsemelerini önerir ve bu yaklaşım, öğrenenlerin kendi verileri üzerinde daha fazla kontrol sahibi olmasını sağlayarak, sadece veri sağlanan pasif aktörler olmaktan çıkarılıp aktif veri yöneticilerine dönüşmesini amaçlamaktadır (Gosch vd., 2021). Ancak uygulamada bu idealden oldukça uzak olunduğu görülmektedir. Örneğin; öğrenme analitiği sistemlerinde, kurumlar ile teknoloji sağlayıcıları arasında yapılan anlaşmalar genellikle öğrenenlerin verilerinin kontrolü ve kullanımı üzerinde yeterli şeffaflık ve açıklık sunmamaktadır (Sun vd., 2019). Sun vd.nin (2019) yürüttüğü bir çalışma, öğrenme analitiği araçları geliştirilirken yaşanan veri sahipliği ve erişim gerilimlerini net bir biçimde ortaya koymuştur. Daha önce de belirtildiği gibi araştırmacılar; öğrenenler, geliştiriciler ve akademik danışmanlarla yaptıkları görüşmelerde, özellikle öğrenen verilerinin kullanımına ilişkin farklı beklenti ve endişeleri raporlamışlardır. Öğrenenler verilerinin kendilerine ait olduğunu düşünürken kurumlar ve teknoloji sağlayıcıları genellikle verilerin kontrolünü elinde tutmakta ve öğrenenlerin veri süreçlerindeki rolünü sınırlı tutmaktadır. Bu

durumun yarattığı etik sorunlara çözüm olarak Rets vd. (2023), özellikle AUÖ bağlamında, öğrenen katılımını merkeze alan etik politikaların geliştirilmesini önermektedir. Araştırmacılar, daha önce de vurgulandığı üzere kurumların şeffaflığı artırmasını, öğrenenlerin rızasını daha net biçimde almasını ve veri kullanımının öğrenenlerin yararına olduğunu güvence altına almasını tavsiye etmektedir (Rets vd., 2023). Bu öneriler, veri sahipliği konusundaki kurumsal ve ticari bağımlılıkları azaltmak ve öğrenenlerin haklarını güçlendirmek açısından önemlidir.

1.4.6. Teknolojik Bağımlılık ve Sosyal Riskler

Yükseköğretimde YZ teknolojilerinin hızla benimsenmesi, öğrenme-öğretme süreçlerinde insan müdahalesinin geri plana itilmesine ve teknolojik bağımlılığın artmasına yol açmaktadır. Özellikle AUÖ ortamlarının teknolojik altyapıya yüksek derecede bağımlılığı, eğitimde insan temasını ve pedagojik esnekliği azaltabilir. Bu durum özellikle eğiticilerin karar verme yetkisini zayıflatan, algoritmalara teslim edilmiş otomatik süreçlerle sonuçlanabilir. Örneğin; Bearman vd. (2023), üniversitelerde YZ odaklı söylemlerin "kaçınılmaz ilerleme" miti yaratarak akademisyenlerin eleştirel pedagojik kararları teknolojiye devretmesine neden olduğunu, bunun da öğretim kalitesinde ve akademik özerklikte erozyona yol açtığını vurgulamıştır.

Benzer biçimde, Ivancheva ve Garvey (2022) Birleşik Krallık örneğinde, dijital dönüşüm stratejilerinin öğretim elemanlarını "üretim işçilerine" dönüştürdüğünü; akademik emeğin algoritmik izleme ve performans ölçümüyle denetlendiğini ve bu durumun hem iş tatmini hem de mesleki özerklik açısından sosyo-işlevsel riskler doğurduğunu göstermiştir.

Öğrenenler açısından ise sürekli izlenme hissi ve dijital araçlara bağlılık, stres, yabancılaşma ve motivasyon kaybı gibi psikososyal sonuçlar doğurabilir. Öğrenen–eğitimci etkileşiminde de teknolojinin merkeze alınması, ilişkisel güvensizlik ve sosyal yabancılaşma riskini artırmaktadır. Luo (2024), GenAI destekli değerlendirme sistemlerinin öğrenen algısını ölçmek için kullanıldığında, eğiticilerin kararlarına dair şeffaflık ve mahremiyet sorunları ortaya çıkararak eğitimci–öğrenen güvenini zedelediğini bulmuştur. Son olarak, Nicola-Richmond vd. (2024), çevrim içi gözetim araçlarının (yüz tanıma, davranış analizi vb.) teknik arızalar, gizlilik ihlalleri ve eşitsiz internet erişimi gibi nedenlerle öğrenenlerde sürekli gözetlenme kaygısına

ve dijital dışlanmaya yol açtığını; bu teknolojilerin pedagojik adaleti tehlikeye atarak sosyal riskleri derinleştirdiğini ortaya koymuştur. Özet olarak dijital araçların eğitimde denge unsuru olması gerekirken merkezî bir role sahip olması sorgulanmalıdır.

1.4.7. Yasal ve Düzenleyici Zorluklar

Açık ve uzaktan öğrenmede kullanılan öğrenme analitiği sistemleri açısından yasal düzenlemeler ve uyumluluk diğer önemli konulardan biridir. Veri işleme süreçlerinde ulusal ve uluslararası regülasyonlara (ör.; GDPR, KVKK) uyum sağlanması gerekmektedir. Ancak AUÖ platformlarının farklı ülkelerde faaliyet göstermesi, sınır ötesi veri aktarımı, veri sorumluluğu ve rıza gibi konularda ciddi uyum sorunları yaratmaktadır.

Bu alanda en çok ele alınan ve referans gösterilen düzenleme Avrupa Birliği'nin Genel Veri Koruma Tüzüğü (General Data Protection Regulation - GDPR) olmuştur (Cormack, 2016; Nikolova ve Zhelev, 2022; Zdravkova, 2019). Zdravkova (2019), en yaygın kullanılan KAÇD ve açık eğitim kaynakları platformlarının GDPR ile uyumluluğunu değerlendirmiş ve bu platformların çoğunun Avrupa Birliği'nin veri güvenliği ve gizliliği standartlarını tam olarak karşılayamadığını belirtmiştir. Benzer biçimde, Cormack (2016), GDPR maddeleriyle tutarlı olarak, analiz süreçleriyle müdahale süreçlerini açıkça birbirinden ayıran bir veri koruma çerçevesi önererek yükseköğretim kurumlarına öğrenme analitiği uygulamalarında rehberlik edecek uygulamaya dönük bir yaklaşım geliştirmiştir. Nikolova ve Zhelev (2022) ise Bulgaristan'daki yükseköğretim kurumlarının dijital eğitim platformlarında kişisel verilerin korunmasına dair karşılaştıkları güçlükleri vurgulayarak, GDPR uyumluluğu için gerekli politika ve uygulama önlemlerini ele almıştır. Özellikle otomatik karar verme sistemlerinde öğrenenlerin kararlara itiraz edebilme, açıklama talep edebilme ve insan müdahalesi isteyebilme hakları yasal olarak tanınsa da uygulamada bu mekanizmalar genellikle eksiktir.

Diğer yandan, etik ve yasal uyumluluk konusunda GDPR dışında yaygın olarak referans verilen, başta da belirtildiği gibi DELICATE denetim listesi (Slade ve Prinsloo, 2013), JISC uygulama kodu (Sclater, 2016) ve SHEILA politika çerçevesi (Tsai vd., 2018) gibi rehberler de mevcuttur. Bu çerçeveler, kurumlara etik ve düzenleyici uyumluluğu bütünsel biçimde ele

alma imkânı tanımakta ve öğrenme analitiğini kurumsal stratejilere entegre etmek için yol haritası sunmaktadır. Örneğin SHEILA çerçevesi, kurum içi paydaşların rollerini tanımlayarak, veri yönetimi ilkelerini belirleyerek ve sürekli geribildirim mekanizmalarını teşvik ederek yasal ve etik sorumlulukların kurumsal kültürün bir parçası hâline getirilmesini amaçlamaktadır (Tsai vd., 2018). Yine yukarıda söz edilen Open Polytechnic of New Zealand örneğinde Nichols (2021) bu tür uluslararası etik rehberlerin yerel politikalarla nasıl harmanlanabileceğini göstermiştir.

Ancak mevcut literatürde GDPR dışındaki düzenlemelere dair ayrıntılı veya karşılaştırmalı analizler sınırlıdır. Özellikle Türkiye'nin Kişisel Verileri Koruma Kanunu (KVKK), Amerika Birleşik Devletleri'nin FERPA yasası veya UNESCO ve OECD gibi uluslararası kuruluşların veri koruma yönergeleri üzerine yapılan detaylı ampirik incelemeler neredeyse yok denecek kadar azdır. Bu durum, öğrenme analitiği alanındaki yasal ve etik standartların sadece AB perspektifiyle sınırlı kalmasına yol açmakta ve farklı ülkelerin mevzuatları arasında karşılaştırmalı analiz eksikliğine neden olmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde, büyük veri çağında açık ve uzaktan öğrenme sistemlerinin sunduğu fırsatlar ve riskler kapsamlı bir perspektifle incelemiştir. Dijital dönüşümün eğitim alanındaki yansımalarını analiz eden bu bölüm, Türkiye'nin "muasır medeniyet" hedefi doğrultusunda teknoloji destekli eğitim sistemlerinin stratejik önemini ortaya koymuştur. Büyük verinin 5V modeli çerçevesinde eğitim alanındaki uygulamaları, öğrenme analitiği araçlarının potansiyeli ve kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerinin mümkün kıldığı dönüşüm, eğitim sistemimizin geleceği açısından oldukça önemli bir dönemdir.

Büyük veri teknolojilerinin AUÖ sistemleriyle entegrasyonu hem büyük fırsatlar hem de ciddi riskler barındırmaktadır. Öğrenen başarısında %10-20 oranında artış sağlayan kişiselleştirilmiş öğrenme sistemleri, erken müdahale mekanizmalarında %80 üzeri doğruluk oranları ve kaynak optimizasyonundaki verimlilik kazanımları, bu teknolojilerin eğitim açısından potansiyelini açıkça ortaya koymaktadır. Ancak veri güvenliği, mahremiyet ihlalleri, algoritmik manipülasyon ve dijital uçurum gibi sınırlılıklar ve risk-

ler, bu potansiyelin gerçekleştirilmesi sürecinde oldukça dikkatli ve planlı yaklaşılması gerektiğinin göstergeleridir.

Türkiye'nin dijital dönüşüm stratejileri ve "Milli Teknoloji Hamlesi" vizyonu, büyük veri destekli eğitim sistemlerinin geliştirilmesi için güçlü bir politika çerçevesi sunmaktadır. KAÇD sistemleri ve çevrim içi öğrenme platformlarındaki mevcut deneyimler, ülkemizin bu alanda belli bir birikime sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle COVID-19 pandemisi sürecinde yaşanan hızlı dijitalleşme deneyimi, eğitim sistemimizin teknolojik adaptasyon kapasitesi ve gelecekteki dönüşüm süreçleri açısından değerli dersler sunmuştur.

Teknoloji, pedagoji ve etik entegrasyonu, büyük veri destekli eğitim sistemlerinin başarısı için temel bir gerekliliktir. Sadece teknolojik altyapının güçlendirilmesi yeterli olmayıp eğitimcilerin veri okuryazarlığının artırılması, öğrenenlerin dijital vatandaşlık becerilerinin geliştirilmesi ve kurumsal kapasitenin sistematik olarak inşa edilmesi gerekmektedir. Bu bütünsel yaklaşım, sürdürülebilir ve etkili bir dönüşüm için vazgeçilmez koşuldur.

Politika yapıcılar ve düzenleyiciler için öncelikli eylem alanı, eğitim verilerinin yönetimi için kapsamlı bir ulusal veri stratejisinin geliştirilmesidir. KVKK, GDPR benzeri eğitim odaklı veri koruma yasalarının hazırlanması, eğitim teknolojileri için ulusal standartların belirlenmesi ve AR-GE yatırımlarının desteklenmesi, bu stratejinin temel bileşenlerini oluşturmalıdır. Ayrıca, farklı kurumlar arasında veri paylaşımını mümkün kılacak entegrasyon standartlarının geliştirilmesi ve siber güvenlik altyapısının güçlendirilmesi oldukça önemlidir.

Eğitim kurumları ve yöneticileri için temel öncelik, kurumsal kapasitenin sistematik olarak geliştirilmesidir. Veri analitiği birimlerinin kurulması, öğretim elemanlarının veri okuryazarlığının artırılması için kapsamlı eğitim programlarının düzenlenmesi ve veri kullanımını denetleyecek etik kurulların oluşturulması bu kapsamda atılması gereken adımlardır. Teknoloji entegrasyonu sürecinde eğitsel yaklaşımlarla teknolojinin uyumlu hâle getirilmesi, eğitim kalitesinin artırılması için vazgeçilmez bir gerekliliktir.

Öğretim elemanları için veri okuryazarlığının geliştirilmesi ve öğrenme analitiği araçlarının etkin kullanımı, mesleki gelişimin öncelikli konuları

arasında olmalıdır. Veri temelli öğretim stratejilerinin benimsenmesi, kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerinin tasarlanması ve öğrenen mahremiyeti konularında etik farkındalığın artırılması, eğiticilerin bu dönüşüm sürecindeki rollerini güçlendirecektir. Sürekli mesleki gelişim programları aracılığıyla teknolojik gelişmelerin takip edilmesi ve bu gelişmelerin öğrenme süreçlerine etkin bir şekilde taşınması sağlanmalıdır.

Öğrenenler ve aileler için dijital okuryazarlık ve veri hakları konularında bilinç düzeyinin artırılması temel bir gereklilik olarak görülmelidir. Bireysel öğrenme verilerinin yönetiminde öğrenenlerin aktif rol alabilmeleri, algoritmik önerileri eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirebilmeleri ve kişisel verilerinin korunması konusunda farkındalık sahibi olmaları, dijital vatandaşlık becerilerinin temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Bu kapsamda, aileler için düzenlenen bilinçlendirme programları ve öğrenenler için dijital etik eğitimleri örnek olarak verilebilir.

Teknoloji geliştirme sürecinde açık kaynak çözümlerin desteklenmesi ve yerli teknolojilerin geliştirilmesi, platform bağımlılığının azaltılması açısından stratejik önem taşımaktadır. Siber güvenlik ve veri koruma teknolojilerinin güçlendirilmesi ve ön yargısız, adil algoritmaların geliştirilmesi için YZ etiği alanında çalışmaların yoğunlaştırılması gerekmektedir.

Araştırma ve geliştirme faaliyetlerinde çok disiplinli yaklaşımın benimsenmesi, teknoloji, eğitim ve sosyal bilimler alanlarının entegrasyonunu sağlayacaktır. Büyük verinin eğitim üzerindeki uzun vadeli etkilerinin incelenmesi için boylamsal çalışmaların desteklenmesi, Türkiye'nin sosyokültürel yapısına uygun çözümlerin geliştirilmesi ve uygulamaların eğitim kalitesi üzerindeki etkilerinin sistematik olarak değerlendirilmesi, araştırma gündeminin öncelikli konularını oluşturmalıdır.

Kısa vadeli hedefler kapsamında, seçili eğitim kurumlarında kapsamlı pilot projelerin hayata geçirilmesi, insan kaynağının yetiştirilmesi için kapasite geliştirme programlarının başlatılması ve temel yasal düzenlemelerin tamamlanması öncelikli eylemler olarak öne çıkarılmalıdır. Paydaşlarda farkındalık düzeyinin artırılması için bilinçlendirme kampanyalarının düzenlenmesi ve başarılı uygulama örneklerinin yaygınlaştırılması, bu sürecin toplumsal kabulünü artıracaktır.

Orta vadeli perspektiften bakıldığında, başarılı pilot uygulamaların sistem geneline yayılması, farklı eğitim kademelerinde bütünleşik yaklaşımın benimsenmesi ve uluslararası iş birliği mekanizmalarının güçlendirilmesi hedeflenmektedir. Küresel standartlarla uyumlu gelişim sürecinin sağlanması ve ekonomik, sosyal sürdürülebilirlik modellerinin geliştirilmesi, bu dönemin temel öncelikleri arasında yer almaktadır.

Uzun vadeli vizyon, Türkiye'nin büyük veri destekli eğitim sistemleri alanında bölgesel ve küresel düzeyde öncü konuma geçmesini öngörmektedir. Özgün teknoloji ve metodoloji geliştirme kapasitesinin inşa edilmesi, eğitimde eşitlik ve kalitenin artırılması yoluyla sosyal etkinin maksimize edilmesi ve değişen teknolojilere sürekli uyum sağlayabilecek dinamik bir sistemin kurulması, bu vizyonun temel bileşenlerini oluşturmaktadır.

Sonuç olarak, büyük veri çağında açık ve uzaktan öğrenme sistemlerinin başarılı bir şekilde dönüştürülmesi, teknolojik yeniliklerin öğretime dayalı yaklaşımlarla uyumlu hâle getirilmesi ve etik değerlerin korunması arasında hassas bir dengenin kurulmasını gerektirmektedir. Eğitim sistemimizin dijital dönüşümü sadece teknolojik bir modernleşme değil, aynı zamanda toplumsal kalkınma ve bireysel gelişimin desteklenmesi açısından stratejik bir yatırımdır. Bu dönüşüm sürecinin başarısı, tüm paydaşların koordineli çabalarına, sürekli öğrenme ve adaptasyon kültürünün benimsenmesine ve insan odaklı teknoloji geliştirme yaklaşımının korunmasına bağlıdır.

KAYNAKLAR

Alachiotis, N. S., Stavropoulos, E. C., & Verykios, V. S. (2019). Analyzing learners behavior and resources effectiveness in a distance learning course: A case study of the Hellenic Open University. *Journal of Information Science Theory and Practice*, *7*(3), 6–20. https://doi.org/10.1633/JISTaP.2019.7.3.1

Alzahrani, A. S., Tsai, Y., Iqbal, S., Moreno-Marcos, P. M., Scheffel, M., Drachsler, H., Tammets, K., Whitelock-Wainwright, A., Calleja, A. P., Kollom, K., & Gašević, D. (2023). Untangling connections between challenges in the adoption of learning analytics in higher education. *Education and Information Technologies*, *28*(4), 4563–4595. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11323-x

Anadolu Üniversitesi. (2019). *AÖF Analytics*. https://aofanalytics.anadolu.edu.tr/

Ang, K. L.-M., Ge, F. L., & Seng, K. P. (2020). Big educational data & analytics: Survey, architecture and challenges. *IEEE Access*, *8*, 116392–116414. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2994561

Ataizi, M., Öztürk, Ö., Demir, M., & Kaya, S. (2019). Examining MOOC videos in terms of learning theories. *Journal of Educational Technology and Online Learning*, *2*(1), 34–55. https://doi.org/10.31681/jetol.516029

Baig, M. I., Shuib, L., & Yadegaridehkordi, E. (2020). Big data in education: A state of the art, limitations, and future research directions. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, *17*, Article 44. https://doi.org/10.1186/s41239-020-00223-0

Bearman, M., Ryan, J., & Ajjawi, R. (2023). Discourses of artificial intelligence in higher education: A critical literature review. *Higher Education*, *86*(2), 369–385. https://doi.org/10.1007/s10734-022-00937-2

Bellaj, M., Bendahmane, A., Boudra, S., & Lamarti, M. S. (2024). Big data analytics in higher education: A new adaptive learning analytics model integrating traditional approaches. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, *18*(6), 24–39. https://doi.org/10.3991/ijim.v18i06.46289

Börekci, C., & Sarıtaş, T. (2023). Türkiye'de öğrenme analitikleri kullanılarak yapılan tezlerin sistematik incelenmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *25*(2), 770–782. https://doi.org/10.25092/baunfbed.1189141

Cele, S., & Maphalala, M. (2025). Examining social justice implications of proctoring technologies in online assessments within open and distance e-learning (ODeL) environments: Privacy, equity, and access. *International Journal of Educational Innovation and Research*, *4*(1), 125–143. https://doi.org/10.31949/ijeir.v4i1.12773

Cerratto Pargman, T., & McGrath, C. (2021). Mapping the ethics of learning analytics in higher education: A systematic literature review of empirical research. *Journal of Learning Analytics, 8*(2), 123–139. https://doi.org/10.18608/jla.2021.1

Chougule, M., Bagul, S., Gharat, M., Malve, S., & Kayande, D. (2024). ProctoXpert – An AI based online proctoring system. In *2024 3rd International Conference for Innovation in Technology (INOCON)* (pp. 1–8). IEEE. https://doi.org/10.1109/INOCON60754.2024.10511868

Cock, J. M., Bilal, M., Davis, R., Marras, M., & Kaser, T. (2023). Protected attributes tell us who, behavior tells us how: A comparison of demographic and behavioral oversampling for fair student success modeling. In *LAK23: 13th International Learning Analytics and Knowledge Conference* (pp. 488-498).

Cormack, A. (2016). A data protection framework for learning analytics. *Journal of Learning Analytics, 3*(1), 91–106. https://doi.org/10.18608/jla.2016.31.6

Coşgun, H. A. (2024, 4 Mayıs). *Unlocking The Digital Ocean: Big Data*. Medium. https://medium.com/@aykut_cosgun/unlocking-the-digital-ocean-big-data-c15469440ea9

Cosgun, H. A., & Genc Kumtepe, E. (2026). theaiagent/SynthEd [Software]. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.19334117

Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi. (2024). *Dijital katalog*. https://cbddo.gov.tr/SharedFolderServer/Genel/File/dijital-katalog.pdf

Çelik, B., Çağıltay, N., Bonk, C., Cagiltay, K. (2025). A comparative cross-platform study of global and local MOOC providers on educational access and equality. *Journal of Educational Technology and Online Learning, 8*(2), 281-298. https://doi.org/10.31681/jetol.1684518

Çelik, İ., Gedrimiene, E., Silvola, A., & Muukkonen, H. (2022). Response of learning analytics to the online education challenges during pandemic: opportunities and key examples in higher education. *Policy Futures in Education, 21*(4), 387-404. https://doi.org/10.1177/14782103221078401

Djeki, E., Alhassan, M., & Yameogo, D. (2021). Security issues in digital learning spaces. *In Proceedings of the 2021 IEEE International Conference on Computing (ICOCO)* (pp. 34–41). IEEE. 10.1109/ICOCO56118.2022.10031923

Djeki, E., Ouedraogo, D., & Bondiombouy, C. (2022). Analyzing learners' privacy in MOOC and online learning platforms. *In Proceedings of the 2022 IEEE International Conference on Computing (ICOCO)* (pp. 158–165). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICOCO57298.2022.10019384

Duarte, F. (2025, 24 Nisan). Amount of data created daily. *Exploding Topics*. https://explodingtopics.com/blog/data-generated-per-day

Friedman, B., & Nissenbaum, H. (1996). Bias in computer systems. *ACM Transactions on Information Systems, 14*(3), 330–347. https://doi.org/10.1145/230538.230561

Froehlich, L., & Weydner-Volkmann, S. (2024). Adaptive interventions reducing social identity threat to increase equity in higher distance education: A use case and ethical considerations on algorithmic fairness. *Journal of Learning Analytics*, *11*(2), 112-122. https://doi.org/10.18608/jla.2024.8301

Gosch, N., Andrews, D., Barreiros, C., Leitner, P., Staudegger, E., Ebner, M., & Lindstaedt, S. (2021). Learning analytics as a service for empowered learners. *LAK21: 11th International Learning Analytics and Knowledge Conference* (pp. 475-481). https://doi.org/10.1145/3448139.3448186

Güyer, T., Somyürek, S., Yurdugül, H., & Aydın, F. (2023). Öğrenme analitiği göstergelerini raporlayan açık erişimli çevrimiçi bir öğrenme platformunun kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 23*(4), 1822–1843. https://doi.org/10.17240/aibuefd.2023..-1182359

Gkontzis, A. F., Panagiotakopoulos, C. T., Kotsiantis, S., & Verykios, V. S. (2018). Measuring engagement to assess performance of students in distance

learning. *In 2018 9th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)* (pp. 1–7). IEEE. https://doi.org/10.1109/IISA.2018.8633607

Herodotou, C., Rienties, B., Boroowa, A., Zdráhal, Z., & Hlosta, M. (2019). A large-scale implementation of predictive learning analytics in higher education: the teachers' role and perspective. *Educational Technology Research and Development, 67*(5), 1273-1306. https://doi.org/10.1007/s11423-019-09685-0

Herodotou, C., Rienties, B., Hlosta, M., Boroowa, A., Mangafa, C., & Zdráhal, Z. (2020). The scalable implementation of predictive learning analytics at a distance learning university: insights from a longitudinal case study. *The Internet and Higher Education, 45*, 100725. https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2020.100725

Hlosta, M., Herodotou, C., Bayer, V., & Fernández, M. (2021). Impact of predictive learning analytics on course awarding gap of disadvantaged students in stem. *Lecture Notes in Computer Science*, 190-195. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78270-2_34

Huang, H. (2024). Research on English distance education network resource management system based on big data mining technology. In *Third International Conference on Electronic Information Engineering and Data Processing (EIEDP 2024)* (Proc. SPIE, Vol. 13184, 131843J). SPIE. https://doi.org/10.1117/12.3033179

Honson, V., Vu, T. T., Tran, T. P., & Estay, W. T. (2024). Using learning analytics to alleviate course and student support administrative load for large classes: a case study. *Journal of Work-Applied Management, 16*(2), 303-315. https://doi.org/10.1108/jwam-11-2023-0121

Hutchens, N. H., & Hulbert, A. (2016). Don't forget the fine print: MOOCs and student privacy. *New Directions for Institutional Research, 2015*(167), 57–68. https://doi.org/10.1002/ir.20154

Hutt, S., Gardner, J., West, R. E., & Brooks, C. A. (2022). Controlled outputs, full data: A privacy-protecting infrastructure for MOOC data. *British Journal of Educational Technology, 53*(3), 645–663. https://doi.org/10.1111/bjet.13231

Ivancheva, M., & Garvey, B. (2022). Putting the university to work: The subsumption of academic labour in the UK's shift to digital higher education. *New Technology, Work and Employment, 37*(3), 381–397. https://doi.org/10.1111/ntwe.12237

Ifenthaler, D., & Yau, J. Y.-K. (2020). Utilising learning analytics to support study success in higher education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, *68*(4), 1961– 1990. https://doi.org/10.1007/s11423-020-09788-z

Jawthari, M., & Stoffa, V. (2022). Should course-based at-risk prediction models include protected features? In *Proceedings of the 13th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS '22)* (pp. 85–94). DOI:10.1109/ICICS55353.2022.9811127

Jones, K. M. L., Goben, A., Perry, R.P., Regalado, M., Salo, D., Asher, A.D., Smale, M.A., & Briney, K.A. (2023). Transparency and consent: Student perspectives on educational data analytics scenarios. *Libraries and the Academy, 23*(2), 375–402. DOI:10.1353/pla.2023.a901565

Jones, K. M. L., Asher, A., Goben, A., Perry, M. R., Salo, D., & Briney, K. A. (2020). We're being tracked at all times: Student perspectives of their privacy in relation to learning analytics in higher education. *Journal of the Association for Information Science and Technology, 71*(9), 1044–1059. https://doi.org/10.1002/asi.24358

Karimov, A., & Baker, R. (2025). Ethical considerations and student perceptions of engagement data in learning analytics. In *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 1–10).

Khalil, H., Ebner, M., & Leitner, P. (2022). Using learning analytics to improve the educational design of moocs. *International Journal of Education and Learning, 4*(2), 100-108. https://doi.org/10.31763/ijele.v4i2.641

Khalil, M., Prinsloo, P., & Slade, S. (2018). *The unbearable lightness of consent: Mapping MOOC providers' response to consent*. In Proceedings of the 5th ACM Conference on Learning at Scale (L@S '18) (pp. 1–10). ACM. https://doi.org/10.1145/3231644.32316

Khalil, M., & Slade, S. (2018). User consent in MOOCs – Micro, meso, and macro perspectives. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 19*(5), 62–79. https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i5.3908

Khalil, M., Slade, S., & Prinsloo, P. (2023). Learning analytics in support of inclusiveness and disabled students: a systematic review. *Journal of Computing in Higher Education, 36*(1), 202-219. https://doi.org/10.1007/s12528-023-09363-4

Kiennert, C., García-Alfaro, J., & Lafourcade, P. (2019). *The influence of conception paradigms on data protection in e-learning platforms: A case study*. *IEEE Access, 7*, 118431–118443. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2936156

Kitto, K., & Knight, S. (2019). Practical ethics for building learning analytics. *British Journal of Educational Technology, 50*(6), 2855–2870. https://doi.org/10.1111/bjet.12868

Kuzilek, J., Hlosta, M. & Zdrahal, Z. Open University Learning Analytics dataset. *Sci Data 4*, 170171 (2017). https://doi.org/10.1038/sdata.2017.171

Lambert, S. R. (2019). Do MOOCs contribute to student equity and social inclusion? A systematic review 2014–18. *Computers & Education, 145*, 103693. https://doi.org/10.1016/j.compedu. 2019.103693

Li, K. C., Wong, B. T.-M., & Liu, M. (2025). Development of a multi-model analytics system to enhance decision-making in student admission. *Interactive Technology and Smart Education*. Advance online publication. https://doi.org/10.1108/ITSE-12-2024-0328

Lido, C., Reid, K., & Osborne, M. (2019). Lifewide learning in the city: novel big data approaches to exploring learning with large-scale surveys, gps, and social media. *Oxford Review of Education, 45*(2), 279-295. https://doi.org/10.1080/03054985.2018.1554531

Lim, L., Lim, S. H., & Lim, R. W. Y. (2022). Measuring learner satisfaction of an adaptive learning system. *Behavioral Sciences, 12*(8), 264. https://doi.org/10.3390/bs12080264

Liu, M., Ren, Y., Nyagoga, L. M., Stonier, F., Wu, Z., & Yu, L. (2023). Future of education in the era of generative artificial intelligence: consensus among chinese scholars on applications of chatgpt in schools. *Future in Educational Research, 1*(1), 72-101. https://doi.org/10.1002/fer3.10

Luo, J. (2024). How does GenAI affect trust in teacher–student relationships? Insights from students' assessment experiences. *Teaching in Higher Education*. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/13562517.2024.2341005

Mary, A., Umamaheswari, K., Bhushan, S. S., Hariharan, K. S., Dennish, A. G., & Harivarshan, R. (2025). Revolutionizing departmental management through intelligent technology: A machine learning approach to optimization. In *2025 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Machine Learning Applications (AIMLA)* (pp. 1–7). IEEE. https://doi.org/10.1109/AIMLA63829.2025.11040379

Millî Eğitim Bakanlığı. (2025). *Millî Eğitim Bakanlığı'ndan "Yapay Zekâ ve Büyük Veri" hamlesi*. https://www.meb.gov.tr/mill-egitim-bakanligindan-yapay-zek-ve-buyuk-veri-hamlesi/haber/36513/tr

Narimani, A., & Barberà, E. (2024). Extracting Course Features and Learner Profiling for Course Recommendation Systems: A Comprehensive Literature Review. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, *25*(1), 197–225. https://doi.org/10.19173/irrodl.v25i1.7419

Naujokaitienė, J., Tamoliūnė, G., Volungevičienė, A., & Duart, J. M. (2020). Using learning analytics to engage students: improving teaching practices through informed interactions. *Journal of New Approaches in Educational Research, 9*(2), 231-244. https://doi.org/10.7821/naer.2020.7.561

Nichols, M. (2021). Development of an approved learning analytics ethics position. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning, 36*(3), 262–276. https://doi.org/10.1080/02680513.2020.1766434

Nicola-Richmond, K., Dawson, P., & Partridge, H. (2024). Online proctored exams: Rhetoric vs reality. *Higher Education Research & Development, 43*(2), 392–405. https://doi.org/10.1080/07294360.2023.2234310

Nikolova, E., Monova-Zheleva, M., & Zhelev, Y. (2022). *Personal Data Processing in a Digital Educational Environment*. *LXV*(4), 365–378. https://doi.org/10.53656/math2022-4-4-per

Noroozi, O., Pijeira-Díaz, H. J., Sobocinski, M., Dindar, M., Järvelä, S., & Kirschner, P. A. (2020). Multimodal data indicators for capturing cognitive, motivational, and emotional learning processes: a systematic literature review. *Education and Information Technologies, 25*(6), 5499-5547. https://doi.org/10.1007/s10639-020-10229-w

Öz, S., & Levent, A. F. (2025). The Learning Analytics Applications in the Framework of Technological Leadership in Public and Private Schools in Turkiye. *Journal of Qualitative Research in Education*, (42), 1–19. https://doi.org/10.14689/enad.42.1973

Öztürk, A. (2022). *Açık ve uzaktan öğrenmede öğrenenlerin davranış örüntülerinin ve profillerinin modellenmesi, akademik performanslarının tahmin edilmesi ve performans değerlendirme panelinin etkilerinin incelenmesi* [Doktora tezi]. Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Panwale, S. B., & Vijayakumar, S. (2025). Evaluating AI-Personalized Learning Interventions in Distance Education. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, *26*(1), 157–174. https://doi.org/10.19173/irrodl.v26i1.7813

Patibandla, R. S. M. L., Rao, B. T., Rao, D. M., & Murthy, M. R. (2024). Reshaping the Future of Learning Disabilities in Higher Education with AI. In *Applied Intelligence and Informatics* (pp. 17–33). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-97-0914-4_2

Petreski, D. (2024). Big data in online education. In *Networked Learning Conference 2024* (pp. 200–212). https://doi.org/10.54337/nlc.v13.8618

Plumley, R. D., Bernacki, M. L., Greene, J. A., Kuhlmann, S., Raković, M., Urban, C. J., Hogan, K. A., Lee, C., Panter, A. T., & Gates, K. M. (2024). Co-designing enduring learning analytics prediction and support tools in undergraduate biology courses. *British Journal of Educational Technology, 55*, 1860–1883. https://doi.org/10.1111/bjet.13472

Potgieter, I. (2020). *Privacy concerns in educational data mining and learning analytics*. *28*. https://doi.org/10.29173/IRIE384

Qiu, Y., Isusi-Fagoaga, R., & García-Aracil, A. (2023). Perceptions and use of metaverse in higher education: a descriptive study in china and spain. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 5*, 100185. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100185

Rets, I., Herodotou, C., & Gillespie, A. (2023). Six Practical Recommendations Enabling Ethical Use of Predictive Learning Analytics in Distance Education. *Journal of Learning Analytics*, *10*(1), 149-167. https://doi.org/10.18608/jla.2023.7743

Safsouf, Y., Mansouri, K., & Poirier, F. (2021). Experimental design of learning analysis dashboards for teachers and learners. *Proceedings of the Eighth ACM Conference on Learning @ Scale*, 347-350. https://doi.org/10.1145/3430895.3460990

Scheffel, M., Tsai, Y. S., Gašević, D., & Drachsler, H. (2019). Policy matters: expert recommendations for learning analytics policy. In M. Scheffel, J. Broisin, V. Pammer-Schindler, A. Ioannou, & J. Schneider (Eds.), *Transforming Learning with Meaningful Technologies: 14th European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2019 Delft, The Netherlands, September 16–19, 2019 Proceedings* (pp. 510-524). (Lecture Notes in Computer Science; Vol. 11722). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29736-7_38

Sclater, N. (2016). Developing a code of practice for learning analytics. *Journal of Learning Analytics, 3*(1), 16–42. https://doi.org/10.18608/jla.2016.31.3

Shahriar, H., Hossain, M. S., & Lupu, R. Y. (2016). Survey of vulnerabilities and mitigation techniques for MOOC-based applications. *International Journal of Secure Software Engineering, 7*(4), 45–62. https://doi.org/10.4018/IJSSE.2016100101

Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE Review*, *46*(5), 30–40.

Simonette, M., Magalhães, M., & Spina, E. (2019). Learning analytics as a sociotechnical system. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 904-912. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32523-7_66

Singh, P., Chahal, S., Tushir, M., Rao, P. N. V. S., Kadyan, S., & Muthuperumal, S. (2024). Machine learning for adaptive curriculum development: Implementing optimized light gradient boosting in global education. In *2024 International Conference on Intelligent Systems and Advanced Applications (ICISAA)* (pp. 1–6). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICISAA62385.2024.10829171

Slade, S., & Prinsloo, P. (2013). Learning analytics: Ethical issues and dilemmas. *American Behavioral Scientist, 57*(10), 1510–1529. https://doi.org/10.1177/0002764213479366

Stojanov, A. and Daniel, B. K. (2023). A decade of research into the application of big data and analytics in higher education: a systematic review of the literature. *Education and Information Technologies, 29*(5), 5807-5831. https://doi.org/10.1007/s10639-023-12033-8

Sumilat, R. R. I., Lee, A. C., Tan, E., & Purnomo, W. (2025). Adaptive curriculum development based on learning analytics analysis in higher education. *Al-Hijr: Journal of Adulearn World, 4*(1), 24-35. https://doi.org/10.55849/alhijr.v4i1.851

Sun, K., Mhaidli, A. H., Watel, S., Brooks, C. A., & Schaub, F. (2019). It's my data! Tensions among stakeholders of a learning analytics dashboard. *In Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–14). ACM. https://doi.org/10.1145/3290605.3300824

Sun, X., Fu, Y., Zheng, W., Huang, Y., & Li, Y. (2022). Big educational data analytics, prediction and recommendation: a survey. *Journal of Circuits, Systems and Computers, 31*(09). https://doi.org/10.1142/s0218126622300070

Tsai, Y.-S., Moreno Marcos, P. M., Tammets, K., Kollom, K., & Gašević, D. (2018). SHEILA policy framework: Informing institutional strategies and policy processes of learning analytics. In *Proceedings of the 8th International Learning Analytics & Knowledge Conference (LAK '18)* (pp. 320–329). ACM. https://doi.org/10.1145/3170358.3170367

Tsai, Y.-S., Perrotta, C., & Gašević, D. (2020). The privacy paradox and its implications for learning analytics. In *Proceedings of the Tenth International Conference on Learning Analytics & Knowledge* (pp. 230–239). ACM. https://doi.org/10.1145/3375462.3375536

Unnisa, I., Baseer, S., & Bari, M. A. (2025). Online examination and proctoring system. *International Journal of Information Technology and Computer Engineering, 13*(2s), 67–76. https://doi.org/10.62647/ijitce2025v13i2spp67-76

Upadhyaya, K. T., & Mallik, D. (2013). E-Learning as a Socio-Technical System: An Insight into Factors Influencing its Effectiveness. *Business Perspectives and Research*, *2*(1), 1-12. https://doi.org/10.1177/2278533720130101

Vassilakopoulou, P. & Hustad, E. (2021). Bridging digital divides: a literature review and research agenda for information systems research. *Information Systems Frontiers, 25*(3), 955-969. https://doi.org/10.1007/s10796-020-10096-3

Wang, Y., Lai, Y., & Huang, X. (2024). Innovations in online learning analytics: A review of recent research and emerging trends. *IEEE Access, 12*, 166761–166775. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3493621

Yildirim, D., & Gülbahar, Y. (2022). Implementation of learning analytics indicators for increasing learners' final performance. *Tech Know Learn, 27*, 479–504. https://doi.org/10.1007/s10758-021-09583-6

Yunita, A., Santoso, H. B., & Hasibuan, Z. A. (2021). Research review on big data usage for learning analytics and educational data mining: a way forward to develop an intelligent automation system. *Journal of Physics: Conference Series, 1898*(1), 012044. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1898/1/012044

Yükseköğretim Kurulu. (2022). *Yükseköğretim Kurulu Büyük Veri Projesi*. https://eski.yok.gov.tr/Documents/Yayinlar/Yayinlarimiz/2022/yuksekogretim-kurulu-buyuk-veri-projesi.pdf

Zahra, S., & Naeem, N. (2024). Enhancing student outcomes through big data in learning management systems: A scoping review. *Academic Researcher, 1*(2), 74-82. https://doi.org/10.70349/ar.v1i2.19

Zaman, B. U. (2024). *Leveraging Big Data and AI for Personalized Learning Opportunities, Challenges, and Ethical Considerations*. https://doi.org/10.20944/preprints202407.1211.v1

Zdravkova, E. (2019). Media literacy as a key competency for the safe and effective use of media. *ICERI Proceedings, 1*, 7467-7473. https://doi.org/10.21125/iceri.2019.1782

Zhao, Z. G. (2025). Optimization of personalized learning paths in educational ai driven by student behavior data. *Journal of Industrial Engineering and Applied Science, 3*(2), 16-25. https://doi.org/10.70393/6a69656173.323738

Zhou, J., Shen, W., & Chen, H. (2025). Integrating machine learning algorithms into educational management to enhance decision-making capabilities. *Advances in Engineering Technology Research, 13*(1), 1626. https://doi.org/10.56028/aetr.13.1.1626.2025

BÖLÜM 8

YAPAY ZEKÂ ÇAĞINDA EĞİTİM PARADİGMALARI DÖNÜŞÜMÜN EŞİĞİNDE

Kemal Faruk Bakır

ÖZET

Bu çalışma, yapay zekânın (YZ) eğitim alanındaki dönüştürücü etkisini çok katmanlı bir biçimde ele almakta; öğrenme felsefesi, pedagojik pratikler, etik ikilemler, sosyoekonomik sınırlılıklar ve gelecek politikaları ekseninde kapsamlı bir analiz sunmaktadır. Eğitimde dijital dönüşümün salt teknolojik bir yenilik değil; aynı zamanda epistemolojik, kültürel ve politik bir yeniden yapılanma olduğu varsayımından hareketle, yapay zekânın eğitimi nasıl dönüştürdüğü ve bu dönüşümün ne tür olanaklar ve riskler barındırdığı araştırılmıştır. Çalışma üç ana bölümden ve iki öneri bölümünden oluşmaktadır. Birinci bölümde, yapay zekânın öğrenme kuramlarını nasıl yeniden şekillendirdiği, kişiselleştirilmiş öğrenme algoritmaları ile pedagojik yapıların nasıl dönüştüğü ve bilgi edinme süreçlerinde YZ'nin entelektüel ve kültürel etkileri tartışılmıştır. İkinci bölümde, YZ destekli eğitimin etik ve sosyoekonomik sınırları irdelenmiş; algoritmik karar yapılarının adalet, şeffaflık ve pedagojik otorite üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Üçüncü ve son bölümde ise YZ'nin eğitimin geleceğini nasıl şekillendireceğine dair senaryolar geliştirilmiş; yapay zekâ okuryazarlığı, öğretmen rolleri ve kamu politikalarına yönelik öneriler sunulmuştur. Öneri bölümlerinde ise yapay zekâ etiği ile yapay zekâ okuryazarlığına ilişkin tasarlanan modeller/etkinlikler yer almaktadır. Sonuç olarak, YZ'nin eğitimi dönüştürme gücü tartışmasızdır ancak bu dönüşümün yönü, insani değerlerin, etik sorumlulukların ve pedagojik duyarlılığın ne ölçüde korunup merkeze alındığına bağlıdır. Eğitim politikalarının, yalnızca teknolojik entegrasyonu değil; aynı zamanda algoritmaların arkasındaki toplumsal mantığı sorgulayabilen bireyler yetiştirmeyi hedefleyen, insan merkezli bir vizyonla yeniden kurgulanması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu bağlamda yapay zekâ; eğitim sistemlerinin sadece nesnesi değil, aynı zamanda anlam kurucu öznesi hâline gelmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Eğitimde Dönüşüm, Etik ve Teknoloji, Kişiselleştirilmiş Öğrenme, Yapay Zekâ Okuryazarlığı, Eğitim Politikaları

GİRİŞ

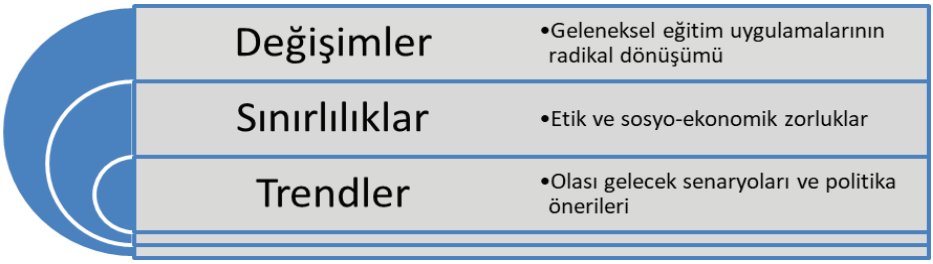
21. yüzyılın ikinci çeyreğine girerken, insanlığın toplumsal ve bireysel yaşantısında köklü bir dönüşüm yaratan yapay zekâ (YZ) teknolojileri, artık eğitim gibi tarihsel olarak sabit kalıplarla ilerleyen alanları da radikal biçimde yeniden şekillendirmeye başlamıştır. YZ'nin eğitimdeki etkisi, yalnızca teknik bir entegrasyon süreci değil, aynı zamanda öğrenmenin doğasına, öğretmenin rolüne, bilgi kavramına ve öğrenme süreçlerinin etik-politik bağlamlarına dair çok katmanlı bir paradigma değişimini beraberinde getirmektedir (Luckin vd., 2016; Selwyn, 2019). Bu bağlamda, eğitimin YZ ile ilişkisi yalnızca bir araçsal ilişki değil, aynı zamanda ontolojik ve epistemolojik bir yeniden konumlanma sürecidir.

Eğitim sistemleri tarih boyunca toplumların bilgiyle kurduğu ilişkiyi ve birey-toplum etkileşimini şekillendirmiştir. Ancak YZ'nin yükselişiyle birlikte artık bilginin üretimi, dağıtımı ve değerlendirilmesi süreçleri insan merkezli olmaktan çıkarak algoritmik öngörülere, makine öğrenmesi modellerine ve veri temelli karar yapılarına dayalı hâle gelmiştir (Williamson & Piattoeva, 2022). Bu gelişme, öğrenme kavramını salt bilişsel bir süreç olmaktan çıkarıp, teknolojiyle simbiyotik etkileşim içinde gelişen bir yapıya dönüştürmektedir. Dolayısıyla eğitimdeki YZ uygulamaları, pedagojik bir araç olmanın ötesine geçerek öğrenme etiği, toplumsal eşitlik, kültürel aktarım ve eleştirel düşünce üretimi gibi temel alanlarda yeni meydan okumalar yaratmaktadır.

Bu çalışma, yapay zekânın eğitime etkisini üç ana eksende incelemeyi amaçlamaktadır. İlk bölümde, YZ'nin öğrenme felsefesi, bilgi edinme süreçleri ve pedagojik yapılar üzerindeki dönüştürücü etkisi detaylandırılmıştır. Bu bölüm, özellikle kişiselleştirilmiş öğrenme, veriye dayalı pedagojik kararlar ve yapay zekânın entelektüel-kültürel yansımalarını kapsamaktadır. İkinci bölümde, yapay zekâ destekli eğitimin sınırlayıcı boyutları; etik ikilemler, pedagojik otoritenin dönüşümü ve sosyoekonomik eşitsizlikler perspektifinden ele alınmıştır. Son bölümde ise geleceğe dönük eğilimler ve eğitim politikalarının YZ çağında nasıl şekillenmesi gerektiği üzerine senaryolar ve çözüm önerileri sunulmuştur.

Çalışmanın temel savı şudur: Yapay zekâ eğitimi dönüştürme potansiyeline sahiptir ancak bu dönüşümün yönü, insani değerlerin, etik sorum-

luluğun ve pedagojik sezginin süreçte ne ölçüde korunup yönlendirildiğine bağlıdır. Bu bağlamda eğitim sistemlerinin yalnızca teknolojik olarak güncellenmesi değil, aynı zamanda eleştirel dijital okuryazarlık, veri etiği, toplumsal adalet ve öğrenen öznelliğin korunması ilkeleriyle birlikte tasarlanması gerekmektedir (Floridi & Cowls, 2019; Holmes vd., 2019).



Şekil 1. Eğitimde yapay zekâ dönüşüm olguları

1. DEĞİŞİKLİKLER: EĞİTİMDE PARADİGMA DEĞİŞİMİ

Yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin hızlı gelişimi, eğitimin temel varsayımlarını ve yapılarını dönüştüren çok katmanlı bir paradigma değişimini beraberinde getirmiştir. Paradigma, Kuhn'un (1962) tanımıyla bilimin işleyiş biçiminde köklü bir zihniyet dönüşümünü ifade ederken; eğitimdeki YZ temelli dönüşüm, yalnızca araçsal değil, aynı zamanda ontolojik, epistemolojik ve pedagojik boyutlarıyla bir paradigma değişimini temsil etmektedir. Bu dönüşüm; neyin öğrenildiği, nasıl öğrenildiği ve öğrenmenin kimler aracılığıyla gerçekleştirildiği gibi temel sorulara verilen cevapları değiştirmektedir.

Geleneksel eğitim sistemleri genellikle doğrusal, öğretmen merkezli ve standartlaştırılmış yapılar üzerine kuruluyken; YZ'nin eğitime entegrasyonu ile birlikte öğrenme süreçleri daha dinamik, kişiselleştirilmiş ve öngörüye dayalı hâle gelmiştir (Luckin vd., 2016). Bu gelişmeler, öğrenme kuramlarının yeniden gözden geçirilmesini ve pedagojik tasarımların YZ destekli sistemlerle uyumlu hâle getirilmesini zorunlu kılmaktadır. Özellikle yapılandırmacı öğrenme kuramları, YZ'nin sunduğu adaptif öğrenme, kişisel geri bildirim ve veri temelli izleme gibi özelliklerle büyük ölçüde örtüşmektedir (Siemens, 2005; Anderson, 2008).

Eğitimdeki bu dijitalleşme ve yapay zekâlaşma süreci, öğrenmenin artık yalnızca sınıf ortamına ve öğretmenin takdirine bağlı kalmadan, büyük veri analitiği ve algoritmik kararlarla şekillendirilebileceği bir düzleme geçildiğini göstermektedir. Öğrenme içerikleri, öğrencilerin bireysel performanslarına göre farklılaşmakta; öğretim stratejileri gerçek zamanlı olarak güncellenebilmekte ve öğrencinin öğrenme deneyimi daha önce benzeri görülmemiş bir şekilde özelleştirilebilmektedir (Holmes vd., 2019).

Ancak bu dönüşüm yalnızca teknolojik bir ilerleme değil, aynı zamanda kültürel, etik ve entelektüel bir meydan okumadır. "Bilgiye erişimin kolaylaşması, öğrenme motivasyonunu nasıl etkiler? Öğretmenin rolü değişirken otorite nasıl yeniden inşa edilir? Küresel algoritmalar yerel pedagojik değerleri nasıl dönüştürür?" gibi sorular, bu yeni paradigmanın açığa çıkardığı önemli tartışmalardır.

Dahası, yapay zekâ tabanlı öğrenme sistemlerinin veriye dayalı doğası, bilgi edinme süreçlerinde derinlik yerine performans odaklılığı teşvik etme riski taşımaktadır. Bu da gerçek öğrenme ile yüzeysel ezber arasındaki farkı daha da belirgin hale getirmekte; eleştirel düşünme, problem çözme ve etik muhakeme gibi yüksek düzey bilişsel becerilerin geliştirilmesini zorlaştırabilmektedir (Williamson & Piattoeva, 2022).

Sonuç olarak, eğitimde paradigma değişimi yalnızca bir teknolojik uyum süreci değil, aynı zamanda eğitimin doğasına, amacına ve aktörlerine dair temel varsayımların yeniden tartışıldığı köklü bir dönüşümdür. Bu dönüşümün yönü, yalnızca teknolojinin potansiyeline değil; aynı zamanda eğitimin etik ilkelerine, pedagojik duyarlılığına ve kültürel bağlamına ne ölçüde entegre edileceğine bağlıdır.

1.1. Yapay Zekâ Öğrenme Felsefesini Nasıl Değiştiriyor?

Yapay zekânın (YZ) eğitim sistemlerine entegrasyonu, öğrenme felsefesinin temel varsayımlarını yeniden şekillendirmektedir. Bu değişim, öğrenmenin ne olduğu, nasıl gerçekleştiği ve öğrenen öznenin kim olduğu sorularını yeniden gündeme getirmekte; bilişsel süreçlerin teknolojiyle etkileşime geçme biçimini radikal biçimde dönüştürmektedir. Geleneksel eğitim anlayışında bilgi, çoğunlukla dışsal bir gerçeklik olarak algılanır ve öğretmen aracılığıyla öğrenciye aktarılırken YZ destekli öğrenme ortamlarında

bilgi artık daha çok etkileşimsel, dağınık, öngörülebilir ve kişisel deneyime göre şekillenen bir yapı hâlini almaktadır (Siemens, 2005; Luckin, 2018).

Öğrenme kuramları tarihsel olarak davranışçılık, bilişselcilik ve yapılandırmacılık ekseninde şekillenmiştir. Ancak YZ'nin yükselişiyle birlikte, özellikle bağlantıcılık (connectivism) olarak bilinen ve George Siemens ile Stephen Downes tarafından geliştirilen yaklaşım, öğrenmeyi dijital bilgi ağları içinde sürekli gelişen bir süreç olarak tanımlar (Siemens, 2005). Bu bağlamda öğrenme, yalnızca insan zihninin ürünü değil, aynı zamanda teknolojiyle kurulan ilişkiler ve algoritmik yapıların rehberliğiyle gerçekleşen bir bütünlük olarak değerlendirilir. Bilginin dijital ekosistemde sürekli güncellenmesi, öğrenme süreçlerinin durağan değil; çevik, bağlamsal ve öngörüye dayalı hâle gelmesini sağlamaktadır.

YZ'nin öğrenme felsefesini değiştirme biçimlerinden biri de epistemolojik kırılmalar yoluyla gerçekleşmektedir. Bilgi artık sadece öğretmen ya da kitap kaynaklı bir mutlaklık değil, çoklu kaynaklardan toplanan, filtrelenen ve öğrencinin profil verisine göre optimize edilen bir yapıya sahiptir. Öğrenme, "bilgiyi edinme" değil; "veriyle etkileşim kurma", "bağlantılar oluşturma" ve "anlam üretme" eylemlerinin toplamına dönüşmüştür. Bu dönüşüm, Dewey'in (1938) deneyim temelli öğrenme anlayışına da yeni bir zemin sunar. Öğrenci, deneyimlerini yalnızca fiziksel ortamla değil, aynı zamanda yapay zekâ ile desteklenen dijital içeriklerle de kurar ve yeniden üretir.

Felsefi bağlamda, yapay zekânın öğrenme süreçlerindeki rolü posthümanist bir tartışmayı da beraberinde getirmektedir. Öğrenen öznenin yalnızca insanla sınırlı olmadığı, insan-makine etkileşimi yoluyla oluşan bir "öğrenen sistem" olduğu düşüncesi, geleneksel hümanist öğrenme kuramlarının ötesine geçmektedir (Hayles, 1999). Öğrenmenin öznesi artık bireyin kendisi değil, onunla birlikte öğrenen ve yönlendiren sistemin tümüdür: öğrenci, algoritma, veri, arayüz ve dijital çevre. Bu da öğrenmeyi salt bireysel bir zihinsel süreç değil, ağlar içinde gelişen bir sistemik olgu hâline getirmektedir.

Bu dönüşüm aynı zamanda pedagojik sorumlulukları ve karar alma mekanizmalarını da yeniden şekillendirmektedir. Eğitimcilerin "Ne öğreteceğiz?" sorusu, yerini giderek daha fazla "Algoritmalar ne öneriyor?" sorusuna bırakmakta; öğretim tasarımlarında karar verme süreçleri, insan

sezgisinin yanı sıra yapay zekâ önerilerine dayandırılmaktadır (Selwyn, 2019). Bu noktada, öğrenme felsefesi yalnızca bilgiye ulaşma biçiminden değil, bilgiyle kurulan ilişkinin doğasından da etkilenmektedir.

Ancak bu dönüşüm eleştirilerden de azade değildir. Özellikle YZ'nin öğrenme süreçlerini ölçülebilir çıktılara indirgeme tehlikesi, eğitim felsefesinde indirgemeci bir yaklaşımın yaygınlaşma riskini ortaya koymaktadır. Freire'nin (1970) eleştirel pedagojisinde vurguladığı gibi, öğrenme sadece bilgiye erişim değil, aynı zamanda özgürleşme ve insan olma sürecidir. O hâlde YZ destekli öğrenme modelleri, bu insani boyutu da göz ardı etmeden, öğrenmeyi sadece performans ve verimlilikle değil; anlam, değer ve eleştirellikle de ilişkilendirmelidir.

Sonuç olarak, yapay zekâ öğrenme felsefesini kökten dönüştürmektedir. Bu dönüşüm, bilginin doğasına, öğrenenin kimliğine ve öğrenmenin nasıl gerçekleştiğine dair anlayışlarımızı yeniden düşünmeyi gerekli kılmaktadır. YZ, öğrenmeyi daha etkili ve bireyselleştirilmiş hâle getirebilir ancak bu sürecin etik, felsefi ve pedagojik boyutlarını göz ardı etmek, eğitimi salt teknik bir mühendislik alanına dönüştürme riski taşır. Bu nedenle yeni öğrenme paradigması, yalnızca teknoloji ile değil; aynı zamanda eğitim felsefesiyle uyumlu biçimde şekillendirilmelidir.

1.2. Kişiselleştirilmiş Öğrenme Algoritmaları ve Pedagojik Değişim

Yapay zekâ destekli eğitim sistemlerinin sunduğu en çarpıcı dönüşümlerden biri, öğrenme süreçlerinin kişiselleştirilmesi alanında ortaya çıkmaktadır. Kişiselleştirilmiş öğrenme, bireyin öğrenme geçmişi, bilişsel seviyesi, ilgi alanları ve öğrenme hızı gibi çok sayıda verinin analiz edilerek, ona özel bir öğrenme yolu oluşturulması anlamına gelir. Bu yaklaşım, geleneksel "herkese aynı içerik" modelinden radikal biçimde ayrılır ve öğretimi "bireye özgü öğrenme deneyimlerine" dönüştürür (Holmes vd., 2019).

YZ temelli sistemlerde kişiselleştirme, esasen makine öğrenmesi, doğal dil işleme ve öngörücü analiz gibi tekniklerin birleşimiyle mümkün hâle gelmektedir. Öğrencinin her tıklaması, sürelere dayalı etkileşimleri, doğru/yanlış yanıtları ve hatta dikkat düzeyine ilişkin ipuçları sistem tarafından sürekli analiz edilmekte; bu veriler, algoritmalar aracılığıyla gelecekteki

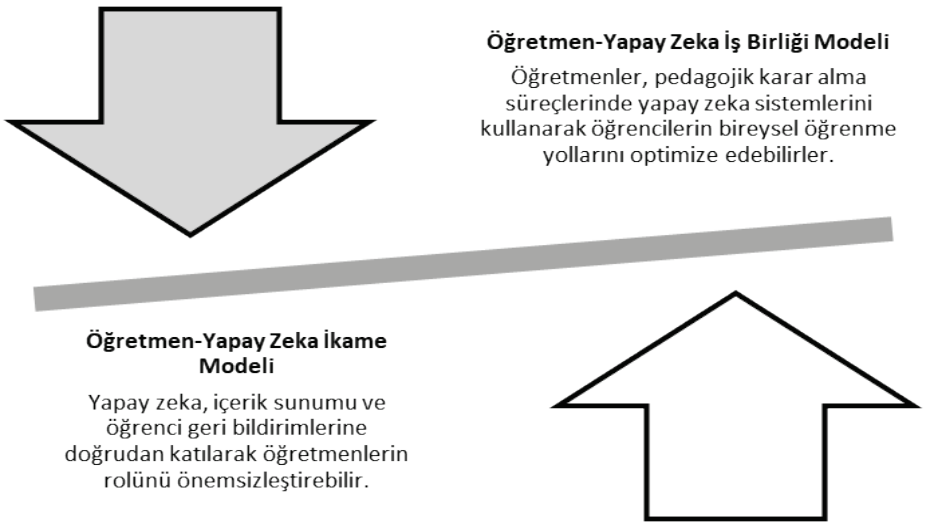
öğrenme adımlarını şekillendirmede kullanılmaktadır (Baker & Inventado, 2014). Bu bağlamda, pedagojik kararlar artık yalnızca öğretmenin sezgisine değil, algoritmik öngörü ve büyük veri analitiğine dayalı bir doğrulama sürecine bağlanmaktadır.

Kişiselleştirilmiş öğrenmenin pedagojik etkileri çok boyutludur. Öncelikle, bu sistemler, öğrenmeyi bireysel ihtiyaçlara göre uyarladığı için motivasyon artışı, öğrenme derinliği ve akademik başarı açısından olumlu çıktılar doğurabilmektedir (Pane vd., 2015). Ancak bu olumlu yönlerin ötesinde, sistemin öğretmen merkezli geleneksel pedagojik yapıyı dönüştürme gücü, daha derin bir yapısal değişime işaret eder. Öğretmen artık bilgi sunan değil, öğrenme sürecini tasarlayan, yorumlayan ve anlamlandıran bir rehber konumundadır. Bu noktada öğretmenin pedagojik otoritesi, algoritmalarla birlikte şekillenen bir "iş birlikçi karar mekanizması"na dönüşmektedir.

Bu dönüşüm, Vygotsky'nin (1978) "yakınsal gelişim alanı" kavramıyla da yeniden düşünülebilir. Öğrencinin gelişimsel sınırlarını destekleyecek en uygun öğrenme müdahalesi, artık yalnızca bir öğretmen değerlendirmesiyle değil, öğrencinin önceki etkileşimlerine ve gelişimsel örüntülerine dayalı olarak algoritmalar tarafından da belirlenebilir. Böylece öğretim süreci daha hassas, zamana duyarlı ve bireysel uyumlu hâle gelir.

Bununla birlikte, kişiselleştirilmiş öğrenme sistemlerinin pedagojik tarafsızlık iddiası eleştiriye açıktır. Algoritmaların önerdiği öğrenme yolları, ne kadar tarafsız görünse de, bu sistemlerin arkasındaki tasarımcıların değer yargılarını, kültürel kabullerini ve politik öngörülerini taşır (Selwyn, 2019; Knox, 2020). Bu nedenle pedagojik kişiselleştirme, yalnızca teknik bir uyarlama süreci değil; aynı zamanda etik, kültürel ve toplumsal duyarlılık gerektiren bir eğitim tasarımı süreci olarak görülmelidir.

Diğer taraftan, kişiselleştirilmiş öğrenme sistemlerinin sunduğu "her öğrenciye özel yol" fikri, öğrenmenin sosyal yönünü geri plana itme tehlikesini de barındırmaktadır. Piaget (1952) ve Bruner (1966) gibi gelişim kuramcıları, öğrenmenin sosyal etkileşimle zenginleştiğini vurgularken;bireysel yalıtılmış öğrenme yollarının toplumsal bağlamı zayıflatabileceği tartışılmaktadır. Bu nedenle kişiselleştirme, sosyal-iş birlikçi öğrenme modelleriyle dengeli bir biçimde bütünleştirilmelidir.



Şekil 2. Kişiselleştirilmiş öğrenme algoritmaları ve pedagojik değişim dengesi

Sonuç olarak, kişiselleştirilmiş öğrenme algoritmaları pedagojik paradigmada köklü bir dönüşüm yaratmakta; öğretimi daha uyarlanabilir, öngörülebilir ve öğrenci merkezli hâle getirmektedir. Ancak bu teknolojilerin eğitim ortamlarına entegre edilmesi, yalnızca performans artışına odaklanan mekanik bir modelle değil; aynı zamanda etik, kültürel ve sosyal bağlamlarla bütünleşik, pedagojik sezgiyle harmanlanmış bir öğrenme anlayışıyla yürütülmelidir.

1.3. Eğitimde Yapay Zekânın Entelektüel ve Kültürel Boyutları

Yapay zekânın (YZ) eğitim ortamlarına girişi, yalnızca pedagojik yöntemlerin veya teknik araçların değişmesi anlamına gelmemektedir. Aynı zamanda, entelektüel üretim biçimlerinin ve kültürel etkileşimlerin doğasında da derin dönüşümler yaratmaktadır. YZ destekli eğitim sistemleri, öğrenmenin nesnesi kadar öznesini de etkileyerek, bireyin bilgiye, düşünmeye ve anlam üretmeye ilişkin zihinsel altyapısını dönüştürmekte; böylece eğitimi yalnızca bireysel gelişim değil, aynı zamanda kültürel aktarım süreçlerinin de yeniden yapılandırıldığı bir alan hâline getirmektedir (Williamson & Piattoeva, 2022).

Entelektüel düzeyde değerlendirildiğinde, YZ'nin eğitimde kullanımı, bilgi üretiminin epistemolojik doğasını değiştirmektedir. Geleneksel eğitimde entelektüel gelişim, analitik düşünme, eleştirel sorgulama ve sistematik araştırma gibi süreçlerle ilerlerken YZ destekli ortamlarda bilgiye erişim hızının artması, öğrenciyi tüketici konumuna itme riski taşımaktadır. Özellikle, bilgiye algoritmik filtrelerle erişen birey, yalnızca sistemin önerdiği yollarla düşünmeye yönlendirilebilir ve bu da bireyin düşünsel özerkliğini sınırlayabilir (Selwyn, 2019).

YZ ile birlikte gelişen otomatik içerik önerileri, doğrulama sistemleri ve dijital öğretim asistanları, öğrencilerin neyi öğreneceklerine dair karar mekanizmalarını da etkileyebilir. Bu durum, bireyin öğrenme yolculuğunu bir içsel keşif alanından çıkarıp, dışsal bir yönlendirme sistemine bırakma tehlikesi yaratmaktadır. Hannah Arendt'in (1958) "Eğitim, düşünme ve eylem özgürlüğünün geliştiği bir alandır." görüşü, burada yeniden değerlendirilmeye muhtaçtır. YZ destekli eğitimde, düşünme hâlâ özgür müdür, yoksa algoritmalarla yönlendirilmiş bir sürece mi dönüşmüştür?

Kültürel düzeyde ise YZ'nin etkisi daha da katmanlıdır. Eğitim, her zaman yalnızca bilişsel bir faaliyet değil, aynı zamanda bir kültürel aktarım pratiğidir. Ancak küresel YZ sistemlerinin yerel pedagojik pratikleri ve kültürel bağlamları ihmal etme riski yüksektir. Örneğin; çok dilli, çok kültürlü bir sınıfta kullanılan bir YZ tabanlı öğretim yazılımı, çoğunlukla Batı merkezli epistemolojilere dayalı olarak yapılandırılmış olabilir (Knox, 2020). Bu durum, kültürel homojenleşme ve pedagojik sömürgecilik gibi kavramların yeniden tartışılmasına neden olur.

YZ'nin eğitime entegrasyonu, aynı zamanda kültürel sermayeye erişim açısından da eşitsizlikler yaratabilir. Dijital okuryazarlığı yüksek, teknolojiye erişimi olan öğrenciler, bu sistemlerden daha fazla faydalanırken kırsal bölgelerdeki öğrenciler, sosyoekonomik yetersizlikler nedeniyle bu imkânlara ulaşamayabilir. Böylece dijital uçurum, yalnızca teknik bir erişim sorunu değil, aynı zamanda kültürel temsiliyetin, entelektüel gelişimin ve sosyal adaletin yeniden düşünülmesi gereken bir mesele hâline gelir (Zawacki-Richter vd., 2019).

Ayrıca, YZ sistemlerinin kültürel kodlara dair farkındalıkları sınırlıdır. Eğitimde duygular, metaforlar, kültürel mecazlar gibi incelikli iletişim

biçimleri, algoritmik sistemler için hâlen anlaşılması zor alanlardır. Bu nedenle, öğrenme yalnızca rasyonel değil, aynı zamanda duygusal ve kültürel bir deneyim olarak görüldüğünde, YZ'nin sunduğu ortamlar bu deneyimin tamamını kapsamakta yetersiz kalabilir (Peters, 2020).

Sonuç olarak, yapay zekânın eğitimdeki entelektüel ve kültürel etkileri, yalnızca içerik sunumu veya bireysel öğrenme değil; aynı zamanda bilgiyle kurulan ilişkinin felsefi, etik ve sosyokültürel boyutlarını kapsamaktadır. Bu nedenle, YZ temelli öğrenme ortamları tasarlanırken yalnızca teknik verimlilik değil, entelektüel derinlik ve kültürel duyarlılık da temel ilkeler olarak benimsenmelidir. Eğitim, yalnızca öğrenilecek içeriklerin değil; aynı zamanda nasıl düşünüleceğinin, hangi değerlerle öğrenileceğinin ve hangi kültürel anlamlarla etkileşim kurulacağının da öğretildiği bir alandır. Yapay zekânın bu alandaki varlığı, bu katmanlı boyutları kapsayacak biçimde tasarlandığında gerçek bir eğitimsel dönüşüm mümkün olacaktır.

1.4. Bilgi Edinme Süreçlerinde Yapay Zekâ ve Gerçek Öğrenme

Yapay zekâ (YZ) teknolojileriyle donatılmış öğrenme ortamları, bireylerin bilgiye erişim hızını ve kapsamını dramatik biçimde artırmıştır. Ancak bu gelişme, beraberinde şu temel soruyu da gündeme getirmiştir: Bilgiye hızlı erişim, gerçek öğrenme anlamına mı gelir? Bu soru, çağdaş eğitim felsefesi, bilişsel psikoloji ve teknoloji tasarımı açısından oldukça kritiktir. Çünkü bilgi edinimi ile gerçek öğrenme arasındaki fark, yalnızca nicel değil; aynı zamanda nitel, anlam ve derinlik düzeyinde de değerlendirilmelidir (Bransford vd., 2000).

YZ sistemleri, büyük veri analizine dayalı olarak öğrencinin davranış örüntülerini algılayabilir, ona en uygun içerikleri önerebilir ve öğrenme sürecini bireyselleştirebilir. Ancak bu süreç, öğrencinin zihinsel çabası olmaksızın yalnızca içerik tüketimine dayalı biçimde işlerse, Bloom'un (1956) bilişsel alan basamaklarında "bilgi" düzeyinde kalabilir. Oysa gerçek öğrenme, analiz, sentez, değerlendirme gibi üst düzey bilişsel becerilerin etkin biçimde kullanılmasıyla gerçekleşir.

Gerçek öğrenme, yalnızca bilgiye ulaşmak değil; o bilgiyi anlamlandırmak, önceki bilgilerle ilişkilendirmek, farklı bağlamlarda kullanabilmek ve yeni anlamlar inşa edebilmektir. YZ bu süreçte yalnızca bilgi sağlayan

bir araç olarak değil, bilişsel süreci destekleyen bir "bilişsel ortak" olarak konumlandırıldığında değer kazanır (Luckin, 2018). Yani önemli olan, yapay zekânın "ne sunduğu" değil, öğrencinin bu sunulanla "ne yaptığı"dır.

Bilişsel yük kuramı (Sweller, 1988) bu noktada önemli bir referanstır. Karmaşık problem çözme süreçlerinde bireyin çalışma belleği sınırlıdır ve gereksiz bilgi sunumu öğrenmeyi olumsuz etkileyebilir. Yapay zekâ, bilgi sunumunu öğrencinin bilişsel kapasitesine göre uyarlayarak bu yükü dengeleyebilir. Ancak bu teknik destek, bilişsel derinliği teşvik etmeyen bir içerik yapısıyla birleştiğinde yüzeysel öğrenme riskini doğurabilir (Clark & Mayer, 2016).

Bu bağlamda, öğrenmenin doğasıyla ilgili iki karşıt eğilim karşımıza çıkar:

1. **YZ'nin kolaylaştırıcı rolü:** Öğrencinin bilgiye daha hızlı ulaşmasını, zaman kaybetmeden öğrenme materyaliyle etkileşime geçmesini sağlar.
2. **YZ'nin yüzeyselleştirici riski:** Anlam üretimi yerine hızlı tüketimi, keşif yerine algoritmik yönlendirmeyi teşvik edebilir.

John Dewey'nin (1938) deneyim temelli öğrenme yaklaşımı, burada yine önemli bir teorik çerçeve sunar. Gerçek öğrenme, aktif katılım ve deneyimle şekillenir. Öğrenci, öğrenme sürecinde sorgular, dener, yanılır ve yeniden yapılandırır. Oysa yapay zekânın yönlendirdiği aşırı yapılandırılmış öğrenme yolları, öğrencinin bu deneyimsel alanını daraltabilir. Öğrenme yolculuğu, algoritmaların en kısa sürede başarıya ulaşmayı hedefleyen önerileriyle yönlendirildiğinde, öğrenmenin doğal iniş çıkışları ortadan kalkabilir.

Ayrıca, bilgi edinme ve öğrenme süreçleri yalnızca bilişsel değil, aynı zamanda duyuşsal ve motivasyonel süreçlerle de iç içedir. Bandura'nın (1986) sosyal bilişsel kuramı, öğrenmenin sadece içsel süreçlerle değil, gözlem, model alma ve öz düzenleme gibi sosyal ve duygusal etkileşimlerle geliştiğini savunur. YZ sistemlerinin bu boyutlara dair sezgisel bir anlayıştan yoksun olması, öğrenme sürecini mekanikleştirme riskini beraberinde getirmektedir.

Dolayısıyla yapay zekâ destekli bilgi edinme süreçleri, gerçek öğrenme ancak şu koşullarda gerçekleşebilir:

- Öğrenci, bilgiye yalnızca erişen değil, onu dönüştüren bir aktör olarak konumlandırıldığında.
- Yapay zekâ, yönlendirici değil; keşfi teşvik eden bir araç olduğunda.
- Öğrenme ortamı bilişsel, duyuşsal ve sosyal boyutları bir arada desteklediğinde.

Bu bütüncül yapı kurulduğunda, yapay zekâ bilgi edinme süreçlerini destekleyen etkili bir araç hâline gelir; aksi hâlde ise yalnızca yüzeysel bilgi tüketiminin aracı olur. Gerçek öğrenme, hâlâ insan zihninin deneyimleyerek, sorgulayarak, eleştirerek ve anlam kurarak ulaştığı derin bir bilişsel faaliyet olarak varlığını sürdürmektedir. Yapay zekâ bu faaliyetin bir partneri olabilir ancak hiçbir zaman onun yerini alamaz.

2. SINIRLAMALAR: YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ EĞİTİMİN ETİK VE SOSYOEKONOMİK SINIRLARI

Yapay zekânın (YZ) eğitim alanındaki yükselişi, büyük umutlar ve vaatlerle birlikte ilerlemektedir. Bireyselleştirilmiş öğrenme, veriye dayalı öğretim, gerçek zamanlı değerlendirme ve sürekli geri bildirim gibi olanaklar, eğitimin niteliğini artırabileceği yönünde geniş bir iyimserlik yaratmıştır. Ancak bu teknolojik ilerlemelerin gölgesinde, derinleşen etik, sosyoekonomik ve pedagojik sorunlar da bulunmaktadır. YZ'nin eğitime entegrasyonu, yalnızca olanaklara değil; aynı zamanda sınırlara, eşitsizliklere ve yeni sorumluluklara da işaret eder. Bu bağlamda, teknolojik ilerlemenin kendiliğinden iyiye evrileceği düşüncesi, eleştirel bir gözle yeniden sorgulanmalıdır (Selwyn, 2019).

Öncelikle, YZ sistemleri doğaları gereği veriye dayalıdır ve veri temelli karar mekanizmaları, sıklıkla şeffaf olmayan, anlaşılması güç ve algoritmik ön yargılara açık yapılar üretir (Eubanks, 2018). Öğrencilerin performanslarına ilişkin yapılan analizlerin, ne tür kriterlerle işlendiği ve hangi verilerin ne amaçla toplandığı konusunda yaşanan belirsizlikler, eğitimde etik ve adalet ilkelerini tehdit etmektedir. Öğrenci profillemesi, puanlama sistemleri ve başarı tahmin algoritmaları, farkında olunmadan etik dışı etiketlemelere ve otomatik ayrımcılığa neden olabilir.

İkinci olarak, YZ sistemleri eşit olmayan dijital erişim koşulları altında daha da problematik hâle gelebilir. Sosyoekonomik farklılıklar, teknolojik cihazlara ve yüksek kaliteli internet altyapısına erişimde belirleyici olurken, eğitimdeki mevcut eşitsizlikleri derinleştirebilir. Eğitimde fırsat eşitliği ilkesine aykırı biçimde, bazı öğrenciler yapay zekâ destekli sistemlerden maksimum fayda sağlarken diğerleri sistemin sunduğu en temel olanaklardan dahi yararlanamayabilir (UNESCO, 2021).

YZ'nin öğretmen rolünü dönüştürmesi de başka bir sınırlamadır. Bu dönüşüm, öğretmeni daha etkin bir tasarımcı hâline getirme potansiyeline sahip olsa da bazı senaryolarda öğretmenin otoritesini ve pedagojik sezgisini zayıflatan, hatta onu sistemin pasif bir uygulayıcısına dönüştüren yapılar ortaya çıkabilmektedir. Bu durum, pedagojik özerkliğin zarar görmesi ve öğretim sürecinin insan merkezli doğasının kaybolması gibi sonuçlar doğurabilir (Knox, 2020).

Bunlara ek olarak, YZ'nin eğitime entegrasyonu kültürel açıdan da sınırlayıcı olabilir. Küresel teknoloji şirketlerinin sunduğu sistemler çoğunlukla Batı merkezli normlara, epistemolojik varsayımlara ve dil yapılarına dayanmaktadır. Bu da yerel eğitim kültürlerinin dışlanmasına ve pedagojik sömürgeciliğe zemin hazırlayabilir (Williamson & Piattoeva, 2022). Böylece eğitimde çeşitlilik ve kültürel çoğulculuk yerini homojen, standartlaştırılmış ve ideolojik olarak biçimlendirilmiş bilgi yapılarına bırakabilir.

Son olarak, YZ destekli eğitim sistemlerinin öğrenmeyi ölçme biçimleri de eleştiriye açıktır. Algoritmalar çoğunlukla nicel verilere dayalı performans ölçütleri ile çalışır; oysa gerçek öğrenme süreci, duygusal, sosyal ve motivasyonel etmenlerle derinlemesine ilişkili bir yapıdır. YZ sistemlerinin bu çok katmanlı doğayı yeterince kavrayamaması, öğrencilerin sadece sayısal başarıları üzerinden değerlendirilmesi riskini doğurur (Peters, 2020).

Bu nedenlerle, yapay zekânın eğitimdeki potansiyelinin farkına varmak kadar, bu teknolojilerin getirdiği sınırlamaları açıkça tartışmak da zorunludur. Aksi hâlde, eğitimde adalet, etik, kültürel çeşitlilik ve insani değerler geri planda bırakılarak verimlilik ve performans odaklı bir eğitim rejimi ortaya çıkabilir. Bu noktada eğitim politikaları, pedagojik tasarımlar ve etik çerçeveler yeniden düşünülmeli; teknoloji, insan merkezli ve eşitlikçi bir vizyonla bütünleştirilmelidir.

2.1. Eğitimde Yapay Zekâ ve Etik: Karar Alma Süreçlerinde Adalet ve Şeffaflık

Yapay zekâ (YZ) sistemlerinin eğitimde yaygınlaşması, pedagojik uygulamaların etik boyutlarını radikal biçimde yeniden düşünmeyi gerektirmektedir. YZ destekli araçlar artık yalnızca içerik sunmakla kalmamakta; öğrencileri kategorize etmekte, akademik başarıyı tahmin etmekte, öğrenci performanslarını değerlendirmekte ve hatta yönlendirme kararlarına katkı sunmaktadır. Bu gelişmeler, karar alma süreçlerinde insan merkezli pedagojik sezginin yerini algoritmik analizlerin alması anlamına gelirken adalet, şeffaflık, sorumluluk ve hesap verebilirlik gibi temel etik ilkeler üzerinde ciddi sorunlar doğurmaktadır (Binns, 2018).

Eğitimde adalet ilkesi, her öğrencinin eşit haklara ve öğrenme fırsatlarına sahip olması gerektiğini varsayar. Ancak YZ sistemleri bu ilkeye hizmet etmek yerine, sıklıkla "gizli ön yargılar" (bias) taşıyan algoritmalara dayanabilir. Bu ön yargılar, tarihsel olarak birikmiş veri setlerinden, modelleme sürecinde kullanılan sınıflandırma kriterlerinden veya tasarımcıların bilinçsiz değer yargılarından kaynaklanabilir. Örneğin, düşük sosyoekonomik geçmişe sahip öğrencilerin sistem tarafından "başarı ihtimali düşük" olarak etiketlenmesi, onları algoritmik kadercilikle karşı karşıya bırakabilir (Eubanks, 2018).

YZ tabanlı sistemlerde şeffaflık eksikliği, özellikle "kara kutu algoritmalar" bağlamında büyük bir etik sorundur. Öğrencilerin hangi kriterlerle değerlendirildiği, öğretmenlere hangi kararların neden önerildiği, sistemin hangi verileri hangi ağırlıklarla dikkate aldığı çoğu zaman anlaşılabilir değildir. Bu durum, eğitimde hem öğrencinin hem öğretmenin özerkliğini ve hesap sorma hakkını sınırlayan bir yapıya dönüşebilir (Burrell, 2016). Eğitim felsefesi açısından bakıldığında, karar alma süreçlerinin pedagojik gerekçelere değil; yalnızca sistem çıktılarına dayanması, eğitimin etik yönünü zayıflatır.

Bu bağlamda bilgilendirilmiş onam (informed consent) ve veri etiği, YZ destekli eğitim uygulamalarında kritik öneme sahiptir. Öğrencilerin verilerinin ne amaçla toplandığı, kimlerle paylaşıldığı, ne süreyle saklandığı gibi konular, yalnızca teknik değil; aynı zamanda ahlaki bir sorumluluk olarak ele alınmalıdır (Floridi & Cowls, 2019). Öğrenci verilerinin eğitim

politikalarının ötesinde ticari amaçlarla kullanılması, "veri sömürgeciliği" (data colonialism) eleştirilerine zemin hazırlamaktadır.

Ayrıca, eğitimde karar alma süreci yalnızca rasyonel verilerle değil; duygusal zekâ, öğretmen-öğrenci ilişkisi, kültürel bağlam ve ahlaki muhakeme ile şekillenen çok katmanlı bir süreçtir. YZ'nin bu boyutları göz ardı ederek yalnızca "en verimli seçenek" sunması, pedagojik duyarlılığı devre dışı bırakabilir (Selwyn, 2019). Oysa etik eğitim, yalnızca sonuca değil; sürece, ilişkilere ve öğrencinin insan olarak bütünlüğüne odaklanır.

Tüm bu nedenlerle, eğitimde yapay zekânın etik boyutu şu temel ilkeler çerçevesinde yeniden yapılandırılmalıdır:

- Açıklanabilirlik (explainability): Öğrenci ve öğretmen, sistemin nasıl karar verdiğini anlayabilmelidir.
- Adalet (fairness): Tüm öğrencilere eşit yaklaşan algoritmik modeller geliştirilmelidir.
- Sorumluluk (accountability): Hatalı kararların sorumluluğu yalnızca teknolojiye değil, tasarımcıya ve uygulayıcıya da ait olmalıdır.
- Veri mahremiyeti (privacy): Öğrenci verileri etik ilkelere ve yasal standartlara uygun şekilde korunmalıdır.

Sonuç olarak, YZ destekli karar alma sistemlerinin eğitimde adaleti ve şeffaflığı destekleyici bir şekilde kurgulanması, sadece teknolojik değil, aynı zamanda derin bir etik tasarım sorunudur. Bu tasarım, yalnızca algoritmaların değil, aynı zamanda insan sezgisinin, öğretmen vicdanının ve eğitimin ahlaki yöneliminin bir bileşeni olmalıdır.

2.2. Öğretmenlerin Rolü ve Pedagojik Otoritenin Dönüşümü

Yapay zekâ (YZ) temelli teknolojilerin eğitim sistemlerine entegrasyonu, öğretmenlik mesleğini yalnızca pratik açıdan değil, aynı zamanda kuramsal ve sosyolojik açılardan da dönüştürmektedir. Öğretmenin rolü- yalnızca bilgi aktaran bir figür olmaktan çıkıp veri yorumlayıcı, öğrenme süreci tasarımcısı ve etik dengeleyici bir aktör hâline gelmektedir. Ancak bu dönüşüm, öğretmen otoritesinin zayıflaması ya da mesleki özerkliğin tehdit altına girmesi gibi riskleri de beraberinde taşımaktadır (Williamson, 2019).

Bu bağlamda, öğretmenliğin yeniden tanımlanması, yalnızca görev tanımı düzeyinde değil; pedagojik otorite, insan etkileşimi ve eğitim felsefesi açısından da ele alınmalıdır.

Tarihsel olarak öğretmen, bilgiye sahip olan ve onu öğrencisine aktaran bir uzman olarak konumlandırılmıştır. Bu yapı, bilgiye erişimin sınırlı olduğu dönemlerde işlevsellik açısından önemliydi. Ancak bilgiye erişimin radikal biçimde demokratikleştiği ve yapay zekânın öğrenme süreçlerini yönlendirdiği günümüzde, öğretmenlik rolü bu tanımın ötesine geçmektedir. YZ'nin sunduğu içerik önerileri, değerlendirme raporları ve öğrenme yolları, öğretmenin karar alma süreçlerine müdahil olurken pedagojik otorite artık insan merkezli değil, insan-makine etkileşimli bir zemine taşınmaktadır (Knox, 2020).

Bu dönüşüm ilk bakışta öğretmeni destekleyen bir yenilik gibi görünse de uzun vadede öğretmenin profesyonel özerkliğini zayıflatabilecek boyutlar da taşımaktadır. Algoritmik yönlendirme, öğretmeni kendi pedagojik sezgilerini göz ardı ederek sistem önerilerine göre hareket etmeye zorlayabilir. Bu durum, öğretmenin mesleki alanını daraltarak onu yalnızca teknolojinin sunduğu veri çıktılarının uygulayıcısı hâline getirebilir. Freire'nin (1970) ifadesiyle, öğretmen sadece "aktarım yapan" bir araç değil; öğrencisiyle birlikte öğrenen, sorgulayan ve özgürleştiren bir figürdür. Bu insani ilişki boyutu, YZ destekli eğitim sistemlerinde zayıflayabilir.

Öte yandan öğretmenin rolünün dönüşmesi, onu daha pasif bir konuma itmek zorunda değildir. Aksine, YZ ile çalışan öğretmen, teknolojiyi anlamlandıran, yorumlayan ve öğrenciye insani düzeyde dokunabilen bir aktör olarak yeniden konumlandırılabilir. Bu modelde öğretmen, veriye dayalı içgörüleri etik ve pedagojik süzgeçten geçiren bir "karar süreci tasarımcısı"dır. YZ sistemlerinin sağladığı bilgiler, öğretmenin daha etkili rehberlik yapmasını mümkün kılabilir ancak bu, öğretmenin eleştirel dijital okuryazarlık becerilerine sahip olmasıyla mümkündür (Holmes vd., 2019).

Bu noktada öğretmenlerin yeni nesil rolleri şu boyutlarda tanımlanabilir:

- Veri yorumlayıcı: Öğrenciden gelen dijital verileri pedagojik bağlamda analiz edebilme.
- Etik rehber: YZ önerilerini değerlendirirken adalet, bireysel farklılık ve öğrenme hakkı gibi değerleri gözetme.

- Sosyokültürel dengeleyici: YZ sistemlerinin kültürel homojenleştirici etkilerini dengeleyerek yerel ve bireysel kimlikleri koruma.
- Teknoloji eğitmeni: Öğrencilere sadece içerik sunan değil, aynı zamanda YZ ile nasıl anlamlı etkileşim kurulacağını öğreten aktör.

Ancak bu rollerin gerektirdiği beceriler, mevcut öğretmen yetiştirme programlarında henüz yeterince yer bulamamaktadır. Eğitim fakültelerinin yeniden yapılandırılması, öğretmenlerin dijital pedagojik yeterliklerinin güçlendirilmesi ve etik-analitik düşünme becerilerinin geliştirilmesi bu noktada hayati öneme sahiptir (Zawacki-Richter vd., 2019).

Sonuç olarak, YZ'nin eğitimde artan rolü, öğretmenliği ortadan kaldırmamakta; aksine onun rolünü yeniden şekillendirmektedir. Öğretmen, bu yeni düzlemde hâlâ merkezî bir figürdür ancak artık yalnızca bilgi aktarıcı değil, insani öğrenmenin mimarı, etik kılavuzu ve kültürel yorumcusudur. Bu dönüşüm, yalnızca teknolojik bir uyum süreci değil; aynı zamanda öğretmenliğin anlamına dair köklü bir yeniden inşadır.

2.3. Yapay Zekâ ve Eğitimin Geleceği: İnsanların ve Teknolojinin Eş Evrimi

Yapay zekânın (YZ) eğitimdeki rolü yalnızca öğretim araçlarını dönüştürmekle kalmaz; aynı zamanda insanın öğrenme biçimini, bilişsel kapasitesini ve sosyal etkileşim biçimlerini de derinden etkiler. Bu nedenle YZ'nin eğitime entegrasyonu, teknolojik bir uyum değil; insan ve teknoloji arasındaki karşılıklı evrimi ifade eden çok katmanlı bir süreçtir. Bu süreç, yalnızca teknik sistemlerin değil, aynı zamanda bireylerin, kurumların, kültürlerin ve değer sistemlerinin birlikte dönüşümünü içerir. Dolayısıyla eğitimin geleceğini konuşmak, yalnızca hangi teknolojilerin kullanılacağını değil; nasıl bir insan formunun gelişeceğini tartışmak anlamına gelir (Peters & Jandrić, 2019).

Evrimsel biyolojide kullanılan "ko-evolution" (eş evrim) kavramı, burada metaforik değil; doğrudan açıklayıcıdır. İnsanların yapay zekâ ile etkileşimi, yalnızca bireysel becerileri değil; öğrenme kültürünü, pedagojik refleksleri ve toplumsal değerleri yeniden biçimlendirmektedir. YZ destekli öğrenme ortamlarında birey, artık yalnızca bilgiye ulaşan değil; veriyle birlikte şekillenen, davranışları izlenen, öğrenme yolları önerilen ve perfor-

mansı tahmin edilen bir özne hâline gelir. Bu, insanın öğrenen özne olarak teknolojik sistemle simbiyotik bir ilişki kurduğu yeni bir öğrenme ekosisteminin oluştuğu anlamına gelir (Siemens, 2005).

Bu evrim süreci yalnızca bilişsel değil; aynı zamanda kültürel ve etik boyutlar içerir. Teknoloji tarafından biçimlendirilen eğitim ortamları, bireyde belirli becerileri geliştirirken, bazı insani yönleri zayıflatabilir. Özellikle empati, sezgi, ahlaki muhakeme ve yaratıcı risk alma gibi yüksek düzey insani yetiler, algoritmaların öngörülebilir ve doğrusal yapıları içinde yeterince temsil edilemeyebilir. Dolayısıyla YZ ile eş evrim sürecinde insanî değerlerin ve yetilerin korunması ve geliştirilmesi, kritik bir direnç alanı olarak düşünülmelidir (Selwyn, 2019).

Eğitimin geleceği bu eş evrimsel süreçte, sibernetik denge içerisinde yapılandırılmalıdır. İnsan ve makine arasındaki ilişki, bir üstünlük mücadelesi değil; karşılıklı tamamlayıcılığa dayalı bir ortaklık olarak tasarlanmalıdır. YZ sistemleri öğrenmeyi hızlandırabilir, kişiselleştirebilir ve optimize edebilir ancak "ne öğrenileceğine", "niçin öğrenileceğine" ve "bu öğrenmenin kimliğimizi nasıl biçimlendireceğine" ilişkin kararlar hâlâ insani düşünüş, etik sorumluluk ve kültürel değerlerle şekillenmelidir (Floridi, 2021).

Bu eş evrim sürecinin başarılı olabilmesi için eğitim sistemlerinde şu üç temel bileşen ön plana çıkmalıdır:

1. **İnsan-Makine İş Birliği Yetkinliği:** Öğrenciler sadece teknolojiyi kullanmayı değil; aynı zamanda onunla iş birliği kurmayı, sınırlarını tanımayı ve yaratıcı ortaklıklar geliştirmeyi öğrenmelidir.
2. **Etik Teknoloji Okuryazarlığı:** Hem öğretmenler hem öğrenciler, YZ'nin karar yapıları, ön yargı riskleri ve veri süreçleri hakkında bilinçlenmelidir.
3. **Fütüristik Pedagojik Tasarım:** Eğitim sistemleri, bugünün ihtiyaçları kadar geleceğin belirsizliklerine yanıt verebilecek esneklik ve öngörü kapasitesine sahip olmalıdır.

Bu bağlamda, eğitimdeki YZ uygulamalarının geleceği yalnızca teknik uzmanlarla değil; pedagoglar, filozoflar, etikçiler ve sosyologlar ile birlikte kurgulanmalıdır. Çünkü yapay zekânın yön verdiği bir eğitim düzeni, aynı zamanda insanlık vizyonunu da yeniden şekillendirme gücüne sahiptir.

Sonuç olarak, eğitimin geleceği bir tercih değil, kaçınılmaz bir karşılıklı evrim alanıdır. İnsan zekâsı ve yapay zekâ birlikte evrilirken bu süreçte eğitim; insanın özünü koruyan, yaratıcılığını teşvik eden ve özgürleşmesini destekleyen bir zemin sunmak zorundadır. Aksi hâlde teknolojiye uyum sağlamak adına, insani olanı kaybetme riskiyle karşı karşıya kalabiliriz.

3. TRENDLER: GELECEK SENARYOLARI VE POLİTİKA ÖNERİLERİ

Yapay zekânın (YZ) eğitimdeki varlığı artık deneysel bir yenilikten ziyade, sistematik ve kurumsal düzeyde yerleşmekte olan bir paradigma hâline gelmiştir. Ancak bu paradigma, yalnızca mevcut uygulamalarla sınırlı kalmamakta; geleceğe dönük öngörüler, stratejik planlamalar ve politika tasarımlarını da zorunlu kılmaktadır. Yani eğitimde YZ yalnızca bugünün konusu değil, aynı zamanda geleceği şekillendirecek anahtar faktörlerden biridir. Bu bağlamda, eğitim sistemlerinin yalnızca teknolojiye entegrasyonla değil; aynı zamanda bu teknolojilerin yönünü, ahlaki sınırlarını, eşitlik ilkelerini ve kültürel etkilerini dikkate alarak gelecek senaryoları üretmesi ve politika önerileri geliştirmesi gerekmektedir (Luckin vd., 2016; OECD, 2021).

Eğitimdeki YZ trendleri incelendiğinde üç temel dinamik öne çıkmaktadır:

A. Otomasyon ve yapay öğretim ajanlarının yaygınlaşması: Sanal öğretmenler, sohbet robotları, değerlendirme yazılımları gibi sistemler, öğretim süreçlerinin birçok yönünü devralmaktadır.

B. Veri odaklı öğrenme tasarımları: Öğrencinin her etkileşimi ölçülmekte, bu verilerle kişiselleştirilmiş ve adaptif öğrenme yolları üretilmektedir.

C. Yapay zekâ okuryazarlığı ihtiyacı: Öğrencilerin yalnızca yapay zekâ tarafından eğitilmesi değil; aynı zamanda yapay zekâyı anlaması, yorumlaması ve eleştirebilmesi beklenmektedir (Holmes vd., 2019).

Bu eğilimlerin her biri, yalnızca teknolojik değil; aynı zamanda sosyal, ekonomik ve politik yansımalar taşımaktadır. Örneğin, dijital eşitsizlikler bu trendlerle daha görünür hâle gelmekte; teknolojik okuryazarlığı olmayan gruplar eğitimden dışlanma riskiyle karşı karşıya kalmaktadır. Aynı şekilde, eğitimde karar alma süreçlerinin algoritmikleşmesi, öğretmenin rolünü

dönüştürmekte; politika yapıcıların bu süreci yönetecek etik ilkeler ve yasal çerçeveler geliştirmesini zorunlu kılmaktadır (Williamson & Piattoeva, 2022).

Bunlara ek olarak, küresel trendlerin belirleyicisi olan büyük teknoloji şirketleri, eğitim alanında da etkili aktörler hâline gelmektedir. Yani sadece "ne öğretileceği" değil, "hangi sistemle", "hangi algoritmayla" ve "kimin verisiyle" öğretileceği gibi sorular, pedagojik olmaktan çıkıp stratejik ve politik karar alanlarına dönüşmektedir. Bu noktada, kamu yararı odaklı, etik temelli ve katılımcı bir eğitim politikası geliştirmek, teknolojinin yönünü belirleyecek en kritik müdahaledir.

Bu bölümde sunulacak alt başlıklar doğrultusunda, YZ ile şekillenen eğitim dünyasının trendlerini daha detaylı biçimde inceleyecek; ardından geleceğe yönelik güçlü ve uygulanabilir politika önerileriyle bu dönüşümün etik, adil ve sürdürülebilir temeller üzerine oturtulması gerektiğini vurgulayacağız.

3.1. Yapay Zekâ Okuryazarlığı ve Eğitim Politikaları

21. yüzyılda bireyin yalnızca dijital araçları kullanabilmesi değil, bu araçların arkasındaki sistematikleri kavrayabilmesi de temel bir eğitimsel beceri hâline gelmiştir. Bu noktada ortaya çıkan kavramlardan biri "yapay zekâ okuryazarlığı"dır (AI literacy). Yapay zekâ okuryazarlığı; bireyin yalnızca YZ tabanlı sistemleri kullanabilmesi değil, aynı zamanda bu sistemlerin nasıl çalıştığını, hangi verilerle beslendiğini, nasıl karar verdiğini, ön yargı üretip üretmediğini sorgulayabilme kapasitesini ifade eder (Long & Magerko, 2020). Bu beceri, çağdaş yurttaşlık tanımının bir parçası hâline gelmekte ve eğitim politikalarının temel eksenlerinden biri olarak şekillenmektedir.

YZ okuryazarlığı, dört temel bileşen üzerinden tanımlanabilir:

1. Teknik Bilinç: YZ'nin temel algoritmik mantığını anlama.
2. Veri Okuryazarlığı: Verilerin nasıl toplandığını, işlendiğini ve analiz edildiğini sorgulama.
3. Etik Farkındalık: YZ sistemlerinin ön yargı, ayrımcılık ve şeffaflık sorunlarına yönelik duyarlılık geliştirme.

4. Toplumsal Etki Bilinci: YZ'nin ekonomi, siyaset, eğitim ve kültür üzerindeki etkilerini değerlendirebilme.

Bu bileşenler ışığında YZ okuryazarlığı, sadece bir bilişim becerisi değil; aynı zamanda eleştirel düşünme, dijital yurttaşlık ve etik karar alma gibi üst düzey zihinsel ve sosyal becerilerin bir bileşeni olarak değerlendirilmelidir (Tuomi, 2018). Bu yaklaşım, yapay zekâyı sadece "kullanılacak bir araç" değil, aynı zamanda "anlaşılması ve dönüştürülmesi gereken bir toplumsal yapı" olarak konumlandırır.

Bu noktada eğitim politikalarının rolü son derece belirleyicidir. YZ okuryazarlığını eğitim sistemine entegre etmek, yalnızca bir müfredat değişikliği değil, aynı zamanda pedagojik kültürün dönüşümünü gerektirir. OECD (2021) ve UNESCO (2021) gibi uluslararası kuruluşlar, yapay zekâ çağında eğitim sistemlerinin yalnızca teknolojiye erişimi değil, bu teknolojilerin eleştirel ve etik kullanımını da teşvik etmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Eğitim politikaları açısından dikkate alınması gereken başlıca stratejiler şunlardır:

- Müfredat Entegrasyonu: İlköğretimden yükseköğretime kadar her düzeyde YZ'nin temel prensiplerinin ve etik boyutlarının ders içeriklerine dâhil edilmesi.
- Öğretmen Eğitimi: Öğretmenlerin yalnızca YZ araçlarını kullanabilmeleri değil, bu sistemlerin çalışma mantığını kavrayarak öğrencilere rehberlik edebilmeleri için hizmet öncesi ve hizmet içi eğitimlerle desteklenmesi (Zawacki-Richter vd., 2019).
- Çok Disiplinli Yaklaşım: Bilgisayar bilimleri, eğitim bilimleri, sosyoloji, felsefe ve etik alanlarının YZ okuryazarlığı bağlamında birlikte çalışabileceği pedagojik zeminlerin oluşturulması.
- Yerel ve Kültürel Bağlam Uyumu: YZ okuryazarlığı içeriğinin yalnızca küresel değil, yerel ihtiyaçlara ve kültürel kodlara uygun biçimde şekillendirilmesi.

Ayrıca, yapay zekâ okuryazarlığı politikalarının geliştirilebilmesi için katılımcı politika yapımı ilkesi gözetilmelidir. Bu bağlamda öğretmenler, öğrenciler, veliler, teknoloji geliştiricileri ve etik uzmanlarının yer aldığı çok aktörlü politika platformları oluşturulmalıdır. Bu sayede eğitimde

YZ'nin nasıl kullanılacağına ilişkin kararlar daha demokratik, kapsayıcı ve sürdürülebilir şekilde alınabilir.

Sonuç olarak, YZ çağında bireyin yalnızca teknolojik yeterlilik kazanması değil; eleştirel farkındalık, etik muhakeme ve teknolojik karar alma becerileriyle donatılması gerekmektedir. Bu ise ancak eğitim politikalarının yapay zekâ okuryazarlığını sistematik ve bütüncül biçimde ele almasıyla mümkündür. Aksi takdirde öğrenciler, algoritmaların pasif kullanıcıları hâline gelir; oysa çağımızın ihtiyacı, algoritmaları sorgulayan, dönüştüren ve yönlendiren aktif bireylerdir.

3.2. Sonuç: Yapay Zekâ Eğitimi Nasıl Şekillendirecek?

Yapay zekâ (YZ), eğitimin sadece araçlarını değil, aynı zamanda amacını, doğasını ve değer sistemlerini dönüştüren bir paradigma değişiminin taşıyıcısıdır. Bu dönüşüm, eğitim sistemlerini yalnızca teknik olarak değil; epistemolojik, etik ve kültürel düzeylerde de yeniden yapılandırmaktadır. Ancak bu yapılandırma süreci, kendiliğinden iyileştirici bir evrim değil; yönlendirilmesi gereken karmaşık bir toplumsal-teknolojik dönüşüm alanıdır. Yani yapay zekâ eğitimi şekillendirecek ama biz de yapay zekâyla birlikte eğitimi nasıl şekillendireceğimize karar vereceğiz.

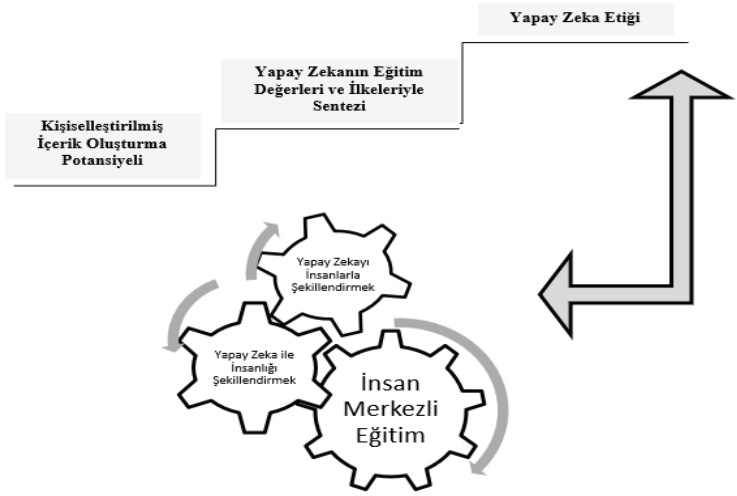
Yapay zekâ destekli eğitim sistemleri, öğrenmenin bireyselleştirilmesi, sürekli geri bildirim, performans tahmini, içerik önerisi, ölçme ve değerlendirme gibi pek çok süreci daha verimli hâle getirebilir. Ancak bu verimlilik, eğer pedagojik derinlik, etik duyarlılık ve kültürel farkındalıkla birlikte düşünülmezse, yüzeysel öğrenme, algoritmik adaletsizlik ve toplumsal eşitsizlik gibi yan etkiler doğurabilir (Selwyn, 2019; Williamson & Piattoeva, 2022). Dolayısıyla eğitimde YZ'nin etkisi, salt "daha iyi öğretim" değil; aynı zamanda "nasıl bir toplum ve nasıl bir insan" sorularını içeren varoluşsal bir mesele hâline gelmektedir.

Geleceğin eğitim sistemleri, yalnızca YZ'yi kullanabilen değil; YZ'nin arkasındaki yapıyı sorgulayan, algoritmaların karar yapısını anlayabilen ve gerektiğinde bu yapıları dönüştürebilen bireyler yetiştirmek zorundadır. Bu da yapay zekânın eğitimi şekillendirme gücünü, insan aklıyla, etikle ve özgürlükle dengeleyecek bir pedagojik model inşa etmeyi gerektirir.

Bu bağlamda, geleceğin eğitiminde YZ şu temel yönelimlerle şekillendirici bir rol oynayacaktır:

1. Eğitimde Etkileşim Modelleri Değişecektir: Öğrenci-öğretmen, öğrenci-sistem ve öğrenci-veri ilişkisi yeniden tanımlanacak; öğretim çok aktörlü ve dinamik hâle gelecektir.
2. Bilişsel Yük Değil, Anlamsal Derinlik Hedeflenecektir: YZ sayesinde bilgiye erişim kolaylaşırken öğretimin amacı bilgiye ulaşmak değil, anlam üretmek olacaktır.
3. Pedagojik Karar Verme Paylaşımlı Hâle Gelecektir: Öğretmen, veriye dayalı sistemlerle iş birliği içinde karar alan, ancak pedagojik özerkliğini koruyan bir aktör olarak yeniden konumlanacaktır.
4. Etik Okuryazarlık Merkezi Hâle Gelecektir: Öğrencilerin sadece ne öğrendikleri değil, öğrenmenin etik bağlamı hakkında bilinçlenmeleri de temel hedeflerden biri olacaktır.
5. Eğitim Politikaları Teknolojik Stratejiyle Bütünleşecektir: Eğitim sistemleri, dijitalleşme stratejilerini insan merkezli değerlerle dengede tutan politika yapıcı yaklaşımlarla yönetilecektir.

Ancak bu geleceğin yönü belirli değildir; potansiyel olarak eşitlikçi, kapsayıcı ve yaratıcı bir eğitim düzeni kurulabileceği gibi; aksine dışlayıcı, denetimci ve tek tipleştirici bir sistem de inşa edilebilir. Bu nedenle YZ'nin eğitimi nasıl şekillendireceği, teknik gelişmeler kadar ahlaki yönelimler, pedagojik tercihler ve kamusal müdahalelerle belirlenecektir.



Şekil 3. Yapay zekânın eğitimi şekillendirme boyutları

Sonuç olarak, yapay zekânın eğitimi şekillendirme gücü kaçınılmazdır ancak bu gücün hangi yönde işleyeceği, insanın kendi kendine ve geleceğe karşı nasıl bir sorumlulukla hareket edeceğine bağlıdır. Eğitim, algoritmalarla birlikte değil; algoritmaları sorgulayan, dönüştüren ve anlamlandıran insanlarla yeniden inşa edilmelidir. Bu da ancak etik temelli, insan onurunu merkeze alan ve teknolojiye eleştirel bakan bir eğitim vizyonuyla mümkün olacaktır.

4. YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ ETİK ÖĞRENME MODELİ (YZDEÖM)

Modelin Amacı ve Gerekçesi

Geleneksel öğretim yaklaşımlarında birey, bilgiye erişim için öğretmenin yönlendirmesine ihtiyaç duyan edilgen bir özne olarak tanımlanırken yapay zekâ (YZ) destekli öğrenme sistemleri, bireyin öğrenme sürecine aktif olarak katılmasını sağlayan, veri temelli ve dinamik bir öğrenme ortamı sunar. Ancak bu sistemlerin öğrenmeyi daha verimli, hızlı ve kişiselleştirilmiş hâle getirmesi kadar, etik açıdan güvenli ve pedagojik olarak anlamlı olması da kritik öneme sahiptir.

Bu bağlamda Yapay Zekâ Destekli Etik Öğrenme Modeli (YZDEÖM), yalnızca bireysel başarıya odaklanan değil, aynı zamanda öğrenen öznelliğini, veri haklarını ve pedagojik adaleti gözeten bir öğrenme sistematiği sunar. Modelin temel iddiası, YZ ile tasarlanan öğrenme ortamlarında öğrencinin yalnızca bir kullanıcı değil, aynı zamanda öğrenme sürecinin etik aktörü ve karar ortağı olması gerektiğidir.

4.1. Kuramsal Temeller

- Vygotsky'nin Sosyokültürel Kuramı: Öğrenme, bireyin sosyal ve kültürel bağlamda inşa ettiği bir süreçtir. YZ sistemlerinin pedagojik bağlama duyarlı olması, öğrenmeyi anlamlı kılar.
- Freire'nin Eleştirel Pedagojisi: Eğitim, öğrencinin yalnızca bilgiye ulaşması değil; bilgiyle ilişkisini sorgulaması sürecidir. Öğrenci; öğrenmede edilgen değil, etik sorgulayıcıdır.
- Yapay Zekâ Etiği (Floridi, 2021): Veriye dayalı karar süreçlerinde şeffaflık, adalet ve hesap verebilirlik ilkeleri temel alınmalıdır.

Modelin Bileşenleri

A. Öğrenen Öznesi

- Algoritmik Farkındalık: Öğrenci; YZ sisteminin önerdiği içerikleri sorgular, körü körüne tüketmez.
- Etik Hassasiyet: Öğrenci, sistemin nasıl karar verdiğini, hangi verilerle çalıştığını öğrenir ve kendi mahremiyetini savunur.
- Öz-Düzenleyici Yetkinlik: Yalnızca sisteme uyum sağlamaz, kendi öğrenme yolunu etik ilkelere göre yeniden şekillendirme becerisi geliştirir.

B. YZ Sistem Bileşeni

- Şeffaf Karar Mekanizmaları: Öğrenciye ve öğretmene, sistemin neden o içeriği önerdiğini açıklayabilen yapı (explainable AI).
- Kültürel ve Sosyal Uyum: YZ sistemleri, öğrenciye yalnızca bilişsel uygunluk değil; aynı zamanda kültürel duyarlılıkla uyumlu içerik sunar.
- Ön Yargı Filtresi: Veriye dayalı ayrımcılık mekanizmaları tespit edilir ve pedagojik önlemlerle dengelenir.

C. Öğretmen Arayüzü

- Veri Yorumlama Yetisi: Öğretmen, öğrenciden gelen dijital veriyi sadece performans olarak değil, pedagojik bağlamda analiz eder.
- Etik Müdahale Hakkı: Algoritmaların önerilerini kabul etmek ya da reddetmek için pedagojik/etik gerekçelerle müdahale edebilir.
- İnsani İlişki ve Rehberlik: YZ'nin sağlayamayacağı duygusal, sezgisel ve değer temelli rehberliği sağlar.

İşleyiş Süreci

1. Veri Toplama: Öğrencinin etkileşimleri dijital ortamda izlenir.
2. Veri Analizi: Sistem öğrenci profiline göre içerik önerir.
3. Etik Denetim: Sistem önerisi, şeffaf şekilde öğrenci ve öğretmenle paylaşılır.
4. İnsan Müdahalesi: Öğretmen/öğrenci öneriyi kabul eder, değiştirir ya da reddeder.
5. Geri Bildirim Döngüsü: Sistem, öğretmen ve öğrenci tercihlerinden öğrenir.

YZDEÖM Senaryosu: “Algoritmanın Sınırında Öğrenmek”

Bağlam:

- Düzey: 10. sınıf öğrencileri
- Alan: Fen Bilimleri – Biyoloji (İnsan Genetiği)
- Teknoloji: Kişiselleştirilmiş öğrenme platformu (YZ destekli), öğretmen paneli, açıklanabilir yapay zekâ (XAI) modülü

Amaç ve Hedefler:

- Öğrencilerin biyolojik mirasla ilgili kavramları YZ destekli içerikler aracılığıyla öğrenmesi
- Öğrencinin YZ’nin sunduğu öğrenme önerileri hakkında bilinçli ve eleştirel karar verebilmesi
- Öğretmenin sistem önerilerini etik gerekçelerle değerlendirebilmesi
- Veri temelli yönlendirme ile pedagojik sezgi arasında denge kurma becerisi kazandırmak

İşleyiş Aşamaları:

1. Başlangıç Etkileşimi:

Öğrenciler, YZ destekli bir sistemde ilk öğrenme döngüsüne başlar. Sistem öğrencinin önceki başarı verilerini, tıklama hızlarını, kelime dağarcığını ve çözüm sürelerini analiz ederek “en uygun öğrenme yolu”nu önerir.

2. Algoritmik Yönlendirme – Açıklama Modülü:

Sistem, “Bu içeriği sana önerdim çünkü genetikteki önceki performansın yüksek, ama protein sentezinde eksik kaldın.” gibi gerekçelendirilmiş açıklamalar sunar.

3. Etik Karar Noktası:

Öğrenci, sistemin önerdiği içeriği ya da başka bir öğrenme yolunu seçebilir. Öğretmen bu süreçte önerilen içeriği, öğrencinin bilişsel profiliyle ve pedagojik ihtiyaçlarıyla karşılaştırır.

4. Görselleştirme ve Geri Bildirim:

Sistem, öğrencinin seçimini ve başarımını gösteren etik geri bildirim ekranları sunar (örneğin: “Bu içeriği tercih ettiğin için öğrenme süren %12 uzadı, ama daha derin kavrayış gösterdin.”)

Etik ve Pedagojik Tartışma Alanları:

- Öğrencinin sistem önerisine itiraz hakkı bir öğrenme hakkı mıdır?
- YZ'nin sunduğu seçenekler gerçekten kişiselleştirme mi yoksa yönlendirme midir?
- Öğretmen öneriyi ne zaman reddetme hakkına sahip olmalıdır?
- Performansa göre öneri sunmak, düşük notlu öğrencileri damgalamak mıdır?

Beklenen Çıktılar:

- Öğrencilerin kendi öğrenme yolları üzerinde bilinç geliştirmesi
- Etik karar süreçlerine dâhil olma deneyimi
- YZ sistemlerinin bir araç olduğunun içselleştirilmesi
- Öğretmenin pedagojik sezgisini algoritmalarla dengeleme becerisi

Kuramsal Dayanaklar:

- Vygotsky: Öğretmenin aracılığı ve sosyal bağlam
- Floridi: Yapay zekâ etiği ve açıklanabilirlik
- Sweller: Bilişsel yük kuramı (sistem önerileri bilişsel dengeyle uyumlu mu?)

5. KRİTİK YZ OKURYAZARLIĞINA DAYALI EĞİTİM TASARIMI (KYOET)

5.1. Modelin Amacı ve Vizyonu

"Kritik YZ Okuryazarlığına Dayalı Eğitim Tasarımı (KYOET)", öğrencilerin yapay zekâya sadece kullanıcı olarak değil; eleştirel düşünceyle yaklaşan, etik değerlere duyarlı ve toplumsal farkındalıkla sorgulayan bireyler olarak katılmalarını sağlamayı amaçlayan bütüncül bir eğitim modelidir.

Bu model, yapay zekâyı bir "kutu" olarak değil, ideolojik bir sistem üreticisi olarak kavrayan ve bu sistemleri sorgulayarak dönüştürebilen teknolojik yurttaşlar yetiştirmeyi hedefler.

5.2. Temel Dayanaklar

- Eleştirel Pedagoji (Giroux, 2011): Öğrenciler teknolojiye yalnızca erişen değil; onun toplumsal yapısını sorgulayan aktörler olmalıdır.

- YZ Etiği ve Veri Adaleti: Her teknoloji, üretildiği değer sistemini taşır. Algoritmalardaki adaletsizlikler görünür kılınmalıdır.
- Dijital Yurttaşlık Kuramı: Birey, dijital araçlarla sadece etkileşen değil; aynı zamanda o araçların sosyal sonuçlarını gözeten bir yurttaş olmalıdır.

5.3. Modelin Katmanları

A. Bilişsel YZ Okuryazarlığı

- Öğrenciler algoritmaların nasıl çalıştığını, öğrenme verilerinin nasıl kullanıldığını öğrenir.
- Temel kavramlar: sınıflandırma, ön yargı, makine öğrenmesi, tahmin modelleri.

B. Etik YZ Farkındalığı

- YZ sistemlerinin karar verirken hangi değerleri dayattığı, hangi grupları dışlayabileceği üzerine tartışmalar yürütülür.
- Öğrenciler algoritmik ayrımcılığı tespit etmeyi öğrenir.

C. Toplumsal Eleştiri ve Senaryo Geliştirme

- Öğrenciler, YZ'nin toplum üzerindeki etkilerine ilişkin distopik ve ütopyacı senaryolar geliştirir.
- Örneğin: "Eğitimde kararları yalnızca algoritmaların verdiği bir toplumda nasıl yaşardık?"

D. Katılımcı Eylem ve Politik Bilinç

- Öğrenciler kendi etik teknoloji bildirilerini hazırlar.
- Okulda uygulanacak YZ araçları için öğrenci temelli denetim sistemleri tasarlanır.

5.4. KYOET Uygulama Alanları

- Lise ve üniversite düzeyinde dijital vatandaşlık eğitimi
- Eleştirel teknoloji pedagojisiyle yapılandırılmış seçmeli dersler
- Öğretmen yetiştirme programlarında hizmet içi seminer dizileri
- Belediyeler veya STK'larla yürütülebilecek halk eğitimi projeleri

Sonuç: Eğitimde İnsan-Makine Eşitlikçi İşbirliği için İki Model

Bu iki model, yapay zekâ çağında insan merkezli, etik temelli, katılımcı ve toplumsal farkındalığı yüksek bir eğitim vizyonunun temel yapı taşlarını oluşturur:

- YZDEÖM, öğrenme süreçlerine yapay zekâyı entegre ederken pedagojik özerkliği, veri etiğini ve insanî ilişkileri önceleyen bir altyapı sunar.
- KYOET ise öğrencilerin ve öğretmenlerin YZ sistemlerini körü körüne kullanmak yerine eleştirel biçimde anlayabildiği, sorgulayabildiği ve dönüştürebildiği bir eğitim kültürünü inşa eder.

KYOET Senaryosu: "Algoritmayı Sorguluyorum: Bir Yapay Zekâ Vatandaşlık Atölyesi"

Bağlam:

- Düzey: 11. sınıf öğrencileri
- Alan: Sosyal Bilgiler – Dijital Yurttaşlık ve Teknoloji Etiği
- Ortam: Atölye çalışması – proje temelli öğrenme
- Teknoloji: ChatGPT, öneri algoritmaları, AI bias simülasyonu

Amaç ve Hedefler:

- Öğrencilerin algoritmik ön yargılar ve karar süreçleri hakkında farkındalık kazanması
- YZ'nin nasıl çalıştığını kavramsal düzeyde anlamak
- Toplumsal adalet bağlamında algoritmaları eleştirebilmek
- Kendi "etik algoritma bildirgesini" üretmek

İşleyiş Aşamaları:

1. Giriş: Ne Olduğunu Bilmeden Kullanmak

Öğrencilere popüler bir YZ aracı (örneğin ChatGPT, YouTube öneri sistemi) kullandırılır. Ardından şu sorular sorulur:

- Bu sistem sana neden bu önerileri sundu?
- Kim belirledi?
- Kim dışarıda kaldı?

2. Yapıbozum: Algoritmaların Anatomisi

Öğrenciler küçük gruplara ayrılır. Her gruba bir örnek vaka verilir:

- "YZ destekli burs değerlendirme sistemi siyah öğrencileri neden daha düşük puanladı?"
- "Bir okulda YZ destekli kamera sistemleri kimin davranışını daha sık izliyor?"

Her grup bu vakayı sorgular, veri kaynaklarını analiz eder.

3. Eylem: Etik Müdahale Geliştirme

Öğrenciler, okulda kullanılabilecek hayalî bir YZ sistemine etik kurallar seti hazırlar:

- Kim hangi verilere erişebilir?
- Karar alma sürecinde öğrenci nerede durur?
- YZ'nin geri bildirim dili nasıl olmalı?

4. Sunum ve Etik Bildiri

Her grup, "Etik Teknoloji Yurttaşı Bildirgesi" yazar ve sunar. Diğer öğrenciler bu bildirileri eleştirir, öneriler sunar.

Etik ve Politik Tartışma Alanları:

- Teknoloji tarafsız mıdır?
- Algoritmik önyargılar nasıl üretilir?
- Kararları makinelerin alması demokrasiye aykırı mıdır?
- Veri, güç ilişkileri üretir mi?

Beklenen Çıktılar:

- YZ'yi salt teknik değil, toplumsal ve etik bağlamda sorgulayan bireyler
- Öğrenci merkezli teknoloji tasarımı farkındalığı
- Dijital vatandaşlık bilinci
- Etik müzakere pratiği

Kuramsal Dayanaklar:

- Freire: Sorgulayan bilinç ve eleştirel farkındalık
- Foucault: Bilgi-güç ilişkisi (veri gözetimi)
- Bandura: Gözlemsel öğrenme + sosyal etki

6. TARTIŞMA

Yapay zekâ, çağdaş eğitim sistemlerini yalnızca biçimsel açıdan değil, aynı zamanda yapısal ve kavramsal düzeyde dönüştüren bir kırılma noktası yaratmaktadır. Bu kırılma, bilginin doğasından pedagojik otoriteye, öğrenme tasarımından eğitim politikalarına kadar geniş bir spektrumda etkili olmaktadır. Ancak bu etkiler homojen, tek yönlü ya da evrensel değildir; aksine YZ'nin eğitimdeki rolü, kapsamlı bir dönüşümün hem itici gücü hem de sınayıcı sınırıdır.

Bu çalışmanın ortaya koyduğu temel çıkarımlardan ilki, YZ'nin pedagojik farklılaşmayı ve öğrenme fırsatlarının kişiselleştirilmesini mümkün kıldığıdır. Öğrencilerin bireysel profillerine göre şekillenen içerikler, veri temelli geri bildirim sistemleri ve öğrenme analitikleri, öğretim sürecinin etkililiğini artırma potansiyeli taşımaktadır. Ancak bu potansiyelin gerçekleştirilmesi, öğretmenin rolünün yalnızca teknik bir aracıya indirgenmemesiyle mümkündür. Öğretmen, algoritmalarla iş birliği içinde ama pedagojik sezgisini ve etik sorumluluğunu koruyarak yeni nesil öğrenme süreçlerinin rehberidir (Knox, 2020).

İkinci olarak, YZ sistemlerinin etik sınırları tartışmasız bir biçimde eğitimin geleceğini belirleyecek ana konulardan biridir. Algoritmik ön yargılar, şeffaf olmayan karar süreçleri, öğrencilerin veriyle temsil edilme biçimleri ve bu verilerin üçüncü taraflarla paylaşımı, eğitimde adalet ve mahremiyet ilkelerini tehdit etmektedir. Eğitimde "öğrenme hakkı", artık yalnızca içerik erişimiyle değil, algoritmik eşitlik, veri hakkaniyeti ve etik öngörü ile tanımlanmalıdır (Eubanks, 2018; Floridi, 2021).

Üçüncü olarak, YZ'nin şekillendirdiği eğitim sistemleri, yalnızca bireysel performansa odaklanan değil; aynı zamanda kültürel çeşitliliği, toplumsal eşitliği ve demokratik yurttaşlığı güçlendiren modellerle birlikte düşünülmelidir. Eğitim yalnızca bireysel becerilerin gelişimi değil; aynı zamanda kamusal alanın yeniden inşasıdır. Bu nedenle eğitim politikalarının, teknoloji üreticilerinin değil; eğitimcilerin, öğrencilerin ve toplumun tüm paydaşlarının katılımıyla tasarlanması gereklidir (Peters & Jandrić, 2019).

Son olarak, YZ'nin eğitimi nasıl şekillendireceği sorusu teknik değil; politik ve felsefi bir sorudur. Bu soru, "Hangi araçlarla öğreteceğiz?" değil, "Nasıl bir insan yetiştirmek istiyoruz?" sorusuyla birlikte düşünülmelidir.

Dolayısıyla geleceğin eğitim sistemleri, teknolojiyi değil; teknolojiyi nasıl yöneteceğimizi, onunla birlikte nasıl anlam kuracağımızı ve insan olmanın ne demek olduğunu yeniden tanımlayacağımız yerler olmalıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay zekâ, eğitim alanında artık bir teknoloji olmaktan çıkıp öğrenmenin doğasını, kültürel bağlamını ve insanın bilgiyle kurduğu ilişkiyi yeniden şekillendiren bir güç hâline gelmiştir. Bugünün sınıflarında YZ, öğrenciye hızla uyum sağlayan içerikler sunmakta, öğretmene anlık veri akışı sağlamaktadır; fakat bütün bunlar, eğitimin özündeki insani dokuyu zayıflatmamak için dikkatle yönetilmesi gereken bir dönüşümü de beraberinde getirmektedir.

Bu kitap boyunca tartıştığımız temel fikirlerden biri şudur: Yapay zekâ, öğrenmenin merkezine insanın kendisini koyduğu sürece anlamlıdır. Çünkü öğrenme, yalnızca bilgi aktarımı değil; kültürle temas, değerlerle etkileşim, toplumsallaşma ve kişisel anlam inşasıdır. Algoritmalar, ne kadar gelişmiş olursa olsun, bu çok katmanlı insan deneyimini tek başına taşıyamaz. Bu nedenle eğitimde yapay zekâ, değişimin kaynağı değil; değişimi insan merkezli biçimde yöneten bir ortak olmalıdır.

YZ destekli modellerin sunduğu hız, kişiselleştirme ve verimlilik etkileyici olmakla birlikte, öğrenmenin yalnızca "hesaplanabilir" tarafını görünür kılar. Oysa çocuğun merakı, sezgisi, sosyal ilişkileri ve duygusal ihtiyaçları sayısallaştırılamayacak kadar derindir. Bu yüzden eğitimin geleceği, teknolojiyi reddeden bir yaklaşımda değil; teknolojiyi insanın içsel potansiyelini güçlendiren bir çerçeveye yerleştirmekte şekillenecektir.

Bu noktada öğretmenin rolü daha önce hiç olmadığı kadar değer kazanıyor. Öğretmen artık yalnızca bilgiyi aktaran değil; bilgiyi yorumlayan, dijital sistemleri pedagojik süzgeçten geçiren, öğrenciyi algoritmaların tek sesliliğinden koruyan bir insan rehber hâline geliyor. YZ'nin sunduğu veriler öğretmene güç katarken, nihai kararı hâlâ öğretmenin vermesi; eğitimin etik, kültürel ve insani yönlerini dengede tutmayı mümkün kılıyor.

Etik ve kültürel sorunlar da bu dönüşümün ayrılmaz bir parçası. Verilerin nasıl kullanıldığı, algoritmaların kime hizmet ettiği, kültürel çeşitliliğin nasıl korunduğu gibi sorular artık yalnızca teknik meseleler değil; eğitimin

adaletini ve toplumsal bütünlüğünü belirleyen kritik unsurlar. YZ'nin öğrenme süreçlerinde yerleşik hâle geldiği bir dünyada eğitim sistemleri, yalnızca teknolojiyi değil aynı zamanda değerleri, kimlikleri ve kültürel çeşitliliği de korumakla yükümlüdür.

Sonuç olarak, yapay zekânın eğitime girişi bir dönüm noktasıdır fakat bu dönüm noktası yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda felsefi, pedagojik ve toplumsal bir yeniden düşünme sürecidir. Geleceğin eğitim sisteminin gücü, yapay zekâyı ne kadar iyi kullandığımızdan daha çok, onu insani anlam ve etik bir bakış açısı ile ne kadar uyumlu çalıştırabildiğimizle ölçülecektir.

Bu kapsamda ise aşağıda sunulan öneriler, yapay zekâ çağında eğitimi hem insani niteliğini koruyan hem de teknolojik olanaklarını akıllıca kullanan bir yapıya kavuşturmak için somut bir yol haritası sunmaktadır.

1. Yapay zekâ sistemleri şeffaf ve anlaşılır olmalıdır.

- Gerekçe: Öğrencinin ve öğretmenin kullandığı sistemin "neden böyle bir karar verdiğini" bilmesi, güven inşa eder. Şeffaf olmayan algoritmalar hem pedagojik hem etik risk taşır.
- Öneri: Kullanılan tüm YZ araçları, karar mantığını kullanıcıya açıkça gösteren bir açıklama paneline sahip olmalıdır.

2. Öğretmenler için eleştirel dijital pedagojiyi odağa alan eğitim programları hazırlanmalıdır.

- Gerekçe: YZ verileri ancak öğretmenin pedagojik sezgisiyle birleştiğinde anlamlıdır. Öğretmen sistemin yönlendirmesine kapılmadan, veriyi akıllıca yorumlayabilmelidir.
- Öneri: Hizmet içi ve hizmet öncesi programlara YZ etiği, veri okuryazarlığı ve algoritmik adalet modülleri eklenmelidir.

3. Dijital içerikler yerel kültürle uyumlu hâle getirilmelidir.

- Gerekçe: Kültürel çeşitliliği gözetmeyen algoritmalar öğrenmeyi tek tipleştirir ve toplumsal aidiyeti zayıflatır.
- Öneri: YZ tabanlı öğrenme içeriklerinin kültürel uyumu için uzman ekipler tarafından düzenli değerlendirme yapılmalıdır.

4. Dijital eşitsizlikleri azaltmaya yönelik özel destek mekanizmaları oluşturulmalıdır.

- Gerekçe: Teknolojiye erişimi olmayan öğrenciler, yapay zekâ temelli öğrenme süreçlerinin doğal dışlayıcıları hâline gelir.
- Öneri: Dezavantajlı bölgeler için cihaz, internet ve yazılım desteği sağlayan sürdürülebilir fon modelleri oluşturulmalıdır.

5. Öğrenci değerlendirmesinde yapay zekâ yalnızca yardımcı bir araç olmalıdır.

- Gerekçe: Öğrenme, yalnızca veriyle açıklanamayacak kadar çok boyutludur. YZ çıktılarının belirleyici hâle gelmesi çocukları mekanik bir öğrenme döngüsüne sıkıştırır.
- Öneri: Değerlendirme süreçlerinde YZ analizleri destekleyici unsur olarak kullanılmalı; asıl karar öğretmenin bütüncül gözlemine dayanmalıdır.

6. Öğrenciler için eleştirel yapay zekâ okuryazarlığı programları geliştirilmelidir.

- Gerekçe: Dijital çağda demokratik katılım, algoritmaların nasıl çalıştığını anlayan bireyler gerektirir.
- Öneri: Ortaokuldan itibaren öğrencilere veri ön yargısı, algoritmik yönlendirme ve dijital etik gibi konuları içeren modüller kazandırılmalıdır.

7. Yapay zekâ uygulamaları etik kurallar çerçevesinde düzenli olarak denetlenmelidir.

- Gerekçe: Etik denetim olmadan kullanılan teknolojiler, eğitimde adalet dengesini bozabilir.
- Öneri: Eğitim kurumlarında çok disiplinli etik denetim kurulları oluşturulmalı ve düzenli raporlamalar yapılmalıdır.

8. Öğretmenin rolünü güçlendiren hibrit öğretim tasarımları kullanılmalıdır.

- Gerekçe: İnsan etkileşimi eğitimin temelidir. YZ'nin öğretmenin yerine geçtiği modeller, öğrenmenin insani boyutunu zayıflatır.
- Öneri: YZ önerileri öğretmenin onayıyla ders akışına alınmalı; öğretim süreci insan rehberliğini merkeze alacak şekilde tasarlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Anderson, T. (2008). The theory and practice of online learning (2nd ed.). AU Press.

Arendt, H. (1958). The human condition. University of Chicago Press.

Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. In J. A. Larusson & B. White (Eds.), Learning analytics: From research to practice (pp. 61–75). Springer.

Bandura, A. (1986). Social foundations of thought and action: A social cognitive theory. Prentice-Hall.

Binns, R. (2018). Fairness in machine learning: Lessons from political philosophy. Proceedings of the 2018 Conference on Fairness, Accountability and Transparency, 149–159.

Bloom, B. S. (1956). Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain. Longmans.

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (2000). How people learn: Brain, mind, experience, and school. National Academy Press.

Bruner, J. S. (1966). Toward a theory of instruction. Harvard University Press.

Burrell, J. (2016). How the machine 'thinks': Understanding opacity in machine learning algorithms. Big Data & Society, 3(1), 1–12.

Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning (4th ed.). Wiley.

Dewey, J. (1938). Experience and education. Macmillan.

Eubanks, V. (2018). Automating inequality: How high-tech tools profile, police, and punish the poor. St. Martin's Press.

Floridi, L. (2021). The ethics of artificial intelligence. Oxford University Press.

Floridi, L., & Cowls, J. (2019). A unified framework of five principles for AI in society. Harvard Data Science Review, 1(1), 1–15.

Freire, P. (1970). Pedagogy of the oppressed. Continuum.

Hayles, N. K. (1999). How we became posthuman: Virtual bodies in cybernetics, literature, and informatics. University of Chicago Press.

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. Center for Curriculum Redesign.

Knox, J. (2020). Artificial intelligence and education in China. Learning, Media and Technology, 45(3), 298–311.

Kuhn, T. S. (1962). The structure of scientific revolutions. University of Chicago Press.

Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 1–16.

Luckin, R. (2018). Machine learning and human intelligence: The future of education for the 21st century. UCL IOE Press.

Luckin, R., & Holmes, W. (2016). Intelligence unleashed: An argument for AI in education.

OECD, (2021). AI and the future of skills, volume 1: Capabilities and assessments. https://doi.org/10.1787/3bf88f00-en

Pane, J. F., Steiner, E. D., Baird, M. D., & Hamilton, L. S. (2015). Continued progress: Promising evidence on personalized learning. RAND Corporation.

Peters, M. A. (2020). The pedagogical unconscious in AI-based learning. Educational Philosophy and Theory, 52(4), 384–391.

Peters, M. A., & Jandrić, P. (2019). Education and the human in the age of artificial intelligence: Charting a democratic future. Educational Philosophy and Theory, 51(8), 729–745.

Piaget, J. (1952). The origins of intelligence in children. International Universities Press.

Selwyn, N. (2019). Should robots replace teachers? AI and the future of education. Polity Press.

Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2(1), 3–10.

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. Cognitive Science, 12(2), 257–285.

Tuomi, I. (2018). The impact of artificial intelligence on learning, teaching, and education: Policies for the future. JRC Science for Policy Report. https://doi.org/10.2760/12297

UNESCO, (2021). AI and education: Guidance for policy- makers. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377071

Vygotsky, L. S., & Cole, M. (1978). Mind in society: Development of higher psychological processes. Harvard university press.

Williamson, B. (2019). Policy networks, performance metrics and platform markets: Charting the expanding data infrastructure of higher education. British Journal of Educational Technology, 50(6), 2794–2809.

Williamson, B., & Piattoeva, N. (2022). Education governance and datafication. In K. Gulson, P. Taylor Webb, & T. Courtois (Eds.), Policy and inequality in education (pp. 161–176). Springer.

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(1), 1–27.

BÖLÜM 9
EĞİTİMDE YAPAY ZEKÂ KULLANIMI

Yunus Özdemir

ÖZET

Bu bölüm, yapay zekânın (YZ) eğitim alanındaki rolünü ve potansiyel uygulamalarını kapsamlı bir literatür taraması ekseninde analiz etmektedir. Çalışma, öncelikle yapay zekâ, makine öğrenmesi, derin öğrenme, doğal dil işleme ve üretken yapay zekâ gibi temel kavramları tanımlayarak teorik bir çerçeve sunmakta ve ChatGPT, Gemini, Microsoft Copilot gibi güncel sistemleri tanıtmaktadır. İkinci olarak bölüm, YZ'nin pratik eğitim uygulamalarına odaklanmaktadır; bu doğrultuda öğrencilere yönelik kişiselleştirilmiş öğrenme patikaları, otomatik değerlendirme ve geri bildirim mekanizmaları ile erişilebilirlik ve kapsayıcılık çözümleri detaylandırılmaktadır. Eş zamanlı olarak, öğretmenlerin ders planı ve materyal geliştirme, sınav sorusu hazırlama ve öğrenci gelişimini izleme gibi görevlerini otomatize eden YZ araçlarının sunduğu faydalar incelenmektedir. Son olarak akıllı öğretim sistemleri (ITS) ve uzak okuma gibi yenilikçi pedagojik yaklaşımlara da değinilen bölümde, veri gizliliği, algoritmik ön yargı ve akademik dürüstlük başta olmak üzere YZ kullanımının getirdiği etik ve pedagojik sorunlar tartışılarak konuya bütüncül bir bakış açısı sağlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Eğitimde Yapay Zekâ, Kişiselleştirilmiş Öğrenme, Üretken Yapay Zekâ, İstem Mühendisliği

GİRİŞ

Yapay zekânın eğitimde yükselen rolü

Yapay zekâ (YZ) teknolojileri son yıllarda eğitim alanında kayda değer bir ilgi görmektedir ve yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Alkan, 2024). UNESCO'ya göre YZ, "eğitimdeki en büyük zorlukları çözme, öğretim ve öğrenme uygulamalarını yenileme" potansiyeline sahiptir (UNESCO, 2024). Benzer şekilde, yapay zekânın kullanımının son beş yılda eğitim sistemlerini kapsamlı biçimde şekillendirdiği (Allam vd., 2023); eğitimde öğrenme uygulamalarını geliştirebileceği, öğretmenleri destekleyebileceği ve öğrencilere daha kişiselleştirilmiş öğrenme fırsatları sunabileceği (Bojorquez ve Vega, 2023) vurgulanmaktadır.

Bu kitap bölümünde, eğitimde yapay zekânın yükselen rolünün kapsamlı bir literatür taraması ile irdelenmesi amaçlanmıştır. Yapılan sistematik incelemeler, eğitimde yapay zekânın (AIED) çok boyutlu bir araştırma alanı olarak geliştiğini, uygulama çeşitliliği gösterdiğini, ancak kuramsal temellendirme ve metodolojik olgunluk açısından ilerlemeye açık olduğunu göstermektedir. Wang vd. (2024), AIED araştırmalarının akıllı öğretim sistemlerinden öğrenci modellemeye kadar geniş bir uygulama yelpazesini kapsadığını belirtirken Bond vd. (2024) özellikle son beş yıldaki yükseköğretim odaklı çalışmalarda güncel eğilimleri ortaya koymuştur. Boussouf vd. (2024) ise yapay zekâ ile eğitim arasındaki etkileşimin dönüştürücü potansiyeline ve araştırma zorluklarına dikkat çekmiştir. Ayrıca Tlili (2024), bilgisayar bilimleri eğitiminde yapay zekânın öğrenme başarısı üzerindeki olumlu etkisini meta-analizle doğrulamış ancak bu etkinin bağlamsal ve uygulamaya özgü faktörlerden etkilendiğini vurgulamıştır (Mustafa vd., 2024). Bu bulgular, eğitimde yapay zekânın güçlü ve zayıf yönlerini ortaya koyarak eğitim politikaları ve uygulamaları için kapsamlı içgörüler sağlamaktadır. Bu nedenle bu bölümde eğitimde YZ uygulamalarına dair güncel akademik makaleler ve resmî raporlar üzerinden genel bir inceleme sunulacak; aynı zamanda somut örnekler verilerek YZ'nin eğitimde nasıl kullanılabileceği gösterilecektir.

Bölümün amacı, kapsamı ve kullanılan yöntem

Bu bölüm, yapay zekânın eğitimdeki potansiyel kullanım alanlarını kapsamlı bir şekilde incelemeyi amaçlamaktadır. Yapay zekânın temel kavramlarından başlanarak önde gelen YZ teknolojilerinin eğitimdeki uygulamalara, öğrenme süreçlerine ve öğretmenlerin rollerine etkilerine odaklanılacaktır. Bunların yanı sıra, akıllı öğretim sistemleri ve somut uygulama örnekleri detaylandırılacaktır. Ayrıca, etik ve pedagojik boyutlar derinlemesine irdelenecek olup veri gizliliği ve güvenliği, algoritmik ön yargı, prompt (istem) mühendisliğinin yanıltıcı etkileri, sınırlılıklar ve yanıltıcı yanıt riskleri, eşit erişim sorunları, akademik dürüstlük, eleştirel düşünme ve yaratıcılığın korunması gibi kritik konular tartışılacaktır. Son olarak, eğitimde YZ'nin geleceğine yönelik perspektifler ve potansiyel gelişmeler sunulacaktır.

Bölüm, literatür taraması ve güncel örnek olay incelemelerini temel alarak APA 7 stilinde atıflar ve kaynakça ile akademik bir çerçevede hazırlanmıştır.

1. TEMEL KAVRAMLAR VE YAPAY ZEKÂ TEKNOLOJİLERİ

Alan Turing (1950), "Bir makine düşünebilir mi?" sorusuna yanıt aramak yerine, bir makinenin insan gibi davranıp davranamayacağını ölçmek için Turing testini öne sürmüştür. Bu teste göre; bir bilgisayar, yazılı sorulara verdiği yanıtlarla insandan ayırt edilemezse zeki kabul edilir. Testi geçmek için bir sistemin doğal dil işleme, bilgi temsili, otomatik akıl yürütme ve makine öğrenmesi gibi yeteneklere sahip olması gerekir. Bazı araştırmacılar, fiziksel etkileşimi de içeren genişletilmiş Turing testini önererek bilgisayarlı görü ve robotik gibi alanları da sürece dâhil etmişlerdir. Ancak, yapay zekâ araştırmacıları, zekânın temel ilkelerini anlamaya odaklanmanın, testi geçmeye çalışmaktan daha önemli olduğunu savunmaktadır. Tıpkı yapay uçuşun kuşları taklit etmek yerine aerodinamik prensipleri keşfetmekle başarıya ulaşması gibi, yapay zekâ da insan benzeri davranışları taklitten ziyade temel bilişsel süreçleri modellemeyi hedefler.

1.1. Yapay Zekâ, Makine Öğrenmesi, Doğal Dil İşleme, Üretken YZ Gibi Temel Kavramların Kısa Açıklamaları

1.1.1. Yapay Zekâ

Yapay zekâ (Artificial Intelligence, AI, bilgisayarların insan benzeri zekâ gerektiren görevleri yerine getirebilme yeteneğidir. Bu; öğrenme, problem çözme, algılama ve dil anlama gibi bilişsel süreçleri içerir (Russell & Norvig, 2021). YZ sistemleri, görüntüleri tanıyabilir, metin üretebilir ve büyük veri kümelerinden öğrenerek geleceğe yönelik tahminlerde bulunabilir. Bu sistemlerin temel çalışma prensibi, metin, görüntü, video ve ses gibi farklı veri türlerini sayısal temsillerine dönüştürerek aralarındaki kalıpları ve ilişkileri matematiksel olarak tanımlamaktır.

1.1.2. Makine Öğrenmesi

Makine öğrenmesi (Machine Learning, ML, yapay zekânın bir alt dalı olup, bilgisayarların veriden öğrenerek performanslarını geliştirmesini sağlar. Bu süreçte sistemler açıkça programlanmadan örüntüleri tanır ve karar verir (Mitchell, 1997). Özetle verilerden öğrenerek gelecekteki olayları tahmin etmesini veya kararlar almasını sağlayan algoritmalara odaklanır.

Makine öğrenimi, bağımsız olarak kullanılabileceği gibi, daha karmaşık YZ tekniklerini desteklemek için de bir dizi istatistiksel teknik sunar.

1.1.3. Derin Öğrenme

Derin öğrenme (deep learning), makine öğrenmesinin bir alt alanı olarak, bilgisayarların verilerden karmaşık kavramları hiyerarşik bir yapıyla (katmanlı sinir ağları) otomatik olarak öğrenmesini sağlayan bir yöntemdir. Deneyimden öğrenme prensibiyle çalışan bu sistemler, insan müdahalesi olmadan örüntüleri tanımlayabilir ve görüntü tanıma, doğal dil işleme gibi ileri düzey görevleri gerçekleştirebilir (Goodfellow vd., 2016). Örneğin; eğitimde bir derin öğrenme modeli, öğrencilerin çevrim içi etkileşimlerini analiz ederek öğrenme stillerini sınıflandırabilir ve her öğrenci için en uygun içeriği otomatik olarak önerebilir.

1.1.4. Doğal Dil İşleme

Doğal dil işleme (Natural Language Processing, NLP), bilgisayarların insan dilini anlama, yorumlama ve üretme yeteneğini geliştiren yapay zekâ alanıdır. Metin ve konuşma verileri üzerinde çalışarak dil tabanlı uygulamalar geliştirir (Jurafsky & Martin, 2023). Doğal dil işleme, insan iletişimi ile bilgisayar anlayışı arasındaki boşluğu doldurmada kritik bir rol oynamaktadır. Bu teknoloji, kelime anlam ayrımı, duygu analizi, makine çevirisi ve konuşmadan metne ve metinden konuşmaya dönüştürme gibi çeşitli yetenekleri kapsamaktadır. YZ'nin etkileşimli uygulamalarının (sohbet robotları, akıllı asistanlar, otomatik geri bildirim, otomatik dil çeviri sistemleri vb.) temelini oluşturmaktadır.

1.1.5. Üretken Yapay Zekâ

Üretken yapay zekâ (Generative AI), yeni içerik (metin, görüntü, ses vb.) oluşturabilen modelleri ifade etmektedir. Bu modeller, mevcut verilerden öğrenerek özgün ve yaratıcı çıktılar üretir (Goodfellow vd., 2016).

Yapay zekâ (YZ) teknolojileri son yıllarda hızla gelişerek farklı alanlara özel çözümler sunabilecek düzeye ulaşmıştır. Bu gelişim sürecinde, YZ'nin genel çerçevesi içerisinde yer alan makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi alt alanlar, daha karmaşık ve özelleşmiş görevleri yerine getirebilen sistemlerin geliştirilmesini mümkün kılmıştır (Luckin ve Holmes,

2016). Bu hiyerarşik yapı, özellikle eğitim gibi dinamik alanlarda, yapay zekânın yalnızca genel bir teknoloji entegrasyonu olarak değil, belirli pedagojik ihtiyaçlara göre özelleştirilmiş çözümler sunabilecek bir araç olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir.

YZ sistemlerinin çalışabilmesi için verilerin sayısal temsillere dönüştürülmesi ve bu temsiller aracılığıyla kalıpların matematiksel olarak tanımlanması gerekmektedir (Goodfellow vd., 2016). Bu nedenle yapay zekâ sistemlerinin büyük hacimli, doğru ve kaliteli veri kümelerine ve yüksek işlem gücüne kritik düzeyde bağımlı olduğu söylenebilir. Bu durum özel bir amaç doğrultusunda eğitilecek YZ modellerinin entegrasyonunun yalnızca yazılımsal değil, aynı zamanda donanımsal ve veri yönetimi boyutlarında da güçlü altyapılar gerektirdiğini göstermektedir.

Yapay zekâ alanındaki temel kavramlar genellikle birbiriyle iç içe geçmiş durumdadır. Bu kavramların hiyerarşik yapısını anlamak hem teorik çerçeveyi kavramak hem de uygulama alanlarını doğru konumlandırmak açısından önemlidir. Aşağıdaki grafik, yapay zekâdan başlayarak büyük dil modellerine kadar uzanan kavramsal bir yapı sunmaktadır. Bu yapı, genel olandan özele doğru ilerleyen bir piramit biçiminde görselleştirilmiştir.



Grafik 1. Yapay Zekâ Hiyerarşisi

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Grafikte görüldüğü üzere, yapay zekâ en geniş çerçeveyi oluşturarak temel kavramları kapsarken makine öğrenmesi bu alanın veri odaklı öğrenme süreçlerini temsil eder. Derin öğrenme, makine öğrenmesinin sinir ağı temelli özel bir alt alanıdır. Doğal dil işleme ise insan diliyle ilgili görevleri üstlenen bir uygulama alanı olarak karşımıza çıkar. En üst düzeyde yer alan büyük dil modelleri, derin öğrenme teknikleri kullanılarak geliştirilen ve doğal dil işleme alanında devrim niteliği taşıyan modelleri temsil eder. Bu hiyerarşi, teknolojik gelişmelerin ne denli katmanlı bir yapı içinde ilerlediğini göstermektedir.

1.2. Başlıca Yapay Zekâ Sistemleri: ChatGPT, Claude, Gemini, Deepseek, MS Copilot

Yapay zekâ (YZ) sistemleri, son yıllarda teknolojik gelişmelerin öncüsü hâline gelmiştir. Bu sistemler; dil işleme, görüntü tanıma, sesli yanıt sistemleri ve robotik gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Aşağıda, günümüzde öne çıkan başlıca YZ sistemlerinin tanımları ve temel özellikleri sunulmaktadır.

ChatGPT (OpenAI): ChatGPT, OpenAI tarafından geliştirilen ve insan benzeri diyaloglar kurabilen bir yapay zekâ modelidir. GPT-3.5 tabanlı olarak eğitilmiş ve insan geri bildirimleriyle optimize edilmiştir. Kullanıcıların sorularına anlamlı ve bağlamsal yanıtlar vererek, metin tabanlı görevlerde yüksek performans sergiler (OpenAI, 2023).

Claude (Anthropic): Claude, Anthropic tarafından geliştirilen, güvenli, dürüst ve zararsız yapay zekâ sistemleri üzerine odaklanmış bir model ailesidir. Diyalog tabanlı görevlerde yüksek doğruluk ve güvenilirlik sunar, aynı zamanda jailbreak saldırılarına karşı dirençlidir (Anthropic, 2023).

Gemini (Google DeepMind): Gemini, Google DeepMind'in geliştirdiği, metin, görüntü, ses ve video gibi çoklu modaliteleri anlayabilen ve işleyebilen bir yapay zekâ modelidir. Gemini 2.5 Pro, güçlü akıl yürütme ve kodlama yetenekleriyle öne çıkar ve karmaşık görevlerde yüksek performans sergiler (Google DeepMind, 2025).

DeepSeek: DeepSeek, Çin merkezli bir yapay zekâ şirketidir ve düşük maliyetli, açık kaynaklı büyük dil modelleri geliştirmektedir. R1 modeli, hızlı ve etkili bir şekilde geliştirilmiş olup, Batılı teknoloji devlerine karşı rekabetçi bir alternatif sunmaktadır (DeepSeek, 2024).

Microsoft Copilot: Microsoft Copilot, Microsoft 365 uygulamalarıyla entegre çalışan, kullanıcıların iş akışlarını iyileştiren bir yapay zekâ asistanıdır. Kullanıcıların doğal dildeki komutlarına yanıt vererek, içerik oluşturma ve veri analizi gibi görevlerde yardımcı olur (Microsoft, 2023).

2. EĞİTİMDE YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI

2.1. Öğrenme Süreçlerinde AI Kullanımı

Son yıllarda yapay zekâ (YZ), öğrenme ortamlarında öğrenci merkezli uygulamaların yaygınlaşmasına olanak sağlayarak öğretim süreçlerinin daha esnek, etkili ve bireyselleştirilmiş hâle gelmesine katkıda bulunmaktadır. Yapay zekâ sistemleri, büyük veri analitiği ve makine öğrenmesi algoritmalarıyla öğrencilerin bireysel özelliklerini, öğrenme düzeylerini ve ihtiyaçlarını analiz edebilmekte; bu veriler doğrultusunda farklı öğrenciler için farklı öğrenme yolları önerebilmektedir. Özellikle çevrim içi öğrenme platformlarında kullanılan yapay zekâ tabanlı sistemler, sadece içerik sunmakla kalmaz, aynı zamanda öğrenci performansını izleyerek anlık geri bildirimler sağlar, öğrenme materyallerini otomatik olarak uyarlar ve öğrencinin öğrenme sürecine aktif katılımını artırmayı hedefler. Bu tür uygulamalar, öğrenme süreçlerinin daha kapsayıcı ve erişilebilir hâle gelmesine de önemli katkılar sunmaktadır.

2.1.1. Kişiselleştirilmiş Öğrenme

Yapay zekâ teknolojilerinin eğitim alanındaki en önemli katkılarından biri, kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunma potansiyelidir (Chen, Chen & Lin, 2020). Kişiselleştirilmiş öğrenme; her öğrencinin bireysel öğrenme hızı, tercihleri ve ihtiyaçlarına göre öğretim içeriğinin ve yöntemlerinin uyarlanması anlamına gelmektedir (Costa vd., 2021). Makine öğrenmesi algoritmaları, öğrencilerin öğrenme modellerini analiz ederek optimal öğrenme yollarını belirleyebilir. Örneğin; öğrencinin hangi konularda zorlandığını, hangi öğretim yöntemlerine daha iyi yanıt verdiğini ve ne kadar sürede konuları kavrayabildiğini tespit edebilir. Bu veriler doğrultusunda sistem, öğrenciye en uygun içerikleri, alıştırmaları ve öğretim stratejilerini otomatik olarak seçer. Araştırmalar, kişiselleştirilmiş öğrenme sistemlerinin öğrenci başarısını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir (Chen, 2011; Christodoulou & Angeli, 2022; Tseng vd., 2008).

Kişiselleştirilmiş öğrenme, yapay zekânın eğitimdeki dönüştürücü gücünün somut bir örneğini teşkil eder ve öğrencilere öğrenme süreçlerinde daha fazla kontrol ve özgürlük sunar. Yapay zekâ destekli sistemler, öğrencilerin öğrenme süreçlerini optimize ederek daha etkili ve verimli bir öğrenme deneyimi sağlar (Kamalov vd., 2023). Öğrencilerin güçlü ve zayıf yönlerini belirleyerek öğrenme materyallerini ve hızını bireysel ihtiyaçlara göre uyarlar (Lizano-Sánchez vd., 2025). Bu sayede, her öğrenci kendi potansiyelini en üst düzeye çıkarabilir ve öğrenme hedeflerine daha kolay ulaşabilir. Geleneksel eğitim yöntemlerinde, öğretmenler genellikle tüm sınıfa aynı içeriği aynı hızda sunmak zorundadır, bu da bazı öğrencilerin geride kalmasına veya sıkılmasına neden olabilir. Kişiselleştirilmiş öğrenme sayesinde, öğrenciler kendi öğrenme hızlarında ilerleyebilir ve ilgi alanlarına yönelik konulara daha fazla odaklanabilir. Bu yaklaşım, öğrenme motivasyonunu artırır ve öğrencilerin derse katılımını teşvik etme potansiyeline sahiptir.

2.1.2. Otomatik Geri Bildirim ve Değerlendirme

Yapay zekâ, öğrencilere anında ve detaylı geri bildirim sağlama konusunda devrim niteliğinde değişiklikler yaratmaktadır. Geleneksel değerlendirme yöntemlerinde öğrenciler, öğretmenlerinden geri bildirim almak için günler hatta haftalar beklemek zorundayken, AI destekli sistemler gerçek zamanlı geri bildirim sunabilir (Hwang & Tu, 2021). Doğal dil işleme teknolojileri, öğrencilerin yazılı çalışmalarını analiz ederek dil bilgisi hatalarını tespit edebilir, yazım yanlışlarını düzeltebilir ve hatta içerik kalitesi hakkında öneriler sunabilir. Öğrencilere hızlı ve yapıcı geri bildirim sağlamak, öğrenme süreçlerini iyileştirmede kritik bir rol oynar (Kaledio vd., 2024).

Yapay zekâ destekli geri bildirim sistemleri, öğrencilerin hatalarını anında görmelerini ve düzeltmeler yapmalarını sağlayarak öğrenmeyi daha etkili hale getirir. Ayrıca öğrencilerin yeni kavramları öğrenmeleri veya mevcut bilgilerini pekiştirmeleri için sorular hazırlayarak alıştırma yapmalarına olanak tanır. Bu tür sistemler, öğrencilerin eksiklerini tespit ederek onlara özel öğrenme materyalleri sunabilir ve böylece öğrenme süreçlerini kişiselleştirebilir.

Doğal dil işleme (NLP) teknolojileri, öğrencilerin yazılı çalışmalarını analiz ederek dil bilgisi hatalarını tespit edebilir, yazım yanlışlarını düzeltebilir ve hatta içerik kalitesi hakkında öneriler sunabilir. Örneğin, Grammarly

gibi araçlar milyonlarca öğrenci tarafından yazma becerilerini geliştirmek için kullanılmaktadır (Ding ve Zou, 2024). Bu bağlamda, yapay zekâ destekli araçların kullanımı, öğrencilerin yazma becerilerini geliştirmelerine ve daha iyi yazarlar olmalarına yardımcı olabilir (Phan, 2023).

2.1.3. Erişilebilirlik ve Kapsayıcılık Çözümleri

Yapay zekâ, özel ihtiyaçları olan öğrenciler için eğitimin erişilebilirliğini artıran önemli çözümler sunmaktadır. Bu teknolojiler, engelli öğrencilerin eğitim süreçlerine daha etkin katılımını sağlamakta ve eğitimde fırsat eşitliğini desteklemektedir (Hussein vd., 2025).

Metin Okuma Teknolojileri: Görme engelli veya disleksi gibi öğrenme güçlükleri olan öğrenciler için metinden konuşmaya (text-to-speech) teknolojileri büyük önem taşır. Bu sistemler, yazılı içerikleri doğal insan sesine yakın kalitede seslendirebilir ve öğrencilerin dinleme yoluyla öğrenmelerini destekler (Mendi & Bayrak, 2013; Rivero, 2023).

Çeviri Teknolojileri: Farklı dillerde eğitim alan öğrenciler için yapay zekâ destekli çeviri sistemleri kritik bir rol oynamaktadır. Google Translate, DeepL gibi platformlar, öğrencilerin ana dillerinde olmayan içerikleri anlayabilmelerine yardımcı olur (Kong, 2022). Son yıllarda bu sistemlerin doğruluğu önemli ölçüde artmış ve eğitimde kullanımları yaygınlaşmıştır.

Konuşma Tanıma: Fiziksel engeli nedeniyle yazamayan öğrenciler için konuşma tanıma teknolojileri alternatif bir girdi yöntemi sunar. Bu sistemler, öğrencilerin sesli komutlarını metne dönüştürebilir ve eğitim aktivitelerine katılımlarını kolaylaştırır (Ok vd., 2022; Tang vd., 2004).

2.1.4. Uzak Okuma ve Yapay Zekâ

Uzak okuma (distant reading), İtalyan-Amerikan edebiyat teorisyeni Franco Moretti tarafından 2000 yılında geliştirilen ve dijital beşerî bilimler alanında devrim yaratan bir yaklaşımdır (Kedrova, 2022). Bu metodoloji, geleneksel yakın okuma (close reading) yaklaşımının aksine, büyük metin korpuslarını bilgisayarlı analiz yöntemleriyle incelemeyi amaçlar (Hackler ve Kirsten, 2016). Moretti'nin "Yakın Okuma Değil, Uzak Okuma" sloganıyla özetlenen bu yaklaşım, edebiyat tarihçilerinin tek tek metinleri detaylı incelemesi yerine, binlerce eseri aynı anda analiz etmesini mümkün kılar

(Underwood, 2016).

Yapay zekâ teknolojileri, uzak okuma metodolojisini çok daha güçlü hâle getirmiştir. Makine öğrenmesi algoritmaları, doğal dil işleme teknikleri ve büyük veri analizi yöntemleri, araştırmacıların dev metin arşivlerini sistematik olarak analiz etmesini sağlar. Bu teknolojiler sayesinde, edebiyat eserleri arasındaki örüntüler, temalar ve stil özellikleri otomatik olarak tespit edilebilir (Dobson ve Sanders, 2022). Örneğin, binlerce roman üzerinde yapılan bilgisayarlı analizler, belirli dönemlerde hâkim olan anlatı tekniklerini, karakter türlerini ve dil kullanımlarını ortaya çıkarabilir (McNutt vd., 2020). Yapay zekâ destekli uzak okuma, edebiyat araştırmacılarının daha önce hiç mümkün olmayan ölçekte karşılaştırmalı analizler yapmalarını ve küresel edebiyat sisteminin işleyişini daha iyi anlamalarını sağlar.

2.1.5. Yapay Zekâ ile Video Özetleri Oluşturmak

Yapay zekâ teknolojilerinin eğitimde video özetleme alanındaki uygulamaları, öğrenme süreçlerini önemli ölçüde dönüştürmektedir. Sultan Moulay Slimane Üniversitesinde yapılan araştırma, yapay zekânın video içeriklerden otomatik olarak değerlendirme soruları üretmesinin insan uzmanların hazırladığı sorularla aynı kalite ve çeşitlilikte olduğunu göstermiştir. Bu sistem, konuşma tanıma teknolojisini kullanarak video içeriklerini metne dönüştürür, daha sonra özetleme teknikleri ile temel kavramları çıkarır ve Text2Text üretim modeli ile ilgili değerlendirme soruları oluşturur (Hamzaoui vd., 2024).

Modern video özetleme sistemleri, derin öğrenme modellerini kullanarak eğitim videolarından en önemli bölümleri otomatik olarak belirleyebilir (Jappie vd, 2020). Bu teknolojiler, öğrencilerin uzun video derslerini daha verimli bir şekilde takip etmelerini sağlar. Örneğin, YouTube transcript işleme ve özetleme sistemleri, Hugging Face'in Transformers kütüphanesi ile soyut özetler üreterek, öğrencilerin video içeriklerinden anahtar bilgileri hızlıca elde etmelerini mümkün kılar (Vijayalakshmi, 2025). Çok modaliteli yaklaşımlar, video görüntülerini ve ses dosyalarını birlikte analiz ederek daha kapsamlı özetler oluşturur (Mu vd., 2024). Bu sistemler, öğretmenlerin ders materyallerini hazırlama süresini azaltırken öğrencilerin öğrenme deneyimlerini kişiselleştirir (Yan, 2024).

3. ÖĞRETMENLER İÇİN YAPAY ZEKÂ

Yapay zekâ (YZ), yalnızca öğrencilerin değil, öğretmenlerin de öğretim tasarımı, içerik geliştirme ve değerlendirme süreçlerinde güçlü bir destek aracı olarak karşımıza çıkmaktadır. YZ sistemleri, öğretmenlerin zaman alıcı ve tekrarlayan görevlerini otomatikleştirerek onların pedagojik karar alma süreçlerine daha fazla odaklanmalarına olanak tanır. Özellikle ders planlama, öğrenci verilerinin analizi, sınav sorusu üretimi ve öğrenme materyallerinin oluşturulması gibi alanlarda yapay zekâ uygulamaları; öğretmenin iş yükünü azaltmakla kalmaz, aynı zamanda daha veriye dayalı, esnek ve öğrenciye duyarlı bir öğretim süreci oluşturmaya katkı sağlar (Uspenskyi, 2025).

Ayrıca, son yıllarda gelişen sanal öğretmen avatarları, öğretmenlerin hazırladığı içerikleri çok dilli video anlatımlara dönüştürerek hem zaman kazandırmakta hem de bu içeriklerin farklı dil ve kültür bağlamlarında yeniden kullanılmasını sağlamaktadır. UNESCO'nun bu bağlamda vurguladığı dijital teknolojilerin kapsayıcı eğitime katkısı, materyallerin erişilebilirlik açısından çeşitlenmesini desteklemektedir (UNESCO, 2024). Yapay zekâ destekli çeviri, ses sentezi ve içerik çoğullaştırma sistemleri, öğretmenlerin içerikleri ana dili farklı öğrenciler için daha kapsayıcı hâle getirmesine imkân tanımakta; böylece eğitimde herkes için eşitlik ve erişilebilirlik hedeflerine önemli ölçüde yaklaşılmaktadır.

3.1. Ders Planı ve İçerik Oluşturma

Yapay zekâ, öğretmenlerin ders planı hazırlama ve eğitim içerikleri oluşturma süreçlerini önemli ölçüde kolaylaştırmaktadır. Yapay zekâ destekli asistanlar, öğretmenlerin üzerindeki idari yükü azaltarak, onlara öğrencileriyle daha fazla ilgilenme fırsatı sunmaktadır (Education Horizons, t.y.; Hazzan-Bishara vd., 2025). Öğretmenlerin ders planlamasına yardımcı olabilir, öğrenci performansını takip edebilir ve kişiselleştirilmiş öğrenme materyalleri oluşturabilir. Bu teknolojiler, öğretmenlerin iş yükünü azaltırken daha yaratıcı ve etkili öğretim materyalleri geliştirmelerine imkân tanır.

Öğretim materyallerinin geliştirilmesi ve güncellenmesi zaman alıcı bir süreç olabilir. Yapay zekâ araçları, öğretmenlerin farklı öğrenme stillerine ve ihtiyaçlarına uygun materyaller oluşturmasına yardımcı olabilir. Yapay

zekâ destekli içerik oluşturma araçları, öğretmenlerin belirli bir konuyla ilgili kapsamlı ders planları, etkinlikler ve değerlendirme araçları geliştirmelerine yardımcı olabilir. Bu sistemler, müfredat standartlarını dikkate alarak öğrenci seviyesine uygun içerikler üretebilir (Ouyang & Jiao, 2021).

ChatGPT, Claude gibi büyük dil modelleri, öğretmenlerin farklı öğretim yöntemlerini keşfetmelerine, yaratıcı etkinlikler tasarlamalarına ve öğrenci katılımını artıracak içerikler oluşturmalarına yardımcı olmaktadır. Bu araçlar, öğretmenlerin pedagojik yaratıcılığını desteklerken rutin görevlere harcanan zamanı azaltır (Kasneci vd., 2023).

3.2. Sınav Sorusu Hazırlama

Kaliteli sınav soruları hazırlamak, öğretmenler için zaman alıcı ve zorlu bir süreçtir. Yapay zekâ, bu alanda öğretmenlere önemli destek sağlayabilir. AI sistemleri, belirli öğrenme hedeflerine uygun, farklı zorluk seviyelerinde ve çeşitli soru türlerinde sorular üretebilir (Sarsa vd., 2022). Bu sistemler, öğretmenlerin sınav sorularını daha hızlı ve etkili bir şekilde hazırlamalarına yardımcı olurken aynı zamanda sınavların geçerliliğini ve güvenilirliğini artırabilir. Yapay zekâ destekli sınav oluşturma araçları, öğretmenlerin farklı soru türlerini (çoktan seçmeli, doğru/yanlış, eşleştirme, açık uçlu vb.) kolayca oluşturmasına olanak tanır.

Yapay zekâ destekli araçlar, Bloom taksonomisine uygun sınav soruları üretmek, ölçme türlerine göre (çoktan seçmeli, açık uçlu, eşleştirme vb.) örnekler sunmak gibi görevleri yerine getirebilir. Birçok yapay zekâ aracı, öğretmenin verdiği konu ya da metin üzerinden hızlıca farklı düzeylerde sorular önerebilmektedir. Bu tür sistemler sadece soru üretmekle kalmaz, aynı zamanda alternatif cevaplar, açıklamalar ve puanlama anahtarları da sağlayarak öğretmenin değerlendirme sürecini bütünsel biçimde destekler (Monsha, 2025). Ayrıca seviye uyumlu içerik üretimi sayesinde özel gereksinimli bireylere yönelik sınavların hazırlanmasında da yardımcı olabilmektedir.

3.3. Öğrenci İlerlemesi İzleme

Yapay zekâ destekli öğrenci takip sistemleri, öğrenci başarısını artırmak ve öğrencilerin potansiyellerini tam olarak gerçekleştirmelerine yardımcı olmak için güçlü bir araçtır (Saputra vd., 2023). Yapay zekâ sistemle-

ri, öğrencilerin performansını zamana bağlı olarak analiz ederek, öğretmene hangi öğrencinin hangi konularda zorlandığını ya da ilerleme kaydettiğini görsel raporlar ve önerilerle sunabilir (Pathak vd., 2021). Örneğin, yapay zekâ tabanlı analiz sistemleri, öğrencilerin ödev teslim sürelerini, doğru-yanlış oranlarını ve konu bazlı başarı grafiklerini analiz ederek öğretmenin müdahale noktalarını belirlemesine yardımcı olabilir (Khan vd., 2021). Bu sayede öğretmen, daha hedefli geri bildirim verebilir ve öğrenme sürecine zamanında destek sunabilir.

3.4. Yapay Zekâ ile Dil Çevirisi

Yapay zekâ destekli çeviri teknolojileri, öğretmenlerin çok dilli sınıflarda eğitim verirken karşılaştıkları dil bariyerlerini aşmada kritik bir araç hâline gelmiştir. ChatGPT, Google Translate ve DeepL gibi yapay zekâ tabanlı otomatik çeviri araçları, mevcut içerikleri farklı dillerdeki öğrencilerin anlamalarına ve çevirmelerine yardımcı olan temel kaynaklar hâline gelmiştir. Bu yapay zekâ teknolojileri, karmaşık dilleri sadece birkaç tıklamayla çevirmede kolaylık ve verimlilik sunmaktadır (Rapa vd., 2024).

Eğitim uygulamalarında yapay zekâ teknolojilerinin kullanımının gelecekteki çevirmenlerin temel yetkinliklerinin gelişimi üzerinde önemli bir etkisi olabileceğini göstermiştir (Wang, 2023). Bu teknolojiler, öğretmenlerin farklı ana dillere sahip öğrencilerle etkili iletişim kurmasını sağlarken eğitim materyallerinin çoklu dilde hazırlanmasında da büyük kolaylık sağlamaktadır.

3.5. Özel Eğitimde Yapay Zekâ ile Kapsayıcılık

Özel eğitim alanında yapay zekâ teknolojileri, tüm öğrencilerin eğitim sürecine eşit katılımını sağlayan kapsayıcı bir öğrenme ortamı yaratmada devrim niteliğinde imkânlar sunmaktadır. Yapay zekâ, kapsayıcı eğitim alanında kritik bir araç olarak görülmekte ve engelli öğrenciler için erişilebilirliği artırma ve öğrenme deneyimlerini kişiselleştirme olanağı sunmaktadır (Melo-López vd., 2025). Yapay zekâ ve teknoloji, bireylerin yaşamlarına dokunmuş ve daha genel olarak eğitim sektörünü görme, işitme, hareket ve zihinsel engelli öğrenciler için daha kapsayıcı ve erişilebilir hâle getirmek için etkilemiştir (Sharma vd., 2023).

Engelli öğrenciler genellikle normal öğrencilerle birlikte sınıf etkinliklerine katılmada zorluklar yaşarlar. Yapay zekâ veya makine öğrenmesi ile desteklenen yardımcı teknolojiler, kapsayıcı ve eşitlikçi öğrenme ortamları sağlamak için hayati destek sunmaktadır (Ahmed vd., 2025). Bu teknolojiler, öğrenme güçlüğü yaşayan öğrenciler için özelleştirilmiş öğretim stratejileri geliştirerek, her öğrencinin kendi öğrenme hızına ve tarzına uygun eğitim almasını mümkün kılmaktadır. Special Olympics'in araştırması, eğitimcilerin (%64) ve ebeveynlerin (%77) çoğunluğunun yapay zekâyı zihinsel ve gelişimsel engelli öğrenciler için kapsayıcı öğrenmeyi destekleyici bir araç olarak gördüğünü ortaya koysa da öğretmenlerin %78'i insan etkileşiminin azalması, %65'i ise empati becerilerinin zayıflaması endişesini taşımaktadır. Bu durum yapay zekânın sorumlu kullanımı için kapsamlı öğretmen eğitimi, zihinsel ve gelişimsel engelli öğrenciler topluluğunun katılımı ve ön yargısız veri setlerinin kritik önemini vurgulamaktadır (Shriver, 2024).

3.6. Akıllı Öğretim Sistemleri

Akıllı öğretim sistemleri, yapay zekâ teknolojilerini kullanarak öğrencilere kişiselleştirilmiş ve uyarlanabilir öğrenme deneyimleri sunan sistemlerdir (Shute & Zapata-Rivera, 2010). Bu sistemler, öğrencinin bilgi düzeyini, öğrenme hızını ve tercihlerini analiz ederek, öğrenme materyallerini ve öğretim stratejilerini buna göre ayarlar. Akıllı öğretim sistemleri, öğrencilere anında geri bildirim sağlayabilir, öğrenme süreçlerini takip edebilir ve öğrenme zorluklarını belirleyebilir; böylece öğrencilerin öğrenme süreçlerini daha etkili bir şekilde yönetmelerine yardımcı olur. Yapay zekâ tabanlı uyarlanabilir öğrenme sistemlerinin, öğrencilerin katılımını ve öğrenme verimliliğini artırabileceği belirtilmektedir (Cui vd., 2018). Öğrenme içeriğinin sunulmasında ve öğrencinin öğrenme sürecindeki ilerlemesinin değerlendirilmesinde yapay zekâ algoritmalarının kullanılması, öğrenme deneyimini daha kişisel ve etkili hâle getirebilir.

Akıllı öğretim sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması, çeşitli disiplinlerdeki araştırmacıların ve eğitimcilerin iş birliğini gerektiren çok boyutlu bir süreçtir. Bu süreç, yapay zekâ algoritmalarının tasarımı, öğrenme bilimleri prensiplerinin uygulanması, kullanıcı arayüzü tasarımı ve eğitim içeriğinin geliştirilmesi gibi çeşitli alanlardaki uzmanlığı içerir. Bu sistemlerin etkinliği, öğrenme hedeflerine uygunluk, kullanıcı dostu arayüz

tasarımı, öğrencinin motivasyonunu artırma ve öğrenme sürecini destekleme gibi faktörlere bağlıdır (Chughtai vd., 2015). Ayrıca akıllı öğretim sistemlerinin değerlendirilmesi, öğrenme kazanımlarının ölçülmesi, kullanıcı memnuniyetinin değerlendirilmesi ve sistemin kullanılabilirliğinin analiz edilmesi gibi çeşitli yöntemleri içermektedir (Hwang, 2014). Dolayısıyla akıllı öğretim sistemleri, eğitimde yapay zekâ uygulamalarının önemli bir örneği olarak, öğrencilere kişiselleştirilmiş ve etkili öğrenme deneyimleri sunma potansiyeline sahiptir.

Örnek olarak, öğrenme analitiği ve veri madenciliği tekniklerinin kullanımı, öğrencilerin öğrenme davranışları hakkında değerli bilgiler sağlayarak eğitimcilerin öğretim stratejilerini ve öğrenme materyallerini iyileştirmelerine yardımcı olabilir. Bu analizler; öğrencilerin hangi konularda zorlandıklarını, hangi öğrenme materyallerinin daha etkili olduğunu ve hangi öğretim yöntemlerinin daha iyi sonuç verdiğini belirlemeye yardımcı olabilir.

Öğrenme süreçlerinde öğrencilerin bilgi düzeylerini ve gelişimlerini değerlendirmek için çeşitli ölçme yöntemleri kullanılır. Örneğin, geleneksel sınavlar ve testlerin yanı sıra, proje tabanlı değerlendirme, portfolyo değerlendirme ve akran değerlendirmesi gibi alternatif ölçme yöntemleri de kullanılmaktadır. Teknoloji tabanlı ölçme değerlendirme sistemleri, öğrenme sürecine erken müdahale imkânı sunar ve öğrenme kaynaklarının etkin kullanımına yardımcı olur (El-Kishawi vd., 2020).

3.7. Uygulama Kutusu

Bu bölümde, öğrencilerin öğrenme süreçlerini ve öğretmenlerin mesleki uygulamalarını desteklemek için yapay zekâ araçlarını (ChatGPT, Gemini, Claude, Microsoft Copilot, vb.) nasıl etkili kullanabileceklerine dair somut örnekler bulacaksınız. Her örnek, “yanlış” ve “doğru” istem arasındaki farkı açıklayan bir tablo ve bu doğru istemlerin kullanıldığı uygulanabilir senaryolardan oluşmaktadır. Amacımız, araçları verimli ve sorumlu bir şekilde kullanmanıza rehberlik etmektir. Siz de verilen senaryoları kendi ihtiyaçlarınıza göre uyarlayarak deneyin!

3.7.1. Öğrenciler İçin Örnekler

Öğrenciler için YZ, öğretmenin yerini alan değil; anlamayı derinleştiren, pratik yapma imkânı sunan ve kişiselleştirilmiş destek sağlayan bir yol arkadaşı olarak kullanılmalıdır.

Tablo 1. Öğrenciler İçin Bir Kavramı Anlama

İstem Türü	Sorgu	Olası Çıktı	Açıklama
Yanlış / Etkisiz	Fotosentez nedir?	Genel, kısa, ders kitabından alıntı gibi kuru bir tanım	**Hedef Kitle ve Detay:** Basit dil, somut örnekler, yaşa uygun. **Yapı:** Net başlıklar anlaşılırlığı artırır. Çıktı daha akılda kalıcı, ilişkilendirilebilir ve kolayca not alınabilir yapıda olur.
Doğru / Etkili	Fotosentezi 15 yaşındaki bir lise öğrencisine basit ve günlük örneklerle (bitki, enerji, besin zinciri vurgusu yaparak) açıklar mısın? Açıklamayı 3 ana başlık halinde (Girenler, Süreç, Çıkanlar) sun.	Başlık 1: Bitkilerin Yemek Fabrikası..., Başlık 2: Işık, Su ve Karbondioksit Birleşiyor..., Başlık 3: Oksijen ve Şeker Üretiliyor... (Her başlıkta günlük örneklerle desteklenmiş açıklamalar).	

Öğrenci Senaryosu 1: Kendini Test Et

- **Senaryo:** Matematik dersinde "Trigonometrik Fonksiyonlar" konusunu işledin. Kendini test etmek istiyorsun.
- **Denemeniz İçin İstem:** "Sinüs, kosinüs ve tanjant fonksiyonlarını tanımlayıp, birbirleriyle temel ilişkilerini (oranlar, temel özdeşlikler) kısaca açıklar mısın? Ardından, bu ilişkileri kullanmamı gerektiren, lise 1 seviyesinde 3 çoktan seçmeli alıştırma sorusu ve cevap anahtarı oluşturur musun? Soruların zorluk seviyesi kolay-orta olsun."
- **Sıra Sende:** Bu istemi kopyalayıp bir yapay zekâ aracına yapıştır. Gelen soruları çözmeye çalış. Cevaplarını cevap anahtarıyla karşılaştır. Yanlışların varsa, nerede hata yaptığını anlamak için ilgili konuya tekrar bak. Ayrıca buna benzer istemi farklı dersler ve konular için deneyebilirsin.

Öğrenci Senaryosu 2: Yazıyı Geliştirme

- **Senaryo:** Edebiyat dersi için bir deneme yazdın. Dil bilgisi, akıcılık ve argüman gücü konusunda geri bildirim almak istiyorsun.
- **Denemeniz İçin İstem:** "Aşağıdaki deneme paragrafını inceleyebilir misin? Öncelikle **dil bilgisi ve yazım hatalarını** düzelt. Ardından, **cümle akıcılığını artırmak** için önerilerde bulun. Son olarak, ana **argümanın güçlendirilmesi** için eklenebilecek bir fikir veya karşı argümanı çürütmek için bir öneri sun. (Paragrafı buraya yapıştır)"

- **Sıra Sende!:** Gerçekten yazdığın bir paragrafı (en az 5-6 cümle) isteme ekle ve YZ'ye gönder. Gelen geri bildirimleri dikkatlice oku. Önerileri kendi yazını geliştirmek için kullan, olduğu gibi kopyalama!

3.7.2. Öğretmenler İçin Örnekler

Öğretmenler için yapay zekâ, öğretim tasarımı, içerik geliştirme, değerlendirme süreçlerinde ve derse hazırlık işlerinde asistanlık yaparak, öğretmenin öğrenciyle bire bir etkileşime ve pedagojik tasarıma odaklanmasına alan açar. Çıktılar **HER ZAMAN** öğretmen tarafından gözden geçirilip düzenlenmelidir.

Tablo 2. Öğretmenler İçin Seviyeye Uygun Sınav Sorusu Üretme

İstem Türü	İstem (Prompt)	Olası Çıktı	Açıklama
Yanlış / Etkisiz	8. sınıf için matematik sorusu yaz.	Genel, bağlamsız, seviyesi belirsiz, çeldiricileri zayıf bir soru	**Konu & Beceri**: Net. **Zorluk**: Belirli.
Doğru / Etkili	8. sınıf Cebir konuları kapsamında, denklem çözme (bir bilinmeyenli) becerisini ölçen, orta zorlukta bir çoktan seçmeli sınav sorusu yazar mısın? Soru gerçekçi bir bağlam içersin (alışveriş, yolculuk, vs.). 4 seçenek olsun, çeldiriciler makul ve yaygın hataları yansıtsın. Doğru cevabın mantıklı bir açıklamasını ekle.	Soru: Bir markette 3 paket makarna ve 1 şişe sıvı yaş alan Ayşe, toplam 45 TL ödüyor... (Gerçekçi bağlam) ... Seçenekler: A) 12 B) 15 C) 18 D) 20 (Çeldiriciler: Basit işlem hatası, denklem kurma hatası). Cevap: B) 15. Açıklama: ...	**Bağlam:** Gerçekçi. **Seçenekler:** Yapılandırılmış (sayı, çeldirici kalitesi). **Açıklama:** Öğretmene ve öğrenciye fayda. Çıktı hemen kullanılabilecek veya küçük düzeltmelerle sınava eklenebilecek kalitede, ölçme hedefine uygun bir sorudur.

Öğretmen Senaryosu 1: Haftalık Ders Planı Taslağı

- **Senaryo:** 10. sınıf kimya dersi için "Kimyasal Tepkimelerde Enerji" konusunu işleyeceksiniz. 2 ders saatlik (80 dk) bir plan taslağına ihtiyacınız var.
- **Denemeniz İçin İstem:** 10. sınıf kimya dersi için Kimyasal Tepkimelerde Enerji (Endotermik/Ekzotermik Tepkimeler) konusunu kapsayan, **80 dakikalık** (2 ders saati) bir **ders planı taslağı** oluşturur musun? Plan şu bölümleri içersin: **1. Kazanımlar** (MEB müfredatına uygun 2-3 madde), **2. Giriş/Hook** (5-10 dk- öğrencilerin dikkatini çekecek günlük hayattan ilginç bir deney/gösteri/olay örneği), **3. Ana İçerik ve Aktiviteler** (40-50 dk- kavram açıklaması, interaktif örnekler, kısa grup tartışması fikri), **4. Değerlendirme** (10-15 dk- anlık anlama kontrolü için 2 kısa soru veya mini uygulama fikri), **5. Ödev/İleri Okuma Önerisi** (1 öneri).
- **Sıra Sizde!** Bu istemi kopyalayıp yapay zekâ aracına yapıştırın. Gelen taslağı kendi öğretim tarzınıza, sınıfınızın dinamiklerine ve mevcut kaynaklarınıza göre mutlaka düzenleyip zenginleştirin. Yapay zekânın verdiği aktivite fikirlerini değerlendirin.

Öğretmen Senaryosu 2: Farklılaştırılmış Öğrenme Materyali

- **Senaryo:** Sınıfınızda aynı konuyu öğrenmede farklı seviyelerde (temel, orta, ileri) öğrenciler var. Her gruba uygun kısa bir okuma metni/çalışma kâğıdı hazırlamak istiyorsunuz.
- **Denemeniz İçin İstem:** "6. sınıf fen bilimleri dersi Güneş Sistemi ve Tutulmalar konusu için **3 farklı seviyede** (Seviye 1: Temel kavramları tanıma, Seviye 2: Kavramları ilişkilendirme ve basit uygulama, Seviye 3: Analiz ve yorum yapma) **kısa okuma parçaları** (her biri max. 150 kelime) yazar mısın? Her parça sonunda, o seviyeye uygun **1 anlama sorusu** ekle. Parçalar aynı ana içeriği farklı derinlikte sunsun."
- **Sıra Sizde!** Bu istemi kullanarak yapay zekâdan çıktı alın. Seviyelerin uygunluğunu, soruların geçerliliğini ve metinlerin doğruluğunu mutlaka kontrol edin ve gerektiğinde düzenleyin. Bu materyalleri grup çalışmalarında veya bireysel çalışmalarda kullanın.

Uygulama Kutusunu Kullanırken Unutmayın!

- **Gözden Geçirme Şart:** Yapay zekânın ürettiği her içerik (bilgi, soru, plan) **mutlaka** öğretmen veya öğrenci tarafından doğruluk, uygunluk ve pedagojik değer açısından kontrol edilmeli ve düzenlenmelidir.
- **Kişiselleştirin:** Verilen istem örnekleri ve senaryolar **başlangıç noktasıdır**. Kendi ihtiyaçlarınıza, konunuza, öğrenci seviyenize ve hedeflerinize göre detaylandırın ve değiştirin (Kazanımları, Süreyi, Zorluk Seviyesini, Aktivite Türünü belirtmek gibi).
- **Etik Kullanım:** Öğrenciler, yapay zekâyı öğrenme süreçlerini **desteklemek** için kullanmalı, ödevleri tamamen yapay zekâya yaptırmamalıdır. Öğretmenler, ürettikleri materyallerin kaynağını şeffaf şekilde belirtmelidir.
- **Deneyin ve Geliştirin:** Farklı istemler yazarak, farklı yapay zekâ araçlarını deneyerek kendi en etkili kullanım yöntemlerinizi keşfedin. Başarılı olduğunuz istemleri kaydedin!

4. ZORLUKLAR, ETİK HUSUSLAR VE GELECEK PERSPEKTİFLERİ

Eğitimde yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşması, beraberinde çeşitli zorlukları, etik sorunları ve gelecek perspektiflerini getirmektedir. Bu bağlamda, veri gizliliği ve güvenliği, algoritmik ön yargı, öğretmenin rolünün dönüşümü, eşit erişim sorunları, akademik dürüstlük, eleştirel düşünme ve yaratıcılığın korunması gibi konular, dikkatle ele alınması gereken temel alanlardır. Yapay zekânın eğitimdeki geleceği, bu zorlukların üstesinden gelinmesi ve etik ilkelerin gözetilmesiyle şekillenecektir (Beale, 2025).

4.1. Veri Gizliliği ve Güvenliği

Veri gizliliği ve güvenliği, eğitimde yapay zekâ uygulamalarının en önemli etik sorunlarından biridir. Öğrencilere ait kişisel verilerin toplanması, saklanması ve kullanılması süreçlerinde, gizliliğin korunması ve verilerin güvenliğinin sağlanması büyük önem taşımaktadır. Yapay zekâ sistemlerinin, öğrencilerin öğrenme süreçlerini kişiselleştirmek ve eğitim içeriklerini optimize etmek amacıyla topladığı veriler, kötü niyetli kişilerin eline geçe-

bilir veya farklı amaçlarla kullanılabilir (Huang, 2023). Bu durum, öğrencilerin mahremiyet haklarını ihlal edebilir ve güven duygusunu zedeleyebilir. Bu nedenle, eğitim kurumları ve yapay zekâ geliştiricileri; veri gizliliği ve güvenliği konusunda titizlikle hareket etmeli, şeffaf politikalar oluşturmalı ve öğrencilerin verilerinin nasıl kullanıldığı konusunda bilgilendirilmesini sağlamalıdır.

Veri gizliliği ve güvenliği, eğitimde yapay zekâ uygulamalarının en önemli etik sorunlarından biridir. Öğrencilere ait kişisel verilerin toplanması, saklanması ve kullanılması süreçlerinde, gizliliğin korunması ve verilerin güvenliğinin sağlanması büyük önem taşımaktadır. Yapay zekâ sistemlerinin, öğrencilerin öğrenme süreçlerini kişiselleştirmek ve eğitim içeriklerini optimize etmek amacıyla topladığı veriler, kötü niyetli kişilerin eline geçebilir veya farklı amaçlarla kullanılabilir (Huang, 2023). Bu durum, öğrencilerin mahremiyet haklarını ihlal edebilir ve güven duygusunu zedeleyebilir. Bu nedenle, eğitim kurumları ve yapay zekâ geliştiricileri, veri gizliliği ve güvenliği konusunda titizlikle hareket etmeli, şeffaf politikalar oluşturmalı ve öğrencilerin verilerinin nasıl kullanıldığı konusunda bilgilendirilmesini sağlamalıdır. Öğrenci verilerinin mülkiyeti, erişimi ve saklanma süresi gibi konuların net bir şekilde belirlenmesi, veri gizliliği ve güvenliğinin sağlanması açısından kritik öneme sahiptir (Boulay, 2023). Bu verilerin gizliliği ve güvenliği, yetkisiz erişimi, kötüye kullanımı ve ayrımcılığı önlemek için korunmalıdır (Erdoğan & Alıcı, 2021). Veri koruma yasalarına uyum, şifreleme, anonimleştirme ve güvenli veri depolama uygulamaları gibi önlemlerin alınması, öğrencilerin verilerinin güvenliğini sağlamak için gereklidir (Redactable, 2025).

4.2. Algoritmik Ön Yargı, İstemlerin Yanıltıcı Etkileri ve Ön Yargı Riski

Algoritmik ön yargı, istemlerin yanıltıcı etkileri ve ön yargı riski, eğitimde yapay zekâ uygulamalarının karşılaştığı önemli bir etik sorundur. Yapay zekâ algoritmaları, eğitildikleri veri setlerindeki ön yargıları yansıtabilir ve bu durum, öğrencilerin eğitim deneyimlerini olumsuz etkileyebilir. Özellikle, farklı sosyoekonomik geçmişlere, etnik kökenlere veya cinsiyetlere sahip öğrencilere yönelik ayrımcı sonuçlar ortaya çıkabilir. Bu durum, eşitsizlikleri derinleştirebilir ve öğrencilerin potansiyellerini gerçekleştir-

melerini engelleyebilir (Al-Zahrani, 2024). Algoritmaların eğitildiği veri kümelerinin çeşitliliği ve temsil kabiliyeti, ön yargıları en aza indirmek için kritik öneme sahiptir (Chinta vd., 2024). Yapay zekâ algoritmaları, karmaşık veri kalıplarını tanıma konusunda üstün olmakla birlikte, eğitim verilerindeki ön yargıları da içselleştirebilir (Srinivasan & Chander, 2021). Bu nedenle, yapay zekâ sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanması süreçlerinde, ön yargıların tespit edilmesi ve giderilmesi için çeşitli teknikler kullanılmalıdır (Nazer vd., 2023). Bu teknikler arasında, veri setlerinin dengelenmesi, algoritmaların düzenli olarak denetlenmesi ve farklı gruplardan öğrencilerin geri bildirimlerinin alınması yer alabilir. İstem mühendisliği, yapay zekâ modellerini yönlendirmek için kullanılan istemlerin tasarımı ve optimizasyonu sürecidir ve bu istemlerdeki ön yargılar eğitimde eşitsizliklere yol açabilir. Örneğin, belirli bir öğrenci grubunu kayırması veya belirli bir konuyu diğerlerinden daha fazla desteklemesi gibi durumlar ortaya çıkabilir.

4.3. Sınırlılıklar ve Yanıltıcı Yanıtlar

Yapay zekâ sistemlerinin doğasında bulunan sınırlılıklar ve potansiyel yanıltıcı yanıtlar üretme olasılığı, eğitim alanında dikkate alınması gereken kritik bir konudur. Yapay zekâ, karmaşık görevleri yerine getirme ve insan benzeri yanıtlar üretme yeteneğine sahip olsa da her zaman doğru ve güvenilir sonuçlar vermemektedir. Özellikle, yapay zekâ sistemlerinin eğitildiği veri setlerindeki eksiklikler, hatalı bilgiler veya ön yargılar, yanıltıcı veya yanlış yanıtlar üretmesine neden olabilmektedir (Ferrara, 2023). Bu durum, öğrencilerin yanlış bilgilere maruz kalmasına ve hatalı öğrenme sonuçlarına yol açabilir. Ayrıca, yapay zekâ sistemlerinin, bağlamsal nüansları ayırt etme ve soyut kavramları anlama yetenekleri henüz insan seviyesine ulaşmamıştır; bu durum, özellikle karmaşık veya çok boyutlu konuların ele alınmasında yetersiz veya eksik açıklamalara yol açmaktadır (Kriger, 2024). Bu nedenle, eğitimcilerin ve öğrencilerin, yapay zekâ sistemlerinin yanıtlarını eleştirel bir şekilde değerlendirmesi ve doğruluğunu teyit etmesi büyük önem taşır. Öğrencilere, yapay zekâ tarafından sağlanan bilgilerin her zaman mutlak doğru olmadığını ve farklı kaynaklardan teyit edilmesi gerektiğini öğretmek, eleştirel düşünme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur.

Günümüzdeki birçok yapay zekâ uygulaması mesaj kısmının en altında hata yapabileceğini ve cevapların kontrol edilmesinin gerektiğini vurgulamaktadır. Aşağıda popüler yapay zekâ araçlarının ifadelerine yer verilmiştir.

Tablo 3. Farklı YZ Araçlarının Cevaplarının Kontrol Edilmesine Yönelik Açıklamaları

ChatGpt	ChatGPT hata yapabilir. Önemli bilgileri kontrol edin.
Claude	Retry Claude can make mistakes. Please double-check responses.
Gemini	Gemini hata yapabildiğinden verdiği yanıtları doğrulayın. Gizliliğiniz ve Gemini
MS Copilot	Copilot hatalar yapabilir.
Deepseek	4.4 All Outputs provided by this service are generated by an artificial intelligence model and may contain errors or omissions, for your reference only.

4.4. Öğretmenin Rolünün Dönüşümü

Öğretmenin rolünün dönüşümü, eğitimde yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşmasıyla birlikte kaçınılmaz bir gerçektir. Yapay zekâ, öğretmenlerin iş yükünü azaltma, öğrenme süreçlerini kişiselleştirme ve öğrencilere daha etkili geri bildirimler sağlama potansiyeline sahiptir (Fitria, 2023; Pappas, 2025). Bu durum, öğretmenlerin daha çok öğrenci odaklı yaklaşımlar benimsemesine ve öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına daha fazla dikkat etmesine olanak tanır. Ancak yapay zekânın öğretmenlerin yerini alacağı veya öğretmenlerin önemini azaltacağı gibi bir düşünce doğru değildir (Selwyn, 2018) Aksine yapay zekâ, öğretmenlerin yeteneklerini tamamlayıcı bir araç olarak görülmelidir. Öğretmenler, yapay zekâ sistemlerini kullanarak öğrencilerin öğrenme süreçlerini daha iyi analiz edebilir, güçlü ve zayıf yönlerini tespit edebilir ve buna göre kişiselleştirilmiş öğrenme planları oluşturabilir (Malik vd., 2018). Teknoloji, öğretmenlerin mesleki gelişimini destekler ve onlara yeni beceriler kazandırır (Topçu & Masal, 2020).

Hizmet içi eğitim programları ile öğretmenler, eğitim süreçlerine yönelik yeni teknolojileri nasıl entegre edecekleri konusunda bilgi ve beceri kazanabilmektedir (Love vd., 2020). Öğretmenlerin teknoloji kullanımına

yönelik olumlu algıları ve tutumları, yapay zekânın eğitim ortamlarına başarılı bir şekilde entegre edilmesinde kritik bir rol oynamaktadır (Zhao vd., 2025). Bu nedenle, öğretmenlere yapay zekâ araçlarının etkili ve verimli bir şekilde kullanılması için gerekli pedagojik ve teknik bilgi birikimi sağlanmalıdır. Ayrıca, öğretmenlerin yapay zekâ sistemlerinin etik kullanımı, veri gizliliği, algoritmik ön yargı ve potansiyel riskler konusunda bilinçlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Yapay zekâ araçlarının eğitimde kullanımı, öğretmenlerin rolünü daha da zenginleştirecek ve öğrencilerin öğrenme deneyimlerini kişiselleştirmelerine olanak tanıyacaktır.

4.5. Eşit Erişim Sorunları

Eşit erişim sorunları, eğitimde yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşmasıyla birlikte daha da belirgin hâle gelmektedir. Yapay zekâ destekli eğitim araçlarına ve kaynaklarına erişimde yaşanan eşitsizlikler, sosyoekonomik olarak dezavantajlı durumda olan öğrencilerin eğitim fırsatlarından mahrum kalmasına neden olmaktadır (Bulathwela vd., 2024; Jet, 2023). Özellikle, düşük gelirli ailelerin çocukları, yeterli teknolojik altyapıya sahip olmadıkları için yapay zekâ destekli eğitim araçlarına erişmekte zorlanmaktadırlar (Shoval, 2025). Bu durum, eğitimde fırsat eşitsizliğinin artmasına ve sosyal adaletsizliğin derinleşmesine yol açmaktadır. Bu nedenle, yapay zekâ destekli eğitim uygulamalarının yaygınlaştırılması sürecinde, tüm öğrencilerin eşit erişim imkânlarına sahip olduğundan emin olunmalıdır. Bu kapsamda, eğitim kurumları, dezavantajlı öğrencilere yönelik özel destek programları geliştirmeli, teknolojik altyapıyı güçlendirmeli ve uygun fiyatlı veya ücretsiz yapay zekâ destekli eğitim araçları sunmalıdır.

4.6. Akademik Dürüstlük

Akademik dürüstlük, eğitimde yapay zekâ uygulamalarının kullanımında dikkat edilmesi gereken önemli bir etik ilkedir. Öğrencilerin yapay zekâ araçlarını kullanarak ödevlerini veya sınavlarını yapmaları, intihal riskini artırabilir ve akademik dürüstlüğe zarar verebilir (Wang & Zhai, 2019). Öğrencilerin yapay zekâ araçlarını kullanarak kolayca içerik üretmeleri, kendi düşüncelerini ve analizlerini geliştirmelerini engelleyebilir. Bu durum, öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini zayıflatabilir ve özgün fikirler üretmelerini zorlaştırabilir (Mendoza, 2025). Bu nedenle, eğitimci-

lerin öğrencileri akademik dürüstlük konusunda bilinçlendirmesi ve yapay zekâ araçlarının etik kullanımını teşvik etmesi önemlidir. Öğrencilerin yapay zekâ araçlarını kullanırken kaynak gösterme, alıntı yapma ve kendi düşüncelerini belirtme gibi akademik kurallara uymaları sağlanmalıdır.

4.7. Eleştirel Düşünme ve Yaratıcılığın Korunması

Eleştirel düşünme ve yaratıcılığın korunması, eğitimde yapay zekâ uygulamalarının en önemli hedeflerinden biri olmalıdır. Yapay zekâ, öğrencilerin bilgiye erişimini kolaylaştırabilir ve öğrenme süreçlerini hızlandırabilir. Ancak yapay zekâ araçlarının aşırı kullanımı, öğrencilerin eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirmelerini engelleyebilir (Jose vd., 2025). Yoğun internet kullanım alışkanlıkları çalışma belleği, üstbiliş ve uzun süreli bellek süreçlerini etkilemektedir (Yüce, 2025). Bu nedenle, eğitimcilerin öğrencileri yapay zekâ araçlarını eleştirel bir şekilde kullanmaya teşvik etmesi ve kendi düşüncelerini oluşturmalarını desteklemesi önemlidir. Öğrencilerin farklı kaynaklardan bilgi toplaması, bilgileri analiz etmesi, sentez yapması ve kendi özgün fikirlerini üretmesi teşvik edilmelidir (Singh vd., 2025). Sanatsal yaratıcılıkta teknolojinin rolü giderek artmakta ve dijital araçlar sanatçılara yeni ifade olanakları sunmaktadır.

4.8. Eğitimde Yapay Zekânın Geleceği

Eğitimde yapay zekânın geleceği, sürekli gelişen teknoloji ve değişen öğrenme ihtiyaçları ile şekillenmektedir. Gelecekte, yapay zekâ destekli eğitim sistemlerinin daha da kişiselleştirilmiş, uyarlanabilir ve etkileşimli olması beklenmektedir (Bit vd., 2024; Chakraborty, 2024). Gelecekteki yapay zekâ uygulamaları, öğrencilerin öğrenme stillerine, ilgi alanlarına ve ihtiyaçlarına göre özelleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunabilir. Bu tür sistemler, öğrencilerin öğrenme hızını ve başarısını artırabilir. Dijital teknolojilerin sunduğu imkânlar sayesinde, öğrencilerin ilgi alanlarına ve öğrenme hızlarına göre kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri tasarlanabilmektedir (Peng vd., 2019; Robinson & Sebba, 2010). Ayrıca, yapay zekâ, öğretmenlere öğrencilerin öğrenme süreçlerini daha iyi analiz etme ve değerlendirme imkânı sunabilir. Eğitimde yapay zekâ, gelecekte daha da yaygınlaşacak ve eğitim sistemlerinin temel bir parçası hâline gelecektir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay zekâ ve istem tasarımının eğitim alanındaki uygulamaları, öğretme ve öğrenme süreçlerinde devrim niteliğinde dönüşümler yaratmaktadır. Bu çalışmada incelenen bulgular, AI teknolojilerinin eğitimde sadece bir araç olmadığını, aynı zamanda öğretim metodolojilerini ve öğrenci etkileşimlerini temelden değiştiren bir paradigma kayması olduğunu göstermektedir. 2025 yılına gelindiğinde, AI eğitim pazarının 6 milyar dolara ulaşması (All About AI, 2025) ve öğretmenlerin %50'sinin ders planlamasında AI kullanması (Uspenskyi, 2025), bu teknolojinin eğitimde ne kadar yaygınlaştığını ortaya koymaktadır.

Ana bulguların özeti

Elde edilen bulgular, yapay zekânın eğitimdeki en dikkat çekici katkılarından birinin kişiselleştirme yeteneği olduğunu göstermektedir. Yapay zekâ destekli içeriklerin öğrencilerin %62'sinde başarıyı artırdığı bilinmektedir (Uspenskyi, 2025). Öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına göre yapılandırılmış öğrenme yolları sunan bu sistemler, öğretmenlerin yükünü hafifletmekle kalmamakta, aynı zamanda pedagojik etkililiği de artırmaktadır.

Buna ek olarak, istem mühendisliği gibi yeni dijital beceriler, yalnızca yapay zekâyı kullanmakla sınırlı kalmayıp onunla etkili etkileşim kurmayı da zorunlu hâle getirmektedir. Bu bağlamda, yüksek kaliteli istem yazma becerisi, yapay zekâ araçlarından elde edilecek çıktının kalitesini doğrudan etkilemektedir (Bansal, 2024). Dolayısıyla, yapay zekâ destekli eğitimde başarılı olmak için, öğrencilerin ve eğitimcilerin istem mühendisliği konusunda yetkin olmaları gerekmektedir.

Yapay zekâ destekli öğrenme platformları ve sanal öğretmen asistanları, 2024 yılında eğitimde %45,9'luk pazar payıyla en büyük segmenti temsil etmiştir (Grand View Research, 2024). 2025 itibarıyla ise AI eğitim pazarının 6 milyar doları aşması beklenmekte, öğretmenlerin %50'si ders planlamasında AI araçlarından yararlanmaktadır (All About AI, 2025; Uspenskyi, 2025).

EĞİTİMCİLER İÇİN ÖNERİLER

Yapay zekâ ve istem tasarımını derslerine entegre etmek isteyen eğitimciler için aşağıdaki pratik öneriler sunulmaktadır:

AI Okuryazarlığı Geliştirme: Eğitimcilerin öncelikle yapay zekâ teknolojilerine aşina olmaları gerekmektedir. Microsoft'un AI eğitim raporuna göre, eğitimcilerin sadece %24'ü yapay zekâ ile güçlü bir aşinalık iddia etmektedir (Slagg, 2024). Bu durumun üstesinden gelmek için düzenli yapay zekâ araç deneyimi ve eğitim programları önemlidir.

İstem Tasarımı Yetkinliği: Eğitimcilerin yapay zekâ asistanlarından istenen sonuçları elde etmek için etkili istem yazma becerilerini geliştirmeleri kritiktir. Bu süreçte, açık ve spesifik talimatlar verme, bağlam sağlama ve istenen çıktının formatını belirleme gibi temel prensipler uygulanmalıdır.

Aşamalı Entegrasyon: Yapay zekâ araçlarını derslere ani bir şekilde değil, kademeli olarak entegre etmek önerilir. İlk olarak ders planlaması ve içerik hazırlama süreçlerinde AI kullanımı ile başlanabilir, ardından öğrenci etkileşimi ve değerlendirme süreçlerine genişletilebilir.

Etik ve Güvenlik Farkındalığı: Yapay zekâ kullanımında etik sınırlar ve veri güvenliği konularında öğrencileri bilgilendirmek, eğitimcilerin temel sorumluluklarından biridir.

ÖĞRENCİLER İÇİN ÖNERİLER

Yapay zekâ ve istem tasarımını öğrenme süreçlerinde etkili bir şekilde kullanmak isteyen öğrenciler için şu öneriler sunulmaktadır:

Eleştirel Düşünme Becerisini Koruma: Yapay zekâ araçlarını kullanırken verilen cevapları körü körüne kabul etmek yerine, eleştirel bir yaklaşımla değerlendirmek önemlidir. Yapay zekâ çıktılarını doğrulama ve çoklu kaynak karşılaştırması yapma alışkanlığı geliştirilmelidir.

İstem Yazma Becerisini Geliştirme: Etkili istem yazma, yapay zekâ ile etkileşimde başarının anahtarıdır. Öğrenciler, net ve spesifik sorular sormayı, bağlam sağlamayı ve istenen çıktının formatını belirlemeyi öğrenmelidir.

Yaratıcı Kullanım Alanları Keşfetme: Yapay zekâyı sadece ödev yapmak için değil, beyin fırtınası, farklı bakış açıları geliştirme, karmaşık konuları anlama ve yaratıcı projeler için de kullanmayı öğrenmelidir.

Akademik Dürüstlük: Yapay zekâ araçlarını kullanırken akademik dürüstlük ilkelerine uygun hareket etmek, kaynak göstermek ve yapay zekâ yardımını şeffaf bir şekilde belirtmek önemlidir.

ARAŞTIRMACILAR İÇİN ÖNERİLER

Eğitimde yapay zekâ ve istem tasarımı alanında çalışan araştırmacılar için şu öneriler sunulmaktadır:

Uzun Vadeli Etki Çalışmaları: Mevcut araştırmalar çoğunlukla kısa vadeli etkilere odaklanmaktadır. Yapay zekâ destekli eğitimin öğrenciler üzerindeki uzun vadeli bilişsel ve sosyal etkilerini inceleyen boylamsal çalışmalara ihtiyaç vardır.

İstem Mühendisliği Değerlendirme Metrikleri: Öğrencilerin istem mühendisliği becerilerini objektif olarak değerlendirmek için standardize edilmiş ölçütler ve metrikler geliştirilmelidir.

Eşitlik ve Erişilebilirlik Araştırmaları: Yapay zekâ eğitim araçlarının farklı sosyoekonomik durumlardan gelen öğrenciler üzerindeki etkilerini ve dijital uçurum sorunlarını ele alan araştırmalar yapılmalıdır.

Disiplinler Arası Çalışmalar: Yapay zekâ eğitim uygulamalarının psikoloji, sosyoloji ve pedagoji alanlarıyla kesişim noktalarını inceleyen çok disiplinli araştırma yaklaşımları benimsenmelidir.

Etik Çerçeveler: Yapay zekâ eğitim araçlarının etik kullanımı için rehber çerçeveler geliştirilmeli ve bu alanda normatif araştırmalar yapılmalıdır.

Yapay zekâ kullanımının eğitimdeki önemi üzerine genel değerlendirme

Yapay zekâ ve istem tasarımının eğitim alanındaki dönüştürücü gücü, artık tartışmasız bir gerçekliktir. Cambridge Tab'ın 540 öğrenci üzerinde yaptığı ankette öğrencilerin %49'unun ChatGPT veya benzer yapay zekâ chat botları kullandığının tespit edilmesi (Helmold, 2023) ve öğretmenle-

rin yarısının ders planlamasında AI'den faydalanması (Uspenskyi, 2025), bu teknolojinin eğitim ekosisteminin ayrılmaz bir parçası hâline geldiğini göstermektedir.

İstem tasarımı, özellikle 21. yüzyıl becerilerinden biri olarak öne çıkmakta ve AI ile etkili iletişim kurmanın temeli olarak kabul edilmektedir. Bu beceri, sadece teknolojik bir yetenek olmaktan çıkıp eleştirel düşünme, yaratıcılık ve iletişim becerilerini kapsayan çok boyutlu bir yetkinlik hâline gelmiştir.

Ancak bu dönüşüm sürecinde karşılaşılan zorluklar da göz ardı edilmemelidir. Eğitimcilerin yapay zekâ teknolojilerine yönelik karışık duygular beslemesi, teknolojiye aşinalık eksikliği ve etik kaygılar, sistemli bir yaklaşım gerektirmektedir. AI'nin eğitimde sürdürülebilir ve adil bir şekilde kullanılabilmesi için, paydaşlar arasında iş birliği ve sürekli öğrenme kültürünün geliştirilmesi kritik öneme sahiptir.

Sonuç olarak, yapay zekâ ve istem tasarımının eğitimdeki rolü, teknolojik determinizm ile pedagojik değerlerin dengeli bir şekilde birleştirilmesi ile şekillenecektir. Bu süreçte, insan merkezli bir yaklaşım benimsenirken teknolojinin sunduğu fırsatlardan maksimum düzeyde yararlanılması, eğitimin geleceği için hayati önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Ahmed, S., Sazzadur, R. M., Shamim, K. M., & Sanwar, H. A. (2025). Advancing personalized and inclusive education for students with disability through artificial intelligence: Perspectives, challenges, and opportunities. *Digital, 5*(2), 11. https://doi.org/10.3390/digital5020011

Alkan, A. (2024). Yapay zekâ: Eğitimdeki rolü ve potansiyeli. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 13*(1), 483-497. https://doi.org/10.15869/itobiad.1331201

All About AI. (2025, 30 Mayıs). *AI in education: Key statistics for 2025*. https://www.allaboutai.com/resources/ai-statistics/education/ adresinden 25 Haziran 2025 tarihinde erişilmiştir.

Allam, H., Dempere, J., Akre, V., & Flores, P. (2023). Artificial intelligence in education (AIED): Implications and challenges. In *Proceedings* of the HCT International General Education Conference *(HCT-IGEC 2023)*. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-286-6_10

Al-Zahrani, A. M. (2024). Unveiling the shadows: Beyond the hype of AI in education. *Heliyon, 10*(9). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30696

Anthropic. (2023). *Claude: A family of highly performant and intelligent AI models*. https://docs.anthropic.com/en/docs/intro-to-claude adresinden 21 Haziran 2025 tarihinde erişilmiştir.

Bansal, P. N. (2024). Prompt engineering importance and applicability with generative AI. *Journal of Computer and Communications, 12*(10), 14. https://doi.org/10.4236/jcc.2024.1210002

Beale, R. (2025). *Computer* science education in *the age of generative AI*. arXiv. https://doi.org/10.48550/ARXIV.2507.02183

Bit, D., Biswas, S., & Nag, M. (2024). The impact of artificial intelligence in educational system. *International* Journal of Scientific Research in *Science and Technology, 11*(4), 419. https://doi.org/10.32628/ijsrst2411424

Bojorquez, H., & Vega, M. (2023). The importance of artificial intelligence in education for all students. *IDRA Newsletter, 1*(5), 1–8. https://www.idra.org/resource-center/the-importance-of-artificial-intelligence-in-education-for-all-students/ adresinden 20 Haziran 2025 tarihinde erişilmiştir.

Bond, M., Khosravi, H., De Laat, M., Bergdahl, N., Negrea, V., Oxley, E., Pham, P., Chong, S. W., & Siemens, G. (2024). A meta systematic review of artificial intelligence in higher education: A call for increased ethics, collaboration, and rigour. *International* Journal of Educational Technology in *Higher Education, 21*. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00436-z

Boulay, B. du. (2023). Artificial intelligence in education and ethics. In *Handbook of Open, Distance and Digital Education*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-2080-6_6

Boussouf, Z., Amrani, H., Zerhouni Khal, M., & Daidai, F. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Data and Metadata, 3*, 288. https://doi.org/10.56294/dm2024288

Bulathwela, S., Pérez-Ortiz, M., Holloway, C., Cukurova, M., & Shawe-Taylor, J. (2024). Artificial intelligence alone will not democratise education: On educational inequality, techno-solutionism and inclusive tools. *Sustainability, 16*(2), 781. https://doi.org/10.3390/su16020781

Chakraborty, S. (2024). *Generative AI in modern education society*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arxiv.2412.08666

Chen, L. H. (2011). Enhancement of student learning performance using personalized diagnosis and remedial learning system. *Computers & Education, 56*(1), 289-299. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.015

Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access, 8*, 75264-75278. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510

Chinta, S. V., Wang, Z., Yin, Z., Hoang, N., Gonzalez, M., Quy, T. L., & Zhang, W. (2024). *FairAIED: Navigating fairness, bias, and ethics in educational AI applications*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arxiv.2407.18745

Christodoulou, A., & Angeli, C. (2022). Adaptive learning techniques for a personalized educational software in developing teachers' technological pedagogical content knowledge. *Frontiers in Education, 7*. https://doi.org/10.3389/feduc.2022.789397

Chughtai, R., Zhang, S., & Craig, S. D. (2015). Usability evaluation of intelligent tutoring system. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 59*(1), 367. https://doi.org/10.1177/1541931215591076

Costa, R. S., Tan, Q., Pivot, F., Zhang, X., & Wang, H. (2021). Personalized and adaptive learning: Educational practice and technological impact. *Texto Livre, 14*(3), e33445. https://doi.org/10.35699/1983-3652.2021.33445

Cui, W., Xue, Z., & Thai, K. P. (2018, Kasım). Performance comparison of an AI-based adaptive learning system in China. In *2018 Chinese Automation Congress (CAC)*. IEEE. https://doi.org/10.1109/CAC.2018.8623327

DeepSeek. (2024). *DeepSeek Terms of Use*. https://cdn.deepseek.com/policies/en-US/deepseek-terms-of-use.html adresinden 17 Haziran 2025 tarihinde erişilmiştir.

Ding, L., & Zou, D. (2024). Automated writing evaluation systems: A systematic review of Grammarly, Pigai, and Criterion with a perspective on future directions in the age of generative artificial intelligence. *Education and Information Technologies, 29*(11), 14151-14203. https://doi.org/10.1007/s10639-023-12402-3

Dobson, J., & Sanders, S. (2022). Distant approaches to the printed page. *Digital Studies/Le champ numérique, 12*(1). https://doi.org/10.16995/dscn.8107

Education Horizons. (t.y.). *Generative AI: Saving teachers time and improving planning*. https://www.educationhorizons.com/blog/generative-ai-saving-teachers-time-and-improving-planning adresinden 28 Haziran 2025 tarihinde erişilmiştir.

El-Kishawi, M., Khalaf, K., Al-Najjar, D., Seraj, Z., & Kawas, S. A. (2020). Rethinking assessment concepts in dental education. *International* Journal of Dentistry, *2020*, 1. https://doi.org/10.1155/2020/8672303

Erdoğan, F., & Alıcı, M. C. (2021). Derin öğrenme tabanlı antivirüs modellerinin açık kaynak kodlu çekişmeli atak kütüphaneleri kullanılarak atlatılması. *İstanbul* Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü *Dergisi, 3*(1), 66-71. https://doi.org/10.47769/izufbed.879611

Ferrara, E. (2023). Should ChatGPT be biased? Challenges and risks of bias in large language models. *First Monday*. https://doi.org/10.5210/fm.v28i11.13346

Fitria, T. N. (2023). The use of artificial intelligence in education (AIED): Can AI replace the teacher's role? *Epigram, 20*(2), 165-187. https://doi.org/10.32722/epi.v20i2.5711

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning* (Vol. 1). MIT Press. https://www.deeplearningbook.org/ adresinden 24 Haziran 2025 tarihinde erişilmiştir.

Google DeepMind. (2025). *Gemini* 2.5 Pro: Our most advanced *model for complex tasks*. https://deepmind.google/models/gemini/pro/ adresinden 5 Temmuz 2025 tarihinde erişilmiştir.

Grand View Research. (2024). *AI* in education *market size & share | Industry report, 2030*. https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-ai-education-market-report adresinden 13 Temmuz 2025 tarihinde erişilmiştir.

Hackler, R. M., & Kirsten, G. (2016). *Distant reading, computational criticism, and social critique: An interview with Franco Moretti*. Foucaultblog. https://doi.org/10.16995/lefou.22

Hamzaoui, M., Bachiri, H., Ouassam, N., Mouncif, H., & Bouikhalene, B. (2024, Nisan). Toward artificial intelligence-enhanced hybrid learning: Leveraging video content for personalized education. In *Proceedings of the 7th International Conference on Networking, Intelligent Systems and Security* (pp. 1-8). https://doi.org/10.1145/3659677.3659823

Hazzan-Bishara, A., Kol, O., & Levy, S. (2025). The factors affecting teachers' adoption of AI technologies: A unified model of external and internal determinants. *Education and Information Technologies*. https://doi.org/10.1007/s10639-025-13393-z

Helmold, J. (2023, 14 Haziran). *Cambridge* University turns a blind eye to AI chatbot use *by students*. AcademicHelp. https://academichelp.net/blog/higher-education-news/cambridge-university-turns-a-blind-eye-to-ai-chatbot-use-by-students.html adresinden 22 Temmuz 2025 tarihinde erişilmiştir.

Huang, L. (2023). Ethics of artificial intelligence in education: Student privacy and data protection. *Science Insights Education Frontiers, 16*(2), 2577. https://doi.org/10.15354/sief.23.re202

Hussein, E., Hussein, M. A., & Al-Hendawi, M. (2025). Investigation into the applications of artificial intelligence (AI) in special education: A literature review. *Social Sciences, 14*(5), 288. https://doi.org/10.3390/socsci14050288

Hwang, G. (2014). Definition, framework and research issues of smart learning environments - a context-aware ubiquitous learning perspective. *Smart Learning Environments, 1*(1). https://doi.org/10.1186/s40561-014-0004-5

Hwang, G. J., & Tu, Y. F. (2021). Roles and research trends of artificial intelligence in mathematics education: A bibliometric analysis. *Mathematics, 9*(5), 483. https://doi.org/10.3390/math9060584

Jappie, Z., Torpey, D., & Celik, T. (2020). *Summarynet: A multi-stage deep learning model for automatic video summarisation*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2002.09424

Jet, S. J. (2023). *The negatives of artificial intelligence in education*. Save Ancient Studies. https://www.saveancientstudies.org/post/the-negatives-of-artificial-intelligence-in-education adresinden 7 Temmuz 2025 tarihinde erişilmiştir.

Jose, B., Cherian, J., Verghis, A. M., Varghise, S. M., Mumthas, S., & Joseph, S. (2025). The cognitive paradox of AI in education: Between enhancement and erosion. *Frontiers in Psychology, 16*. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1550621

Jurafsky, D., & Martin, J. H. (2023). *Speech and language processing* (3rd ed.). Pearson.

Kaledio, P., Robert, A., & Frank, L. A. (2024). The impact of artificial intelligence on students' learning experience. *SSRN Electronic Journal*. https://doi.org/10.2139/ssrn.4716747

Kamalov, F., Calonge, D. S., & Gurrib, I. (2023). New era of artificial intelligence in education: Towards a sustainable multifaceted revolution. *Sustainability, 15*(16), 12451. https://doi.org/10.3390/su151612451

Kasneci, E., Seßler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., ... & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences, 103*, 102274. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274

Kedrova, M. O. (2022). Digital humanities and distant reading concept by Franco Moretti. *Voprosy Filosofii, 8*, 148-158. https://doi.org/10.21146/0042-8744-2022-8-148-158

Khan, I. A., Ahmad, A. R., Jabeur, N., & Mahdi, M. N. (2021). An artificial intelligence approach to monitor student performance and devise preventive measures. *Smart Learning Environments, 8*(1). https://doi.org/10.1186/s40561-021-00161-y

Kong, L. (2022). Artificial intelligence-based translation technology in translation teaching. *Computational* Intelligence and Neuroscience, *2022*(1), 6016752. https://doi.org/10.1155/2022/6016752

Kriger, B. (2024). *Can AI systems ever fully replicate human cognitive abilities?* Medium. https://medium.com/common-sense-world/can-ai-systems-ever-fully-replicate-human-cognitive-abilities-cc73429fd57a adresinden 30 Haziran 2025 tarihinde erişilmiştir.

Lizano-Sánchez, F., Idoyaga, I., Orduña, P., Rodríguez-Gil, L., & Arguedas-Matarrita, C. (2025). Teachers' perspective on the use of artificial intelligence on remote experimentation. *Frontiers in Education, 10*. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1518896

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson.

Love, M., Simpson, L. A., Golloher, A., Gadus, B., & Dorwin, J. (2020). Professional development to increase teacher capacity for the use of new technologies. *Intervention in School and Clinic, 56*(2), 115. https://doi.org/10.1177/1053451220914886

Malik, G., Tayal, D. K., & Vij, S. (2018). An analysis of the role of artificial intelligence in education and teaching. In *Advances in Intelligent Systems and Computing*. Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8639-7_42

McNutt, A., Kim, A., Elahi, S., & Takahashi, K. (2020, Ekim). Supporting expert close analysis of historical scientific writings: A case study for near-by reading. In *2020* IEEE 5th Workshop on Visualization for *the Digital Humanities (VIS4DH)* (pp. 1-2). IEEE. https://doi.org/10.48550/arXiv.2009.02384

Melo-López, V. A., Basantes-Andrade, A., Gudiño-Mejía, C. B., & Hernández-Martínez, E. (2025). The impact of artificial intelligence on inclusive education: A systematic review. *Education Sciences*, *15*(5), 539. https://doi.org/10.3390/educsci15050539

Mendi, E., & Bayrak, C. (2013). Text-to-audiovisual speech synthesizer for children with learning disabilities. *Telemedicine and e-Health, 19*(1), 31-35. https://doi.org/10.1089/tmj.2011.0114

Mendoza, C. (2025). *ChatGPT* is making us stupid: *AI use linked to 15% drop in critical thinking scores*. Plain English. https://ai.plainenglish.io/chatgpt-is-making-us-stupid-ai-use-linked-to-15-drop-in-critical-thinking-scores-1db8895fe1c8 adresinden 24 Temmuz 2025 tarihinde erişilmiştir.

Microsoft. (2023). *What* is *a copilot and how does it work?* https://www.microsoft.com/en-us/microsoft-copilot/copilot-101/what-is-copilot adresinden 5 Temmuz 2025 tarihinde erişilmiştir.

Mitchell, T. M. (1997). *Machine learning*. McGraw-Hill.

Monsha. (2025, 24 Nisan). *ChatGPT* prompts to generate assessment *questions (with examples) for teachers*. https://monsha.ai/blog/chatgpt-prompts-for-ai-question-generation-for-teachers adresinden 12 Temmuz 2025 tarihinde erişilmiştir.

Mu, K. C., Chin, Z. Y., & Chiu, W. C. (2024). *Realizing video summarization from the path of language-based semantic understanding*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.04511

Mustafa, M. Y., Tlili, A., Lampropoulos, G., Huang, R., Jandrić, P., Zhao, J., ... & Saqr, M. (2024). A systematic review of literature reviews on artificial intelligence in education (AIED): A roadmap to a future research agenda. *Smart Learning Environments, 11*(1), 59. https://doi.org/10.1186/s40561-024-00350-5

Nazer, L., Zatarah, R., Waldrip, S., Ke, J. X. C., Moukheiber, M., Khanna, A. K., Hicklen, R. S., Moukheiber, L., Moukheiber, D., Ma, H., & Mathur, P. (2023). Bias in artificial intelligence algorithms and recommendations for mitigation. *PLOS Digital Health, 2*(6). https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000278

Ok, M. W., Rao, K., Pennington, J., & Ulloa, P. R. (2022). Speech recognition technology for writing: Usage patterns and perceptions of students with high incidence disabilities. *Journal* of *Special Education Technology, 37*(2), 191-202. https://doi.org/10.1177/0162643420979929

OpenAI. (2023). *Introducing ChatGPT*. https://openai.com/index/chatgpt/ adresinden 5 Temmuz 2025 tarihinde erişilmiştir.

Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 2*, 100020. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100020

Pappas, C. (2025). *Teachers and AI: Collaboration, not competition*. eLearning Industry. https://elearningindustry.com/teachers-and-ai-collaboration-not-competition adresinden 21 Temmuz 2025 tarihinde erişilmiştir.

Pathak, P., Farheen, N. S. S., & Dubey, A. (2021). Prediction of students' performance in education system based on artificial intelligence. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 1116*(1), 12132. https://doi.org/10.1088/1757-899x/1116/1/012132

Peng, H., Ma, S., & Spector, J. M. (2019). Personalized adaptive learning: An emerging pedagogical approach enabled by a smart learning environment. *Smart Learning Environments, 6*(1). https://doi.org/10.1186/s40561-019-0089-y

Phan, T. N. L. (2023). Students' perceptions of the AI technology application in English writing classes. *Proceedings of the AsiaCALL International Conference, 4*, 45. https://doi.org/10.54855/paic.2344

Rapa, A. A., Saja, I., & Azmi, A. (2024). The use of artificial intelligence (AI) translation tools: Implications for third language proficiency. *International* Journal of Research and Innovation in Social Science, *8*(9), 1952-1960. https://doi.org/10.47772/IJRISS.2024.8090161

Redactable. (2025, 9 Temmuz). *Student* data privacy: Key laws & *data protection solutions*. https://www.redactable.com/blog/student-data-privacy-protection adresinden 23 Temmuz 2025 tarihinde erişilmiştir.

Rivero, V. (2023). *Text-to-speech no longer just for students with disabilities*. EdTech Digest. https://www.edtechdigest.com/2023/01/13/text-to-speech-no-longer-just-for-students-with-disabilities/ adresinden 24 Temmuz 2025 tarihinde erişilmiştir.

Robinson, C., & Sebba, J. (2010). Personalising learning through the use of technology. *Computers & Education, 54*(3), 767-775. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.09.021

Russell, S., & Norvig, P. (2021). *Artificial intelligence: A modern approach* (4th ed.). Pearson.

Saputra, I., Astuti, M., Sayuti, M., & Kusumastuti, D. (2023). Integration of artificial intelligence in education: Opportunities, challenges, threats and obstacles; A literature review. *Indonesian* Journal of Computer *Science, 12*(4). https://doi.org/10.33022/ijcs.v12i4.3266

Sarsa, S., Denny, P., Hellas, A., & Leinonen, J. (2022, Ağustos). Automatic generation of programming exercises and code explanations using large language models. In *Proceedings of the 2022 ACM Conference on International Computing Education Research* (Vol. 1). https://doi.org/10.1145/3501385.3543957

Selwyn, N. (2018). *Six reasons artificial intelligence technology will never take over from human teachers*. AARE. https://blog.aare.edu.au/six-reasons-artificial-intelligence-technology-will-never-take-over-from-human-teachers/ adresinden 11 Temmuz 2025 tarihinde erişilmiştir.

Sharma, S., Tomar, V., Yadav, N., & Aggarwal, M. (2023). Impact of AI-based special education on educators and students. In *AI-Assisted Special Education for Students with Exceptional Needs*. IGI Global. https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0378-8.ch003

Shoval, D. H. (2025). Artificial intelligence in higher education: Bridging or widening the gap for diverse student populations? *Education Sciences, 15*(5), 637. https://doi.org/10.3390/educsci15050637

Shriver, T. (2024, 6 Eylül). *How artificial intelligence is helping people with intellectual and developmental disabilities*. Time. https://time.com/7018588/special-olympics-ai-idd-artificial-intelligence/ adresinden 3 Temmuz 2025 tarihinde erişilmiştir.

Shute, V. J., & Zapata-Rivera, D. (2010). Intelligent systems. In *International Encyclopedia of Education* (pp. 75-80). Elsevier. https://doi.org/10.1016/b978-0-08-044894-7.00247-5

Singh, A., Taneja, K., Guan, Z., & Ghosh, A. (2025). *Protecting human cognition in the age of AI*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arxiv.2502.12447

Slagg, A. (2024, 30 Eylül). *AI* in education in 2024: *Educators express mixed feelings on the technology's future*. EdTech Magazine. https://edtechmagazine.com/k12/article/2024/09/ai-education-2024-educators-express-mixed-feelings-technologys-future-perfcon adresinden 9 Temmuz 2025 tarihinde erişilmiştir.

Srinivasan, R., & Chander, A. (2021). Biases in AI systems. *Queue, 19*(2), 45. https://doi.org/10.1145/3466132.3466134

Tang, K. W., Kamoua, R., Sutan, V., Farooq, O., Eng, G., Chu, W. C., & Hou, G. (2004). Speech recognition technology for disabilities education. *Journal of Educational Technology Systems, 33*(2), 173. https://doi.org/10.2190/k6k8-78k2-59y7-r9r2

Tlili, A. (2024). Can artificial intelligence (AI) help in computer science education? A meta-analysis approach. *Revista* Española de Pedagogía, *82*(289), 10. https://doi.org/10.22550/2174-0909.4172

Topçu, E. U., & Masal, E. (2020). An overview of mathematics teachers' perceptions of technological pedagogical content knowledge self evaluation. *Gazi Journal of Education Sciences, 6*(1). https://doi.org/10.30855/gjes.2020.06.01.009

Tseng, J. C., Chu, H. C., Hwang, G. J., & Tsai, C. C. (2008). Development of an adaptive learning system with two sources of personalization information. *Computers & Education, 51*(2), 776-786. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.08.002

Turing, A. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind, 59*, 433-460. https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433

Underwood, T. (2016). Distant reading and recent intellectual history. *Debates in the Digital Humanities, 2016*. https://doi.org/10.5749/j.ctt1cn6thb.47

UNESCO. (2024). *Artificial intelligence in education*. https://www.unesco.org/en/digital-education/artificial-intelligence adresinden 14 Haziran 2025 tarihinde erişilmiştir.

Uspenskyi, S. (2025, 10 Şubat). *Main* AI trends in *education (2025)*. Springs Apps. https://springsapps.com/knowledge/main-ai-trends-in-education-2024 adresinden 19 Haziran 2025 tarihinde erişilmiştir.

Vijayalakshmi, P. R. (2025). AI and NLP-driven technology for YouTube transcript processing, summarization and automation. *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management, 09*(04), 1-9. https://doi.org/10.55041/IJSREM45205

Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., & Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications, 252*, 124167. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167

Wang, Y. (2023). Artificial intelligence technologies in college English translation teaching. *Journal of Psycholinguistic Research, 52*(5), 1525-1544. https://doi.org/10.1007/s10936-023-09960-5

Wang, Z., & Zhai, J. (2019). Ethical challenges faced by students in the educational environment of artificial intelligence. In *2019* International Conference on Advanced Education *Research and Modern Teaching (AERMT 2019)* (pp. 1-3). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/aermt-19.2019.1

Yan, Y., Li, C., Wei, S., & Rao, H. (2024, Eylül). Research on impact of AIGC on the development of artificial intelligence education: Watermark generation as case study. In *Proceedings* of the 2024 7th International Conference on Big Data and *Education*. https://doi.org/10.1145/3704289.3704297

Yüce, A. E. (2025). Cost of being online for brain: Changing working memory attributes, associated metacognitive knowledge and long-term memory processing. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar, 17*(1), 166-178. https://doi.org/10.18863/pgy.1433144

Zhao, J., Li, S., & Zhang, J. (2025). Understanding teachers' adoption of AI technologies: An empirical study from Chinese middle schools. *Systems, 13*(4), 302. https://doi.org/10.3390/systems13040302

BÖLÜM 10

EĞİTİMDE YAPAY ZEKÂ VE ETİK: GELECEĞİN ÖĞRENMESİNDE AHLAKİ SINIRLAR

Ali Batuhan Yıldız - Sevinç Parlak

ÖZET

Yapay zekâ (YZ) uygulamaları, eğitimde bireyselleştirilmiş öğrenme, değerlendirme, rehberlik ve yönetsel karar alma süreçlerinde önemli dönüşümler yaratmaktadır. Bununla birlikte, bu dönüşümün etik ilkeler çerçevesinde ele alınması gerekmektedir. Öğrenci verilerinin analizine dayalı kişiselleştirilmiş öğrenme olanakları, YZ'nin eğitimdeki temel katkılarından biridir ve bireysel hız, ilgi ve ihtiyaçlara uyarlanmış öğrenme yolları sunarak öğrenme etkililiğini artırmaktadır. Otomatik değerlendirme sistemleri, öğretmenlerin iş yükünü azaltırken öğrencilere anlık ve kapsamlı geri bildirim sağlayarak öğrenme süreçlerini derinleştirmektedir. Ayrıca erken uyarı sistemleri aracılığıyla risk altındaki öğrencilerin önceden belirlenmesi, akademik başarısızlık ve okul terki gibi sorunların azaltılmasına katkı sunmaktadır. YZ tabanlı karar destek mekanizmaları ise eğitim yöneticilerine veri temelli politika geliştirme imkânı sunmaktadır. Bu bağlamda bu süreçlerde GDPR ve KVKK gibi veri koruma düzenlemelerine uyum sağlamak, veri güvenliği, kullanıcı onamı ve algoritmik ön yargıların önlenmesi gibi etik yükümlülükler kritik önem taşımaktadır. Ayrıca, öğretmen rollerinin yeniden tanımlanması ve insan–makine iş birliğine dayalı pedagojik modellerin geliştirilmesi gerekmektedir. YZ'nin öğretmeni ikame eden değil, destekleyen bir araç olarak konumlandırılması; öğrencinin özerkliğini, yaratıcı düşünme ve problem çözme becerilerini güçlendiren öğrenme ortamlarının oluşturulması açısından önemlidir. Uluslararası etik ilkelerin takip edilmesi ve ulusal politikaların geliştirilmesi, sürdürülebilir ve adil YZ uygulamalarının hayata geçirilmesi için gereklidir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Eğitim Teknolojileri, Etik İlkeler, Kişiselleştirilmiş Öğrenme, Veri Güvenliği, Karar Destek Sistemleri

GİRİŞ

Dijital teknolojilerin hayatın her alanını dönüştürdüğü 21. yüzyılda, yapay zekâ (YZ) eğitim sistemlerinde giderek daha görünür ve etkili bir aktör hâline gelmektedir. Başlangıçta yalnızca teknoloji odaklı çevrelerde tartışılan yapay zekâ uygulamaları, günümüzde sınıf ortamlarına, öğretmen planlamalarına, bireysel öğrenme yollarına ve yönetim süreçlerine entegre edilmiştir. Öğrenme analitiği, adaptif öğrenme sistemleri, otomatik değerlendirme, erken uyarı mekanizmaları ve dijital danışmanlar gibi uygulamalar, eğitimde yapay zekânın farklı boyutlarda nasıl işlediğini gözler önüne sermektedir (Luckin vd., 2016; Holmes vd., 2022). Ancak bu teknolojik ilerleme, beraberinde önemli etik ve sosyal tartışmaları da gündeme getirmiştir.

YZ'nin eğitimde kullanımı, öğrenme süreçlerini bireyselleştirme ve öğretimsel verimliliği artırma potansiyeli taşısa da, bu sistemlerin karar alma mekanizmaları, veri güvenliği, ayrımcılık, şeffaflık ve insan denetimi gibi çok sayıda sorunu beraberinde getirdiği bilinmektedir (Williamson & Eynon, 2020; Burrell, 2016). Eğitim gibi insani temasın, kültürel bağlamın ve bireysel çeşitliliğin yoğun olduğu bir alanda YZ'nin kararlarının nesnelliği, öğrenciler üzerindeki etkileri ve öğretmen-öğrenci etkileşimine olan yansımaları dikkatle incelenmesi gereken boyutlardır. Bu bağlamda YZ'nin sadece pedagojik değil, aynı zamanda etik bir mesele olarak da ele alınması gerektiği açıktır.

YZ uygulamalarında etik sorunların en yaygın görüleni ayrımcılık ve ön yargıdır. Örneğin, Amazon'un işe alım algoritması, önceki verilerdeki cinsiyet dengesizliğini öğrenerek kadın adayları sistematik biçimde dezavantajlı duruma düşürmüştür (Dastin, 2018). Bu durum, veriye gömülü toplumsal ön yargıların algoritmalara yansıdığını göstermektedir. Ayrıca, O'Neil (2016), YZ modellerinin şeffaf olmaması durumunda, kararların sorumluluğunu atfetmenin zorlaştığını ve bunun etik hesap verebilirliği engellediğini vurgulamaktadır.

Bir diğer önemli etik mesele, mahremiyet ihlalleridir. YZ sistemleri büyük veri kümeleri ile eğitildiğinden, kullanıcıların rızası olmadan verilerinin toplanması ve analiz edilmesi, Avrupa Birliği Genel Veri Koruma Tüzüğü (GDPR) gibi düzenlemelerin sıkılaştırılmasına neden olmuştur (Voigt & Von dem Bussche, 2017). Buna karşılık, mahremiyetin korunması

amacıyla diferansiyel gizlilik (differential privacy) gibi teknik yaklaşımlar geliştirilmiştir (Dwork & Roth, 2014).

Son olarak, otonom sistemler bağlamında etik, insan yaşamına doğrudan müdahale eden algoritmalar nedeniyle daha karmaşık bir hâl almaktadır. Özellikle otonom araçlar, hastane karar destek sistemleri ve askerî amaçlı YZ uygulamalarında ölüm kalım kararlarının algoritmalarca verilmesi, insan hakları perspektifinden yoğun tartışmalara yol açmaktadır (Lin et vd., 2008; Sharkey, 2019). Bu bağlamda, YZ sistemlerinin yalnızca teknik doğruluk değil; aynı zamanda toplumsal yarar, etik sorumluluk ve hukuki düzenlemeler çerçevesinde tasarlanması gerektiği vurgulanmaktadır (Jobin, Ienca & Vayena, 2019).

1. BU ÇALIŞMANIN AMACI VE KAPSAMI

Bu bağlamda, bu çalışmanın temel amacı, eğitimde yapay zekânın sunduğu fırsatları ve beraberinde getirdiği etik riskleri çok yönlü olarak ele almaktır. Çalışma kapsamında;

- Yapay zekânın eğitimdeki başlıca kullanım alanları,
- Veri mahremiyeti ve güvenlik sorunları,
- Algoritmik tarafsızlık ve ayrımcılık riski,
- Şeffaflık ve hesap verebilirlik eksiklikleri,
- Öğretmenin dönüştürülen rolü ve insan denetimi gerekliliği,
- Öğrenci özerkliğinin desteklenmesi gerekliliği,
- Uluslararası etik yönergeler ve Türkiye'deki politika önerileri
- Gelecekte etik YZ kullanımına yönelik öğretmen eğitimi ve disiplinler arası iş birlikleri gibi ana temalar sistematik biçimde incelenmiştir.

Bu çalışma, etik yapay zekâ uygulamalarının yalnızca bir normlar bütünü olmadığını; aynı zamanda pedagojik kalite, öğrenci refahı, demokratik değerler ve toplumsal adalet açısından belirleyici bir unsur olduğunu savunmaktadır. Eğitimde teknolojik dönüşümün sağlıklı ilerleyebilmesi için etik yönetişimin bir ön koşul olduğu vurgulanmaktadır. Bu nedenle eğitimde yapay zekâda etik konusuna değinmeden önce "Yapay zekâ ve hatta zekâ nedir?" sorusunu ele alınmalıdır.

1.1. Zekâ Nedir?

Zekâ, farklı bilim dalları ve araştırmacılar tarafından çeşitli şekillerde tanımlanmıştır. Bu tanımların çeşitliliği, zekânın evrensel ve kesin bir tanımının bulunmadığını göstermektedir. Zekâ; şuur, bilinçaltı ve ruh gibi karmaşık kavramlarla ilişkilendirilmekle birlikte, en sade haliyle dışarıdan gelen uyarıların yorumlanarak bilgiye dönüştürülmesi ve kullanılması olarak da açıklanabilir (Legg & Hutter, 2007). Zekâ kavramına yönelik yaklaşımlar, geleneksel ve modern olmak üzere iki ana kategoride incelenebilir. Geleneksel yaklaşım, zekâyı ölçülebilir, bilgiyi örgütleyen ve kullanan bir yetenek olarak ele alırken (Bumen, 2004), Piaget ile başlayan modern bakış açısı, zekânın sayısal testlerle ölçülemeyeceğini, durağan olmadığını ve kendini değiştirme ve yenileme kapasitesine sahip olduğunu vurgular (Selçuk, 2012). Günümüzde yaygın olarak kabul gören ve çok sayıda çalışmaya konu olan çoklu zekâ kuramının sahibi Gardner (1999) ise zekâyı, beyin ve sinir sistemiyle ilişkili bir potansiyel olarak tanımlamış; "bir veya daha fazla yapıda değeri olan bir ürün şekil verme ya da problemleri çözme yeteneği" olarak ifade etmiştir. Bu tanımlar ışığında, yapay zekâ kavramının daha çok zekânın hesaplanabilirlik yönüyle ilgilenen geleneksel yaklaşımdan beslendiği söylenebilir.

1.2. Yapay Zekâ Nedir?

Yapay zekâ (YZ), 20. yüzyılın ortalarından itibaren hızla gündeme gelmiş ve günümüzün en önemli bilimsel araştırma alanlarından biri hâline gelmiştir (Russell, 1994). YZ alanındaki ilk önemli çalışmalar, John McCarthy tarafından 1956 yılında Dartmouth Konferansı'nda (Hanover, New Hampshire, ABD) sunulan bir öneri mektubuyla ortaya çıkmıştır. McCarthy, L. Minsky, Nathaniel Rochester ve Claude E. Shannon'ın katkılarıyla bu konferansta ilk kez "yapay zekâ" kavramı kullanılmış ve John McCarthy, bu kavramın mucidi olarak kabul edilmiştir (Alpaydın, 2013). McCarthy (2004, s.7), zekâyı "dünyada hedeflere ulaşma yeteneğini ölçen bir hesaplayıcı" olarak tanımlarken, yapay zekâyı "insan benzeri zeki makineler, özellikle de zeki bilgisayar programları yapma bilimi ve mühendisliği" olarak ifade etmiştir. Bu bağlamda yapay zekâ, bir bilgisayarın akıl yürütme, problem çözme, anlam çıkarma ve genelleme gibi insansı davranışlar sergilemesi, yani üst düzey bilişsel beceriler kullanması olarak tanımlana-

bilir. Nabiyev (2012) yapay zekâyı, karmaşık problemleri çözen "sezgisel programlama" olarak nitelendirmiştir. Haugeland (1985) ise yapay zekâyı, insan gibi düşünebilen bilgisayarlar veya makineler yaratma çabası olarak açıklamaktadır. Yapay zekânın ana hedefi, doğadaki varlıkların akıllı davranışlarını yapay olarak üretebilecek bir kuram oluşturmaktır (Genesereth & Nilsson, 1987). Yapay zekâ tanımları incelendiğinde, ortak paydada "akıllı programlama" ve "insansı tepkiler" kavramlarının yer aldığı görülmektedir. Doğal zekâ kavramının dahi tam olarak açıklanamadığı düşünüldüğünde, yapay zekânın kapsamını tam olarak anlamak ve kesin sınırlar belirlemek oldukça karmaşıktır.

Günümüzde eğitim alanında yapay zekâ uygulamalarının etkisi giderek artarken, bu teknolojilerin temelinde büyük veri ve gelişmiş analiz teknikleri bulunmaktadır. Eğitim ortamlarında toplanan verilerin anlamlandırılması ve etkili kullanımı, öğrencilerin öğrenme süreçlerini daha iyi anlamak ve desteklemek açısından kritik bir önem taşır. Bu noktada, eğitsel veri madenciliği ve öğrenme analitiği gibi disiplinler ortaya çıkarak, yapay zekânın eğitimdeki potansiyelini somut uygulamalara dönüştürmekte önemli rol oynar.

1.3. Eğitsel Veri Madenciliği ve Öğrenme Analitiği

1.3.1. Eğitsel Veri Madenciliği

Eğitim ortamlarının dijitalleşmesiyle birlikte öğrencilere ait büyük miktarda veri toplanmakta ve bu verilerin analiz edilmesi giderek daha önemli hâle gelmektedir. Bu bağlamda ortaya çıkan **Eğitsel Veri Madenciliği (Educational Data Mining – EDM)**, eğitim ortamlarında üretilen verilerden anlamlı, yorumlanabilir ve kullanılabilir bilgiler elde etmeye yönelik bir araştırma alanıdır. Romero ve Ventura (2020), EDM'i öğrenci performansını analiz etme, öğrenme davranışlarını modelleme ve öğretim süreçlerini iyileştirme gibi birçok amaca hizmet eden çok disiplinli bir alan olarak tanımlar.

Eğitsel veri madenciliği süreci, öğrenci verilerinin toplanmasıyla başlar. Bu veriler; çevrim içi öğrenme ortamları, öğrenme yönetim sistemleri (LMS), sınav sonuçları, forum mesajları, tıklama kayıtları ve hatta göz izleme verileri gibi birçok kaynaktan elde edilebilir (Peña-Ayala, 2014). Elde edilen bu verilerin anlamlı bilgiye dönüştürülebilmesi için

çeşitli analiz teknikleri kullanılır. Baker ve Inventado (2014), EDM'de en sık başvurulan tekniklerin sınıflandırma, kümeleme, birliktelik kuralları analizi, regresyon ve Bayes ağları olduğunu belirtmektedir. Örneğin, Kotsiantis, Pierrakeas ve Pintelas (2004), sınıflandırma algoritmalarıyla öğrencilerin dersten geçip geçmeyeceğinin başarıyla tahmin edilebildiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde, Kabra ve Bichkar (2011) da karar ağaçları yöntemiyle öğrencilerin başarı düzeylerini önceden öngörmenin mümkün olduğunu göstermiştir.

Eğitsel veri madenciliği yalnızca akademik başarıyı tahmin etmek için değil, aynı zamanda öğrencilerin karşılaştığı güçlükleri zamanında tespit ederek müdahale edebilmek amacıyla da kullanılmaktadır. Elde edilen analiz sonuçları, öğrencilerin öğrenme ihtiyaçlarına göre bireyselleştirilmiş öğrenme materyalleri sunmak, öğretmenlerin öğretim stratejilerini yeniden şekillendirmesi ve öğretim tasarımı süreçlerinin veri temelli hâle getirilmesi gibi uygulamalarda değerli katkılar sağlar (Romero & Ventura, 2020). Özellikle büyük ve heterojen öğrenci gruplarının yer aldığı çevrim içi eğitim ortamlarında bu tür uygulamalar daha kritik hâle gelmektedir.

Ancak eğitsel veri madenciliğinin sunduğu olanakların yanında bazı sınırlılıklar ve etik sorumluluklar da göz önünde bulundurulmalıdır. Slade ve Prinsloo (2013), özellikle kişisel verilerin gizliliği, öğrencilerin rızası olmadan veri toplanması ve analiz sonuçlarının pedagojik olarak yanlış yorumlanması gibi konuların dikkatle ele alınması gerektiğini vurgulamaktadır. Ayrıca veriye dayalı modellerin öğrencileri etiketleme yaklaşımı ile sınıflandırması gibi durumlar risk taşıması gibi durumlara yol açabilmektedir.

Sonuç olarak, eğitsel veri madenciliği, eğitimde veriye dayalı karar alma süreçlerini destekleyen ve öğrenme süreçlerini daha etkili ve bireyselleştirilmiş hâle getirmeyi amaçlayan güçlü bir araçtır. Bu alanın gelişimi, hem teknolojik ilerlemelerle hem de eğitimcilerin bu araçları etik ve pedagojik açıdan sorumlu biçimde kullanmalarıyla doğrudan ilişkilidir. Eğitim sistemlerinin daha adil, şeffaf ve öğrenci merkezli olması adına EDM, gelecek yıllarda daha da önemli bir konuma ulaşacaktır. Bu kapsamda, eğitsel veri madenciliğine yakın ancak pedagojik ve uygulamaya dönük boyutlarıyla farklılaşan bir alan olan öğrenme analitiği, eğitimde dijital verinin kullanımını bir adım öteye taşımaktadır.

1.3.2. Öğrenme Analitiği

21. yüzyılda dijital teknolojilerin eğitim ortamlarına entegre edilmesi, öğrencilerin öğrenme süreçlerini daha ayrıntılı şekilde izlemeyi, analiz etmeyi ve desteklemeyi mümkün kılmıştır. Bu gelişmelerin sonucu olarak ortaya çıkan öğrenme analitiği (learning analytics), öğrenci ve öğrenme ortamları hakkında üretilen büyük verinin ölçülmesi, toplanması, analiz edilmesi ve raporlanması yoluyla öğrenme deneyimlerinin iyileştirilmesini amaçlayan disiplinler arası bir çalışma alanıdır (Siemens & Long, 2011). Öğrenme analitiği, hem bireysel düzeyde öğrencilerin öğrenme davranışlarını anlamayı hem de kurumsal düzeyde öğretim süreçlerini yeniden yapılandırmayı hedeflemektedir. Bu alandaki uygulamalar sayesinde öğretmenler; öğrencilerin dijital içeriklere ne zaman, ne kadar süreyle eriştiğini, hangi etkinliklerde zorlandığını ya da başarı sağladığını ayrıntılı biçimde gözlemleyebilir. Bu da bireyselleştirilmiş öğretim stratejileri geliştirmeyi ve öğrenme başarılarını artırmayı mümkün kılar (Ferguson, 2012). Ayrıca öğrenme analitiği, öğretim tasarımcıları ve yöneticiler için de etkili bir karar destek aracı işlevi görmektedir. Örneğin, çevrim içi platformlarda yüksek terk oranına sahip modüller belirlenip yeniden tasarlanabilmektedir (Papamitsiou & Economides, 2014).

Öğrenme analitiği, veri görselleştirme, makine öğrenmesi, doğal dil işleme ve sosyal ağ analizi gibi çeşitli teknolojileri içeren bir yapıya sahip olduğu bilinmektedir. Bu teknolojilerle geliştirilen öğrenme panoları (dashboards), öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerini izlemelerini sağlarken, öğretmenlere de erken uyarı sistemleri sunarak risk altındaki öğrencilerin zamanında tespit edilmesine olanak tanımaktadır (Verbert vd., 2013). Buna bağlı olarak geliştirilen uyarlanabilir öğrenme ortamları, öğrencilerin önceki etkileşim verilerine göre içeriklerin dinamik biçimde düzenlenmesini sağlamaktadır. Bu sayede her öğrenciye, bireysel öğrenme hızı ve düzeyine uygun, kişiselleştirilmiş eğitim sunulabilmektedir (Ifenthaler & Yau, 2020). Bu bağlamda öğrenme analitiğinin yaygın kullanımı, veri etiği bağlamında çeşitli tartışmaları da beraberinde getirmektedir. Öğrenci verilerinin gizliliği, algoritmik önyargıların önlenmesi, şeffaflık ve veri kullanımında rıza gibi konular, öğrenme analitiği uygulamalarında dikkatle ele alınması gereken etik boyutları da oluşturmaktadır (Slade & Prinsloo, 2013). Bu nedenle, öğrenme analitiği uygulamalarının açık, adil ve öğrenci haklarını gözeten ilkelerle yönetilmesi gerekmektedir.

Öğrenme analitiği ile yakından ilişkili olan bir diğer alan ise eğitsel veri madenciliği (educational data mining – EDM) alanıdır. Her iki alan da eğitimde büyük verinin analizine odaklansa da amaç, yöntem ve uygulama bağlamında bazı farklılıklar barındırmaktadır. Öğrenme analitiği pedagojik hedeflerle yönlendirilmiş, karar vermeye ve eyleme dönük çıktılar üretmeye odaklanırken eğitsel veri madenciliği daha çok keşifsel bir yaklaşım benimseyerek veri setlerinden desenler, öngörüler ve ilişkiler çıkarmaya çalışmaktadır (Romero & Ventura, 2020). EDM, sınıflandırma, kümeleme, regresyon gibi istatistiksel ve algoritmik yöntemleri ağırlıklı kullanırken (Baker & Inventado, 2014), öğrenme analitiği bu yöntemleri pedagojik yorumlarla bütünleştirerek öğretimsel faydaya dönüştürmeye çalışmaktadır (Ferguson, 2012).

Bu iki alanın kesişiminde yer alan en büyük fırsat, yapay zekâ teknolojileriyle bütünleşmeleriyle ortaya çıkmaktadır. Öğrenme analitiği ve eğitsel veri madenciliği, yapay zekâ destekli sistemlerle birleştiğinde kişiselleştirilmiş öğrenme yolları, gerçek zamanlı izleme araçları, erken uyarı sistemleri ve etkili karar destek mekanizmalarının geliştirilmesi mümkün hâle gelmesini sağlamaktadır. Öğrenciye özel öğrenme önerileri sunulabilir, öğrenme zorlukları erkenden fark edilerek müdahalede bulunulabilir ve öğretim tasarımı veriye dayalı biçimde optimize edilebilmesini sağlayabilir (Ifenthaler & Yau, 2020; Romero & Ventura, 2020). Böylece öğretmenler, sadece başarı verilerini değil, aynı zamanda öğrencinin katılım, motivasyon ve bilişsel ilerlemesini de analiz edebilme gücüne ulaşmaktadır (Baker & Inventado, 2014). Bu gelişmeler, öğretim süreçlerinin yapay zekâ ile yeniden şekillenmeye başladığını göstermektedir. Şimdi, eğitimde yapay zekâ kullanımının sunduğu fırsatları ve bu yeniliklerin etik boyutlarını kapsamlı şekilde irdeleyebiliriz.

1.4. Eğitimde Yapay Zekâ Kullanımı: Fırsatlar ve Dönüşüm

Günümüzde yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin gelişimi, birçok sektörde olduğu gibi eğitim alanında da köklü dönüşümlere neden olmuştur. Eğitim sistemleri, sadece bilgi aktaran yapılar olmakla kalmayıp daha esnek, bireyselleştirilmiş ve veri odaklı yapılar hâline gelmektedir. Bu dönüşümün merkezinde ise YZ temelli uygulamalar yer almaktadır. Yapay zekâ, eğitimde çok çeşitli kullanım alanlarına sahiptir ve bu alanlar hem öğretmenler

hem öğrenciler hem de eğitim yöneticileri açısından önemli kazanımlar sunmaktadır. Bu gelişmeler, eğitimde daha esnek, öğrenci merkezli ve etkili yaklaşımların önünü açmakta ancak etik, pedagojik ve teknolojik boyutların birlikte ele alınmasını gerektirmektedir.

1.4.1. Kişiselleştirilmiş Öğrenme

Eğitimde YZ'nin en dikkat çekici kullanım alanlarından biri, kişiselleştirilmiş öğrenme süreçlerinin desteklenmesidir. Geleneksel sınıf ortamlarında öğretmenler, her öğrencinin bireysel ihtiyaçlarını karşılamakta zorlanabilmektedir. Bu bağlamda YZ temelli sistemler, öğrencilerin önceki başarıları, öğrenme hızı, ilgileri ve eksiklikleri gibi çok sayıda parametreyi analiz ederek her öğrenciye özgü öğrenme yolları sunabilmektedir (Luckin vd., 2016). Bu durum, öğrencilerin kendi hızlarında öğrenmelerini ve ihtiyaç duydukları alanlarda yoğunlaşmalarını sağlayarak öğrenmenin daha derin ve kalıcı olmasına katkı sunmaktadır. Bu duruma örnek olarak, adaptif öğrenme platformları sayesinde bir öğrenci matematikte zorluk yaşarken, başka bir öğrenci ileri düzey içeriklere yönlendirilebilme imkânı YZ sistemleri ile sunulabilmektedir. Böylece her öğrencinin öğrenme deneyimi bireysel ihtiyaçlarına göre şekillendirilmiş olmaktadır. Bu sistemlerin özellikle uzaktan eğitimde öğrenci motivasyonunu ve katılımını artırmak açısından oldukça önemli bir potansiyele sahip olduğu bilinmektedir.

1.4.2. Otomatik Değerlendirme ve Geri Bildirim

Yapay zekâ, öğrenci değerlendirme süreçlerini hem hızlandırmakta hem de niteliksel olarak geliştirmektedir. Geleneksel sınavlar genellikle öğretmenin yoğun zaman harcadığı süreçlerden oluşmaktadır. Bu bağlamda YZ destekli otomatik değerlendirme sistemleri, yalnızca çoktan seçmeli testleri değil, aynı zamanda açık uçlu yanıtları, yazılı kompozisyonları ve sözlü sunumları da değerlendirebilecek düzeye gelmiştir (Burrows vd., 2021). Örneğin; doğal dil işleme teknikleri kullanılarak yazılı bir kompozisyonun tutarlılığı, dil bilgisi, bağlam uygunluğu ve içerik derinliği analiz edilebilmektedir. Bu bağlamda öğrenciye anlık ve detaylı geri bildirim verilmesi sayesinde öğrenme süreci daha etkin ve anlamlı bir hâle gelmektedir. Bu sistemler öğretmenlerin değerlendirme yükünü azaltırken aynı zamanda öğrencilere sürekli iyileştirme olanağı sunmaktadır.

1.4.3. Erken Uyarı Sistemleri ve Öğrenci Takibi

YZ'nin önemli bir diğer katkısı ise öğrencilerin öğrenme süreçlerinin sürekli olarak izlenmesini sağlamasıdır. Öğrenci davranışlarının, sistemdeki etkileşimlerinin, ödev teslim sürelerinin ve başarı grafiklerinin analiz edilmesiyle birlikte, risk altındaki öğrenciler erken dönemde belirlenebilmektedir. Bu durum, özellikle okul terki, akademik başarısızlık veya düşük motivasyon gibi olumsuzlukların önüne geçilmesinde oldukça kritik bir rol oynamaktadır (Zawacki-Richter vd., 2019). Bu bağlamda erken uyarı sistemleri sayesinde öğretmenler, müdahale edilmesi gereken öğrencilere yönelik bireysel destek programları oluşturabilmektedir. Ayrıca velilere zamanında bilgilendirme yapılması, okul-aile iş birliğini oldukça güçlendirebilmektedir. YZ, burada sadece analiz eden bir araç değil, aynı zamanda rehberlik eden bir sistem olarak devreye girmektedir.

1.4.4. Akıllı Öğretim Sistemleri (ITS)

Intelligent Tutoring Systems (ITS), öğrencilere bire bir etkileşim yoluyla öğretmen benzeri bir rehberlik sunar. Bu sistemler, öğrencinin verdiği yanıtlara göre yeni sorular yönelterek bireysel öğrenme sürecini yapılandırabilmektedir (VanLehn, 2011). Bu bağlamda, bir öğrenci bir konuyu anlamakta zorlandığında sistem otomatik olarak açıklayıcı materyaller sunabilir ya da öğrenciye daha temel sorular yönlendirerek konunun pekişmesini sağlayabilmektedir. ITS sistemleri özellikle STEM (fen, teknoloji, mühendislik, matematik) alanlarında etkin kullanılmaktadır (Eyinç, 2025). Öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştiren bu sistemler, aynı zamanda öğretmenlerin öğrencilerle bire bir ilgilenme ihtiyacını da dengeleyici bir rol üstlenmektedir.

1.4.5. Yönetim ve Politik Karar Destek Sistemleri

Yapay zekâ sadece öğretimsel süreçlerde değil, eğitim kurumlarının yönetiminde de etkili karar destek sistemleri sunmaktadır. Büyük veri analitiği sayesinde öğrenci kayıtları, sınav sonuçları, devamsızlık oranları ve öğretim materyallerinin kullanımı gibi çok sayıda veri analiz edilerek yönetsel kararlar daha sağlıklı alınabilmektedir (Holmes vd., 2022). Bu sistemler, öğretim programlarının yeniden yapılandırılmasından kaynakların daha verimli kullanılmasına kadar birçok alanda yöneticilere stratejik avan-

taj sağlamaktadır. Bu bağlamda, okul başarı düzeyinin izlenmesi, öğretmen performanslarının değerlendirilmesi ve eğitim politikalarının geliştirilmesi gibi makro düzeyde de etkili olmaktadır.

1.4.6. Dil Öğrenimi ve Doğal Dil İşleme (NLP)

Doğal dil işleme (NLP), YZ'nin dil öğreniminde sunduğu en güçlü araçlardan biri olduğu bilinmektedir (Şimşek, 2025). Özellikle yabancı dil eğitiminde kullanılan uygulamalar, öğrencinin yazılı ya da sözlü ifadelerini analiz ederek anında geri bildirim verebilmektedir. Bu sistemler telaffuz hatalarını düzeltebilir, gramer yapısını değerlendirebilir ve öğrenciye uygun alternatif ifadeler önerebilmektedir (Heffernan & Otoshi, 2021). NLP tabanlı uygulamalar, konuşma tanıma sistemleri ile desteklendiğinde öğrencinin gerçek zamanlı olarak konuşma pratiği yapmasına olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, çeviri uygulamaları, özetleme araçları ve metin analiz sistemleri gibi birçok araç da dil becerilerinin gelişiminde kullanılmaktadır.

1.4.7. Veri Güvenliği ve Mahremiyet

Yapay zekâ (YZ) destekli sistemlerin eğitim alanında yaygınlaşması, beraberinde önemli etik ve hukuki tartışmaları da gündeme getirmiştir. Bu sistemler, etkili çalışabilmek için öğrencilerle ilgili büyük miktarda veriyi analiz etmektedir. Bu veriler arasında öğrencinin kimlik bilgileri, akademik başarı düzeyleri, öğrenme stilleri, platform üzerindeki davranışları, hatta duygusal durumlarına ilişkin göstergeler yer alabilir. Böyle hassas bilgilerin toplanması, işlenmesi, saklanması ve gerektiğinde paylaşılması süreçleri, veri mahremiyeti ve güvenlik konularında ciddi sorumluluklar doğurmaktadır (Williamson & Eynon, 2020).

1.4.8. Eğitimde Veri Mahremiyetinin Önemi

Veri mahremiyeti, bireylerin kişisel verilerinin rızaları dışında toplanmaması, işlenmemesi ve paylaşılmaması ilkesine dayanmaktadır. Eğitimde, özellikle çocuklar ve gençler gibi hassas gruplara yönelik verilerin işlenmesi söz konusu olduğunda bu ilke daha da kritik hâle gelmektedir. Yapay zekâ sistemlerinin öğrenci hakkında veri toplaması, potansiyel olarak öğrencinin mahremiyetine müdahale edebilecek sonuçlar doğurabilmektedir (Selwyn, 2019).

Bu bağlamda, bir öğrencinin düşük motivasyon düzeyine veya öğrenme güçlüğüne dair verilerin üçüncü kişilerle paylaşılması, öğrencinin damgalanmasına, dışlanmasına veya fırsat eşitliğinden mahrum bırakılmasına yol açabilmektedir. Bu tür sonuçların önüne geçilebilmesi için veri toplama ve işleme süreçlerinde şeffaflık, bilgilendirilmiş onam ve asgari veri ilkeleri gibi etik yaklaşımlar benimsenmelidir.

1.5. Etik Sınırlar ve Sorumluluk

Yapay zekânın eğitimde kullanımında etik kavramı, bireylerin mahremiyetinin korunması, karar verme süreçlerinin şeffaflığı ve algoritmik önyargıların önlenmesi gibi temel ilkeleri içermektedir. Alanyazında, eğitimde kullanılan yapay zekâ sistemlerinin öğrenci verilerini toplarken ve işlerken etik ilkelere uygun hareket etmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Holmes vd., 2021). Öğrencilerin kişisel verilerinin izinsiz kullanımı, eğitimde fırsat eşitliğini zedeleyebilir ve ayrımcılığa neden olabilir (Williamson & Eynon, 2020). Ayrıca, yapay zekâ temelli sistemlerin kararlarının nasıl alındığı konusunda yeterli açıklık sunulmaması, öğrenci başarısı gibi önemli konularda güven sorunlarına yol açabilmektedir. Bu nedenle, etik ilkeler çerçevesinde geliştirilen yapay zekâ uygulamaları, sadece teknolojik yeterliliği değil, aynı zamanda insan haklarına saygıyı da öncelemelidir.

Yapay zekâ sistemlerinin toplumun farklı katmanlarına entegrasyonu, etik sınırlar ve sorumluluk kavramlarını ön plana çıkarmaktadır. Etik sınırlar; YZ uygulamalarının bireylerin haklarını, mahremiyetini, onurunu ve güvenliğini ihlal etmeyecek biçimde geliştirilmesini ifade ederken sorumluluk kavramı ise YZ tarafından üretilen çıktılardan ve karar destek süreçlerinden kimin veya hangi kurumların yükümlü olacağını belirlemeyi gerektirir (Floridi vd., 2018).

1.5.1. Etik Sınırlar

YZ'nin etik sınırları, öncelikle **insan onuruna saygı**, **adalet** ve **zarar vermeme** ilkeleri temelinde ele alınmaktadır. AI4People raporunda (Floridi vd., 2018) belirtildiği üzere, YZ sistemlerinin tasarımında aşağıdaki etik sınırlara dikkat edilmelidir:

- **Özerklik ve Rıza:** YZ sistemleri, bireylerin kendi kararlarını alma özgürlüğünü kısıtlayacak şekilde manipülatif tasarlanamaz (Jobin

vd., 2019). Örneğin, sosyal medya algoritmalarının kullanıcı davranışlarını yönlendirme gücü, etik sınırların aşılması riskini barındırmaktadır.

- **Gizlilik ve Mahremiyet:** Veri toplama süreçlerinde kullanıcının bilgilendirilmiş rızası alınmadan verilerin işlenmesi, etik ihlal teşkil eder (Voigt & Von dem Bussche, 2017). Büyük veri tabanlı YZ modelleri, kişisel bilgilerin anonimleştirilmemesi durumunda bireyleri tanımlanabilir kılarak mahremiyeti ihlal edebilir.
- **Algoritmik Adalet:** Algoritmaların eğitildiği veri setlerinde mevcut olan cinsiyet, ırk veya sosyoekonomik temelli ön yargılar, YZ uygulamalarının ayrımcı kararlar üretmesine neden olabilir (Buolamwini & Gebru, 2018). Bu durum, algoritmik adaletin gözetilmesini etik bir zorunluluk hâline getirmektedir.
- **Zarar Vermeme:** Sağlık, ulaşım ve hukuk gibi kritik alanlarda kullanılan YZ sistemleri, yanlış kararlar ürettiğinde bireylerin hayatlarını riske atabilir. Örneğin; otonom araçlarda algoritmanın kaza sırasında alacağı kararlar, etik sınırlar tartışmasını en keskin biçimde ortaya koymaktadır (Lin, 2016).

1.5.2. Sorumluluk

YZ sistemlerinde sorumluluk; **hesap verebilirlik (accountability)**, **izlenebilirlik (traceability)** ve **atfedilebilirlik (attributability)** boyutlarını içermektedir (Jobin vd., 2019). Bu kavramlar, bir algoritma tarafından verilen kararların olumsuz sonuçları durumunda hukuki ve etik açıdan kimin sorumlu olacağı sorusunu gündeme getirir. Örneğin:

- **Hukuki Sorumluluk:** Otonom bir aracın kazaya karışması hâlinde, sorumluluğun üretici firmaya mı, algoritmayı geliştiren yazılımcıya mı yoksa kullanıcıya mı ait olacağı belirsizdir (Gurney, 2013). Bu belirsizlik, etik sorumluluk alanında da ciddi tartışmalara yol açmaktadır.
- **Algoritmik Kararların Şeffaflığı:** O'Neil (2016), YZ sistemlerinin "kara kutu" olma özelliğine dikkat çekerek, şeffaf olmayan modellerde sorumluluğun atfedilmesinin imkânsız hâle gelebileceğini vurgulamaktadır. Bu nedenle, algoritma kararlarının gerekçelerinin izlenebilir olması etik sorumluluğun ön koşuludur.

- **Kurumsal Sorumluluk:** Jobin vd. (2019), YZ geliştiren kurumların yalnızca hukuki değil, toplumsal sorumluluk taşıdığını belirtmektedir. Bu kapsamda, algoritmaların yol açabileceği zararları öngörmek ve önlemek etik bir yükümlülük olarak değerlendirilir.

1.5.3. Veri Güvenliğinin Sağlanması: Teknik ve İdari Önlemler

Veri güvenliği, yalnızca hukuki düzenlemelere bağlı kalınarak sağlanamaz. Aynı zamanda teknik ve idari önlemlerin de alınması gerekmektedir. Eğitimde kullanılan YZ sistemleri şu önlemleri içermelidir:

- **Veri şifreleme (encryption):** Verilerin güvenli aktarımı ve saklanması için temel bir yöntemdir. Özellikle bulut tabanlı sistemlerde gereklidir.
- **Anonimleştirme ve maskeleme:** Öğrenci verilerinin kimliksizleştirilmesi, olası veri sızıntılarında bireysel zararları azaltır.
- **Erişim kontrolü:** Yetkisiz kişilerin öğrenci verilerine ulaşmasını engellemek için katmanlı güvenlik protokolleri uygulanmalıdır.
- **Log kayıtları ve izleme:** Kim, ne zaman, hangi veriye erişmiş gibi bilgilerin kayıt altına alınması, sistem güvenliğini artırır.
- **Siber güvenlik politikaları:** Kurumlar, düzenli sızma testleri, antivirüs yazılımları ve güvenlik duvarlarıyla sistemlerini koruma altına almalıdır (Cummings & Ferris, 2022).

1.5.4. Uluslararası ve Ulusal Düzenlemeler

Veri güvenliği ve mahremiyeti konusundaki yasal düzenlemeler, YZ sistemlerinin etik sınırlar içinde kullanılmasını sağlamak için önemli bir çerçeve sunar. Bu bağlamda en dikkat çekici düzenlemelerden biri Avrupa Birliği Genel Veri Koruma Tüzüğü'dür (GDPR). 2018 yılında yürürlüğe giren GDPR, bireylerin kişisel verileri üzerinde tam denetim hakkına sahip olmalarını öngörür. GDPR'a göre:

- Veri işleme için açık rıza alınmalıdır.
- Bireyler, verilerinin nasıl işlendiği hakkında bilgilendirilmelidir.
- Kişiler, verilerinin silinmesini veya düzeltilmesini talep edebilir.
- Otomatik karar alma süreçlerinde bireylerin itiraz hakkı vardır (European Commission, 2018).

Türkiye'de ise Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK) 2016 yılında yürürlüğe girmiştir. KVKK, GDPR ile büyük ölçüde paralellik göstermektedir. Eğitim kurumları ve dijital öğrenme platformları, öğrenci verilerini işlerken şu ilkelere uymak zorundadır:

- Hukuka ve dürüstlük kurallarına uygunluk
- Belirli, açık ve meşru amaçlar için işleme
- İlgili ve sınırlı veri toplama
- Gerektiği kadar süreyle muhafaza etme (KVKK, 2016)

Her iki düzenleme de yapay zekâ uygulamalarıyla entegre çalışan eğitim sistemlerinin yalnızca teknik değil aynı zamanda etik ve hukuki sorumluluklarla da uyum içinde olması gerektiğini ortaya koymaktadır.

1.6. Hibrit Öğrenme Modelleri ve İnsan-Makine İş Birliği

Yapay zekâ (YZ) teknolojilerinin eğitim alanındaki yükselişi, öğretim süreçlerinde köklü dönüşümler yaratmaktadır. Ancak bu dönüşüm, insan öğretmenlerin rollerini tamamen devreden çıkaran bir yapı yerine, öğretmen-YZ iş birliğine dayalı hibrit modellerin geliştirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu bölümde, insan-makine iş birliğinin temel ilkeleri, riskleri ve pedagojik fırsatları ele alınacaktır.

1.6.1. Eğitimde Ayrımcılık Riski: Verideki Önyargılar

Yapay zekâ (YZ) destekli sistemler, eğitim alanında öğrenci başarısını tahmin etme, not verme, öğrenme önerileri sunma ve kişiselleştirilmiş eğitim içerikleri oluşturma gibi çeşitli işlevlerle kullanılmaktadır. Ancak bu sistemlerin beslendiği verilerin tarafsız olmaması durumunda, sistemsel ayrımcılığın ortaya çıkması kaçınılmaz hâle gelmektedir. Eğitimde YZ uygulamaları, özellikle tarihsel olarak dışlanmış veya temsil edilmemiş gruplar üzerinde negatif sonuçlar doğurabilir. Bu durum hem pedagojik hem de etik açıdan ciddi sorunlar yaratmaktadır.

- **Cinsiyet temelli ön yargılar:** YZ sistemlerinin eğitildiği veriler, toplumdaki mevcut cinsiyet rollerini yansıttığında, kız öğrencilerin STEM (bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik) alanlarında yetersiz değerlendirilmesine yol açabilir. Buolamwini ve Gebru (2018), yüz tanıma sistemlerinde siyahi kadınların tanınma oranları-

nın düşük olduğunu ortaya koyarak, YZ sistemlerinin cinsiyet ve ırk temelli ön yargılar taşıyabileceğini göstermiştir. Bu bulgu, eğitim sistemlerinde kullanılan otomatik değerlendirme araçlarının da benzer şekilde ön yargılar taşıyabileceği riskini gündeme getirmektedir.

- **Sosyoekonomik farklılıklar:** Eğitimde YZ sistemleri, öğrencilerin akademik geçmişi, katılım düzeyi, dijital izleri gibi verileri analiz ederek çeşitli öngörülerde bulunur. Ancak düşük gelirli öğrencilerin teknolojiye erişimi sınırlı olabildiği için, bu gruplar hakkında toplanan veriler eksik veya dengesiz olabilir. Bu eksiklik, sistemlerin bu öğrencileri ilgisiz, başarısız veya destek gerektirmeyen bireyler olarak etiketlemesine neden olabilir (Eubanks, 2018). Bu tür sınıflandırmalar, eğitimde fırsat eşitliğini zedeleyebilir ve dezavantajlı grupların daha da dışlanmasına yol açabilir.
- **Dilsel ve kültürel çeşitlilik:** Doğal dil işleme (NLP) teknolojilerine dayalı YZ sistemleri, çoğunlukla belirli dilsel normlar ve kültürel kalıplar üzerine inşa edilmektedir. Bu durum, farklı ana dillere sahip ya da kültürel olarak farklı ifadeler kullanan öğrencilerin sistem tarafından yanlış anlaşılmasına yol açabilir (Blodgett vd., 2020). Eğitim yazılımlarının geri bildirim ve yönlendirme süreçlerinde kültürel farklılıkların göz ardı edilmesi, öğrencinin sistemle olan etkileşimini zayıflatabilir ve dışlanmışlık hissi yaratabilir.
- **Pedagojik ve Psikolojik Etkiler:** Verideki ön yargılar yalnızca teknik bir sorun değil, pedagojik bir tehdit olarak da değerlendirilmelidir. Yanıltıcı ya da ayrımcı sonuçlar öğrencinin öz güvenini zedeleyebilir, öğretmenin öğrenciye yönelik tutumlarını etkileyebilir ve öğrenme sürecinde motivasyon kaybına neden olabilir (Noble, 2018). Özellikle sürekli olarak düşük performans riski altında gösterilen öğrenciler, etiketlenmenin de etkisiyle öğrenilmiş çaresizlik geliştirebilir (Ryan & Deci, 2000). Bu tür durumlar eğitimde fırsat eşitliği ilkesine açıkça aykırıdır.

1.6.2. Algoritmik Şeffaflık ve Hesap Verebilirlik

Eğitimde yapay zekâ (YZ) sistemlerinin artan kullanımıyla birlikte, bu sistemlerin karar alma süreçlerinin ne kadar şeffaf olduğu ve ortaya çıkan sonuçlardan kimin sorumlu tutulacağı sorusu önem kazanmaktadır. Özellikle

notlandırma, öğrenme analitiği ve içerik önerme gibi alanlarda kullanılan algoritmaların çoğu, kararlarını nasıl aldığına dair açıklama sunmayan "kara kutu" yapılarla çalışmaktadır. Bu durum, hem öğrenciler hem de öğretmenler açısından sistemin güvenilirliğini zedelemekte ve hatalı ya da ön yargılı sonuçların fark edilmesini zorlaştırmaktadır. Barocas, Hardt ve Narayanan (2019), algoritmik şeffaflığın yalnızca teknik değil, aynı zamanda etik bir sorumluluk olduğunu ve sistemin hangi verilerle, neye göre ve kim tarafından geliştirildiğinin açık biçimde ortaya konması gerektiğini vurgular. Özellikle eğitim gibi yüksek etik duyarlılık gerektiren alanlarda, algoritmaların açıklanabilirliği büyük önem taşır. Çünkü öğrencilere ilişkin verilen kararların gerekçeleri anlaşılamazsa, bu kararlar sorgulanamaz ve düzeltilemez hâle gelir. Bu noktada, algoritmaların ürettiği sonuçlardan doğrudan makineler değil, sistem geliştiricileri, eğitimciler ve yöneticiler sorumlu tutulmalıdır. "Makine böyle dedi." şeklindeki yaklaşım, pedagojik ve etik sorumluluğu ortadan kaldırmaz. Jobin, Ienca ve Vayena (2019), algoritmaların hesap verebilirliğini sağlamak için geliştiricilerin şeffaflık ilkelerine uyması, denetlenebilir sistemler üretmesi ve kullanıcıların bu sistemlere itiraz edebileceği mekanizmalar sunması gerektiğini belirtmektedir. Ayrıca öğretmenlerin, bu sistemlerin sunduğu çıktıları eleştirel biçimde değerlendirebilecek dijital okuryazarlığa sahip olması, teknolojinin eğitimde daha adil ve etik bir şekilde kullanılabilmesini sağlar (Holmes, Bialik & Fadel, 2021). Tüm bu çerçevede, YZ sistemlerinin yalnızca verimlilik temelli değil, aynı zamanda açıklanabilirlik ve sorumluluk ilkelerine uygun biçimde tasarlanması, eğitimde güven ve adaletin sağlanması açısından temel bir gerekliliktir.

1.6.3. Öğretmenin Değişen Rolü ve İnsan Denetiminin Gerekliliği

Yapay zekâ (YZ) destekli teknolojilerin eğitim ortamlarına entegrasyonu, öğretmenin geleneksel "bilgi aktarıcı" rolünü dönüştürmekte ve onu veri yorumlayıcısı, öğrenme rehberi ve sosyal-duygusal destek sağlayıcısı gibi çok boyutlu işlevlerle yeniden tanımlamaktadır (Luckin, 2017). Bu dönüşüm, öğretmenlerin yalnızca teknolojiyi kullanan değil, aynı zamanda YZ sistemlerinden gelen verileri pedagojik bağlamda anlamlandırabilen, öğrencinin bireysel ihtiyaçlarını yorumlayabilen profesyoneller hâline gelmesini gerektirir. Ancak bu teknolojik gelişme, öğretmenin yerine geçmekten ziyade onun rolünü yeniden konumlandırmalı; çünkü empati, sezgi, ahlaki

değerlendirme ve öğrenciyle kurulan insani ilişki gibi nitelikler, YZ sistemleri tarafından simüle edilemez. Selwyn (2019), öğretmenlerin öğrencinin öğrenme sürecindeki duygusal, kültürel ve sosyal yönlerini dikkate alarak sağladığı rehberliğin, algoritmik sistemlerin mekanik yönlendirmelerine göre çok daha derin ve kapsayıcı olduğunu vurgular. Ayrıca, otomatik sistemlerin sunduğu kararların öğrenciler üzerinde hatalı veya ön yargılı etkiler yaratma riski, bu sistemlerin insan öğretmen tarafından sürekli denetlenmesini zorunlu kılar. Williamson ve Eynon (2020) bu noktada insan denetiminin yalnızca teknik bir kontrol mekanizması değil, pedagojik sezgiye ve bağlamsal anlayışa dayanan bir dengeleyici unsur olduğunu savunur. Yani öğretmen, yalnızca sistemin çıktısını değerlendiren değil; aynı zamanda öğrenci lehine yorumlayan, gerektiğinde sistem kararlarına karşı çıkan aktif bir özne olmalıdır. Bu nedenle YZ sistemlerinin etkili ve etik biçimde eğitime entegre edilmesi, öğretmenin rolünü ortadan kaldırmak değil; aksine, onu daha stratejik, rehberlik temelli ve öğrenciyi bütüncül olarak ele alan bir pozisyona taşımakla mümkündür.

1.6.4. Hibrit Öğrenme Modellerinin Pedagojik Gücü

Hibrit öğrenme modelleri, yapay zekâ (YZ) sistemlerinin gelişmiş veri işleme ve analiz kapasitelerini, öğretmenlerin pedagojik bilgi birikimi ve duygusal zekâsıyla birleştirerek eğitim süreçlerini daha etkili ve insana odaklı hâle getirmeyi amaçlamaktadır. Bu modelde YZ, öğrenci verilerini işleyerek öğrenme stillerini analiz eder, bireyselleştirilmiş içerik ve geri bildirim sunar ancak öğretmenin rolü, yalnızca bilgi aktarmaktan öteye geçerek rehberlik, öğrenme stratejileri geliştirme ve öğrenciyi bireysel olarak tanıma gibi nitelikli görevleri üstlenmektir (Luckin, 2017). Böylece öğretmen, YZ'nin sunduğu verileri pedagojik bağlamda yorumlayarak öğrenci ihtiyaçlarına uygun müdahalelerde bulunur. Hibrit modellerin başarılı olabilmesi için öğretmenlerin YZ okuryazarlığının artırılması ve bu teknolojilere karşı güven duyması kritik önemdedir. Ayrıca, sistem tasarım süreçlerinde öğretmenlerin görüşlerinin dikkate alınması, YZ uygulamalarının açıklanabilir ve öğretmen müdahalesine açık olması gerekmektedir. Bu şartlar sağlandığında hibrit modeller; teknolojinin veri gücünü insan zekâsıyla harmanlayarak öğrenme deneyimini zenginleştirir, öğrencilerin bireysel gelişimini destekler ve eğitimde etik ve pedagojik değerlerin korunmasını sağlar.

1.6.5. Öğrenci Özerkliği ve Kişisel Gelişim

Yapay zekâ (YZ) tabanlı eğitim sistemlerinin sunduğu yapılandırılmış, yönlendirme odaklı öğrenme süreçleri; öğrencilerin bireysel özerkliklerini geliştirme, yaratıcı düşünme becerilerini kullanma ve hata yaparak öğrenme gibi öz düzenleyici süreçlerini sınırlandırma riski taşımaktadır. Özellikle anlık geri bildirim veren sistemler, öğrencinin kendi kararlarını alma ihtiyacını ortadan kaldırabilir; bu da bireyin eleştirel düşünme ve problem çözme kapasitesini zayıflatabilir (Knox, 2020). Oysa modern öğrenme yaklaşımları, öğrencinin yalnızca bilgi alan değil, sürece aktif katılan, sorgulayan ve seçim yapabilen bir birey olarak gelişmesini hedeflemektedir. Zimmerman (2002), öz düzenleyici öğrenme becerilerinin gelişiminin öğrencinin kendi hedeflerini belirleyebilmesi, strateji seçebilmesi ve öğrenme sürecini denetleyebilmesiyle mümkün olduğunu vurgular. Bu nedenle YZ sistemlerinin tasarımında pedagojik olarak şu ilkelere dikkat edilmelidir: Öğrencilere farklı öğrenme yolları sunulmalı, sistemler esnek yapıda olmalı ve hata yapmaya izin veren öğrenme ortamları oluşturulmalıdır. Selwyn (2019) ise bu noktada, öğrencilerin pasif kullanıcılar olarak değil, teknolojik sistemlerle etkileşimde bulunan, kararlar alabilen ve kendi öğrenme yollarını şekillendirebilen öznelere dönüşmesi gerektiğinin altını çizer. Dolayısıyla, özerklik destekleyici bir yapay zekâ tasarımı, öğrencinin sadece akademik değil, aynı zamanda bilişsel, duygusal ve etik gelişimine katkı sağlayacak biçimde yapılandırılmalıdır.

1.6.6. Derin Öğrenmenin Tehdit Altında Olması

Yapay zekâ (YZ) destekli eğitim sistemleri, öğrencilere hızlı ve anlık geri bildirim sağlama kapasitesiyle kısa vadede öğrenme performansını artırma potansiyeline sahiptir. Ancak bu tür yönlendirmeler, genellikle "Yanlış yaptın, tekrar et" gibi yüzeysel geri bildirimler şeklinde olup, öğrencilerin kavramsal anlayış geliştirmesine, eleştirel düşünme becerilerini derinleştirmesine ve yaratıcı problem çözme yeteneklerini artırmasına katkı sağlamaktan uzaktır (Ryan & Deci, 2000). Hızlı tepkiler, öğrenmenin yüzeysel kalmasına neden olabilir ve öğrenci, bilgiyi mekanik olarak tekrar etmekle yetinir hale gelebilir. Derin öğrenmenin ve anlamlı kavrayışın desteklenebilmesi için YZ tabanlı eğitim araçlarının; neden-sonuç ilişkilerini analiz etmeye olanak tanıması, farklı çözüm yollarını kabul etmesi

ve öğrencinin merakını ve keşif duygusunu teşvik edecek esnek öğrenme ortamları sunması gereklidir. Bu yaklaşımlar, öğrenenin pasif bir bilgi alıcısı olmaktan çıkarak aktif bir keşifçi ve sorgulayıcı konumuna gelmesini sağlar (Bransford, Brown & Cocking, 2000). Böylelikle YZ, sadece bilgi transferini hızlandırmakla kalmaz, aynı zamanda öğrencilere eleştirel ve yaratıcı düşünme becerilerini geliştirebilecekleri zengin öğrenme deneyimleri sunar.

1.6.7. Yaratıcılığın ve Keşfetmenin Korunması

Yapay zekâ (YZ) sistemleri genellikle doğru-yanlış temelli değerlendirmeler ve tek tip çözümler sunma eğilimindedir; bu durum, özellikle yazma, tasarım, sanat ve diğer yaratıcı alanlarda öğrencilerin özgünlüklerini ve yenilikçi düşüncelerini sınırlandırabilir (Williamson & Eynon, 2020). Yaratıcı süreçler, çoklu düşünce yollarını keşfetmeyi, farklı çözümler geliştirmeyi ve deneme-yanılma yoluyla öğrenmeyi gerektirirken katı yapılar bu özgürlüğü kısıtlar. Bu nedenle, eğitimde kullanılan YZ sistemlerinin, öğrencilere açık uçlu geri bildirimler sunması; farklı ve beklenmedik çözümleri kabul etmesi ve merak ile keşfetmeyi teşvik eden öğrenme ortamları sağlaması kritik önemdedir. Böylece sistemler, öğrencilerin yaratıcı potansiyellerini ortaya çıkarmalarına olanak tanır ve öğrenme deneyimini zenginleştirir. Bu yaklaşım, yapay zekânın pedagojik işlevini, öğrencilerin sadece bilgi edinmesi değil, aynı zamanda kendi özgün yollarıyla keşfetme ve üretme becerilerini destekleyecek biçimde genişletir (Williamson & Eynon, 2020).

1.6.8. Etik YZ Tasarımı: Özerklik ve Esneklik

Etik bir yapay zekâ (YZ) sistemi, yalnızca teknik olarak hatasız çalışmakla kalmamalı; aynı zamanda kullanıcıların bireysel özerkliğine ve karar alma özgürlüğüne saygı göstermelidir. Floridi vd. (2018), etik YZ tasarımının temel prensiplerinden birinin, kullanıcıların pasif nesneler değil, aktif katılımcılar olarak ele alınması olduğunu vurgular. Bu bağlamda, eğitimde kullanılan YZ sistemleri öğrencilere farklı seçenekler sunmalı, karar verme süreçlerinde esneklik sağlamalı ve öğrencinin kendi öğrenme yolunu belirleyebilmesine olanak tanımalıdır. Ayrıca bu sistemler, öğretmenlerin pedagojik rehberliğini dışlamamalı; aksine, öğretmenin öğrenme sürecindeki liderlik rolünü destekleyen araçlar olarak konumlandırılmalıdır. Bu sayede YZ, öğrencinin eleştirel düşünme, problem çözme ve yaratıcılık

gibi becerilerini geliştirmesine fırsat tanırken, öğretmenin sezgisel ve etik rehberliğiyle denge kurar. Esnek ve özerkliği gözeten tasarımlar, öğrenme deneyimini bireyselleştirirken, aynı zamanda öğretmen-öğrenci etkileşimini zenginleştirir ve eğitimde insani değerlerin korunmasını sağlar. Böylelikle, etik YZ sistemleri, yalnızca teknolojik yenilikler değil, aynı zamanda pedagojik değerler çerçevesinde de sürdürülebilir ve adil bir eğitim ortamının temel taşları olarak işlev görür.

1.7. Uluslararası Etik Kılavuzlar ve Ulusal Stratejiler

Yapay zekânın (YZ) eğitim alanında hızla yaygınlaşması, sadece teknolojik değil aynı zamanda etik, hukuki ve toplumsal açıdan da birçok sorumluluğu beraberinde getirmiştir. Öğrencilerin verilerinin işlenmesi, algoritmaların karar verme süreçleri, öğrenme davranışlarının şekillendirilmesi gibi konular, etik ilkelere dayalı ulusal ve uluslararası politikaların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, UNESCO, OECD, Avrupa Komisyonu gibi kurumlar başta olmak üzere birçok küresel aktör eğitimde yapay zekâ kullanımına dair kapsamlı etik yönergeler yayımlamış; ülkeler de bu ilkelere dayalı stratejiler geliştirmeye başlamıştır (UNESCO, 2021; OECD, 2021).

1.7.1. Uluslararası Kurumların Etik Yönergeleri

UNESCO, 2021 yılında yayımladığı "Yapay Zekâ Etiği Tavsiyesi" belgesiyle, YZ'nin insan haklarına, insan onuruna, toplumsal eşitliğe ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerine uygun şekilde geliştirilmesini teşvik etmektedir. Bu belgede eğitim sektörü özelinde öne çıkan ilkeler şunlardır:

- **Şeffaflık:** YZ sistemlerinin nasıl çalıştığı açık olmalı, öğrenci ve öğretmenler karar süreçlerine dair bilgi sahibi olabilmelidir.
- **İnsan denetimi:** Karar süreçlerinde nihai sorumluluk insanda olmalı, otomasyon hiçbir zaman pedagojik kararların yerini tamamen almamalıdır.
- **Kapsayıcılık ve adalet:** Eğitimde YZ uygulamaları tüm öğrencilere eşit erişim sunmalı, toplumsal eşitsizlikleri artırmamalıdır.
- **Veri mahremiyeti:** Öğrencilerin kişisel verileri güvenle korunmalı ve yalnızca izinli kullanımlara açık olmalıdır (UNESCO, 2021).

OECD ise 2021 yılında yayımladığı "Artificial Intelligence in Education: Promises and Challenges" raporunda, yapay zekânın etik kullanımına yönelik olarak şu önerileri sunmuştur:

- YZ sistemlerinin eğitim politikalarıyla uyumlu hâle getirilmesi
- Eğitmenlerin YZ sistemlerini anlaması ve bilinçli şekilde kullanabilmesi için öğretmen eğitimi programlarının yaygınlaştırılması
- YZ kullanımında hesap verebilirlik ve sistem denetiminin garanti altına alınması (OECD, 2021)

Avrupa Komisyonu da 2020 tarihli "Etik Yapay Zekâ Yönergeleri" raporunda, eğitimde kullanılacak sistemlerde "güvenli, adil, açıklanabilir ve insan merkezli" yapay zekâ prensiplerini zorunlu kılmaktadır (European Commission, 2020).

1.7.2. Türkiye'de Mevcut Durum ve Politika Önerileri

Türkiye'nin yapay zekâ alanındaki genel stratejik çerçevesi, "2021–2025 Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi" kapsamında çizilmektedir. Millî Eğitim Bakanlığı, 2023 yılında yayımladığı vizyon belgelerinde, eğitim sektöründeki YZ uygulamalarında etik ilkelerin dikkate alınması gerektiğini açıkça belirtmektedir. Bu bağlamda, YZ tabanlı uygulamaların öğretmen gözetiminde kullanılması gerektiği hususu önemle vurgulanmaktadır. Eğitimde algoritmik ayrımcılığa yol açabilecek uygulamaların engellenmesi gerektiği ifade edilmektedir. Kişisel verilerin toplanması ve analiz edilmesi süreçlerinde Kişisel Verileri Koruma Kanunu hükümlerine tam uyum sağlanması zorunlu kılınmaktadır. Ek olarak, MEB bünyesinde etik izleme ve denetim birimlerinin tesis edilmesi yönünde teklifler ileri sürülmektedir. Söz konusu birimlerin, hem geliştirici firmaların hem de kullanıcı okulların sistemlerini etik yönden denetleyebilmesi, şeffaflık ve hesap verebilirlik prensiplerini güvence altına alabilmesi ve mekanizmalar olarak işlev görmesi amaçlanmaktadır.

Uluslararası düzenlemeler gibi ulusal stratejiler de yapay zekânın güvenilir ve şeffaf kullanımını hedefleyerek etik standartların korunmasına yardımcı olabilmektedir (Maral, 2024). Türkiye'de yapay zekâ sistemlerinin etik denetimi için bağımsız bir kurul oluşturulması ve Avrupa Birliği standartlarına benzer güçlü veri güvenliği standartlarının

uygulanması, bu alandaki güveni pekiştirmektedir (Mutlu & Öncü, 2024). Geliştiricilerin, sistemlerini tasarlarken etik mülahazaları ön planda tutması ve veri gizliliğini temin eden mekanizmaları entegre etmesi; ayrıca, ön yargıyı azaltması, şeffaflığı artırması ve insan denetimini sürekli kılması esas olmaktadır (Akyel & Tur, 2023). Bu çerçevede, YZ sistemlerinin eğitim ortamlarında etkin ve etik bir şekilde entegrasyonu için açık yönergeler ve standartlar belirlenmesi, yasal ve etik düzenlemelere uyumu sağlamak adına öğrenci verilerinin toplanması, depolanması ve kullanılması titizlikle yönetilmektedir (Akyel & Tur, 2023; Gül, 2023). Ayrıca, Türkiye'nin Yapay Zekâ Stratejisi ve Eylem Planı, yapay zekâ teknolojilerinin etik kullanımına yönelik bir çerçeve sunarak veri güvenliği, şeffaflık ve adillik gibi konuları ele almaktadır (Maral, 2024). Bu stratejinin, Avrupa Birliği'nin yapay zekâ uygulamalarında algoritmik açıklanabilirlik ve etik kuralların denetlenmesi konusundaki standartlarıyla uyumlu bir yaklaşım sergilemesi ve bu bağlamda, Türkiye'nin Avrupa Birliği'nin Yapay Zekâ Yasası ve Genel Veri Koruma Yönetmeliği gibi mevzuatlarından ilham alarak, idari faaliyetlerde yapay zekâ kullanımını daha öngörülebilir ve şeffaf hâle getirmek için stratejik adımlar atması mümkün olmaktadır (Mutlu & Öncü, 2024). Bu adımlar, kamu çalışanlarının dijital yetkinliklerini artırmayı ve yapay zekâ farkındalığını güçlendirmeyi de içermektedir. Ayrıca, eğitimcilerin yapay zekâ sistemlerinin etik kullanımı hakkında yeterli bilgiye sahip olmaları ve bu teknolojileri pedagojik olarak sorumlu bir şekilde entegre edebilmeleri için sürekli eğitim ve destek programları kritik önem arz etmektedir (Akyel & Tur, 2023; Foltýnek vd., 2023).

Öğrenci verilerinin toplanması, depolanması ve kullanılmasına ilişkin açık yönergeler ve standartlar, yasal ve etik hususlara uyumu temin ederek eğitimde yapay zekâ uygulamalarının sorumluluk bilinciyle yürütülmesini güvence altına almaktadır (Akyel & Tur, 2023). Dolayısıyla, bu alandaki politika yapıcıların ve geliştiricilerin, yapay zekânın eğitimdeki potansiyelini maksimize ederken riskleri minimize etmeye yönelik sürekli çaba göstermesi gerekmektedir (Akyel & Tur, 2023) (Görentaş, 2025). Bu çabalar, yapay zekâ destekli idari karar süreçlerinin vatandaşlar tarafından anlaşılmasını sağlayacak şeffaf bilgilendirme mekanizmalarının oluşturulmasını kapsamalıdır (Mutlu & Öncü, 2024).

1.7.3. Politika Önerileri: Uygulanabilir Adımlar

Eğitimde yapay zekâya ilişkin etik standartların sadece rehberlik düzeyinde kalmaması, aynı zamanda uygulanabilir politikalara dönüşmesi gerekmektedir. Bu kapsamda aşağıdaki öneriler dikkat çekicidir:

- **Etik Kurulların Kurulması:** MEB ve üniversiteler bünyesinde yapay zekâ uygulamalarını etik yönden değerlendiren, onaylayan ve izleyen kurulların oluşturulması.
- **Etik Eğitim Modülleri:** Öğretmen yetiştirme ve hizmet içi eğitim programlarına, yapay zekâ okuryazarlığı ve etik bilinç kazandırmaya yönelik ders içeriklerinin eklenmesi.
- **Katılımcı Politika Geliştirme:** YZ sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanmasında öğretmen, öğrenci, veli ve akademisyenlerin görüşlerinin alınması.
- **Etki Analizi Uygulamaları:** YZ uygulamalarının öğrenciler üzerindeki pedagojik, psikolojik ve sosyal etkilerini önceden analiz eden yapıların oluşturulması.
- **Hukuki Uyum Süreçleri:** Tüm yapay zekâ uygulamalarının KVKK başta olmak üzere ulusal mevzuat ve uluslararası standartlara uygunluğunun denetlenmesi.

Yapay zekânın eğitimdeki etkisinin giderek artmasıyla birlikte, bu teknolojinin etik, adil ve güvenli bir şekilde kullanımının ulusal ve uluslararası politika gündeminin merkezinde konumlanması önem taşımakla beraber, bir gereklilik olarak belirginleşmektedir. UNESCO, OECD ve Avrupa Komisyonu gibi saygın kuruluşlar tarafından yayımlanan etik ilkeler, ülkeler için önemli bir rehber niteliği taşıması bakımından değer arz etmektedir (Maral, 2024). Bu bağlamda, Türkiye'de etik kurulların teşkil edilmesi, öğretmenlere yönelik eğitim programlarının güçlendirilmesi ve yasal düzenlemelere eksiksiz uyum sağlanması büyük bir önem arz etmektedir (Akyel & Tur, 2023; Foltýnek vd., 2023; Mutlu & Öncü, 2024). Söz konusu etik yönergelerin, salt tavsiye niteliğinde olmaktan öte; sürdürülebilir, kapsayıcı ve insan odaklı bir eğitim geleceğinin inşası için vazgeçilmez temel ilkeler olarak addedilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, yapay zekâ destekli eğitim sistemlerinin tasarımında, geliştirilmesinde ve uygulanmasında sürekli etik denetim mekanizmalarının entegrasyonu, bu teknolojilerin potansiyel fay-

dalarını maksimize ederken risklerini minimize etmek için elzem bir adım oluşturmaktadır (Gül, 2023). Ayrıca, eğitim fakülteleri bünyesinde yapay zekâ etiği konusunda özel bir çerçeve oluşturularak, akademisyenlerin YZ sistemlerinin tasarımı ve kullanımı süreçlerinde etik ilkeleri benimsemeleri teşvik edilmelidir (Gül, 2023). Bu sayede, yapay zekâ uygulamalarının bireyler, toplum ve çevre üzerindeki potansiyel etkilerini önceden değerlendirmek için etik etki değerlendirmesi süreçleri sistematik bir şekilde yürütülebilmektedir (Topçu & Akman, 2025).

Bu değerlendirmeler, yapay zekâ geliştiricilerinin etik sorumluluklarını yerine getirmesini sağlamanın yanı sıra, eğitim paydaşlarının da bu teknolojilerin faydalarını en üst düzeye çıkarırken risklerini azaltmalarına olanak tanımaktadır (Gül, 2023; Özer, 2024). Bu çerçevede, uluslararası ve ulusal düzeyde belirlenen etik ilkelerin yanı sıra, her eğitim kurumunun kendi özel bağlamına uygun, yapay zekâ kullanımına yönelik detaylı etik yönergeler geliştirmesi ve bunları düzenli olarak güncellemesi gerekmektedir (Gül, 2023; Maral, 2024). Ayrıca, politika yapıcıların ve yapay zekâ uzmanlarının iş birliği yaparak, yapay zekânın sorumlu kullanımı için yasal metin önerileri hazırlaması ve bu düzenlemelerin otomasyonun öğrenme çıktılarını geliştirmesini sağlaması, ancak insan karar alma süreçlerinden dışlanmamasını güvence altına alması büyük önem taşımaktadır (Gül, 2023). Bu kapsamda, yapay zekâ araçlarının faydalarını en üst düzeye çıkarmak ve etik bir şekilde kullanılmasını teşvik etmek için entegre çabalar sarf edilmesi gerekmektedir (Çetin & Baklavacı, 2024). Bu çabalar, yapay zekâ sistemlerinin potansiyel risklerinin farkındalığını artırarak ve faydalarını optimize ederek, tüm paydaşların yapay zekâ okuryazarlığını geliştirmeyi hedeflemelidir (Özer, 2024) (Akyel & Tur, 2023).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay zekâ teknolojilerinin eğitim sistemlerine entegrasyonu, basit bir teknik ilerlemenin ötesinde, pedagojik yaklaşımların, öğretmen ve öğrenci rollerinin, eğitim politikalarının ve etik çerçevelerin kapsamlı bir dönüşümünü gerektirmektedir. Bu yapısal değişim, dijital araçların yalnızca pasif kullanımı yerine, eğitimin temel öznesi olan bireyin hakları, özerkliği ve gelişimini merkeze alan bir yeniden kurgulamayı zorunlu

kılmaktadır. YZ destekli sistemlerin sunduğu kişiselleştirilmiş öğrenim deneyimleri, anlık geri bildirim mekanizmaları, performans izleme ve yönetimsel karar destekleri gibi imkânlar, eğitimsel verimliliği artırma potansiyeli barındırmakla birlikte, aynı zamanda ciddi etik, pedagojik ve sosyolojik tartışmaları da beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda, eğitimde kullanılan YZ sistemlerinin tasarım süreçlerinde, sadece teknik doğruluk ve verimlilik odaklı bir yaklaşım sergilemek yerine, insan merkezli, adil ve şeffaf ilkeler benimsenmelidir. Eğitim süreçlerinde algoritmik kararlar, sıklıkla toplumsal ön yargıları ve eşitsizlikleri yeniden üretme tehlikesi taşımakta; cinsiyet, sosyoekonomik statü, etnik köken veya dil farklılıklarına dayalı ayrımcılıkları sistematik ve görünmez hâle getirebilmektedir. Bu durum, algoritmalara mutlak doğruluk atfetmek yerine, onların sınırlılıklarını sorgulayan, şeffaflık, hesap verebilirlik ve insan denetimi prensipleriyle desteklenen bir yaklaşımın benimsenmesini zorunlu kılmaktadır. Yapay zekâ teknolojilerinin eğitimde etik bir şekilde kullanımı, yalnızca bireysel farkındalık düzeyleriyle sınırlı kalmayıp sistematik politikaların, disiplinler arası iş birliklerinin ve güçlü kurumsal yapıların desteğiyle mümkün olabilmektedir. Bu kapsamda, disiplinler arası yaklaşımın önemi özellikle vurgulanmaktadır. YZ sistemlerinin etik ve pedagojik açıdan tutarlı bir şekilde tasarlanması, sadece bilgisayar bilimcilerinin değil; eğitim bilimcileri, etik uzmanları, hukukçular, sosyologlar, psikologlar ve mühendisler gibi farklı alanlardan uzmanların ortak sorumluluğudur. Veri gizliliği, öğrenme psikolojisi ve algoritma tasarımı gibi alanların kesişiminde yürütülen iş birlikleri, öğrenciye zarar vermeyen, ön yargısız ve pedagojik olarak anlamlı sistemlerin geliştirilmesinin temelini oluşturmaktadır.

Geleneksel bilgiyi aktaran bir figür olmaktan çıkan öğretmen, artık öğrenme süreçlerini yöneten, verileri yorumlayan, sosyal-duygusal gelişimi gözeten ve etik süzgeçten geçirilmiş pedagojik kararlar alan bir uzmana evrilmektedir. YZ sistemleri, öğretmenin yerini almak yerine, onun pedagojik yetkinliklerini tamamlayıcı araçlar olarak işlev görmelidir. Zira öğretmenlerin sahip olduğu empati, sezgi, ahlaki rehberlik ve bireye özgü yaklaşım gibi niteliklerin, hiçbir yapay sistemle ikame edilemeyecek kadar değerli ve benzersiz olduğunu belirtmek gerekmektedir. Bununla birlikte, öğrencinin eğitim sürecindeki konumu da YZ teknolojileriyle birlikte değişime uğramaktadır. Öğrenciler, veri temelli sistemlerin sunduğu oto-

matik yönlendirmeler karşısında özerkliklerini yitirme riski taşımaktadır. Bu durum, eleştirel düşünme, sorgulama, hata yapma ve yaratıcı problem çözme gibi bilişsel süreçlerin arka plana itilmesine yol açabilmektedir. YZ destekli eğitim uygulamalarının, öğrenciyi pasif bir kullanıcıya indirgemek yerine, onu öğrenme sürecinde aktif bir özne olarak güçlendirmesi; düşünme, keşfetme ve üretme alanları tanıması gerekmektedir. Geleceğe dönük sürdürülebilir bir eğitim vizyonu için öğretmen adaylarının YZ okuryazarlığına sahip bireyler olarak yetiştirilmesi kritik önem taşımaktadır. Hizmet öncesi öğretmen eğitim programlarına; yapay zekânın temel prensipleri, veri mahremiyeti, algoritmik ön yargılar, etik karar verme süreçleri ve pedagojik değerlendirme konularını içeren derslerin müfredata dâhil edilmesi günümüzde bir zorunluluk hâline gelmektedir. Bu içeriklerle yetiştirilen öğretmenlerin, teknolojiyi yalnızca kullanan değil, aynı zamanda sorgulayan, yönlendiren ve etik sorumlulukla yöneten profesyoneller olması beklenmektedir.

Etik YZ kullanımının sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla yalnızca bireysel yeterlilikler değil; aynı zamanda ulusal düzeyde eğitim politikaları ve kurumsal destek mekanizmalarının da aktif olarak devreye sokulması elzemdir. Eğitim bakanlıkları, üniversiteler ve politika yapıcı kurumlar tarafından geliştirilecek etik YZ rehberlerinin yaygınlaştırılması; dijital etik kulüplerinin ve bilinçlendirme programlarının oluşturulması; öğretmenlere yönelik sürekli mesleki gelişim fırsatlarının sunulması, bu süreçte atılması gereken somut adımlar arasında yer almaktadır. Sonuç olarak, yapay zekâ teknolojilerinin eğitimde anlamlı ve adil bir şekilde kullanımı, etik temelli bir dönüşüm anlayışıyla mümkün olabilmektedir. Eğitimde YZ uygulamalarının, öğretmeni güçlendiren, öğrenciyi aktif bir özne konumuna getiren ve toplumsal eşitliği gözeten bir çerçevede tasarlandığında, dijital teknolojilerin sunduğu imkânların yalnızca teknik başarıya değil, aynı zamanda insani gelişime de hizmet etmesi beklenmektedir. Bu nedenle, eğitimin merkezinde insan olduğu unutulmadan, teknolojiyle şekillenen öğrenme ortamlarının etik, şeffaf ve katılımcı ilkeler ışığında yapılandırılması gerekmektedir. Ancak bu sayede, yapay zekâ ile desteklenen eğitim sistemlerinin hem bugünün ihtiyaçlarına yanıt vermesi hem de geleceğin öğrenme ekosistemini güvenli, adil ve sürdürülebilir bir şekilde inşa etmesi mümkün olabilmektedir. Bu kapsamda öne çıkan politika önerileri şunlardır:

- Etik ilkelere dayalı ulusal politikaların geliştirilmesi;
- Disiplinler arası iş birliklerinin kurumsallaşması;
- Öğretmenlere yönelik sürekli mesleki gelişim programlarının oluşturulması;
- Öğretmen yetiştirme programlarında YZ okuryazarlığının güçlendirilmesi;
- Öğrenci merkezli ve özerkliği destekleyen YZ tasarımlarının teşvik edilmesi;

Algoritmik ön yargıların belirlenmesi, önlenmesi ve giderilmesi amacıyla şeffaf ve hesap verebilir denetim mekanizmaları oluşturmak. Bu çerçevede, yapay zekâ destekli eğitim sistemlerinin etik, sorumlu ve ilkeli kullanımı için net kılavuzlar ve düzenlemeler oluşturmak (Akyel & Tur, 2023), öğretmenlerin bu teknolojileri etkili ve etik bir şekilde kullanmalarını sağlayacak pratik eğitim programları teşvik etmek gerekmektedir (Çetin & Baklavacı, 2024; Taktak, 2024). Ayrıca, eğitim fakültesi akademisyenlerinin, yapay zekânın öğretimde kullanımından öğrenci verilerinin toplanmasına kadar YZ'nin müdahil olduğu her alanda onları yönlendirecek etik ilkeler oluşturarak fakülteye özgü bir çerçeve geliştirmesi önemlidir (Gül, 2023). Bu çerçeveler, eğitim teknolojilerinde algoritmik adaletin sağlanması, ölçme, model öğrenme ve eylem aşamalarında karşılaşılabilecek her türlü ayrımcılığı belirlemek için hayati önem taşımaktadır. Bu kapsamda, yapay zekâ sistemlerinin etik denetimini sağlayacak kurumsal yapıların oluşturulması ve bağımsız denetim mekanizmalarının entegrasyonu, algoritmik şeffaflığı ve hesap verebilirliği güvence altına almak anlamına gelmektedir (Akyel & Tur, 2023; Gül, 2023).

Böylece, yapay zekânın eğitimdeki potansiyelinden tam olarak faydalanırken, olası riskleri minimize ederek adil ve kapsayıcı öğrenme ortamları yaratmak mümkün olmaktadır (Akyel & Tur, 2023; Amiri vd., 2025). Özellikle veri gizliliği ve güvenliği, yapay zekâ destekli eğitim sistemlerinin geliştirilmesinde temel bir endişe kaynağı olup, öğrencilerin kişisel bilgilerinin korunması ve kötüye kullanımının önlenmesi için katı önlemler almak zorunludur (Gül, 2023). Bu durum, güvenli ve gizliliği koruyan yapay zekâ algoritmaları geliştirmeyi, öğrenci verilerinin nasıl kullanıldığına dair şeffaflık sağlamayı ve öğrencilerden veya velilerinden

bilgilendirilmiş onam almayı içermektedir (Akyel & Tur, 2023). Ayrıca, yapay zekânın eğitimde etik kullanımı için şeffaflık ve hesap verebilirlik esastır (Al-Zahrani, 2024).

KAYNAKLAR

Akyel, Y., & Tur, E. (2023). Yapay Zekânın Potansiyelinin ve Eğitim Bilimlerindeki Uygulamalarının Araştırılması ve Araştırmalarda Beklentiler, Zorluklar ve Gelecek Yönelimleri. DergiPark (Istanbul University). https://dergipark.org.tr/tr/pub/kefad/issue/82697/1322341

Al-Zahrani, A. M. (2024). Unveiling the shadows: Beyond the hype of AI in education. Heliyon, 10(9). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e30696

Alpaydın, E. (2013). *Yapay zekâ*. Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.

Amiri, S. M. H., Islam, M. M., & Akter, N. (2025). Educating the future: AI's role in shaping next-generation pedagogies. International Journal of Science and Research Archive, 15(1), 621. https://doi.org/10.30574/ijsra.2025.15.1.1036

Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. In J. A. Larusson & B. White (Eds.), *Learning analytics: From research to practice* (pp. 61–75). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7_4

Binns, R. (2018). Fairness in machine learning: Lessons from political philosophy. In *Proceedings of the 2018 Conference on Fairness, Accountability, and Transparency* (pp. 149–159). https://doi.org/10.1145/3287560.3287598

Blodgett, S. L., Barocas, S., Daumé III, H., & Wallach, H. (2020). Language (technology) is power: A critical survey of "bias" in NLP. In *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics* (pp. 5454–5476). https://doi.org/10.18653/v1/2020.acl-main.485

Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. National Academy Press.

Buolamwini, J., & Gebru, T. (2018). Gender shades: Intersectional accuracy disparities in commercial gender classification. In *Proceedings of the 1st Conference on Fairness, Accountability and Transparency* (pp. 77–91).

Burrell, J. (2016). How the machine 'thinks': Understanding opacity in machine learning algorithms. *Big Data & Society, 3*(1), 1–12. https://doi.org/10.1177/2053951715622512

Burrows, T., Cooper, M., & Moorhouse, N. (2021). Automated essay scoring for formative assessment in large classes. *Assessment & Evaluation in Higher Education, 46*(7), 1076–1091. https://doi.org/10.1080/02602938.2020.1835823

Cummings, C., & Ferris, B. (2022). *Cybersecurity for educators: What teachers, administrators, and technology staff need to know*. ISTE.

Çetin, M., & Baklavacı, G. Y. (2024). ENDÜSTRİ 4.0 PERSPEKTİFİNDE YAPAY ZEKÂNIN EĞİTİMDE UYGULANABİLİRLİĞİ İLE İLGİLİ ÖĞRETMEN GÖRÜŞLERİNİN İNCELENMESİ. İstanbul Ticaret Üniversitesi Girişimcilik Dergisi, 7(14), 1. https://doi.org/10.55830/tje.1404165

Dastin, J. (2018, October 10). Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women. Reuters. https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight-idUSKCN1MK08G

Dwork, C., & Roth, A. (2014). The algorithmic foundations of differential privacy. *Foundations and Trends in Theoretical Computer Science, 9*(3–4), 211–407. https://doi.org/10.1561/0400000042

European Commission. (2018). EU General Data Protection Regulation (GDPR). https://gdpr-info.eu/

Eyinç, A. (2025). Teknoloji ve yapay zekâ destekli eğitim yaklaşımları. In M. Abbak (Ed.), *Özel yeteneklilerin eğitimi: Geleceği şekillendiren yaklaşımlar* (pp. 170–181). Efe Akademi Yayınları.

Ferguson, R. (2012). Learning analytics: Drivers, developments and challenges. *International Journal of Technology Enhanced Learning, 4*(5–6), 304–317. https://doi.org/10.1504/IJTEL.2012.051816

Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., … Vayena, E. (2018). AI4People—An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. *Minds and Machines, 28*(4), 689–707. https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5

Foltýnek, T., Bjelobaba, S., Glendinning, I., Khan, Z. R., Santos, R., Pavletić, P., & Kravjar, J. (2023). ENAI Recommendations on the ethical use of Artificial Intelligence in Education. International Journal for Educational Integrity, 19(1). https://doi.org/10.1007/s40979-023-00133-4

Gardner, H. (1999). *Intelligence reframed: Multiple intelligences for the 21st century*. Basic Books.

Genesereth, M. R., & Nilsson, N. J. (1987). *Logical foundations of artificial intelligence*. Morgan Kaufmann.

Görentaş, M. B. (2025). Güney Kore Yapay Zekâ Yasası'nın Analizi ve Türk Hukukuna Bir Model Olarak Değerlendirilmesi. DergiPark (Istanbul University). https://doi.org/10.59399/cuhad.1658493

Gurney, J. K. (2013). Crashing into the unknown: An examination of crash-optimization algorithms through the two lanes of ethics and law. *Albany Law Journal of Science and Technology, 24*(1), 1–44.

Gül, F. Ö. (2023). EĞİTİMDE YAPAY ZEKÂ: EĞİTİM FAKÜLTESİ AKADEMİSYENLERİ İÇİN FIRSATLAR VE RİSKLER. DergiPark (Istanbul University). https://dergipark.org.tr/en/pub/mead/issue/89232/1609516

Haugeland, J. (1985). *Artificial intelligence: The very idea*. MIT Press.

Heffernan, N. T., & Otoshi, J. (2021). Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning. *Technology, Knowledge and Learning, 26*(1), 1–4. https://doi.org/10.1007/s10758-021-09511-2

Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2022). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning* (2nd ed.). Center for Curriculum Redesign.

Ifenthaler, D., & Yau, J. Y.-K. (2020). Utilising learning analytics to support study success in higher education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development, 68*(4), 1961–1990. https://doi.org/10.1007/s11423-020-09788-z

Jobin, A., Ienca, M., & Vayena, E. (2019). The global landscape of AI ethics guidelines. *Nature Machine Intelligence, 1*, 389–399. https://doi.org/10.1038/s42256-019-0088-2

Knox, J. (2020). Artificial intelligence and education in China. *Learning, Media and Technology, 45*(3), 298–311. https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1686010

KVKK. (2016). Kişisel Verilerin Korunması Kanunu. https://www.kvkk.gov.tr

Legg, S., & Hutter, M. (2007). A collection of definitions of intelligence. *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, 157*, 17–24. https://doi.org/10.3233/978-1-58603-833-5-17

Lin, P. (2016). Why ethics matters for autonomous cars. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, & H. Winner (Eds.), *Autonomes Fahren* (pp. 69–85). Springer Vieweg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48847-8_4

Luckin, R. (2017). Towards artificial intelligence-based assessment systems. *Nature Human Behaviour, 1*, 1–3. https://doi.org/10.1038/s41562-017-0201-1

Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence unleashed: An argument for AI in education*. Pearson.

Maral, T. (2024). THE INTERSECTION OF SOCIAL SCIENCES: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ETHICS. DergiPark (Istanbul University). https://dergipark.org.tr/tr/pub/usdad/issue/86150/1544943

MEB. (2023). Milli Eğitim Bakanlığı yapay zekâ vizyon belgesi. https://www.meb.gov.tr

Mutlu, A. E., & Öncü, R. N. (2024). İDARENİN EYLEM VE İŞLEMLERİNİN ÖNGÖRÜLEBİLİRLİĞİ VE YAPAY ZEKÂ KULLANIMI. DergiPark (Istanbul University). https://dergipark.org.tr/tr/pub/baunhd/issue/89012/1578542

Nabiyev, V. V. (2012). *Yapay zekâ*. Seçkin Yayıncılık.

Noble, S. U. (2018). *Algorithms of oppression: How search engines reinforce racism*. NYU Press.

O'Neil, C. (2016). *Weapons of math destruction: How big data increases inequality and threatens democracy*. Crown.

OECD. (2021). *Artificial intelligence in education: Promises and challenges*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/4bf6a678-en

Özer, M. (2024). Potential Benefits and Risks of Artificial Intelligence in Education. Bartın University Journal of Faculty of Education, 13(2), 232. https://doi.org/10.14686/buefad.1416087

Papamitsiou, Z., & Economides, A. A. (2014). Learning analytics and educational data mining in practice: A systematic literature review. *Educational Technology & Society, 17*(4), 49–64.

Peña-Ayala, A. (2014). Educational data mining: A survey and a data mining-based analysis of recent works. *Expert Systems with Applications, 41*(4), 1432–1462. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.08.042

Romero, C., & Ventura, S. (2020). Educational data mining and learning analytics: An updated survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery, 10*(3), e1355. https://doi.org/10.1002/widm.1355

Russell, S. J. (1994). *Artificial intelligence: A modern approach*. Prentice Hall.

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist, 55*(1), 68–78. https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68

Selçuk, Z. (2012). *Gelişim ve öğrenme*. Nobel Yayıncılık.

Selwyn, N. (2019). *Should robots replace teachers? AI and the future of education*. Polity Press.

Sharkey, N. (2019). The impact of gender and race bias in AI. In L. Floridi (Ed.), *The Oxford handbook of ethics of AI*. Oxford University Press.

Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. *EDUCAUSE Review, 46*(5), 30–40.

Slade, S., & Prinsloo, P. (2013). Learning analytics: Ethical issues and dilemmas. *American Behavioral Scientist, 57*(10), 1510–1529. https://doi.org/10.1177/0002764213479366

Şimşek, Ö. (2025). Yapay zekâ ve dil öğrenme süreçlerinde kullanımına genel bakış. *Temel Eğitim Araştırmaları Dergisi, 5*(1), 118–130. https://doi.org/10.55008/te-ad.1567106

Taktak, M. (2024). Transformation of the Teaching Profession in Turkey with ChatGPT: Opportunities and Challenges. DergiPark (Istanbul University). https://doi.org/10.29299/kefad.1413502

Topçu, T. B., & Akman, E. (2025). ULUSLARARASI ÖRGÜTLERİN YAPAY ZEKÂ POLİTİKALARININ KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ. DergiPark (Istanbul University). https://dergipark.org.tr/en/pub/bozokiibfdergi/issue/93260/1683445

UNESCO. (2021). Recommendation on the ethics of artificial intelligence. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379920

VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist, 46*(4), 197–221. https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369

Verbert, K., Duval, E., Klerkx, J., Govaerts, S., & Santos, J. L. (2013). Learning analytics dashboard applications. *American Behavioral Scientist, 57*(10), 1500–1509. https://doi.org/10.1177/0002764213479363

Voigt, P., & Von dem Bussche, A. (2017). *The EU General Data Protection Regulation (GDPR)*. Springer.

Williamson, B., & Eynon, R. (2020). Historical threads, missing links, and future directions in AI in education. *Learning, Media and Technology, 45*(3), 223–235. https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1798995

Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education: Where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16*, 39. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory Into Practice, 41*(2), 64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2

BÖLÜM 11

YAPAY ZEKÂYI TANIMAK VE YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞI

Özkan Özbay

ÖZET

Yapay zekâ, yalnızca teknik bir yenilik değil; bireylerin yaşam pratiklerini, toplumsal etkileşim biçimlerini ve eğitim ile çalışma süreçlerini yeniden şekillendiren dönüşümsel bir paradigma olarak değerlendirilmektedir. Bu dönüşüm, bireylerin yapay zekâ temelli teknolojileri pasif kullanıcılar olarak tüketmelerinden öte, bu teknolojilerin işleyiş mantığını kavrayarak eleştirel sorgulama yapmalarını ve etik ilkeler doğrultusunda değerlendirmelerini zorunlu kılmaktadır. Bu doğrultuda "yapay zekâ okuryazarlığı", temel kavramların anlaşılmasından toplumsal ve etik etkilerin çok boyutlu biçimde yorumlanmasına kadar uzanan kapsamlı bir yetkinlik alanı olarak ortaya çıkmaktadır. Yalnızca teknik bilgiye dayanmayan bu yetkinlik; bilişsel, duyuşsal ve sosyokültürel boyutları içeren, etik farkındalık, toplumsal sorumluluk, eleştirel düşünme ve yaşam boyu öğrenme gibi üst düzey becerilerle bütünleşmiş bir çerçeve sunmaktadır. Bu bölümde yapay zekânın tarihsel gelişimi ve temel kavramları kuramsal bir perspektiften ele alınmakta; yapay zekâ okuryazarlığının kavramsal temelleri ve bileşenleri sistematik olarak sunulmaktadır. Ayrıca ulusal ve uluslararası politika belgeleri ile çeşitli ülkelerdeki müfredat uygulamaları karşılaştırmalı bir yaklaşımla incelenerek, yapay zekâ eğitiminin hangi ilkesel temellere dayandığı ortaya konmaktadır. Teknoloji, algılama, uygulama alanları, toplumsal etki ve etik gibi bileşenler etrafında şekillenen bu politikalar, uygulamalı öğrenme, disiplinlerarası yaklaşım ve öğretmen niteliğinin güçlendirilmesi gibi unsurların sürecin sürdürülebilirliği açısından kritik önem taşıdığını göstermektedir. Bölümün sonunda yapay zekâ okuryazarlığının geleceğin becerileriyle ilişkisi ve sürdürülebilir öğrenme ekosistemlerine katkısı tartışılmakta; bireylerin dijital toplumda bilinçli, sorumlu ve etik temelli roller üstlenebilmesini destekleyen yapısal önerilere yer verilmektedir. Genel olarak yapay zekâ okuryazarlığı, dijital çağda etik duyarlılığa, eleştirel değerlendirme kapasitesine ve sorumlu teknoloji kullanımına sahip nitelikli bireylerin yetişmesini önceleyen temel bir çağdaş bireysel yetkinlik alanı olarak konumlandırılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Yapay Zekâ Okuryazarlığı, 21. Yüzyıl Becerileri

GİRİŞ

Yapay Zekâ

Yapay zekâ (YZ), makinelerin insan benzeri zekâ davranışları sergilemesini hedefleyen çok yönlü bir alandır. Bu alanın temelleri, Alan Mathison Turing'in 1950 yılında "Makineler düşünebilir mi?" sorusunu ortaya attığı makalesine kadar uzanır. Turing'in bu sorusu, YZ araştırmalarında merkezî bir konumda yer almaya devam etmektedir (Muggleton, 2014).

YZ'nin önemli bileşenlerinden biri olan "algılayıcı-perceptron", sinir ağı algoritmalarının temelini oluşturur ve ilk olarak Rosenblatt (1962) tarafından geliştirilmiştir. Algılayıcı, bir girdinin belirli bir sınıfa ait olup olmadığını belirleyen ikili bir sınıflayıcıdır ve beynin bilgiyi nasıl depoladığına dair olasılıklı bir model sunar. Minsky ve Papert (1969), algılayıcı kavramını geliştirerek günümüz makine öğrenimi ve derin öğrenme yaklaşımlarına öncülük etmiştir. Özellikle "*Algılayıcı*" adlı çalışmaları, YZ eğitimi üzerinde kalıcı bir etki bırakmıştır (Park & Kwon, 2024).

Papert (1980), "*Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*" adlı eserinde, öğrencilerin öğrenme süreçlerine aktif biçimde katılmaları gerektiğini savunur. Piaget'den etkilenerek, öğrencilerin dış dünyada bir şeyler inşa ederken öğrenmeyi daha etkili gerçekleştirdiklerini belirtir. Bu doğrultuda, öğrencilerin matematiksel problemleri çözmeye teşvik edileceği bilgisayar tabanlı öğrenme ortamları geliştirmiştir. Papert'e göre, bireylerin kendi öğrenme süreçlerini daha iyi anlayabilmeleri için makinelerin nasıl çalıştığını kavramaları büyük önem taşır. Bu anlayışı şu şekilde ifade eder: "*YZ, makinelerin insanlar tarafından zeki olarak kabul edilen işlevleri yerine getirme kapasitesini artırmayı amaçlar. Bu tür makineleri geliştirebilmek için hem makinelerin doğasını hem de gerçekleştirilmesi gereken zeki işlevlerin yapısını anlamak gerekir.*"

Ancak, Papert'in (1980) YZ ve makine öğrenimini öğrencilerin üstbilişsel gelişiminde kullanma vizyonu, eğitim dünyasında yeterince etkili olamamıştır. Günümüzde YZ'nin eğitimdeki rolü genellikle makinelerin öğrenciye yardımcı olması yönünde şekillenmiştir (Resnick, 2017). Bu eleştiri, YZ'nin eğitimde insan zekâsını anlamaktan ziyade makinelerin zeki olup olmadıklarına odaklandığını göstermektedir.

Yapay Zekânın Tanımı

Eğitim bağlamında YZ üzerine yapılan araştırmalar genellikle kavramı açık biçimde tanımlamaz. Genel olarak YZ, makinelerin insan zekâsına benzer davranışlar sergileme kapasitesi olarak tanımlanabilir. Kavram, ilk kez 1955'te McCarthy vd. tarafından alanyazına kazandırılmıştır (McCarthy vd., 2006).

UNESCO ve OECD gibi politika kuruluşları, YZ'ye dair çeşitli tanımlar geliştirmiştir. UNESCO'nun tanımına göre YZ; "*algılama, öğrenme, akıl yürütme, problem çözme, dil etkileşimi ve yaratıcı faaliyet*" gibi insan zekâsının bazı yönlerini taklit eden sistemleri ifade eder. Ancak şu an için "genel zekâ"ya sahip bir sistem bulunmamaktadır. Günümüzde daha çok "zayıf yapay zekâ" sistemleri geliştirilmiştir; bunlar, dar kapsamlı görevlerde yüksek performans sergileyebilen, örneğin büyük dil modellerine dayalı üretici yapay zekâ uygulamalarıdır (COMEST, 2019). OECD ise YZ sistemlerini, "*belirli insan tanımlı hedefler doğrultusunda tahmin, öneri veya kararlar üreten ve bu yolla gerçek ya da sanal ortamları etkileyebilen makine tabanlı sistemler*" olarak tanımlar (OECD, 2019).

Bu tanımlar günlük kullanım açısından geçerli olsa da bilimsel ve teknik bakımdan çeşitli eleştiriler barındırmaktadır. Boden'a (2016) göre YZ'nin iki temel amacı vardır: Birincisi, bilgisayarları kullanarak faydalı işler yapmayı hedefleyen teknolojik amaç; ikincisi ise insan ve diğer canlıların doğasına ilişkin sorulara yanıt arayan bilimsel amaçtır.

Bazı teknolojiler model odaklı geliştirilse de insan zihninin karmaşık süreçlerini tamamen modelleyebilecek bir bilişsel makine hâlâ gerçekleşmemiş bir idealdir (COMEST, 2019). Günümüzde YZ sistemleri, olasılıklı istatistiksel modellere dayalı veri odaklı yaklaşımlarla geliştirilmektedir. Ancak çoğu YZ araştırmacısı, insan zihninin nasıl çalıştığıyla ilgilenmeyip yalnızca teknolojik verimlilik peşindedir (OECD, 2019). YZ çok yönlü bir alan olup, ortak bir teknik ya da yaklaşım etrafında birleşmiş değildir. Araştırmacılar farklı hedef ve yöntemlerle çalışmalarını sürdürmektedir. Bu durum, YZ'nin ne olduğuna dair net bir tanım yapılmasının önündeki başlıca engellerden biridir.

1. YAPAY ZEKÂNIN TARİHSEL GELİŞİMİ

1.1. Yapay Zekânın Kuramsal Temelleri (1950–1970)

YZ araştırmaları, 1950 yılında Alan Mathison Turing'in yayımladığı "*Computing Machinery and Intelligence*" adlı makalesiyle bilimsel bir zemine kavuşmuştur. Turing (1950), makinelerin düşünebilme kapasitesini sorgulamış ve bir makinenin insanla ayırt edilemeyecek şekilde sohbet edebilmesi durumunda zeki kabul edilebileceğini ileri sürmüştür. Bu yaklaşım, "Turing Testi" olarak bilinir. YZ'nin resmî olarak bilimsel bir alan olarak tanımlanması ise 1956'da gerçekleştirilen Dartmouth Konferansı ile olmuş ve ortaya atılan "yapay zekâ" terimiyle birlikte, makinelerin insan zekâsını taklit edebileceği fikri sistematik olarak ele alınmaya başlanmıştır (McCarthy vd., 2006). Konferansta McCarthy, Simon, Newell ve Samuel gibi önemli araştırmacılar yer almış; öğrenme ve zekânın tüm yönlerinin bilgisayarlarca modellenebileceği fikri ortaya atılmıştır (Russell & Norvig, 2016). Bu dönemde YZ araştırmaları hız kazanmış ve bilgisayarların insanlar gibi düşünebileceği yönündeki iyimser beklentiler oldukça yaygınlaşmıştır. Aşağıda, 1950'ler ile 1970'ler arasındaki döneme damgasını vuran bazı kilometre taşları özetlenmiştir:

- 1952: Samuel tarafından geliştirilen dama programı, bilgisayarların kendi başına öğrenebileceğini göstererek büyük ilgi toplamıştır (Samuel, 1960).
- 1955: The Logic Theorist, matematiksel teoremleri ispatlayarak sezgisel akıl yürütme ve liste işleme gibi kavramları yapay zekâya kazandırmıştır (Newell & Simon, 1956).
- 1957: Rosenblatt, sinir ağlarının temelini oluşturan perceptron modelini geliştirmiştir. Bu gelişme, "bağlantıcılık" (connectionism) akımını başlatmıştır (Rosenblatt, 1962).
- 1961: Michie'nin geliştirdiği MENACE, kusursuz bir şekilde X-O oyunu oynamayı öğrenen ilk sistemlerden biri olmuştur (Michie, 1963).
- 1965: Weizenbaum'un ELIZA adlı sistemi, bir psikoterapist gibi doğal dilde yanıtlar vererek kullanıcıları şaşırtmıştır. Ancak sınırlarına gelindiğinde yapay doğası hemen fark edilmiştir (Weizenbaum, 1966).

- 1969: Shakey the Robot, ilk kez mantıksal karar verme yetisiyle fiziksel hareketi birleştiren genel amaçlı bir mobil robot olarak geliştirilmiştir (Bertram, 1972).
- 1969: Minsky ve Papert'in (1969) "Perceptrons" kitabı, basit sinir ağlarının sınırlı yapısını eleştirerek alandaki ilginin sembolik yapay zekâya yönelmesine neden olmuştur. Bu yayın, 1970'lerde yaşanacak olan "YZ Kışı"nın başlangıcı kabul edilmektedir.

1.2. Sembolik Yapay Zekâ (1970'ler – 1990'lar)

1980'li yıllarda YZ paradigması, "sembolik yapay zekâ" ve "uzman sistemler" (veya bilgi tabanlı sistemler) yönünde evrilmiştir. Bu yaklaşım, insan uzman bilgisinin bilgisayarlara aktarılarak kişisel bilgisayarlarda kullanılmasını amaçlamıştır. Uzman sistemler iki ana bileşenden oluşuyordu:

(1) Bilgi tabanı – Belirli bir alana ait olgular, kurallar ve ilişkilerden oluşan veri kümesi.

(2) Çıkarım motoru – Bu sembollerin nasıl işleneceğini belirleyen mekanizma.

Bu sistemlerde bilgi, açık ve biçimsel bir şekilde temsil edilmekteydi ve gerektiğinde güncellenebilecek esneklikte tasarlanmıştı. Dönemin önde gelen sembolik programlama dilleri arasında Lisp ve Prolog yer almaktaydı. 1990'lı yıllarda pek çok şirket, çıkarım motorlarına dayalı yazılımlar ve buna eşlik eden bilgi hizmetleri geliştirerek uzman sistemler üretmeye yönelmiştir. Ancak bu sistemler, insan uzmanlığının içerdiği bağlamsal bilgi, sezgisel yargı ve deneyimsel öğrenme gibi karmaşık unsurları yeterince yansıtmakta yetersiz kalmıştır. Bu dönemde geliştirilen çeşitli sistem ve modeller, yapay zekâ alanında kavramsal temelin ve uygulamalı araştırmaların şekillenmesine önemli katkılar sağlamıştır. Bu kapsamda geliştirilen başlıca sistemler ise şunlardır:

- MYCIN (1970): Kan hastalıkları tanısı ve ilaç önerisi için geliştirilen uzman sistem (Shortliffe vd., 1975).
- SHRDLU (1968–1970): Kullanıcının doğal dilde bilgisayarla etkileşim kurabildiği ve blok dünyasında sorgular yapabildiği sistem (Winograd, 1971).

- Prolog (1972): Fransa'nın Marsilya kentinde Colmerauer ve Roussel (1996) tarafından geliştirilen sembolik programlama dili.
- Stanford Cart (1979): Odadaki engelleri aşarak kendi kendine hareket eden araç (Moravec, 1983).
- Hopfield Ağı (1982): Bilgi işleme biçimini değiştiren yeni bir sinir ağı modeli (Hopfield, 1982).
- ID3 Algoritması (1983): Verilerden karar ağacı üreten ve günümüzde C4.5 gibi makine öğrenmesi algoritmalarının öncüsü olan sistem (Quinlan, 1986).

1.3. Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme (1990'lar – 2020'ler)

1990'lardan itibaren YZ; veri madenciliği, robotik, lojistik, tıbbi tanı, öneri sistemleri ve arama motorları gibi pek çok alanda karmaşık sorunlara etkili çözümler sunmaya başladı. Bu dönemde araştırmacılar daha gelişmiş matematiksel araçlar kullanarak YZ'yi daha bilimsel ve disiplinler arası bir zemine oturttular. YZ'nin olumsuz geçmiş imajını aşmak isteyen araştırmacılar çalışmalarını "bilişim", "bilişsel sistemler" ya da "hesaplamalı zekâ" gibi terimlerle adlandırarak fon bulma kolaylığı sağlamaya çalıştılar. 2006'da bazı araştırmacılar, YZ'deki temel sorunun veri miktarı olduğunu ileri sürdü. 2009'da 3,2 milyon etiketli görsel içeren ImageNet veri seti yayımlandı (Deng vd., 2009). Bunu takiben her yıl düzenlenen ImageNet yarışmaları, derin öğrenmenin başarısını gözler önüne serdi. 2012 yılında AlexNet adlı bir derin sinir ağı, görüntü sınıflandırmada %16 hata oranı ile çığır açtı (Krizhevsky, Sutskever & Hinton, 2012).

Derin öğrenme, veriden öğrenme kapasitesi sayesinde geleneksel makine öğrenmesi yöntemlerine kıyasla daha etkili sonuçlar sunmaya başladı. Derin öğrenme, mimarileri, çok katmanlı yapay sinir ağları, konvolüsyonel sinir ağları, geri beslemeli ağlar ve derin inanç ağları gibi modelleri kapsamaktadır (LeCun, Bengio, & Hinton, 2015). Derin öğrenme, algoritmaları, örneğin bir kediyi tanıma görevinde, görüntüdeki özellikleri otomatik olarak öğrenebilirken klasik algoritmalar bu özellikleri manuel olarak tanımlamak zorundadır. Ayrıca transfer öğrenme tekniği ile daha önceden eğitilmiş modeller, yeni problemlere kolayca uyarlanabilmektedir.

YZ'nin yaygınlaşmasında açık kaynak kodlar (TensorFlow, PyTorch vb.), yarışma platformları (Kaggle vb.), açık veri kümeleri ve MOOC kursları büyük rol oynamıştır.

Dönemin Öne Çıkan Başarıları:

- 1989: Convolutional Neural Networks (CNN) ile el yazısı rakam tanıma (LeCun vd., 1989).
- 1995: Support Vector Machine (SVM) görüntü ve metin tanıma için kullanıldı (Cortes & Vapnik, 1995).
- 1997: Long Short-Term Memory (LSTM), uzun vadeli bağımlılık problemini çözdü (Hochreiter & Schmidhuber, 1997).
- 2002: TD-Gammon, Reinforcement Learning (RL) ile tavla oyununda insan düzeyine ulaştı (Tesauro, 1995).
- 2010: IBM Watson, Jeopardy yarışmasında insan rakiplerini yendi (Ferrucci vd., 2010).
- 2012: AlexNet, ImageNet yarışmasını kazandı (Krizhevsky, Sutskever, & Hinton, 2012).
- 2014: Generative Adversarial Networks (GAN), gerçekçi görsel/ses üretiminde devrim yarattı (Goodfellow vd., 2014).
- 2016: AlphaGo, Go oyununda dünya şampiyonunu yendi (Silver vd., 2016).
- 2017: Transformer mimarisi tanıtıldı, doğal dil işleme devrim geçirdi (Vaswani, 2017).
- 2019: GPT-2, geniş çaplı dil modelleme başarısı gösterdi (Radford vd., 2019).
- 2019: Dactyl, fiziksel nesneleri insan eli gibi manipüle etti (Andrychowicz vd., 2019).
- 2019: AlphaStar, StarCraft II oyununda profesyonel oyuncuları yendi (Vinyals, 2019).

YZ bu dönemde bilgisayarla görü, konuşma tanıma, doğal dil işleme, ilaç tasarımı, medikal görüntüleme ve oyunlar gibi çok sayıda alanda büyük başarılar elde etmiştir.

2. YAPAY ZEKÂNIN TEMEL KAVRAMLARI

YZ terimi hiçbir zaman net sınırlarla tanımlanmamıştır (Warwick, 2013). Zaman içinde YZ kavramı değişiklik gösterse de temel fikir sabit kalmıştır. YZ'nin en temel hedeflerinden biri, insanlar gibi düşünebilen ve hareket edebilen akıllı makineler geliştirmektir. YZ, ilk kez 1956 yazında Dartmouth College'da düzenlenen bir çalıştayda ortaya atılmıştır. Bu tarihten itibaren YZ, genellikle insan gibi akıllı davranan makineler geliştirme çabası olarak anlaşılmıştır. İnsanlar, çevrelerindeki fiziksel dünyayı algılama ve bu algılardan elde ettikleri bilgileri kullanarak çevre üzerinde değişiklik yapma konusunda benzersiz bir yetenek göstermektedir (Buchanan, 2005). Dolayısıyla, gündelik yaşamda insanlara daha iyi ve verimli bir şekilde yardımcı olabilecek "akıllı makineler" geliştirmek istiyorsak, insanı bir model veya prototip olarak almak akıllıca bir yaklaşımdır.

Son 50–65 yıl içinde YZ teknolojilerini ilerletmeye yönelik çabalar, olağanüstü yenilikler ve gelişmelerle sonuçlanmıştır (Arbib, 2003; Baldi, 2021; Schmidhuber, 2015). YZ'nin çok yönlü ve zorlu meselelerini daha iyi anlayabilmek için dört temel kavramı iyi kavramak gereklidir:

2.1. Makine Öğrenmesi

YZ'nin en eski ve en heyecan verici alt alanlarından biridir (Murphy, 2012). YZ'nin bir alt disiplini olan makine öğrenmesi, sistemlerin girdiler ve çıktılar temelinde öğrenmesini sağlayacak şekilde geliştirilmesini ve yapılandırılmasını amaçlar. Temelde, bir makine öğrenmesi sistemi gözlemler ve deneyimler aracılığıyla öğrenir; belirli bir eğitim süreci doğrultusunda, çok sayıda örnek olaya maruz kaldığında genelleme yapabilir ve karşılaştığı yeni veya öngörülemeyen durumlara uygun tepkiler verebilir.

YZ ve makine öğrenmesi, son 50 yıldır ilgi çekici ve yoğun olarak çalışılan konular arasında yer almaktadır (Luger, 2005; Warwick, 2013). Her ne kadar bu iki kavram zaman zaman birbirinin yerine kullanılsa da aslında aynı anlamı taşımazlar. YZ, zekâya benzer şekilde görevleri yerine getirebilen daha geniş bir kavramsal çerçeveyi ifade ederken makine öğrenmesi, sistemlerin verilere serbestçe erişip bu verilerden kendi

kendine öğrenmelerine olanak tanır. Makine öğrenme, genellikle belirli taksonomilere göre sınıflandırılan çeşitli algoritmaları kullanarak çalışır (Murphy, 2012).

2.2. Yapay Sinir Ağları

Zeki makinelerin dünyayı insanlar gibi anlayabilmesi için yapay sinir ağlarının geliştirilmesi kilit bir öneme sahiptir. Bunu son derece başarılı, doğru, hızlı ve objektif bir şekilde yaparlar. Tarihsel olarak, yapay sinir ağları, insan beyninin işleyişinden esinlenilerek geliştirilmiştir. İlk yapay sinir ağı, biyolojik bir nöronu modellemek amacıyla McCulloch ve Pitts tarafından 1943 yılında tasarlanmıştır. Bu bağlamda, yapay sinir ağları insan beyninin işleyişine benzetilerek oluşturulmuş algoritmalar bütünüdür. Sinir ağları, duyusal verileri işleyerek örüntü tanıma yeteneği kazanır ve bu sayede görüntü işleme, yüz tanıma, otomatik kontrol sistemleri gibi birçok alanda başarılı uygulamalara sahiptir (Haykin, 2009).

2.3. Derin Öğrenme

Derin öğrenme, YZ alanında devrim niteliğinde gelişmelere yol açan önemli bir alt disiplindir. Modern yapay sinir ağlarının gelişmiş bir biçimi olarak değerlendirilen derin öğrenme, artan işlem gücü, büyük veri hacmi ve gelişmiş algoritmalar sayesinde son yıllarda yeniden popülerlik kazanmıştır (Baldi, 2021; Dignum, 2019). Derin öğrenme, yalnızca YZ'nin anlaşılmasına katkı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda karmaşık desenleri tanıma, büyük veri kümeleri üzerinde yüksek doğrulukla tahmin yapma ve çok çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılma yeteneği ile ön plana çıkmaktadır. Bu yetenekler, derin öğrenmeyi günümüzde araştırmacılar ve veri bilimciler için vazgeçilmez bir beceri hâline getirmiştir (Roberts, Yaida, & Hanin, 2022; Russell & Norvig, 2016).

Derin öğrenmenin başarısındaki temel faktörler; eğitimde kullanılan veri miktarındaki büyük artış, işlemcilerin özellikle grafik işlem birimlerinin gelişimi ve makine öğrenmesi ile sinyal işleme alanındaki ilerlemelerdir (Cybenko, 1989). Derin öğrenme, çeşitli mimarileri içeren bir yapıdır; bu mimariler arasında yapay sinir ağları, derin sinir ağları, konvolüsyonel sinir

ağları, inanç ağı modelleri, tekrarlayan sinir ağları ve uzun-kısa süreli bellek yer almaktadır (Deng & Yu, 2014; Hinton, 2009).

Derin öğrenmenin endüstriyel alanda etkisi, özellikle 2010'lu yıllarda konuşma tanıma ve görüntü işleme uygulamalarıyla artmıştır (Deng, Hinton, & Kingsbury, 2013). Bu süreç, derin öğrenmenin tamamen yeni bir bilimsel alan olmaktan çok, YZ ve makine öğrenmenin gelişmiş bir biçimi olduğunu ortaya koymaktadır (Schmidhuber, 2015). Ancak derin öğrenme, bazı eleştirilerin de hedefi olmuştur. Birçok bilim insanı, derin öğrenmenin yalnızca yeniden adlandırılmış bir YZ veya sinir ağları versiyonu olduğunu ve teorik altyapısının zayıf kaldığını belirtmektedir (Bengio, 2009; Marcus, 2012). Kullanılan algoritmalar çoğunlukla gradyan inişi gibi ampirik temellere dayanmakta ve "kara kutu" olarak nitelendirilen sistemler ortaya çıkmaktadır. Psikolog Gary Marcus'a (2012) göre, derin öğrenme zekâsına sahip makineler geliştirme sürecinde yalnızca bir adımdır. Öte yandan, derin öğrenmenin büyük miktarda veriye ihtiyaç duyması eleştirilse de bilgi üretimi ve uygulamalı YZ alanında güçlü bir araç olduğu genel kabul görmektedir (Groumpos, 2016).

2.4. Uç Yapay Zekâ

"Uç yapay zekâ - Edge AI", son yıllarda ortaya çıkan ve makine öğrenmesi ile YZ'nin uç bilişimle entegrasyonunu tanımlayan bir kavramdır (Mendez vd., 2022). Gelişiminin henüz erken aşamasında olmasına rağmen, sahip olduğu yüksek potansiyel nedeniyle araştırmacılar ve teknoloji şirketleri tarafından büyük ilgi görmektedir.

Uç yapay zekâ, geleneksel olarak yalnızca bulut bilişim veya yerel veri merkezlerinde gerçekleştirilen veri analitiğinin, uçta yer alan akıllı sensör düğümlerine taşınmasıyla ortaya çıkmıştır. Bu sistemler, verileri buluta göndermeden önce yerel olarak karar alabilir veya ön işleme tabi tutarak daha verimli veri yönetimi sağlayabilir. Bu noktada önemli bir soru gündeme gelmektedir: Aradığımız şey gerçekten uç zekâ mı, uç yapay zekâ mı, yoksa yalnızca "uçta zekâ" mı? Bu terimler aynı kavramları mı ifade ediyor? Bu kavramlar, toplumsal sorunlara bilimsel çözümler arayışımızda ne kadar etkili ve bu teknolojiler bilimsel bilginin sınırları ve potansiyel riskleriyle nasıl ilişkilidir?

Nesnelerin interneti, yazılım araçları ve donanım mimarilerindeki gelişmeler sayesinde cihaz sayısında hızlı bir artış yaşanmaktadır. Bu durum, akıllı saatlerden endüstriyel robotlara kadar birçok alanda daha bağımsız, hızlı ve akıllı sistemlerin yaygınlaşmasına neden olmuştur. Uç yapay zekâ, YZ'nin yeni bir alt alanı olup henüz gelişme aşamasındadır. Ancak Mendez vd. (2022) ile Zhou vd. (2019) tarafından yapılan kapsamlı çalışmalar, bu alana yönelik bilimsel ilgiyi ve araştırma çabalarını açıkça ortaya koymaktadır.

3. YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞI: KAVRAMSAL ÇERÇEVE VE BİLEŞENLER

3.1. Yapay Zekâ Okuryazarlığının Tanımlanması

Son yıllarda, farklı hedef gruplara yönelik YZ yeterliklerini ve öğrenme hedeflerini tanımlayan çeşitli kavramsal çerçeveler ortaya konmuştur (Long & Magerko, 2020; Michaeli, Romeike & Seegerer, 2022; Ng vd., 2021; Touretzky vd., 2019). Laupichler vd.nin (2022) çalışması, YZ okuryazarlığı kavramının görece yeni olmasına karşın, bu alandaki tanımlar arasında ortak bir anlayışın gelişmekte olduğunu göstermektedir. Tıpkı bilim okuryazarlığı (Laugksch, 2000) ve medya okuryazarlığı (Potter, 2010) gibi kavramlarda olduğu gibi, YZ okuryazarlığı da bireylerin YZ'yi temel düzeyde anlayabilmeleri ve bu teknolojiyi bilinçli şekilde kullanabilmeleri için gerekli yeterlikleri kapsamaktadır (Long & Magerko, 2020; Ng vd., 2021).

Long ve Magerko (2020), YZ okuryazarlığını; bireylerin YZ teknolojilerini eleştirel biçimde değerlendirebilmeleri, bu teknolojilerle etkili biçimde iletişim kurup iş birliği yapabilmeleri ve YZ'yi evde, okulda, iş yerinde ve çevrim içi ortamlarda bir araç olarak kullanabilmeleri için gerekli olan bir dizi yeterlik seti olarak tanımlamaktadır. Araştırmacılar, alanyazındaki çeşitli kaynaklardan derledikleri bu yeterlikleri on yedi başlık altında toplamış ve bunları beş temel soruya göre yapılandırmışlardır (Bk. Şekil 1): YZ nedir? YZ ne yapabilir? YZ nasıl çalışır? YZ nasıl kullanılmalıdır? İnsanlar YZ'yi nasıl algılar?

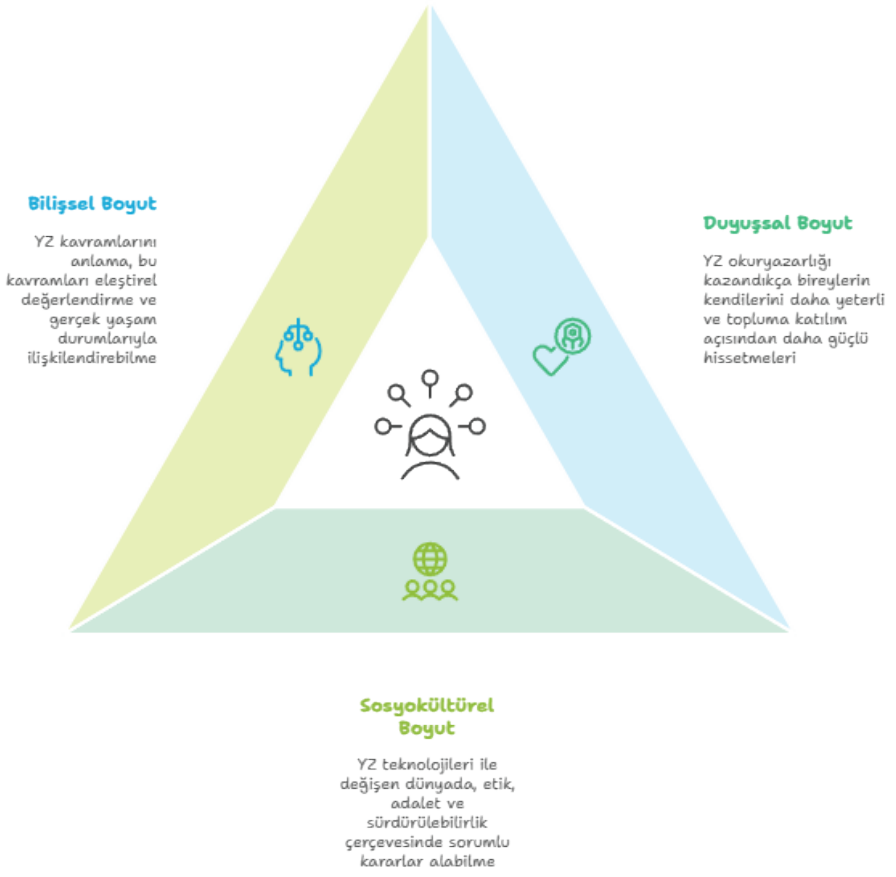


Şekil 1. Long ve Magerko'nun (2020) YZ okuryazarlığına ilişkin beş soruya dayalı yapı

Özellikle eğitimde YZ tabanlı teknolojilerin giderek daha fazla kullanılmasıyla birlikte, bireylerin bu teknolojileri yalnızca kullanmakla kalmayıp aynı zamanda onları anlamaları ve değerlendirmeleri de büyük önem kazanmıştır. Bu bağlamda, YZ okuryazarlığı; bireylerin YZ'yi farklı yaşam alanlarında kullanabilme, iş birliği yapabilme ve eleştirel değerlendirme süreçlerine entegre edebilme yeterliği olarak tanımlanabilir. Ayrıca, bu yeterlik yalnızca teknik becerilerle sınırlı kalmayıp bireylerin gerçek yaşamda YZ'yi problem çözmeye yönelik olarak etkili bir biçimde kullanabilmelerini de kapsamaktadır. YZ okuryazarlığının eğitim programlarına entegre edilmesi ve topluma yaygınlaştırılması, yalnızca bireysel gelişim açısından değil, aynı zamanda günümüz ve geleceğin iş gücüne katkı sağlamak açısından da önemlidir. Bu doğrultuda, kavramsal anlayışa dayalı bir yaklaşım benimsenmeli; karmaşık programlama ya da matematiksel becerilere odaklanmaktan ziyade, bireylerin dijital çağda aktif yurttaşlar olarak katılım sağlayabilecekleri çeşitli ve uygulanabilir yetkinlikler geliştirilmelidir (Kong, Cheung & Zhang, 2021; Kong, Cheung, & Zhang, 2022).

3.2. Yapay Zekâ Okuryazarlığının Kavramsal Çerçevesi

YZ okuryazarlığı çerçevesi, bireylerin dijital çağda bilinçli, eleştirel ve etik kararlar verebilen kişiler olarak yetişmelerini amaçlamaktadır. Bu çerçeve, bilişsel, duyuşsal ve sosyokültürel olmak üzere üç temel boyuttan oluşmaktadır (Kong & Zhang, 2021) (Bkz. Şekil 2). Her bir boyut, bireylerin YZ teknolojilerine ilişkin bilgi, tutum ve davranışlarını şekillendirmeye yönelik özgün işlevler taşımaktadır.



Şekil 2. YZ okuryazarlığının bilişsel, duyuşsal ve sosyokültürel boyutları (Kong & Zhang, 2021)

3.2.1. Bilişsel Boyut

YZ okuryazarlığının bilişsel boyutu, bireylerin YZ kavramlarını anlayabilmesini, bu kavramları eleştirel bir şekilde değerlendirebilmesini ve gerçek dünyadaki durumlarla ilişkilendirebilmesini amaçlamaktadır. Kong vd.nin (2023) belirttiği üzere, bu boyut üç temel bileşenden oluşmaktadır (Bk. Şekil 3): YZ kavramlarını öğrenmek, bu kavramları değerlendirici biçimde kullanmak ve gerçek dünya bağlamında ilişkilendirebilmek. OECD (2018) ile Touretzky vd.nin (2019) sunduğu müfredat önerileri de bu kavramların eğitsel bağlamda sistematik bir biçimde öğretilmesinin önemini vurgulamaktadır.



Şekil 3. YZ okuryazarlığının bilişsel boyutuna ait üç temel bileşen (Kong, Cheung, & Zhang, 2023)

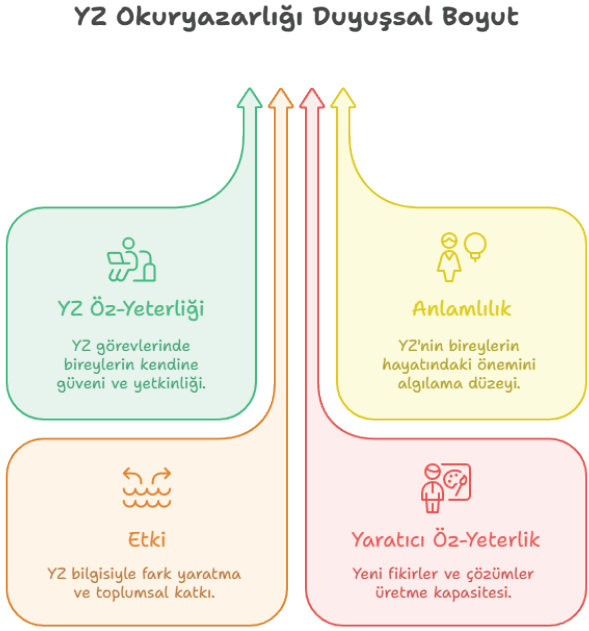
Bu doğrultuda, makine öğrenmesi ve derin öğrenme konuları bilişsel boyutun merkezinde yer almaktadır. Denetimli ve denetimsiz öğrenme, regresyon, sınıflandırma ve K-means kümeleme gibi temel makine öğrenmesi başlıklarının yanı sıra; veri temizleme, veri artırma, yapay sinir ağları, bilgisayarla görme ve evrişimsel sinir ağları (convolutional neural network) gibi derin öğrenme kavramları da bireylerin bilişsel yeterliklerinin yapılandırılmasında önemli bir rol oynamaktadır.

İkinci olarak, bireylerin YZ kavramlarını yalnızca anlaması değil, aynı zamanda bu kavramları değerlendirme aracı olarak kullanabilmesi beklenmektedir. Bu, YZ sistemlerinin doğruluğunu, güvenilirliğini ve etik yönlerini sorgulama becerisini kapsamaktadır. OECD (2018) ile Long ve Magerko'ya (2020) göre, bireylerin teknolojik gelişmeleri yalnızca bilgi düzeyinde değil; değerler, etik ilkeler ve toplumsal etkiler açısından da eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirebilmesi büyük önem taşımaktadır.

Son olarak, YZ okuryazarı bireylerin öğrendikleri kavramları gerçek dünyayı anlamlandırmak ve karşılaştıkları problemlere çözüm üretmek amacıyla kullanmaları beklenmektedir. Fukuda'ya (2019) göre bu süreç yalnızca bilgi edinimiyle sınırlı kalmayıp aktif keşif ve deneyimle daha etkili hâle gelmektedir. Bu nedenle, bireylerin problem çözme becerilerini geliştirebilecekleri uygulamaya dönük öğrenme ortamlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Böylelikle bireyler, gerçek dünyayı daha iyi kavrayabilir ve YZ ile kuşatılmış bir geleceğe daha sağlıklı biçimde uyum sağlayabilirler.

3.2.2. Duyuşsal Boyut

Duyuşsal boyut, bireylerin öğrenme sürecindeki duygusal ve algısal deneyimlerine odaklanır. Bu boyutun temel amacı, bireylerin YZ okuryazarlığı kazandıkça kendilerini daha yeterli ve topluma katılım açısından daha güçlü hissetmelerini sağlamaktır. Mäkinen (2006), güçlendirme kavramını bireylerin yaşamları üzerinde daha fazla kontrol sahibi olmaları ve başa çıkma becerilerinin artması olarak tanımlar. Kong vd. (2018), bu bağlamda "YZ güçlendirmesi" kavramını ortaya koymuş ve dört temel bileşen tanımlamıştır (Bk. Şekil 4): YZ öz-yeterliği, anlamlılık, etki ve yaratıcı öz-yeterlik.



Şekil 4. YZ okuryazarlığında duyuşsal boyuta ait güçlendirme bileşenleri (Kong, Chiu, & Lai, 2018)

İlk bileşen olan YZ öz-yeterliği, bireylerin YZ ile ilişkili görevlerde kendilerine duyduğu güveni ifade eder. Bu güven arttıkça, bireyler yeni görevleri üstlenmeye ve sürdürmeye daha istekli olur. Anlamlılık, bireylerin YZ'nin kendi hayatlarındaki önemini algılama düzeyidir; anlamlılık arttıkça öğrenmeye yönelik motivasyon da artar. Etki, bireylerin YZ bilgisiyle bir fark yaratabileceğine dair inançlarını kapsar ve bireyin toplumsal katkı sağladığı hissini besler (Frymier, Shulman, & Houser, 1996). Yaratıcı öz-yeterlik ise bireyin yeni fikirler ve çözümler üretme kapasitesine olan inancıdır (Kong, Chiu & Lai, 2018). Bu dört bileşen birlikte, bireyin yalnızca teknik bilgiye değil, aynı zamanda toplumsal katılım ve değişim gücüne sahip olmasını sağlar.

3.2.3. Sosyokültürel Boyut

Sosyokültürel boyut, bireylerin YZ teknolojileri ile değişen dünyada etik, adalet ve sürdürülebilirlik çerçevesinde sorumlu kararlar alabilmesini hedefler. Touretzky vd. (2019) ile OECD (2018), YZ etik ilkelerinin eğitime entegre edilmesini önermektedir. Bu bağlamda, YZ'nin yalnızca bireysel fayda değil, toplumsal ve çevresel etkiler açısından da değerlendirilmesi gerektiği savunulmaktadır.

UNESCO'nun (2020) "Yapay Zekâ Etiği Tavsiyesi"nde belirtildiği gibi, sürdürülebilirlik YZ etiğinin temel ilkelerinden biridir. YZ teknolojilerinin sürdürülebilir kalkınma amaçları ile uyumlu şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle, teknolojilerin kısa ve uzun vadeli etkilerinin sürekli değerlendirilmesi önerilmektedir.

YZ'nin etik kullanımında Belmont Raporu'ndaki (NCPHS, 1979) ilkeler yol gösterici olabilir (Luckin, 2017; Yu vd., 2018). Bu ilkeler üç temel gereklilik içerir: (1) bireylerin özerkliğine saygı gösterilmeli; (2) kararların potansiyel faydaları, risklerinden fazla olmalı; (3) faydalar ve riskler adil biçimde dağıtılmalıdır. Bu ilkeler, YZ'nin insan merkezli, adil ve kapsayıcı biçimde tasarlanması ve uygulanması açısından önemli bir etik çerçeve sunar.

Bu çok boyutlu kavramsal çerçeve, yalnızca bireylerin YZ hakkında bilgi sahibi olmasını değil; aynı zamanda bu bilgiyi eleştirel düşünme, etik değerlendirme ve toplumsal katkı bağlamında kullanmalarını da sağlamayı amaçlamaktadır. Böylece, bireyler sadece teknoloji kullanıcıları değil, aynı

zamanda dijital dönüşüm sürecine yön verebilecek bilinçli aktörler hâline gelirler. Bu çerçeve, YZ okuryazarlığını bireylerin bilişsel yeterlikleri, duygusal güdülenmeleri ve sosyoetik farkındalıklarıyla bütüncül bir biçimde ilişkilendirerek gelecekteki YZ okuryazarlığı eğitimlerinin tasarımı için sağlam bir temel ve yol haritası sunmaktadır.

4. YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞININ BİLEŞENLERİ

YZ teknolojilerinin günlük yaşama, eğitime ve iş gücüne entegre olmasıyla birlikte, bireylerin bu teknolojileri anlamlandırma, değerlendirme ve sorumlu biçimde kullanma gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu doğrultuda geliştirilen YZ okuryazarlığı kavramı; yalnızca teknik bilgi değil, aynı zamanda etik farkındalık, eleştirel düşünme, iş birliği ve yaşam boyu öğrenme gibi çok katmanlı yeterlikleri kapsamaktadır. Chiu vd. (2024), YZ okuryazarlığını beş temel bileşen altında sınıflandırmaktadır (Bk. Şekil 5): (1) Teknoloji, (2) Etki, (3) Etik, (4) İş Birliği, (5) Öz-yansıtma.



Şekil 5. YZ okuryazarlığının beş temel bileşeni (Chiu vd., 2024)

4.1. Teknoloji Bileşeni

Teknoloji bileşeni, öğrencilerin YZ'nin temel kavramlarını, tarihsel gelişimini ve kullanım alanlarını kavramsal olarak anlamalarını amaçlamaktadır. Bu bileşen, YZ'de "Beş Büyük Fikir" ve "Gelecek İçin Yapay Zekâ"

gibi çerçevelerle benzerlik göstermektedir (Chiu, 2022; Touretzky, Gardner-McCune & Seehorn, 2023).

a. Temel kavramlar

YZ, genellikle "*makinelerin, insanın öğrenme ve karar verme yetileriyle eşdeğer görevleri yerine getirme kapasitesi*" olarak tanımlanmaktadır. Bu tanım, Chiu vd. (2021) ile Touretzky vd. (2019) tarafından da benimsenmiştir.

Ayrıca aşağıdaki kavramlara özellikle vurgu yapılmaktadır:

- Büyük veri: Öğrencilerin, büyük verinin temel nitelikleri olan hız, hacim, değer, çeşitlilik ve doğruluk gibi beş ana özelliği kavramaları gerekmektedir (Ghasemaghaei, 2021).
- Makine öğrenmesi: Öğrencilerin, makine öğrenmesi algoritmalarının nasıl çalıştığını ve model eğitiminin temel ilkelerini anlamaları beklenmektedir (Chiu, 2022).
- Bulut bilişim: Büyük hacimli verilerin işlenmesi ve makine öğrenmesi algoritmalarının eğitimi açısından bulut tabanlı çözümler kritik bir rol oynamaktadır (Armbrust vd., 2010).
- Üretken YZ: ChatGPT gibi üretken YZ sistemleri, dördüncü sanayi devriminin bir parçası olarak yeni nesil yapay zekâ uygulamalarını temsil etmektedir (Cooper, 2023; Zhang & Lu, 2021).

YZ sistemlerinin geleneksel yazılım sistemlerinden farkı vurgulanmalı; geleneksel sistemlerin sabit kurallara dayandığı, YZ sistemlerinin ise veriler üzerinden öğrenerek yeni kurallar oluşturduğu öğretilmelidir. Bu farkı açıklamak için "Veri yeni koddur." ifadesi kullanılmaktadır (Zhang & Lu, 2021).

b. Algılama

Touretzky vd. (2019) tarafından tanımlanan "algılama" kavramı, öğretmenler tarafından soyut bulunduğu için insan duyuları ile açıklanmıştır: görmek, duymak, konuşmak, yazmak, düşünmek, simüle etmek. Bu yaklaşım, öğrencilerin YZ'nin algılamaya dayalı işlevlerini kavramasını kolaylaştırmaktadır (Chiu, 2022; Touretzky vd., 2019).

c. Uygulamalar

Öğrenciler, YZ'nin günlük yaşamda yaygın olarak kullanıldığı sektörleri tanımalıdır: sağlık, eğitim, ulaşım, eğlence, lojistik gibi. Burada konu

derinliğinden çok, kapsam genişliği önemsenmiştir. Öğrencilerin, algılama ve makine öğrenmesi bilgilerini bu uygulamalara uyarlayarak kendi basit YZ projelerini geliştirmesi teşvik edilmektedir.

4.2. Etki Bileşeni

Bu bileşen, öğrencilerin YZ'nin toplum üzerindeki etkilerini kavramasını, fırsat ve tehditleri değerlendirmesini hedefler. Üç temel başlıkta toplanır:

- Gelecekteki iş yaşamı: Öğrencilerin, gelecekte YZ ile çalışma ihtimallerini fark etmeleri ve buna göre beceri geliştirmeleri beklenmektedir (Sharif, Gurbuz & Ay, 2023).
- Toplumsal fayda: YZ'nin çevresel, sosyal ve halk sağlığı problemlerine çözüm üretme potansiyelini tanımaları istenmektedir (Holzmeyer, 2021).
- Riskler: YZ'nin yaratabileceği ön yargı, mahremiyet ihlali, şeffaflık eksikliği gibi olası olumsuzluklar da öğrencilere aktarılmalıdır (Chiu, 2022; Touretzky, Gardner-McCune, & Seehorn, 2023; Zhang vd., 2023).

4.3. Etik Bileşeni

Mevcut YZ etik yönergelerinin (AB düzenlemeleri veya ticari standartlar vb.) çocuklar açısından fazla teknik ve karmaşık olduğu görülmektedir. Bu nedenle daha sadeleştirilmiş beş temel ilke benimsenmiştir (Gerke, Minssen & Cohen, 2020):

(1) Adalet ve ön yargıların azaltılması

(3) Güven ve şeffaflık

(4) Hesap verebilirlik

(5) Toplumsal fayda

(6) Gizlilik ve veri güvenliği

Bu ilkeler, öğrencilerin etik karar alma süreçlerini anlayabilmesi ve teknolojiyi sadece işlevsel değil, aynı zamanda sorumlu biçimde kullanabilmesi için kritik önemdedir.

4.4. İş Birliği Bileşeni

İş birliği bileşeni, öğrencilerin YZ sistemleriyle etkileşim kurma, iş birliği yapma ve etkili iletişim becerilerini geliştirmeyi amaçlamaktadır. Bu yeterliklerin teknoloji, etki ve etik bileşenleriyle doğrudan ilişkili olduğu vurgulanmaktadır. Bu bağlamda aşağıdaki pratik beceriler öne çıkar:

- ChatGPT gibi üretken YZ araçlarına etkili istem verebilme,
- Tahmin sistemlerinin güvenilirliğini sorgulayabilme,
- YZ sistemlerinin hangi kişisel verileri topladığına dair farkındalık kazanma.

Bu beceriler; vaka analizleri, proje tabanlı öğrenme ve uygulamalı etkinlikler yoluyla kazandırılabilir. Bu yaklaşım, son dönemde öne çıkan "istem mühendisliği" çalışmalarını destekler niteliktedir (Liu vd., 2023; Meskó, 2023).

4.5. Öz-Yansıtma Bileşeni

Son bileşen, öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerini sorgulama, bilgi düzeylerini değerlendirme ve sürekli öğrenme becerileri geliştirmelerine odaklanmaktadır. Öz güveni yüksek bireylerin YZ bilgilerini daha sık gözden geçirme ve değerlendirme eğiliminde olduğu gözlemlenmektedir. Bu beceriler hem bilişsel hem de duyuşsal yönleri içermekte olup öğrencilerin YZ'ye olan ilgisi; gelişmeleri takip etme ve güncel teknolojilere uyum sağlama motivasyonunu artırmaktadır (Chiu, 2024; Zhang vd., 2023). Sürekli bilgi güncelleme ve öz-yansıtma, yaşam boyu öğrenme yeterliğinin temelini oluşturur. Özellikle YZ gibi hızla gelişen bir alanda, bireylerin yalnızca bilgi tüketicisi değil, aynı zamanda aktif ve eleştirel öğrenenler olmaları hedeflenmektedir (Chiu, 2022).

5. EĞİTİM POLİTİKALARI VE MÜFREDAT ÖRNEKLERİ

YZ okuryazarlığının giderek daha fazla önem kazanması, uluslararası eğitim politikalarının ve müfredatlarının bu alana yönelmesine neden olmuştur. Dijital dönüşümün merkezinde yer alan YZ teknolojileri; bireyle-

rin yalnızca teknolojiyle olan etkileşimlerini değil, aynı zamanda toplumsal ve ekonomik yaşamdaki rollerini de derinden şekillendirmektedir. Bu bağlamda, birçok ülke vatandaşlarının dijital çağa uyum sağlamasını ve YZ ile bilinçli bir etkileşim kurabilmesini desteklemek amacıyla çeşitli stratejiler geliştirmektedir (Touretzky, Gardner-McCune, & Seehorn, 2023).

Amerika Birleşik Devletleri'nde, K–12 düzeyinde YZ eğitiminin yapılandırılması amacıyla geliştirilen en önemli girişimlerden biri AI4K12'dir. Bu girişim kapsamında, öğrencilerin yaş düzeylerine uygun şekilde yapılandırılmış beş temel öğrenme alanı belirlenmiştir: algılama, temsil ve akıl yürütme, öğrenme, doğal etkileşim, toplumsal etki (Touretzky vd., 2019). AI4K12, yalnızca öğretim hedeflerini belirlemekle kalmayıp öğretmenler, geliştiriciler ve öğrenciler arasında iş birliğini esas alan katılımcı bir öğretim süreci öngörmektedir (Heintz, 2021). Öğretim içeriğinin birlikte tasarlandığı bu yaklaşım, diğer girişimlerde de öne çıkmaktadır (Chiu, 2021). Örneğin; Massachusetts Teknoloji Enstitüsü tarafından geliştirilen bir başka müfredat modeli, öğrencilerin YZ'nin sosyal ve etik sonuçlarıyla ilgili farkındalık kazanmalarını hedeflemektedir (Touretzky vd., 2019). Ancak ABD'de YZ eğitimiyle ilgili tüm bu çabalara rağmen, YZ eğitimi hâlen K–12 okullarının büyük çoğunluğunda yaygın olarak sunulmamaktadır.

Benzer şekilde, Çin'de Eğitim Bakanlığı, YZ'yi ortaöğretim düzeyinde zorunlu ders olarak müfredata dâhil etmiştir (Ottenbreit-Leftwich vd., 2021). Bu doğrultuda, Hong Kong Çin Üniversitesi tarafından yürütülen AI4Future girişimi, YZ eğitiminin uygulanmasını desteklemek amacıyla öğretmenler ve öğrenciler arasında iş birliğine dayalı bir öğrenme süreci benimsemektedir (Chiu, 2021). Çin, bu hedefe yönelik kapsamlı bir uygulama modeli geliştirerek 2018 yılında lise öğrencilerine yönelik ilk YZ ders kitabını yayımlamış, ardından ilkokul ve ortaokul seviyeleri için de özel ders kitapları hazırlayarak kademeli bir öğrenme yaklaşımı oluşturmuştur (Peterson, Goode, & Gehlhaus, 2021).

Singapur'da da K–12 öğrencilerine yönelik etkileşimli YZ eğitimi sunan programlar geliştirilmiştir. Ancak bu programlar, yeterli düzeyde YZ bilgisine sahip öğretmen eksikliği nedeniyle sınırlı bir şekilde uygulanabilmektedir (Heintz, 2021).

Avrupa kıtasında da benzer şekilde çeşitli ulusal ve bölgesel girişimler hayata geçirilmiştir. Almanya'da YZ'ye bütüncül bir bakış kazandırmayı amaçlayan ulusal bir girişim kapsamında altı modülden oluşan bir eğitim programı tasarlanmıştır. Bu program, YZ'nin nasıl çalıştığını açıklamayı, toplumda YZ üzerine bilinçli bir söylem oluşturmayı ve mevcut yanlış anlamaları gidermeyi hedeflemektedir (Micheuz, 2020). Avrupa Birliği, Erasmus+ programı aracılığıyla liselerde YZ eğitiminin güçlendirilmesine yönelik çeşitli projeleri desteklemektedir (Universidad da Coruña, 2019).

Kanada'da ise lise düzeyine yönelik olarak geliştirilen YZ dersi, öğrencilere YZ'nin hem felsefi ve kavramsal temellerini hem de pratik uygulamalarını öğretmeyi amaçlamaktadır. Bu program kapsamında öğrenciler, gerçek yaşam problemlerine çözüm üretmeye yönelik YZ projeleri geliştirmektedir (Nisheva-Pavlova, 2021).

Alanyazında, YZ okuryazarlığının geliştirilmesine yönelik farklı odak alanları vurgulanmaktadır. Bunlar arasında müfredat tasarımı, YZ dersi içeriği, öğrenci perspektifi, öğretmen eğitimi, öğrenme materyallerinin geliştirilmesi ve toplumsal cinsiyet eşitliği yer almaktadır.

AI4K12 girişimi, öğretmenlerin bu müfredatı etkili bir şekilde uygulayabilmelerini desteklemek amacıyla kapsamlı kılavuzlar ve öğretim kaynakları sunmaktadır. Bu kaynaklar; Bilgisayar Bilimleri Standartları, Ortak Temel Standartlar ve Yeni Nesil Fen Standartları ile uyumlu olarak hazırlanmıştır. Ayrıca öğretmenlere çevrim içi araçlar, örnek etkinlikler ve ücretsiz öğrenme materyalleri sağlanarak sınıf içi uygulamaların kolaylaştırılması hedeflenmektedir.

UNESCO'nun 2022 yılında yayımladığı küresel YZ müfredatları anketi, 11 ülkede (Ermenistan, Avusturya, Belçika, Çin, Hindistan, Kore Cumhuriyeti, Kuveyt, Portekiz, Katar, Sırbistan ve Birleşik Arap Emirlikleri) hükûmet onaylı YZ müfredatlarının uygulandığını; 5 ülkede ise (Almanya, Ürdün, Bulgaristan, Suudi Arabistan ve Sırbistan) bu tür müfredatların geliştirilmekte olduğunu ortaya koymuştur. Her ne kadar Amerika Birleşik Devletleri listede yer almasa da raporda AI4K12 yönergelerine ve Lao'nun (2020) Makine Öğrenimi Eğitim Çerçevesi'ne atıfta bulunulmuştur.

6. TÜRKİYE'NİN EĞİTİM SİSTEMİNDE YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞI POLİTİKALARI

Türkiye'nin YZ okuryazarlığına yönelik geliştirdiği eğitim politikaları, yalnızca ulusal düzeyde değil, aynı zamanda küresel YZ eğitim vizyonlarıyla da büyük ölçüde örtüşmektedir. AI4K12 gibi uluslararası girişimlerde olduğu gibi, Türkiye'de de öğrenme hedefleri yaş gruplarına göre kademeli biçimde yapılandırılmış; erken çocuklukta farkındalık kazandırmaktan başlayarak lise ve mesleki eğitim düzeyinde teknik becerilerin geliştirilmesine kadar sistematik bir yaklaşım benimsenmiştir (Millî Eğitim Bakanlığı, 2024a). Bu çerçevede 7 ve 8. sınıflar için "Seçmeli Yapay Zekâ Uygulamaları", lise düzeyinde ise "Seçmeli Yapay Zekâ Uygulamaları I–II" ile "Seçmeli Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi" dersleri öğretim programına dâhil edilmiştir. Söz konusu derslerde öğrenciler; algoritmalar, makine öğrenmesi, yapay sinir ağları, veri analizi, etik sorumluluklar ve gerçek yaşam problemlerine dayalı uygulamalarla tanışmakta, problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini etkin biçimde geliştirmektedir.

Bu yapının önemli bir tamamlayıcısı olarak öğretmenlerin dijital pedagojik yetkinliklerini artırmaya yönelik politikalar da hayata geçirilmektedir. Hizmet içi eğitimler, öğretmen el kitapları ve çevrim içi platformlar aracılığıyla sağlanan materyaller sayesinde, öğretmenler YZ temelli öğretim süreçlerine etkin şekilde katılabilmektedir. Türkiye'nin bu yönelimi, AI4K12 girişiminin öğretmen destek modelini çağrıştırmakta ve ulusal bağlamda güçlü, bütüncül bir YZ eğitimi ekosistemi oluşturma yolunda atılan adımları pekiştirmektedir (Millî Eğitim Bakanlığı, 2024b).

Bu doğrultuda, 2023–2025 Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi'nde eğitimde YZ okuryazarlığının geliştirilmesi temel hedeflerden biri olarak tanımlanmış; Millî Eğitim Bakanlığı tarafından hazırlanan 2025–2029 Eğitimde Yapay Zekâ Politikası ve Eylem Planı ile bu hedeflerin uygulanabilir adımlara dönüştürülmesi sağlanmıştır. Belgeye göre müfredat yapısı; ilkokulda YZ farkındalığını, ortaokulda temel kavramlar ve algoritmik düşünmeyi, lisede etik ve veri kullanımını, mesleki ve teknik eğitimde ise ileri düzey teknik becerilerin kazandırılmasını hedeflemektedir. Öğretmen yetiştirme programlarında da YZ okuryazarlığına yer verilmekte; hizmet içi seminerler ve dijital materyaller aracılığıyla öğretmenlerin teknoloji kullanımına yönelik yetkinlikleri artırılmaktadır (Millî Eğitim Bakanlığı, 2024c).

Sonuç olarak, Türkiye'nin YZ eğitimi politikaları hem içerik hem de uygulama açısından küresel gelişmelerle bütünleşmiş; etik, pedagojik ve kapsayıcı ilkeleri temel alan bütüncül bir vizyon doğrultusunda yapılandırılmıştır. Bu çabalar, bireylerin dijital çağda daha bilinçli, eleştirel ve etik temelli teknoloji etkileşimleri kurmalarına zemin hazırlamaktadır; eğitim politikalarının başarısı ise bu vizyonun sınıf ortamında ne ölçüde uygulanabilir ve sürdürülebilir olduğu ile doğrudan ilişkilidir.

7. GELECEĞİN BECERİLERİ BAĞLAMINDA YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞI

Dijital dönüşümün hızla ivme kazandığı günümüzde, YZ teknolojilerinin bireysel, toplumsal ve mesleki yaşam üzerindeki etkileri her geçen gün artmaktadır. Bu dönüşüm, bireylerin sadece teknolojik araçları kullanma becerileriyle değil; aynı zamanda bu araçların altında yatan algoritmaları, etik sonuçlarını ve toplumsal etkilerini anlayabilme yetkinlikleriyle donatılmalarını gerekli kılmaktadır (Cox, 2024). Bu bağlamda, YZ okuryazarlığı yalnızca teknik bilgi edinimi değil; kavramsal anlama, eleştirel değerlendirme, etik farkındalık ve yaratıcı üretim becerilerini içeren çok boyutlu bir yeterlilik alanı olarak ortaya çıkmaktadır (Almatrafi, Johri & Lee, 2024).

YZ okuryazarlığı, bireylerin geleceğin belirsizlikleriyle başa çıkmalarını sağlayacak 21. yüzyıl becerilerinin ayrılmaz bir parçası olarak değerlendirilmelidir. Bu beceriler arasında problem çözme, iş birliği, yaratıcılık, dijital okuryazarlık ve öz-yönelimli öğrenme gibi alanlar yer almaktadır (Cetindamar vd., 2022; Van Laar vd., 2017). Özellikle algoritmik karar verme sistemlerinin gündelik yaşamda yaygınlaşması, bireylerin bu sistemleri sorgulama ve eleştirel biçimde değerlendirme kapasitelerini artırmayı zorunlu kılmaktadır (Cox, 2024). Bu da YZ okuryazarlığını yalnızca teknik bilgiye dayalı bir yeterlilikten ziyade, eleştirel yurttaşlık ve dijital etik perspektifleriyle birlikte ele alınması gereken bir öğrenme alanı hâline getirmektedir.

Ng vd.nin (2024) çalışmasında vurgulandığı üzere, YZ okuryazarlığı, öğrencilerin dijital ortamda etik, etkili ve iş birlikçi şekilde iletişim kurmalarını, YZ teknolojilerini anlamalarını ve bu teknolojileri sorumlu biçimde kullanmalarını desteklemektedir. Bu doğrultuda geliştirilen müfredatlarda;

deneyim temelli öğrenme, disiplinler arası proje tabanlı yaklaşımlar ve hem donanım hem de yazılım araçlarıyla desteklenen etkileşimli materyaller öne çıkmaktadır. AI4K12 girişimi ise öğrencilerin YZ'ye dair kavramsal anlayışlarını beş temel ilke çerçevesinde (algılama, temsil ve akıl yürütme, öğrenme, doğal etkileşim ve toplumsal etki) geliştirmeyi hedeflemektedir (Touretzky, Gardner-McCune & Seehorn, 2023). Ayrıca, Aydın ve Yurdugül'ün (2024) çalışmasında belirtildiği gibi, Türkiye bağlamında özel yetenekli öğrenciler için geliştirilen YZ öğretim programları, makine öğrenmesi, veri analizi, robotik gibi tematik alanları kapsamakta ve bu alanlara yönelik bilişsel yeterliliklerin yapılandırılmasını önermektedir. Bu tür çerçeve programlar, öğretmenlerin de YZ alanında yeterlilik geliştirmesini destekleyici materyallerle bütünleştirilmelidir.

Eğitim politikaları açısından bakıldığında, YZ okuryazarlığının yalnızca teknik alanlara değil, sosyal bilimler, eğitim, sağlık gibi disiplinler arası alanlara da entegre edilmesi gerektiği açıktır (Hornberger, Bewersdorff & Nerdel, 2023). Ayrıca, Du vd.nin (2024) ortaya koyduğu üzere, öğretmenlerin YZ'ye yönelik etik farkındalıkları ve öz yeterlikleri, onların YZ öğrenmeye yönelik davranışsal niyetlerini belirleyen önemli faktörler arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, öğretmen eğitimi programlarında da YZ okuryazarlığına yönelik yapılandırılmış içeriklere ihtiyaç duyulmaktadır.

Sonuç olarak, YZ okuryazarlığı, sadece dijital teknolojilerin kullanımıyla sınırlı olmayan, bireylerin dijital toplumda sorumlu, bilinçli ve üretken bireyler olarak yer almalarını sağlayan temel bir yurttaşlık becerisi olarak görülmelidir. Bu becerilerin geliştirilmesi, yalnızca bireysel düzeyde değil; toplumsal ve küresel düzeyde de daha adil, kapsayıcı ve etik bir dijital gelecek inşa etmenin ön koşulu olarak değerlendirilmelidir.

8. YAPAY ZEKÂ OKURYAZARLIĞINI GELİŞTİRMEYE YÖNELİK STRATEJİLER

YZ teknolojilerinin toplumsal yaşamı hızla dönüştürmesi, bireylerin bu teknolojilere yönelik okuryazarlık düzeylerini artırma zorunluluğunu beraberinde getirmiştir. Ancak bu dönüşümün etkili ve sürdürülebilir biçimde gerçekleşebilmesi için yalnızca teknik beceriler değil; aynı zamanda

kavramsal anlama, etik farkındalık, disiplinler arası bakış açısı ve eleştirel düşünme gibi çok yönlü stratejilerin benimsenmesi gerekmektedir (Touretzky vd., 2019).

8.1. Disiplinler Arası Öğrenme Yaklaşımı

YZ okuryazarlığı sadece bilgisayar bilimlerine özgü teknik becerilerle sınırlı değildir. Sosyal bilimler, etik, hukuk ve eğitim gibi farklı disiplinlerle bütünleşik bir şekilde ele alınması, bireylerin YZ'nin toplumsal etkilerini daha iyi değerlendirmesine olanak tanımaktadır. Bu çerçevede Aryadoust vd. (2024), disiplinler arası öğrenme modellerinin hem kavramsal bilgi hem de öz-yeterlik gelişimi üzerinde olumlu etkiler yarattığını ortaya koymuştur. Aynı zamanda bu yaklaşım, öğrencilerin farklı bakış açıları geliştirerek YZ sistemlerini yalnızca kullanıcı olarak değil, eleştirel değerlendirici ve üretici olarak da anlamlandırmalarını sağlar.

8.2. Etik ve Sosyal Farkındalık Temelli Eğitim

Etik ilkeler ve sosyal sorumluluk bilinci, YZ ile ilgili kararların insani değerlerle uyumlu bir şekilde alınabilmesi açısından kritik önemdedir. Öğrencilerin algoritmik ön yargılar, mahremiyet, veri güvenliği ve dijital eşitsizlik gibi konularda farkındalık kazanmaları, YZ'yi eleştirel ve sorumlu bir şekilde değerlendirmelerini sağlar. Bu kapsamda eğitim müfredatlarına etik okuryazarlığının entegre edilmesi, bireylerin sadece teknolojiyi kullanan değil, aynı zamanda onu yönlendiren aktörler olmasına katkı sunar (Cox, 2024).

8.3. Uygulamalı ve Proje Tabanlı Öğrenme Ortamları

YZ okuryazarlığını geliştirmede uygulamalı deneyim büyük önem taşır. Öğrencilerin algoritma geliştirme, veri analizi ya da makine öğrenimi süreçlerini aktif olarak deneyimleyebilecekleri ortamlar, soyut bilgilerin somut becerilere dönüşmesini sağlar. Hornberger vd. (2023), uygulamalı sınav ve görevlerin öğrencilerin YZ'ye ilişkin kavramsal bilgilerini pekiştirdiğini ve farklı disiplinlerdeki öğrenciler arasında anlamlı farklar oluşturduğunu göstermiştir. Bu nedenle, öğrenme ortamlarının katılımcı, etkileşimli ve deneyime dayalı olarak yapılandırılması önerilmektedir.

8.4. Öğrenen Özelliklerine Göre Uyarlanmış Eğitim İçerikleri

Öğrencilerin YZ konusundaki ön bilgileri, motivasyon düzeyleri ve öğrenme stilleri birbirinden farklıdır. Bu farklılıkların dikkate alındığı kişiselleştirilmiş eğitim içerikleri, öğrenmenin derinliğini artırmakta ve bireysel farklılıkları avantaja dönüştürmektedir. Özellikle öğretmen eğitiminde yapılan çalışmalar, öz-yeterlik duygusu yüksek bireylerin YZ öğrenimine daha istekli yaklaştığını ortaya koymuştur (Du vd., 2024). Bu bağlamda, bireylerin öznel öğrenme gereksinimlerine göre esnek ve adaptif öğrenme materyallerinin geliştirilmesi önemlidir.

8.5. Politika Desteği ve Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilir ve güncellenebilir bir YZ okuryazarlığı eğitimi, ancak uzun vadeli bir politika vizyonuyla mümkündür. Politika yapıcıların, eğitimcilere gerekli altyapıyı, kaynakları ve içerik desteğini sunması; müfredatları gelişen teknolojiye paralel biçimde güncellemesi, YZ okuryazarlığının kitlesel düzeyde gelişmesini mümkün kılacaktır (Ng vd., 2021). Örneğin; okullarda YZ ile ilgili laboratuvarların kurulması, öğretmenlerin hizmet içi eğitimlerinin rutin hâle getirilmesi ve YZ konusunda açık eğitim kaynaklarının geliştirilmesi bu desteklere dâhildir. Ayrıca, kamuoyu farkındalığının artırılması ve toplumsal sahiplenme de bu girişimlerin uzun ömürlü olması için önemlidir. Eğer YZ okuryazarlığı ulusal düzeyde bir öncelik hâline getirilir ve örneğin ulusal kalkınma hedefleriyle ilişkilendirilirse bu alandaki programların süreklilik kazanması ve nesiller boyu devam etmesi daha kolay olacaktır (Kong, Cheung, & Zhang, 2023). Sonuç olarak, bütüncül bir stratejik planlama ile desteklenen YZ okuryazarlığı girişimleri, eğitim sistemine ve toplumsal yapılara entegre olarak yeni nesillerin YZ çağında etkin, üretken ve etik bireyler olarak yetişmesine katkı sağlayacaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

YZ teknolojilerinin eğitim, sağlık, ekonomi ve sosyal yaşam gibi pek çok alanı dönüştürdüğü günümüzde, bireylerin bu teknolojileri yalnızca kullanmakla kalmayıp aynı zamanda anlayabilmesi, eleştirebilmesi ve etik sorumluluk çerçevesinde yönlendirebilmesi büyük önem taşımakta-

dır. Bu noktada YZ okuryazarlığı, bireylerin bilgi toplumu içinde etkin ve bilinçli roller üstlenmelerini sağlayan temel bir dijital yetkinlik olarak öne çıkmaktadır. Yapılan çalışmalara göre, YZ okuryazarlığını geliştirmeye yönelik stratejiler çok boyutlu bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Disiplinler arası ve etik temelli öğretim, uygulamalı öğrenme ortamları, bireyselleştirilmiş öğretim tasarımları ve politika düzeyinde sistematik entegrasyon, bu sürecin başarısı için vazgeçilmezdir. Özellikle etik farkındalık, algoritmik ön yargı ve dijital eşitsizlik gibi konuların erken yaşlardan itibaren eğitim içeriklerine entegre edilmesi, bireylerin yalnızca teknik beceriler değil, aynı zamanda sosyal sorumluluk bilinciyle hareket eden bireyler olarak yetişmelerine katkı sağlamaktadır (Cox, 2024; Du vd., 2024; Kong vd., 2025).

Bununla birlikte, öğretmenlerin bu dönüşüm sürecinde anahtar aktörler olarak konumlandırılması gerektiği açıktır. Nitelikli öğretmen eğitimi ve sürekli mesleki gelişim olanakları, YZ okuryazarlığının okullarda etkili biçimde uygulanabilmesi açısından kritik bir ön koşuldur (Almatrafi, Johri, & Lee, 2024). Ayrıca, ulusal müfredat politikalarının YZ eğitimiyle uyumlu biçimde güncellenmesi ve öğrencilerin yaş düzeylerine göre yapılandırılmış öğrenme çıktılarının belirlenmesi, uzun vadede dijital topluma hazırlıklı bireyler yetiştirilmesini destekleyecektir (Aydın & Yurdugül, 2024). Sonuç olarak, YZ okuryazarlığı yalnızca bireysel yeterlilik meselesi değil, aynı zamanda toplumsal eşitlik, etik sorumluluk ve demokratik katılım boyutlarını içeren bütüncül bir eğitim politikası konusu olarak ele alınmalıdır. Bu doğrultuda; eğitimcilerin, politika yapıcıların ve araştırmacıların iş birliği içinde hareket etmesi; kapsayıcı, erişilebilir ve etik temelli YZ okuryazarlığı yaklaşımlarının yaygınlaştırılması için elzemdir.

Bu değerlendirmeler bağlamında, YZ okuryazarlığının etkili biçimde desteklenmesini sağlayacak başlıca öneriler aşağıda sıralanmaktadır.

Eğitim ve Öğretim Süreçlerine Yönelik Öneriler

- Yapay zekâ okuryazarlığı erken yaşlardan itibaren müfredata bütüncül bir yaklaşımla entegre edilmelidir.
- Öğrencilerin yaş düzeylerine göre yapılandırılmış öğrenme çıktıları geliştirilmelidir.

- Etik farkındalık, algoritmik ön yargı, veri güvenliği ve dijital eşitsizlik konuları eğitimin temel bileşenleri arasında yer almalıdır.
- Uygulamalı öğrenme deneyimleri artırılarak öğrencilerin yapay zekâ araçlarını deneyimleyerek öğrenmeleri desteklenmelidir.

Disiplinler Arası Yaklaşımlar İçin Öneriler

- Bilgisayar bilimi, eğitim bilimleri, psikoloji ve sosyoloji alanlarının bir arada çalıştığı disiplinler arası öğrenme ortamları teşvik edilmelidir.
- Farklı disiplinlerdeki ders içerikleri yapay zekâ ile ilişkili örnekler ve senaryolarla zenginleştirilmelidir.
- STEM, sosyal bilimler ve sanat eğitiminde yapay zekâ uygulamalarına yönelik bütünleştirici öğretim modelleri geliştirilmelidir.

Öğretmen Eğitimi ve Mesleki Gelişim Önerileri

- Öğretmenlerin yapay zekâ okuryazarlığı alanındaki bilgi ve farkındalıklarını artırmaya yönelik kapsamlı hizmet içi eğitim programları hazırlanmalıdır.
- Öğretmenlerin yapay zekâ tabanlı öğretim araçlarına erişimi ve kullanımı desteklenmeli; öğretmenlerin sınıf içi uygulamalarda yapay zekâ entegrasyonu konusunda rehberlik almaları sağlanmalıdır.
- Öğretmen yetiştirme programları, yapay zekânın pedagojik yansımalarını dikkate alacak şekilde güncellenmelidir.

Eğitim Politikaları ve Sistem Yapılanmasına Yönelik Öneriler

- Ulusal müfredat politikaları, yapay zekâ eğitiminin gerektirdiği yeterlik alanlarına göre yeniden yapılandırılmalıdır.
- Okulların teknolojik altyapıları güçlendirilerek yapay zekâ tabanlı öğrenme ortamlarına erişim artırılmalıdır.
- Kapsayıcı ve eşitlikçi yapay zekâ eğitimi için dezavantajlı gruplara yönelik destek mekanizmaları oluşturulmalıdır.
- Yapay zekâ eğitimi ve etik kullanımına yönelik ulusal standartlar ve referans çerçeveleri oluşturulmalıdır.

Araştırma ve Uygulama Önerileri

- Yapay zekâ okuryazarlığı üzerine yapılacak araştırmalar teşvik edilmeli; ülke geneline yönelik izleme ve değerlendirme çalışmaları düzenli olarak yürütülmelidir.
- Yapay zekâ tabanlı eğitsel uygulamaların etkilerini inceleyen deneysel ve karma yöntem çalışmalarına öncelik verilmelidir.
- Üniversite–okul iş birliği modelleri geliştirilerek yapay zekâ okuryazarlığının sahadaki uygulanabilirliği artırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Almatrafi, O., Johri, A., & Lee, H. (2024). A systematic review of AI literacy conceptualization, constructs, and implementation and assessment efforts (2019–2023). *Computers and Education Open, 6*, 100173. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100173

Andrychowicz, M., Baker, B., Chociej, M., Jozefowicz, R., McGrew, B., Pachocki, J., Petrov, M., Plappert, M., Powell, G., Ray, A., Schneider, J., Sidor, S., Tobin, J., Welinder, P., Wolski, F., & Zaremba, W. (2019). Learning dexterous in-hand manipulation. The International Journal of Robotics Research, 39(1), 3–20. https://doi.org/10.1177/0278364919887447

Arbib, M. A. (2003*). The handbook of brain theory and neural networks.* MIT Press.

Armbrust, M., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A. D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I., & Zaharia, M. (2010). A view of cloud computing. *Communications of the ACM, 53*(4), 50–58. https://doi.org/10.1145/1721654.1721672

Aryadoust, V., Zakaria, A., & Jia, Y. (2024). Investigating the affordances of OpenAI's large language model in developing listening assessments. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 6*, 100204. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100204

Aydın, M., & Yurdugül, H. (2024). Developing a curriculum framework of artificial intelligence teaching for gifted students. *Kastamonu Education Journal, 32*(1), 14–37. https://doi.org/10.24106/kefdergi.1426429

Baldi, P. (2021). *Deep learning in science*. Cambridge University Press.

Bengio, Y. (2009). Learning deep architectures for AI. *Foundations and Trends in Machine Learning, 2*(1), 1–127. http://doi.org/10.1561/2200000006

Bertram, R. (1972). *Robot research at Stanford Research Institute*. Stanford Research Institute. https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA454875.pdf

Boden, M. A. (2016). *AI: Its nature and future*. Oxford University Press.

Buchanan, B. G. (2005). A (very) brief history of artificial intelligence. *AI Magazine, 26*(4), 53. https://doi.org/10.1609/aimag.v26i4.1848

Cetindamar, D., Kitto, K., Wu, M., Zhang, Y., Abedin, B., & Knight, S. (2022). Explicating AI literacy of employees at digital workplaces. *IEEE Transactions on Engineering Management, 71*, 810–823. https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3138503

Chiu, T. K. F. (2021). A holistic approach to the design of artificial intelligence (AI) education for K-12 schools. *TechTrends, 65*(5), 796–807. https://doi.org/10.1007/s11528-021-00637-1

Chiu, T. K. F. (2022). Applying the self-determination theory (SDT) to explain student engagement in online learning during the COVID-19 pandemic. *Journal of Research on Technology in Education, 54*(1), 14–30. https://doi.org/10.1080/15391523.2021.1891998

Chiu, T. K. F. (2024). Using self-determination theory (SDT) to explain student STEM interest and identity development. *Instructional Science, 52*(1), 89–107. https://doi.org/10.1007/s11251-023-09642-8

Chiu, T. K. F., Ahmad, Z., Ismailov, M., & Sanusi, I. T. (2024). What are artificial intelligence literacy and competency? A comprehensive framework to support them. *Computers and Education Open, 6*, 100171. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100171

Chiu, T. K. F., Meng, H., Chai, C. S., King, I., Wong, S., & Yam, Y. (2021). Creation and evaluation of a pretertiary artificial intelligence (AI) curriculum. *IEEE Transactions on Education, 65*(1), 30–39. https://doi.org/10.1109/TE.2021.3085878

Colmerauer, A., & Roussel, P. (1996). The birth of Prolog. In R. L. Wexelblat (Ed.), *History of programming languages—II* (pp. 331–367). ACM Press.

COMEST (UNESCO World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology). (2019). *Preliminary study on the ethics of artificial intelligence*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367823

Cooper, G. (2023). Examining science education in ChatGPT: An exploratory study of generative artificial intelligence. *Journal of Science Education and Technology*, *32*(3), 444–452. https://doi.org/10.1007/s10956-023-10039-y

Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning, 20*(3), 273–297. https://doi.org/10.1007/BF00994018

Cox, A. (2024). Algorithmic literacy, AI literacy and responsible generative AI literacy. *Journal of Web Librarianship, 18*(3), 93–110. https://doi.org/10.1080/19322909.2024.2395341

Cybenko, G. (1989). Dynamic load balancing for distributed memory multiprocessors. *Journal of Parallel and Distributed Computing, 7*(2), 279–301. https://doi.org/10.1016/0743-7315(89)90021-X

Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L. J., Li, K., & Fei-Fei, L. (2009). ImageNet: A large-scale hierarchical image database. In *2009 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (pp. 248–255). IEEE. https://doi.org/10.1109/CVPR.2009.5206848

Deng, L., & Yu, D. (2014). Deep learning: Methods and applications. *Foundations and Trends in Signal Processing, 7*(3–4), 197–387. http://dx.doi.org/10.1561/2000000039

Deng, L., Hinton, G., & Kingsbury, B. (2013). New types of deep neural network learning for speech recognition and related applications: An overview. In *2013 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)* (pp. 8599–8603). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICASSP.2013.6639344

Dignum, V. (2019). *Responsible artificial intelligence: How to develop and use AI in a responsible way*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30371-6

Du, H., Sun, Y., Jiang, H., Islam, A. Y. M., & Gu, X. (2024). Exploring the effects of AI literacy in teacher learning: An empirical study. *Humanities and Social Sciences Communications*, *11*, 559. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03101-6

Ferrucci, D., Brown, E., Chu-Carroll, J., Fan, J., Gondek, D., Kalyanpur, A. A., Lally, A., Murdock, J. W., Nyberg, E., Prager, J., Schlaefer, N., & Welty, C. (2010). Building Watson: An overview of the DeepQA project. *AI Magazine, 31*(3), 59–79. https://doi.org/10.1609/aimag.v31i3.2303

Frymier, A. B., Shulman, G. M., & Houser, M. (1996). The development of a learner empowerment measure. *Communication Education, 45*(3), 181–199. https://doi.org/10.1080/03634529609379048

Fukuda, S. (2019). Experience yesterday, today, and tomorrow. *In Self Engineering: Learning from failures* (pp. 33–37). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-26725-4

Gerke, S., Minssen, T., & Cohen, G. (2020). Ethical and legal challenges of artificial intelligence-driven healthcare. In *Artificial intelligence in healthcare* (pp. 295–336). Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818438-7.00012-5

Ghasemaghaei, M. (2021). Understanding the impact of big data on firm performance: The necessity of conceptually differentiating among big data characteristics. *International Journal of Information Management, 57*, 102055. https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.102055

Goodfellow, I. J., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., Courville, A., & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. In Z. Ghahramani, M. Welling, C. Cortes, N. D. Lawrence, & K. Q. Weinberger (Eds.), Advances in Neural Information Processing Systems, 27 (pp. 2672–2680). Curran Associates, Inc. https://proceedings.neurips.cc/paper/2014/file/f033ed80deb0234979a61f95710dbe25-Paper.pdf

Groumpos, P. P. (2016). Deep learning vs. wise learning: A critical and challenging overview. *IFAC-PapersOnLine, 49*(29), 180–189. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.11.099

Haykin, S. (2009). *Neural networks and learning machines* (pp. 2138–2143). Pearson Prentice Hall.

Heintz, F. (2021). Three interviews about K-12 AI education in America, Europe, and Singapore. *KI-Künstliche Intelligenz, 35*(2), 233–237. https://doi.org/10.1007/s13218-021-00730-w

Hinton, G. E. (2009). Deep belief networks. *Scholarpedia, 4*(5), 5947. https://doi.org/10.4249/scholarpedia.5947

Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural Computation, 9*(8), 1735–1780. https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735

Holzmeyer, C. (2021). Beyond "AI for Social Good" (AI4SG): Social transformations not tech-fixes for health equity. *Interdisciplinary Science Reviews, 46*(1–2), 94–125. https://doi.org/10.1080/03080188.2020.1840221

Hopfield, J. J. (1982). Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. In *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 79*(8), 2554–2558. https://doi.org/10.1073/pnas.79.8.2554

Hornberger, M., Bewersdorff, A., & Nerdel, C. (2023). What do university students know about artificial intelligence? Development and validation of an AI literacy test. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 5*, 100165. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100165

Kong, S. C., & Zhang, G. (2021). A conceptual framework for designing artificial intelligence literacy programmes for educated citizens. In S. C. Kong, Q. Wang, R. Huang, Y. Li, & T. C. Hsu (Eds.), *25th Global Chinese Conference on Computers in Education (GCCCE 2021)* (pp. 11-15). Education University of Hong Kong. https://www.eduhk.hk/gccce2021/proceedings.html

Kong, S. C., Cheung, W. M. Y., & Zhang, G. (2021). Evaluation of an artificial intelligence literacy course for university students with diverse study backgrounds. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 2*, 100026. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100026

Kong, S. C., Cheung, W. M. Y., & Zhang, G. (2022). Evaluating artificial intelligence literacy courses for fostering conceptual learning, literacy and empowerment in university students: Refocusing to conceptual building. *Computers in Human Behavior Reports, 7*, 100223. https://doi.org/10.1016/j.chbr.2022.100223

Kong, S. C., Cheung, W. M. Y., & Zhang, G. (2023). Evaluating an artificial intelligence literacy programme for developing university students' conceptual understanding, literacy, empowerment and ethical awareness. *Educational Technology & Society, 26*(1), 16–30. https://doi.org/10.30191/ETS.202301_26(1).0002

Kong, S. C., Chiu, M. M., & Lai, M. (2018). A study of primary school students' interest, collaboration attitude, and programming empowerment in computational thinking education. *Computers & Education, 127*, 178–189. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.08.026

Kong, S. C., Korte, S. M., Burton, S., Keskitalo, P., Turunen, T., Smith, D., Wang, L., Lee, J. C. K., & Beaton, M. C. (2025). Artificial intelligence (AI) literacy–an argument for AI literacy in education. *Innovations in Education and Teaching International, 62*(2), 477–483. https://doi.org/10.1080/14703297.2024.2332744

Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. In *Advances in Neural Information Processing Systems* (pp. 1097–1105). https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2012/file/c399862d3b9d6b76c8436e924a68c45b-Paper.pdf

Lao, N. (2020). *Reorienting machine learning education towards tinkerers and ML-engaged citizens (Unpublished doctoral dissertation).* Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.

Laugksch, R. C. (2000). Scientific literacy: A conceptual overview. *Science Education, 84*(1), 71–94. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200001)84:1<71::AID-SCE6>3.0.CO;2-C

Laupichler, M. C., Aster, A., Schirch, J., & Raupach, T. (2022). Artificial intelligence literacy in higher and adult education: A scoping literature review. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 3*, 100101. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100101

LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature, 521*(7553), 436–444. https://doi.org/10.1038/nature14539

LeCun, Y., Boser, B., Denker, J. S., Henderson, D., Howard, R. E., Hubbard, W., & Jackel, L. (1989). Backpropagation applied to handwritten zip code recognition. *Neural Computation, 1*(4), 541–551. https://doi.org/10.1162/neco.1989.1.4.541

Liu, P., Yuan, W., Fu, J., Jiang, Z., Hayashi, H., & Neubig, G. (2023). Pre-train, prompt, and predict: A systematic survey of prompting methods in natural language processing. *ACM Computing Surveys, 55*(9), 1–35. https://doi.org/10.1145/3560815

Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI literacy? Competencies and design considerations. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 1–16). https://doi.org/10.1145/3313831.3376727

Luckin, R. (2017). Towards artificial intelligence-based assessment systems. *Nature Human Behaviour, 1*(3), 28. https://doi.org/10.1038/s41562-016-0028

Luger, G. F. (2005). *Artificial intelligence: Structures and strategies for complex problem solving* (5th ed.). Pearson Education India.

Mäkinen, M. (2006). Digital empowerment as a process for enhancing citizens' participation. *E-Learning and Digital Media, 3*(3), 381–395. https://doi.org/10.2304/elea.2006.3.3.381

Marcus, G. (2012). Is "deep learning" a revolution in artificial intelligence? *The New Yorker.* https://www.newyorker.com/news/news-desk/is-deep-learning-a-revolution-in-artificial-intelligence

McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. *AI Magazine, 27*(4), 12. https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1904

McCulloch, W. S., & Pitts, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *The Bulletin of Mathematical Biophysics, 5*(4), 115–133. https://doi.org/10.1007/BF02478259

Mendez, J., Bierzynski, K., Cuéllar, M. P., & Morales, D. P. (2022). Edge intelligence: Concepts, architectures, applications, and future directions. *ACM Transactions on Embedded Computing Systems (TECS), 21*(5), 1–41. https://doi.org/10.1145/3486674

Meskó, B. (2023). Prompt engineering as an important emerging skill for medical professionals: Tutorial. *Journal of Medical Internet Research*, *25*, e50638. https://doi.org/10.2196/50638

Michaeli, T., Romeike, R., & Seegerer, S. (2022). What students can learn about artificial intelligence–recommendations for K-12 computing education. In *IFIP World Conference on Computers in Education* (pp. 196–208). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43393-1_19

Micheuz, P. (2020). Approaches to artificial intelligence as a subject in school education. In: Brinda, T., Passey, D., Keane, T. (Eds.) *Empowering teaching for digital equity and agency. OCCE 2020. IFIP Advances in Information and Communication Technology* (Vol. 595, pp. 3–20). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-59847-1_1

Michie, D. (1963). Experiments on the mechanization of game-learning Part I. Characterization of the model and its parameters. *The Computer Journal, 6*(3), 232–236. https://doi.org/10.1093/comjnl/6.3.232

Millî Eğitim Bakanlığı. (2024a). *Eğitimde yapay zekâ uygulamaları uluslararası forumu raporu*. https://yegitek.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2024_09/11104346_meb_egitimde_uyz_formu_raporu_web_28082024_tr.pdf

Millî Eğitim Bakanlığı. (2024b). *Eğitimde kullanılan yapay zekâ araçları: Öğretmen el kitabı*. https://yegitek.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2024_07/12172521_meb_nek_yapay_zek_araclari_12072024_web.pdf

Millî Eğitim Bakanlığı. (2024c). *Eğitimde yapay zekâ politikası ve eylem planı (2025–2029)*. https://yegitek.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2025_06/17092340_egitimdeyapayzekâpolitikabelgesiveeylemplani202520291.pdf

Minsky, M., & Papert, S. A. (1969). *Perceptrons: An introduction to computational geometry*. MIT press.

Moravec, H. P. (1983). The Stanford cart and the CMU rover. In *Proceedings of the IEEE, 71*(7), 872–884. https://doi.org/10.1109/PROC.1983.12684

Muggleton, S. (2014). Alan Turing and the development of artificial intelligence. *AI Communications: The European Journal on Artificial Intelligence, 27*(1), 3–10. https://doi.org/10.3233/AIC-130579

Murphy, K. P. (2012). *Machine learning: A probabilistic perspective*. MIT Press.

NCPHS (National Commission for the Protection of Human Subjects of Biomedical and Behavioral Research). (1979). *The Belmont report: Ethical principles and guidelines for the protection of human subjects of research*. Washington, DC. https://www.hhs.gov/ohrp/regulations-and-policy/belmont-report/read-the-belmont-report/index.html

Newell, A., & Simon, H. (1956). The logic theory machine: A complex information processing system. In *IRE Transactions on Information Theory, 2*(3), 61–79. https://doi.org/10.1109/TIT.1956.1056797

Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Chu, S. K. W., & Qiao, M. S. (2021). Conceptualizing AI literacy: An exploratory review. *Computers and Education: Artificial Intelligence, 2*, 100041. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100041

Ng, D. T. K., Su, J., Leung, J. K. L., & Chu, S. K. W. (2024). Artificial intelligence (AI) literacy education in secondary schools: A review. *Interactive Learning Environments, 32*(10), 6204–6224. https://doi.org/10.1080/10494820.2023.2255228

Nisheva-Pavlova, M. M. (2021). AI courses for secondary and high school-comparative analysis and conclusions. In *Education and Research in the Information Society* (pp. 9–16). Plovdiv, Bulgaria. https://ceur-ws.org/Vol-3061/ERIS_2021-art01(sh).pdf

OECD. (2018). *Future of education and skills 2030: Conceptual learning framework.* https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/about/projects/edu/education-2040/publications/commissioned-papers/Benander,%20R.pdf

OECD. (2019). *Artificial intelligence in society*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/eedfee77-en

Ottenbreit-Leftwich, A., Glazewski, K., Jeon, M., Hmelo-Silver, C., Mott, B., Lee, S., & Lester, J. (2021). How do elementary students conceptualize artificial intelligence?. In *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (p. 1261). Association for Computing Machinery. https://doi.org/10.1145/3408877.3439642

Papert, S. A. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas.* Basic Books.

Park, W., & Kwon, H. (2024). Implementing artificial intelligence education for middle school technology education in Republic of Korea. *International Journal of Technology and Design Education, 34*(1), 109–135. https://doi.org/10.1007/s10798-023-09812-2

Peterson, D., Goode, K., & Gehlhaus, D. (2021). *AI education in China and the United States: A comparative assessment.* Center for Security and Emerging Technology. https://doi.org/10.51593/20210005

Potter, W. J. (2010). The state of media literacy. *Journal of Broadcasting & Electronic Media*, *54*(4), 675–696. https://doi.org/10.1080/08838151.2011.521462

Quinlan, J. R. (1986). Induction of decision trees. *Machine Learning, 1*(1), 81–106. https://doi.org/10.1007/BF00116251

Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., & Sutskever, I. (2019). *Language models are unsupervised multitask learners.* OpenAI. https://cdn.openai.com/better-language-models/language_models_are_unsupervised_multitask_learners.pdf

Resnick, M. (2017). The seeds that Seymour sowed. *International Journal of Child-Computer.* https://web.media.mit.edu/~mres/papers/IJCCI-seeds-seymour-sowed.pdf

Roberts, D. A., Yaida, S., & Hanin, B. (2022). *The principles of deep learning theory*. Cambridge University Press.

Rosenblatt, F. (1962). *Principles of neurodynamics: Perceptrons and the theory of brain mechanisms* (Report No. VG-1196-G-8). Spartan Books.

Russell, S., & Norvig, P. (2016). *Artificial Intelligence: A modern approach*. Pearson Education Limited.

Samuel, A. L. (1960). Programming computers to play games. In F. L. Alt (Ed.), *Advances in Computers* (Vol. 1, pp. 165–192). Elsevier. https://doi.org/10.1016/S0065-2458(08)60608-7

Schmidhuber, J. (2015). Deep learning in neural networks: An overview. *Neural Networks, 61*, 85–117. https://doi.org/10.1016/j.neunet.2014.09.003

Sharif, A., Gurbuz, E., & Ay, S. (2023). The impact of AI on employment and jobs: A comprehensive analysis. *London Journal of Interdisciplinary Sciences, 1*, 50–55. https://doi.org/10.31039/ljis.2023.1.222

Shortliffe, E. H., Davis, R., Axline, S. G., Buchanan, B. G., Green, C. C., & Cohen, S. N. (1975). Computer-based consultations in clinical therapeutics: Explanation and rule acquisition capabilities of the MYCIN system. *Computers and Biomedical Research, 8*(4), 303–320 https://doi.org/10.1016/0010-4809(75)90009-9

Silver, D., Huang, A., Maddison, C. J., … Hassabis, D. (2016). Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. *Nature, 529*, 484–489. https://doi.org/10.1038/nature16961

Tesauro, G. (1995). Temporal difference learning and TD-Gammon. *Communications of the ACM, 38*(3), 58–68. https://doi.org/10.1145/203330.203343

Touretzky, D., Gardner-McCune, C., & Seehorn, D. (2023). Machine learning and the five big ideas in AI. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 33*(2), 233–266. https://doi.org/10.1007/s40593-022-00314-1

Touretzky, D., Gardner-McCune, C., Martin, F., & Seehorn, D. (2019). Envisioning AI for K-12: What should every child know about AI? *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence, 33*(01), 9795–9799. https://doi.org/10.1609/aaai.v33i01.33019795

Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind, 59*(236), 433–460. https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433

UNESCO. (2020). *Preliminary report on the first draft of the recommendation on the ethics of artificial intelligence*. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374266

UNESCO. (2022). *K-12 AI curricula: A mapping of government-endorsed AI curricula*. https://doi.org/10.54675/ELYF6010

Universidad da Coruña. (2019). *AI+: Developing an artificial intelligence curriculum adapted to European high schools*. https://aiplus.udc.es/

Van Laar, E., Van Deursen, A. J. A. M., Van Dijk, J. A. G. M., & De Haan, J. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in Human Behavior, 72*, 577–588. https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.03.010

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. In I. Guyon, U. V. Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan, & R. Garnett (Eds.), *Advances in Neural Information Processing Systems, 30* (pp. 5998–6008). Curran Associates, Inc. https://proceedings.neurips.cc/paper/2017/file/3f5ee243547dee91fbd053c1c4a845aa-Paper.pdf

Vinyals, O., Babuschkin, I., Czarnecki, W. M., … Silver, D. (2019). Grandmaster level in StarCraft II using multi-agent reinforcement learning. *Nature, 575*, 350–354. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1724-z

Warwick, K. (2013). *Artificial intelligence: The basics*. Routledge.

Weizenbaum, J. (1966). ELIZA a computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Communications of the ACM, 9*(1), 36–45. https://doi.org/10.1145/365153.365168

Winograd, T. (1971). *Procedures as a representation for data in a computer program for understanding natural language* (No. MAC-TR-84). Massachusetts Institute of Technology, Project MAC. http://hdl.handle.net/1721.1/7095

Yu, H., Shen, Z., Miao, C., Leung, C., Lesser, V. R., & Yang, Q. (2018). Building ethics into artificial intelligence. In *Proceedings of the 27th International Joint Conference on Artificial Intelligence* (pp. 5527–5533). https://www.ijcai.org/proceedings/2018/0779.pdf

Zhang, C., & Lu, Y. (2021). Study on artificial intelligence: The state of the art and future prospects. *Journal of Industrial Information Integration, 23*, 100224. https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100224

Zhang, H., Lee, I., Ali, S., DiPaola, D., Cheng, Y., & Breazeal, C. (2023). Integrating ethics and career futures with technical learning to promote AI literacy for middle school students: An exploratory study. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 33*(2), 290–324. https://doi.org/10.1007/s40593-022-00293-3

Zhou, Z., Chen, X., Li, E., Zeng, L., Luo, K., & Zhang, J. (2019). Edge intelligence: Paving the last mile of artificial intelligence with edge computing. In *Proceedings of the IEEE*, *107*(8), 1738–1762. https://doi.org/10.1109/JPROC.2019.2918951

BÖLÜM 12

TIPTA YAPAY ZEKÂ KULLANIMINDA ETİK SORUNLAR: HEKİM, HASTA VE MAKİNE ÜÇGENİ

Sevim Yağız

ÖZET

Yapay zekâ teknolojileri, tıp alanında; klinik karar destek sistemleri, teşhis/tedavi planlaması, hasta takibi ve yönetimi gibi birçok süreçte yenilikler sunmaktadır. Ancak bu gelişmeler, etik ve hukuki boyutlarıyla yeni tartışmaları da beraberinde getirmektedir. İnovatif teknolojilerin toplum hayatına dâhil olması sürecinde vadettikleri sebebiyle hukuki, ahlaki ayrıntıların ve insani değerlerin göz ardı edilmesi, teknolojinin toplumu kontrolsüz şekillendirmesi ile sonuçlanır. Tıpta yapay zekâ kullanımında insani, etik ve bağlamsal değerlerin karar süreçlerinde silikleşmesini önleme ve de hasta-hekim ilişkisinin algoritmik gölgeye maruz kalmaması için etik ve hukuki boyutlarda yapılacak çalışmalara ve kamuoyu tartışmalarına ihtiyaç vardır. Bu bölümde, tıpta YZ kullanımında hasta-hekim ilişkisi, klinik kararlarda algoritmik gölge etkisi, hasta mahremiyeti, veri güvenliği, bilgilendirilmiş onam süreçleri, klinik karar destek sistemlerinin neden olduğu etik ikilemler ve de otonom teşhis sistemlerinin kullanımında sorumluluk konuları normatif bir yaklaşımla irdelendi. Değerlendirme ve meşru önerilerin geliştirilmesinde biyomedikal etik ilkeleri kuramı, insanlık onurunun korunması normu ve faydacı (utilitaryan) yaklaşım temel alındı. Bu kuramların birlikte kullanımı ile hem bireysel hasta hakları hem de toplum yararı gözetilerek öneriler yapıldı. Bu bölümde, etik yaklaşımların ışığında, tıbbi yapay zekâ sistemlerinin toplumsal sağlığı güçlendiren, güvenli, hasta hakları ve insan onuruna saygılı bir biçimde kullanılabilmesi için gerekli sorumluluk alanları incelendi. Hekimler, sağlık çalışanları, sağlık kurumları, düzenleyici otoriteler, bu sistemleri tasarlayan, geliştiren ve pazara sunan tarafları kapsayan çok paydaşlı bir sorumluluk çerçevesi önerildi. Bu kapsamda; algoritmik sistemlerin şeffaflık ve açıklanabilirlik standartlarının belirlenmesi, veri koruma ve siber güvenlik yükümlülüklerinin güçlendirilmesi, eğitim ve sertifikasyon süreçlerinin yapılandırılması, adaleti gözeten, ayrımcılığı minimize eden tasarım ilkelerinin benimsenmesi ve otonom sistemlerde sorumluluğun bulanıklaşmasına izin vermeyecek düzenleyici çerçevelerin geliştirilmesi yönünde somut öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Tıpta Yapay Zekâ Sistemleri, Tıbbi Cihaz Olarak Yazılımlar, Klinik Karar Destek Sistemleri (Kkds), Hasta-Hekim İlişkisi, Etik Ve Legal Yükümlülükler, Sorumluluk

GİRİŞ

Yapay zekâ (YZ) uygulamalarının makinelere, yazılım sistemlerine, endüstriyel otomasyon, planlama ve karar süreçlerine hızla entegre olmaya başladığı bir döneme şahitlik etmekteyiz. Bu değişim, insanlık tarihinde buhar gücüne dayalı sanayileşme, elektriğin yaygın kullanımı ve dijitalleşme süreçlerinin ardından gelen dördüncü devrim olarak konumlandırılmaktadır (Schwab, 2024). Erken dönemlerde kural tabanlı sistemler olarak başlayan YZ, günümüzde makine öğrenmesi modellerine ve derin öğrenme algoritmalarına evrilmiştir. Sağlık sektörü de bu gelişimden payını almakta; makine öğrenmesi ve öğrenen algoritmaların tıbbi cihazlara, sistemlere, sağlık hizmetlerinin yürütülmesine dair süreçlere dâhil edilmesi ile ilgili çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu teknolojiler; genomik ve tıbbi görüntü analizinde, hastalıkların taranması, sınıflandırılması ve öngörülmesinde, klinik kararların desteklenmesinde, klinik planlamada, sağlık hizmeti yönetiminde, sanal tıbbi asistanların oluşturulmasında, ilaç biyoaktivitesi ve hedeflerinin/etkileşimlerinin öngörülmesinde etkin biçimde kullanılmaktadır (Ching vd., 2018). Sadece bilimsel sebepler değil; tıbbi alana yapay zekânın entegrasyonunun vadettiği ticari değer ve ekonomik potansiyal de gelişmeleri sürekli kılmakta, hızlandırmaktadır. Market ve Markets platformu (2020), yayımladığı rapor ile global olarak yapay zekâya dayalı teknoloji pazarının 2026 yılında 45,2 milyar dolara ulaşacağı öngörüsünü iş dünyasının dikkatine sunmaktadır. Biyoetik toplulukları ise alandaki bu büyümenin Google, IBM ve Microsoft gibi sağlık sektörü dışındaki teknoloji devlerinin de alana girmesine ve pazarda belirleyici konuma gelmelerine yol açtığına dikkat çekmektedir (Nuffield Council on Bioethics, 2018).

Uygulama alanları giderek çeşitlenmekte olan yapay zekânın tıbbi alana entegrasyonunda yaşanan hızlı ilerleme, sağlık hizmetlerinin daha erişilebilir, etkili, doğru ve kişiselleştirilmiş bir yapıya kavuşmasını vadetmektedir. YZ uygulamalarının sağlık hizmeti sunum modellerini ve tıbbi karar alma biçimlerini kökten dönüştürme potansiyeli bulunmaktadır. Şimdiden tıbbi görüntülemede; kanser taramasında, deri lezyonları, diyabetik retinopati, diyabetik maküla ödemi tespitinde ve tüberküloz sınıflamasında doğ-

ruluk açısından klinisyen performansıyla karşılaştırılabilir nitelikte sonuçlar vermektedir (Ching vd., 2018). Bu başarı YZ'nin gelecekte insan becerilerini aşabileceğine dair öngörüleri de destekler niteliktedir. Öte yandan söz konusu inovasyonun aldığı yol ile kıyaslandığında; hasta-hekim ilişkisine etkisi, ilgili etik/legal düzenlemeler, yükümlülükler ve sorumlulukların tartışılmasında, ilgili düzenlemelerin belirginleşmesinde, taraflarca bilinirliğinde aynı hız yakalanamamıştır (Yağız, 2023). Zhang ve Zhang (2023), yaşanan dönüşümün klasik tıp anlayışını sadece teknik boyutta değil, aynı zamanda etik, hukuki ve organizasyonel düzeylerde çok katmanlı biçimde yeniden şekillendirebileceğine dikkat çeker. İki düşünür bu bağlamda "Collingridge İkilemi" olarak adlandırılan sorunu da hatırlatırlar. Collingridge'in (1980) "*The Social Control of Technology*" adlı eserinde ortaya koyduğu ikilem, teknoloji felsefesinde ve bilim/teknoloji çalışmalarının kritiğine dair literatürde sıkça başvurulan kavramsal bir çerçevedir. İkilem, inovatif teknolojilerin erken döneminde oluşturacağı olası sosyal etkinin henüz bilinememesi ya da tüm boyutları ile öngörülemez oluşu sebebiyle müdahale etmenin ve ilgili düzenlemelerin yapılmasındaki güçlüğe dikkat çeker. Geç dönemde etkiler belirginleştiğinde ise etkili müdahale, kontrol ve yönlendirme imkânsız hâle gelir, çünkü teknoloji toplumda derinleşmiş, kendi dinamiklerini oluşturmuş, yaygınlaşmış, ekonomik ve sosyal sistemler ona entegre olmuş; dönüşmüştür. İnovatif teknolojilerin olumsuz sonuçları fark edildiğinde sistem kendi yolunu çizmiş olduğu için kontrol kapasitemiz son derece sınırlı hâle gelmektedir. Dahası inovasyonun şaşırtıcı fonksiyonları karşısında etik ve legal değerler önemsiz görülüp göz ardı edildiğinde sadece teknolojinin dâhil olduğu meslek grubunda değil kaygan zemin etkisi ile tüm toplumu dönüştürebilecektir. Teknolojinin etik ve legal boyutuyla ele alınması, etkili düzenlemelerin devreye sokulması çoğu zaman gecikerek ve güçlükle yapılabilmektedir. Collingridge İkilemi, etik düzenleme, kılavuzlar ve kamu politikalarının oluşturulması ve de risk yönetimi ile ilgili tartışmaların/çalışmaların inovatif teknolojinin gelişim aşaması sürecinde eşlikçi olmasının önemini ortaya koyar. Bu nedenle, etik öngörü, önleyici planlama ve de yasal boyutta hazırlığa ihtiyaç vardır. Bu bölümde, yapay zekâ kullanımının hukuki meşruiyetini belirleyen etik boyut normatif yöntemler ışığında irdelenecektir.

1. GEREÇ VE YÖNTEM

Olağan koşulların günlük tıbbi pratiğinde hekim-hasta ilişkisini ve hekim davranışlarını biyomedikal tıp etiği prensipleri yaklaşımı belirler. Ancak toplumsal kaynakların dağıtımı veya kıtlık koşulları söz konusu olduğunda, utilitarist (faydacı) yaklaşım sağlık politikalarının belirlenmesine moral açıdan katkı sağlamaktadır. İnsanlık onurunun korunması normu da gerek hasta özerkliğine, kararına saygıda gerekse insan tabiatını, ilişkilerini, algılarını, insana bakış açısını kökten sarsma potansiyali ortaya koyan; embriyonik kök hücre araştırmaları, taşıyıcı annelik, insan klonlama gibi inovatif teknolojilerde aydınlatıcı bir ahlaki temel olmaktadır. Beauchamp ve Childress'ın (2019) dört ilkeli "*biyomedikal etik prensipleri*" yaklaşımı etik analiz için hekimlere, sağlık çalışanlarına, sağlık işletmelerine pratik ve yararlı bir çerçeve sunar. Olağan koşulların tıbbi pratiğinde yaygın kabul gören bir yaklaşımdır. Yöntem, kaynağını ortak moral değerlerden ve tıp geleneği içindeki profesyonel normlardan alan; hasta özerkliğine saygı gösterme, zarar vermeme, yararlı olma ve adaleti gözetme prensipleri ile tıbbi alanda meşruiyetin sağlanması için rehberlik yapmaktadır.

Kantiyan etik ve insanlık onuru normu özellikle tıbbi karar verme süreçlerinde bireyin özerkliğine saygı ilkesi, rıza ve onam konuları ile ilişkili sorunların değerlendirilmesinde, meşruiyeti sağlamada güçlü bir bakış açısı sağlar. İnsan aklının kendisine aynı zamanda evrensel yasa da olabilecek doğrulukta ahlaki ilkeler tanımlama ve buna uygun eyleme yeteneğine ve de insanın değerine dikkat çeken yaklaşımın beraberinde getirdiği insanlık onuru kavramı, yalnızca felsefi bir değer değil, aynı zamanda legal ve etik çözümlemelerde sınırlayıcı, kurucu bir normatif ölçüt sunar (Kant, 1785/1947). Yapay zekânın yaşama dair süreçlere entegrasyonunda bireylerin özerkliklerinin korunması açısından yol gösterici bir standart olarak değerlendirme ve önerilerde bu norma uygunluk gözetilmiştir. Normatif incelemede toplumsal faydayı ilgilendiren boyutlarda ise sonuç odaklı normatif bir teori olan *faydacı/utilitaryan* yaklaşım kullanılmıştır. Utilitaryan yaklaşımın teorisyenlerinden olan Mill'e (1863/1998) göre; eylemlerin ahlaki değeri, ortaya çıkardıkları toplam yarar veya mutluluk ile ölçülebilirdir; en doğru eylem, en fazla sayıda insan için en yüksek net faydayı sağlayandır. Bu yaklaşım, kararların sonuçlarını nesnel ölçütlerle değerlendirme olanağı sunduğu için özellikle sağlık politikaları, kaynak tahsisi ve klinik müdahale

öncelik sıralamalarında analitik bir çerçeve sunar. Yaklaşımda ikilemler, olası seçeneklerin doğuracağı toplam yarar ve zarar dengesi açısından sistematik biçimde irdelenir; faydanın maksimize edilmesi ve zararın minimize edilmesi hedeflenerek çözüm geliştirilir. Bu yöntem, bireysel çıkarların ötesinde toplum yararının arttırılmasını önceleyen bir perspektif sağlamaktadır.

Tıp ve biyolojide yapay zekâ kullanımında etik ve hukuki meşruiyetin sağlanmasına dair ayrıntılar hem kişisel hakların korunması hem de toplum yararını ilgilendiren boyutlara sahiptir. Konunun irdelenmesinde bu normatif yaklaşımların sunduğu bakış açısı ve standartlar dikkate alınmıştır.

2. TARTIŞMA

YZ sistemlerinin sağlık hizmetlerine entegrasyonu kaçınılmaz bir gelişmedir. Ancak bu dönüşüm etik ve hukuki değerler, haklar korunarak gerçekleşmelidir. Bu bağlamda, klinik kararlara eşlik eden algoritmaların hasta-hekim arasındaki ilişkiyi ve bu ilişkide güven, sorumluluk ve hasta özerkliğine saygı boyutlarını nasıl etkileyeceği göz ardı edilmemesi gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.1. Hasta-Hekim İlişkisi ve Tıbbi Yapay Zekâ Sistemleri Kullanımında Algoritmik Gölge Etkisi

Hasta-hekim ilişkisi, temelde bir güven ilişkisi olup; tüm süreçlerde hastanın tıbbi durumuna en uygun ve yararlı seçeneklerin sunulacağına, zararına olabileceklerin elimine edilmeye çalışılacağına, seçim hakkına saygı gösterileceğine, onuru ve mahremiyetinin korunacağına dair güvence sağlayan bir nitelik taşır. Cerrahi branşlar söz konusu olduğunda ise hasta hayatını neredeyse tam anlamıyla cerrahın ellerine bırakmıştır. Tüm hastaların etik ve çoğu durumda yasal olarak güvenme hakkı vardır (Lonchyna, Kelley ve Angelos, 2022). Öte yandan hasta-hekim ilişkisi ciddi düzeyde bilgi asimetrisi de içerir. Hastanın içinde bulunduğu tıbbi durum hakkında bildikleri ile hekimin hastanın tıbbi sorununa en iyi tedavinin ne olduğu, alternatifleri, prognozu, muhtemel komplikasyonları ve gelişecek süreçleri bilmesi asimetriyi oluşturur. Başarılı hekimlik, yalnızca bilgi ve yetkinlikle değil; etik bakış açısının korunduğu; güven, saygı ve iletişime dayalı; bilgi asimetrinin minimize edildiği hasta-hekim ilişkisi inşa etmeyle de ilgilidir

(Pellegrini, 2013). Hekim, başarılı tanı ve tedavi planlaması için gerekli tıbbi bilginin bir kısmına anamnez ile ulaşmaktadır. Diğer bilgilere ise hastanın sağlık bilgi sistemlerindeki tıbbi kayıtlarından doğru ve detaylı bir şekilde ulaşır. Tüm tıbbi süreçlere dair hasta bilgilendirmesi hastalar açısından asimetrinin giderilmesinde önemli rol alır. Tıp mensupları, sağlık çalışanları, sağlık kurum ve işletmeleri, meslek birlikleri güvenilirlik statüsünü korumak ve sürdürmek için bu bağlamda çaba harcar. Yapay zekâ teknolojileri, sağlık hizmetlerinde teşhis ve tedavi planlamasında, klinik ve ameliyathanelerin yönetiminde, hasta takibi ve operasyonel verimliliği artırmada hekimlere yardımcı araçlar sunmaktadır. Ancak bu teknolojilerin hızla benimsenmesi, klasik klinik karar süreçlerini ve hasta-hekim ilişkisini etkileme, yeniden şekillendirme riski de taşımaktadır. Yapay zekâ ve öğrenen algoritmaların sağlık sistemleri ile tıbbi cihazlara entegrasyonu ve de bu alandaki bilimsel araştırmaların yürütülmesi sürecinde, hasta-hekim ilişkisi ve bu ilişkide temel unsur olan güvenin korunması ve de mesleki yükümlülüklerin yerine getirilmesi için nelerin gözetilmesi gerektiği sorusu göz ardı edilmemelidir.

Literatürde tıbbi kararların dijital sistemlere kısmen veya tamamen devredilmesinin; klinik sorumluluğun ifası, etik uygunluğun gözetilmesi, hasta mahremiyeti ve özerkliğine saygı gösterilmesi gibi temel ilkelere uyumu tehdit edebilir olduğuna dikkat çekilmektedir. Bu bağlamda "*algoritmik gölge*" kavramı, yapay zekânın klinik karar süreçlerinde kullanıcılar tarafından fark edilmeyen, ancak istenmeyen sonuçlara ve önemli risklere yol açabilen örtük mantık ve algoritmaları tanımlamak için metaforik olarak kullanılmıştır (Lippi ve Plebani, 2025). Price (2015), algoritmik sistemlerin klinik karar süreçlerindeki işleyişinin bilinememesi durumunu "*kara kutu tıbbı*" terimi ile zikretmekte, bu durumun hem etik açıdan hem de yasal açıdan sakıncalar doğurduğuna vurgu yapmaktadır. Cabitza, Rasoini ve Gensini'nin (2017) çalışması ise makine öğrenmesinin tıbbi alana dâhil olmasıyla klinisyen becerisinde azalma, otomasyon yanlılığı gibi öngörülmeyen etkiler oluşabileceğine dikkat çekmektedir. Diğer bir grup çalışma algoritma tavsiyelerinin hekim kararlarını baskılayabileceği, bazı hasta gruplarının veri ön yargısı ile sistematik olarak ihmal edilmesi, sağlık hizmetlerinde gizli bir ayrımcılık yaratmasının mümkün olabileceğine odaklanmakta ve bu durumlar için "*saklı ön yargı, otomasyon ayrımcılığı ve opak*

sistemler gibi" nitelemeleri öne çıkarmaktadır (Morley, Floridi, Kinsey ve Elhalal, 2020; Zhang ve Zhang, 2023). Bu istenmeyen etkilerin ortaya çıkmasında bir dizi faktör rol oynamaktadır: Makine öğrenimi modelleri, beslendikleri verilerin özelliklerini yansıtır. YZ'ye zemin olan veriler gerçekte ait olduğu toplumun ön yargılarını da gömülü bir şekilde içerir. Verilerdeki ön yargılar algoritmanın da adaletsiz sonuçlar üretecek bir yapıda şekillenmesine yol açabilecektir. Tıbbi veri setlerinde demografik dağılım dengeli değilse veya belirli gruplara karşı ön yargının ve ayırımcılığın olduğu bir döneme ait ise algoritma bu ön yargıyı öğrenecektir. Obermeyer, Powers, Vogeli ve Mullainathan'ın (2019) çalışması, ABD sağlık sisteminde halk sağlığı yönetimi için kullanılan bir algoritmanın siyah hastalara yönelen sistematik bir ayrımcılık içerdiğini göstermiştir. Bu algoritma, maliyet bazlı bir risk tahmini kullandığı için siyahi hastaların gerçek sağlık ihtiyaçlarını yeterince yansıtmamış ve bu grup hastalara daha az kaynak ayrılmasına neden olmuştu. Benzer şekilde; Sjoding, Dickson, Iwashyna, Gay ve Valley, (2020), yaygın bir tıbbi cihaz olan nabız oksimetresinin koyu tenli hastalarda oksijen satürasyonunu olduğundan daha yüksek ölçme eğiliminde olduğunu, bunun da siyahi hastalarda hipoksinin tespit edilememesi riskini artırdığını raporlamışlardır. Bu örnekler, algoritmaların tarafsız olduğuna dair yaygın inanışın aksine, veri temelli ön yargıların adaletsiz sonuçlara yol açabileceğini ortaya koymaktadır.

Sistemlerin açık ve açıklanabilir tasarıma sahip olmayışları da klinik karar süreçlerinde gölge alanların oluşmasında etkilidir. Hekimler, sağlık çalışanları, hastalar ve sağlık politikası belirleyicileri tarafından, yapay zekâ sistemlerinin nasıl çalıştığı, nasıl karar verdiği açık, bilinir, anlaşılır ve adil olmalıdır. Bilinmeyen, şeffaf olmayan, açıklanamayan algoritmaların güven ilişkisini zedeleyeceği açıktır. Sistemlerin kararları izah edilebilmeli; neden bu teşhisi koyduğu ya da hangi veriye dayanarak bu tedavi önerisini sunduğu anlaşılabilir olmalıdır. Hekimin hasta bilgilendirmesinde sadece "Bunu bilgisayar önerdi." demesi geçerli ve meşru bir yaklaşım değildir. Dünya Sağlık Örgütünün (2021) *Yapay Zekâ Etiği Rehberi*, sağlıkta YZ uygulamalarının her zaman yetkin bir sağlık profesyonelinin denetimine tabi olması gerektiğini belirtmektedir. Klinik pratikte YZ sisteminin bir tespit ya da öneride bulunduğu her durumda son kararı hekimin vermesi, algoritmanın asla nihai karar mercisi h^line gelmemesi günümüzün etik ve

legal paradigmasıdır. Örneğin; bir radyoloji YZ sistemi bir tümörü malign olarak etiketlediğinde, radyolog görüntüyü inceleyerek bunu teyit etmelidir. Algoritma bulgusunu çürüten klinik kanıtlar varsa bunları dikkate alarak raporu düzenlemelidir.

YZ'ye dayalı klinik karar destek sistemleri klinisyen açısından karar mantığını anlaşılır kılmaya yönelik ipuçları veya neden belli bir önerinin yapıldığına dair bilgiyi de sunabilmelidir. Örneğin; bir görüntü analiz algoritması, tespit ettiği anormalliğin nerede olduğunu görsel olarak vurgulayabilmeli veya bir teşhis öneri sistemi, belli bir hastanın verisinde hangi risk faktörlerinin skoru yükselttiğini listeleyebilmelidir. Bu sayede hekim, algoritmanın akıl yürütmesini kısmen de olsa takip edip klinik mantık ve tecrübesi ile örtüşüp örtüşmediğini denetleyebilecektir. Klinisyenler bir karar destek sisteminin nasıl ve neden belirli bir öneride bulunduğunu anlayamadığında, hatalı önerilerin gözden kaçması da mümkündür. Şeffaf olmayan opak bir tasarımda algoritma hatalarının tespit edilmesindeki güçlük, hataların ve ön yargıların sistematik olarak devam etmesine de zemin hazırlar. Ticari sır gerekçesiyle bu yükümlülük tıbbi cihaz ve sistem üreticisi tasarımcısı ve de düzenleyici/denetleyici merciler tarafından göz ardı edilmemelidir. Sadece açıklanabilir sistemler, klinik süreçlere entegre edilmeli; hekimler bu kararları ve de gerekçelerini hastaya açık bir şekilde aktarabilmelidir.

Saha araştırmaları, inovatif teknolojilerin, sağlık hizmetleri ve toplam yaşam kalitesini arttıracağı yönünde ön yargı bulunduğunu göstermektedir (Yağız, 2023). Bu iyimser algı, klinisyenlerin YZ sistemlerinin önerilerini sorgulamadan uygulamasına zemin hazırlayarak hasta güvenliğini tehlikeye atabileceği öngörülebilirdir. Nitekim 2018'de STAT News'ta yayımlanan bir haberde IBM Watson for Oncology sisteminin, bazı hastalara hatalı tedavi önerileri ürettiği ve hasta güvenliğini riske atılabileceği iddia edilmişti. Hemen sonrasında IBM, yazılımda değişiklikler yaptığını duyurmuştu. Bu tecrübe açıklıkla profesyonel doğrulamanın gerekliliğini göstermektedir (Ross ve Swetlitz, 2018). Özellikle genç veya deneyimsiz sağlık personelinin, saygınlık kazanmış bir algoritmanın önerisine karşı çıkmaktan çekinmesi ya da sistemin kararlarını sorgulamaktan kaçınarak kendi klinik yargısını geri planda bırakması ve otomasyon yanlılığına kapılması olasıdır. Algoritmaların çalışma prensiplerinin yeterince bilinmemesi ise bu olumsuz

etkiyi daha da güçlendirecektir. Öte yandan tam zıttı bir tutumu; algoritma mantalitesini bilemeyen klinisyenin tıbbi bakımın güçlendirilmesine katkı verme potansiyali olan bu teknolojinin kullanımından tamamen kaçınması sonucunu da doğurabilirdir. Topol (2019) tıp eğitimi ve sürekli mesleki gelişim programlarına YZ ve veri bilimi konularının dahil edilmesini, algoritmik gölge etkisini azaltmak için uzun vadeli bir strateji olarak önermektedir. YZ modellerinin temel çalışma prensipleri, potansiyel hata kaynakları ve ön yargıları konusunda bilgili klinisyenin sistemleri eleştirel gözle kullanması da mümkün olacaktır.

Biyomedikal tıp etiğinin adalet ilkesi perspektifinden bakıldığında, olağan klinik koşullarda kullanılacak yapay zekâ sistemlerinin ve klinik süreçlere entegre edilen öğrenen algoritmaların, ötekileştirmeyi dışlayan ve eşitlikçi (egalitaryen) bir bakış açısıyla tasarlanması gerekmektedir. Bununla birlikte tıbbi alanda etik ve legal yükümlülükler koşullara bağlı olarak da değişebilmektedir. Bu da beraberinde algoritmaların tıbbi açıdan kıt koşullar doğduğunda öncelikle tıbbi hizmete ihtiyacı olanı önceleyen bir yaklaşıma yönelebilir olmasını gerekli kılmaktadır. Yağız, Karabulut, Sandal, Salihoğlu ve Yağız'ın (2025) çalışması, kıt koşulların sağlık hizmeti sunumu sıralandırmasında rol oynayacak algoritmaların etik açıdan adil, meşru ilke ve gerekçelere dayandırılmasının ve de kamuoyu tarafından da bu ayrıntıların bilinir olmasının önemine dikkat çekmektedir. Özellikle yaş, cinsiyet, etnisite gibi parametrelere dayalı ayrımcı kararlar, sağlık hakkını ihlal eder. Böyle bir durumda öncelikle dezavantajlı gruplar daha fazla zarar görmeye açıktır. Algoritmalar sadece teknik değil adaleti gözetme açısından da testlere tabi tutulmalı, ayırımcı kararlar yine algoritma dizaynları ile minimize edilmelidir. Geliştirici firmalar, tasarım sürecinde etik açıdan uygunluk arz eden tasarımı gözetmeli; sistemler tarafsız etik kurulların inceleme süreçlerine tabi olmalı; güçlü üretici firmalar karşısında denetim mekanizmaları da güçlendirilmelidir.

Hasta-hekim ilişkisi etik değerlerin rehberlik ettiği bir ilişkidir. Hekimin mesleki profesyonelliğinin kazandırdığı klinik karar verme yeteneğine algoritmalar da sadece destekleyici araç olarak katıldığında hasta-hekim-algoritmik sistem üçlüsünün konfigürasyonu ve sınırları da etiğin belirleyiciliği ile kurulmalıdır. Bir işin profesyonel yetkin bir meslek oluşu ve sürdürülmesi mesleki etik değerlere sahip olması ile mümkündür.

2.2. Tıpta Yapay Zekâ Sistemleri Kullanımında Hasta Mahremiyeti, Veri Güvenliği ve Onam Süreçleri

Hasta özerkliğine saygılı olma aynı zamanda hukukun üst normu olan insanlık onuru ile de ilişkilidir. Özerklik; otonomi kavramı, kişinin kendisi için anlamlı kurallar tanımlaması; erk sahibi olması, özgürce seçimlerini yapması, bu seçimlere götürecek planlar oluşturması ve bunlara uygun davranması anlamını içerir (Beauchamp ve Childress, 2019). Biyomedikal tıp etiği prensipleri yaklaşımının hasta özerkliğine/otonomisine saygı ilkesi, beraberinde bilgilendirilmiş onamı getirir. Hekimin her tıbbi girişimden önce hastayı girişimin yarar/zararları ve süreçleri hakkında doğruluk ve açıklıkla bilgilendirmesi; yeterlilik sahibi hastanın da alternatifler arasında kendisine uygun olanı özgür iradesi ile seçerek rızasını beyan etmesi, onamının alınması günümüzün temel tıbbi süreçlerindendir. Bu sürecin işletilmesi hekimin ve sağlık hizmeti verenlerin tartışmasız temel etik ve hukuki yükümlülüklerindendir. Klinisyen onam için bilgilendirme içeriğini mümkün olduğunca anlaşılır kılmalıdır. Hastaya; yapay zekânın tarama, teşhis, tedavi planlama gibi süreçlerin neresinde ve hangi kapsamda devreye gireceği, beklenen faydaları ve potansiyel riskleri, hata oranları, varsa alternatif (yapay zekâsız) yöntemler ile karşılaştırmalı olarak açıklanmalıdır. Bu bilgiler onam formunun bir parçası olmalı ve hastanın sorularını sorabileceği, gerektiğinde kararını gözden geçirebileceği bir ortam sağlanmalıdır. Schildberg (2018), inovatif teknolojilerin klinik kullanımında hata oranları hakkında istatistiksel bilgiye dayalı aydınlatmanın önemine dikkat çeker.

Özerkliğe saygı ilkesi, yalnızca hastanın aydınlatılmış onamının alınmasını değil; aynı zamanda mahremiyetin korunması, kişisel veri ve tıbbi kayıtların gizliliğinin sağlanmasını da gerekli kılar. Bu nedenle sağlık işletmeleri ve klinisyenler, kullandıkları yapay zekâ tabanlı yazılımların güvenlik sınırlarını bilmek, erişim şifrelerini ve kimlik bilgilerini korumak ve sistemleri kişisel ihmallere açık bırakmamakla yükümlüdür. Yazılımların güvenlik açıklarının tespit edilmesi için düzenli penetrasyon testleri yapılmalı; ağ güvenliği, antivirüs çözümleri ve saldırı tespit sistemleri (IDS/IPS) güncel tutulmalıdır (Yağız, 2023).

Siber tehditler yalnızca hasta verilerini değil; aynı zamanda tıbbi cihazlar, implantlar ve web tabanlı sağlık uygulamalarını da hedef alabilmektedir.

Günümüzde birçok tıbbi prosedür, akıllı yazılım bileşenleri ve internet bağlantılarıyla entegre çalıştığından, bu sistemlerdeki güvenlik açıkları doğrudan hasta güvenliği riskine dönüşebilirdir. Nitekim sağlık alanında yaşanan fidye yazılım saldırıları ve veri sızıntıları, siber güvenliğin yalnızca teknik değil, aynı zamanda etik ve hukuki bir sorun olduğunu açıkça göstermiştir (Yağız, 2023). Collier'in (2017) analiz ettiği Birleşik Krallık Ulusal Sağlık Sistemi'ne yönelik saldırı, bu açıdan çarpıcıdır. Hastanelerin bilgisayar sistemlerine e-posta yoluyla bulaşan bir fidye yazılımı, erişimi kilitlemiş ve yeniden giriş için ödeme talep etmiştir. Benzer şekilde, 2017'de Düsseldorf Üniversite Hastanesinde yaşanan saldırı nedeniyle kritik sistemler kapandığında bir hastanın tedavisi gecikmiş ve ölüm meydana gelmiştir (Tidy, 2017). Bu örnekler, yazılım sistemlerinin mutlak olarak güvenli kabul edilemeyeceğini ortaya koymaktadır. Sistemlerin güncel tutulmaması, antivirüs çözümlerinin kullanılmaması veya basit şifreleme yöntemlerinin dahi uygulanmaması saldırıları kolaylaştırmaktadır. Dolayısıyla tıbbi yazılımların güvenlik tasarımı, yalnızca teknik bir zorunluluk değil, aynı zamanda hasta güvenliğiyle doğrudan ilişkili etik bir yükümlülüktür. Hasta verilerinin korunamaması mahremiyet ihlallerine yol açarken örneği şu ana dek yaşanmamış da olsa yazılım manipülasyonları veya zararlı algoritmalar aracılığı ile kasti olarak yanlış teşhis, hatalı tedavi önerilerinin sisteme yerleştirilebileceği ihtimali de göz ardı edilmemelidir.

Siber güvenlikle ilgili ihmaller aksilikler yalnızca hastaların değil, sistemi kullanan sağlık kurumlarının da itibarını ve güvenilirliğini riske atacaktır. Siber güvenlik tehditlerinin azaltılmasında iki temel unsur öne çıkmaktadır: farkındalık ve teknik önlemler. Hem klinisyenler hem de üreticiler tıbbi akıllı yazılımların siber saldırılara açık olabileceğinin bilincinde olmalı; düzenli risk analizleri yapmalı ve stratejiler geliştirmelidir. Yazılım tasarımları, piyasaya sürülmeden önce saldırı senaryolarına karşı da test edilmeli ve algoritmik manipülasyonlara dayanıklı olduğuna dair kanıt sunmalıdır.

Sağlık işletmeleri için Bilgi Güvenliği Yönetim Sistemleri (ISO/IEC 27001, ISO/IEC 27002) bu alanda yol göstericidir (Watkins ve Calder, 2020). Türkiye'de TSE tarafından yayımlanan TS ISO/IEC 27001 standardı, kurumların siber güvenlik politikalarını en güncel uluslararası normlara uygun hâle getirmelerini teşvik etmektedir. Bu çerçeveler; veri gizliliğini, bütünlüğü ve erişilebilirliği güvence altına almak için iyi uygulamaları

tanımlar. Son kullanıcıların farkındalık eksikliği, siber güvenlikte en büyük zafiyetlerden biridir. Bu nedenle sağlık çalışanlarına yönelik düzenli eğitim ve bilinçlendirme programları uygulanmalı; olası tehditlere karşı farkındalık politikaları geliştirilmelidir (Bennet, 2004). Güvenliğin sağlanması, sağlık kuruluşlarında yalnızca teknik tedbirlerle sınırlı tutulmamalı; insan faktörünü güçlendiren politikalar ve uygulamalarla da desteklenmelidir.

Tıbbi akıllı yazılımların güvenliğinin sağlanması, hasta güvenliği ve haklarının korunması için vazgeçilmezdir. Üreticiler, klinisyenler ve sağlık işletmeleri iş birliği içinde çalışmalı; farkındalığın oluşturulması, eğitim ve teknik önlemlerde sürekli güncelleme yaparak siber tehditlere karşı hazırlıklı olunmalıdır. Günümüz sağlık işletmeleri, sunucuları her düzeyde enformasyon ve komünikasyon teknolojilerine bağlıdır. Ancak işletmelerin enformatik dataları ve platformları, sistemleri, iletişim tabanlı teknolojileri rakipleri ve suçlular için de değerlidir. Kamu veya özel sektör sağlık kuruluşlarının kritik ve hassas dataları, web tabanlı teknoloji ve sistemleri; marka değerlerine, varlıklarına bunun yanı sıra hastalarına maddi-manevi zarar verebilecek gelişen persistant bir tehdit ile karşı karşıyadır. Yaşanacak aksilikte; hastaların zarar görmesi ile teknolojiyi kullanan sağlık kurumlarının itibar, gelir ve marka değeri kaybına uğrayabileceği öngörülebilirdir. Sağlık kurumları bu tür saldırılar için acil durum planları oluşturmalıdır.

YZ sistemleri büyük ölçekte hasta verisi kullanır. Bu verilerin anonimleştirilmesi, güvenli depolanması ve sadece bilgilendirilmiş açık rıza ile belirlenmiş amaçlar doğrultusunda kullanılması, hasta özerkliğine saygı ilkesi ile gerekçelendirilen etik bir yükümlülüktür. Aynı zamanda ülkelerin düzenlemelerinde genelgeçer yasal bir zorunluluktur. Avrupa Birliği'nde yürürlükte olan Genel Veri Koruma Düzenlemesi, kişisel verilerin korunması konusunda kapsamlı yasal düzenlemelerden biridir [General Data Protection Regulation (GDPR), 2016]. Düzenleme, bireylerin kişisel verilerinin işlenmesini sıkı kurallara bağlamaktadır. Düzenleme, kişisel sağlık kayıtlarını "*özel nitelikli kişisel veriler*" kategorisine dâhil etmekte ve işlenmesine yalnızca belirli durumlarda izin vermektedir. Buna göre; kişinin özgür iradesine dayanan ve bilgilendirilmiş şekilde verilmiş açık rızasının bulunması, hukuki bir yükümlülüğün yerine getirilmesi, bireyin hayati çıkarlarının korunması veya toplum sağlığını ilgilendiren bilimsel ya da istatistiksel araştırmalar kapsamında veri işleme faaliyeti gerçekleş-

tirilebilmesi mümkündür. Bilimsel araştırma amacıyla veri kullanımı için, gerekli yasal izinlerin alınması, uygun teknik ve idari güvenlik tedbirlerinin uygulanması, verilerin anonim hâle getirilmesi şarttır. Sağlık alanında kullanılan yapay zekâ sistemlerinin kişisel veri kullanımı ile ilgili düzenlemelere uygun biçimde yapılandırılması hem hasta mahremiyetinin korunması hem de kurumsal sorumluluğun yerine getirilmesi açısından önem taşır. GDPR, veri sorumlularına ve işleyenlere bazı yükümlülükleri de getirmektedir: veri minimizasyonun yapılması (yalnızca gerekli verilerin toplanması), bireylerin verilerine erişim/düzeltme ve silme hakkının korunması, veri ihlali durumunda bildirimin yapılması, yüksek riskli işlemler söz konusu olduğunda izin için ön değerlendirme süreçlerinin (Data Protection Impact Assessment-DPIA) düzenlenmesi yükümlülüğü gibi.

Türkiye'de kişisel verilerin korunmasına ilişkin temel yasal düzenleme, 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu'dur (KVKK, 2016). Avrupa'daki GDPR ile benzer bir çerçeve sunar. 2016 yılında yürürlüğe giren bu kanun, bireylerin kişisel verilerinin işlenmesini düzenlemekte ve özel nitelikli veriler için daha sıkı güvenlik önlemleri öngörmektedir. KVKK'ya (2016, m.6) göre de sağlık kayıtları "*özel nitelikli kişisel veri*" kapsamında değerlendirilir. Bu veriler, ancak ilgili kişinin açık rızasıyla veya Kanun'un açıkça izin verdiği hâllerde işlenebilirdir. KVKK (2016, m.12), kişisel verilerin işlenmesinden doğan zararlarda "*veri sorumlusu*" sıfatını taşıyan gerçek veya tüzel kişilerin güvenlik tedbirleri alma ve hukuka aykırı sonuçları önleme yükümlülüğünü düzenler. Düzenleme; sağlık verilerini işleyen tüm kişi ve kurumları yüksek riskli veri işleyen olarak değerlendirmektedir. Kamu sağlığının korunması, koruyucu hekimlik, tıbbi teşhis, tedavi, bakım hizmetlerinin yürütülmesi amacıyla ve de sadece sır saklama yükümlülüğü altında bulunan kişiler veya yetkili kurumlar tarafından tıbbi veriler işlenebilirdir. Sağlık verisi kullanan tüm gerçek ve tüzel kişiler/kurumlar, sağlık alanında yapay zekâ sistemleri geliştiren şirketler, sağlık teknolojisi AR-GE firmaları, medikal veri analiz firmaları da KVKK'ya göre veri sorumlusudur ve 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu'nun 16. maddesine göre KVKK'ya uyumlu veri işleme süreçleri oluşturmakla yükümlüdürler. Veri sorumluları, sistematik veri koruma kültürünün oluşturulması, şeffaflık ve denetlenebilirliği sağlama amacıyla dizayn edilmiş dijital bir platform olan Veri Sorumluları Sicil Bilgi Sistemi'ne (VERBİS) faaliyete başlamadan

önce kayıt olmalıdırlar. Veri kullanıcıları VERBİS'e: "Kişisel veri işleme amaçlarını, kişisel veri işlemelerinin hukuki sebebini, kullanacağı verinin türünü ve kategorisini, kişisel verileri kimler ile paylaşacağı, aktaracağı alıcı grubunu, azami saklama süresini, yabancı ülkelere aktarım yapıp yapmayacağını, veri güvenliğine ilişkin aldığı tedbirleri" kayıtlandırmalıdır. Ülkemiz düzenlemesinde veri minimizasyonu, amaçlı sınırlı kullanım, açık rıza alma ve veri güvenliği yükümlülükleri EU-GDPR'ye benzerdir. Her iki düzenlemede de anonimleştirilmemiş sağlık verilerinin, algoritma eğitimi gibi ikincil amaçlarla kullanımı açık rıza gerektirir.

Hasta mahremiyeti, veri güvenliğinin sağlanması ve bilgilendirilmiş onam yapay zekâ sistemlerinin klinik uygulamalara entegre edilmesinde göz ardı edilemeyecek temel dayanaklardır. Bilgilendirmenin açıklık ve doğrulukla yapılması onamın alınması, siber saldırılara karşı teknik koruma önlemlerinin alınması ve KVKK, GDPR, HIPAA[1] gibi düzenlemelere uyum sağlanması hem hukuki hem de etik sorumlulukların yerine getirilmesine katkı vermektedir. Ancak bu rehber metinler, yapay zekâ tabanlı uygulamaların etik açıdan doğurduğu sorunları tamamen ortadan kaldırmamaktadır. Bu çerçevede, tıbbi YZ tabanlı sistemler ve klinik karar destek sistemlerinin yalnızca hasta-hekim ilişkisi üzerindeki etkileri değil, aynı zamanda bu sistemlerin kullanımının doğurduğu etik ikilemler de sistematik biçimde ele alınmalıdır.

3. KLİNİK KARAR DESTEK SİSTEMLERİ VE DOĞURDUĞU ETİK İKİLEMLER

Sağlık hizmetlerinin giderek daha karmaşık hâle geldiği günümüzde, hızlı ve doğru klinik kararların alınması hayati önem taşır. Araştırmalar sanayileşmiş ülkelerde sunulan sağlık hizmetlerinin genellikle mümkün olanın iyisi olmaktan uzak ve kanıta dayalı bakımın ulaştığı seviyenin gerisinde kaldığına dikkat çekmektedir. 439 kalite göstergesini değerlendiren ülke çapındaki bir denetim, ABD yetişkinlerinin önerilen tıbbi hizmetin yalnızca yarısını alabildiğini göstermiştir (McGlynn vd., 2003). ABD Ulusal Bilimler Akademisinin bir parçası olan Tıp Enstitüsü Uzman Kurulu, her yıl yakla-

[1] Amerika Birleşik Devletleri'nde, sağlık bilgilerinin gizliliğini düzenleyen başlıca yasa; Sağlık Sigortası Taşınabilirlik ve Sorumluluk Yasası'dır (HIPAA Health Insurance Portability and Accountability Act-1996). Yasa "korunmuş sağlık bilgileri" (PHI) olarak tanımladığı sağlık kayıtları hakkında sağlık hizmeti sunucuları ve paydaşları için yükümlülükleri de içerir.

şık 98.000'e varan sayıda ABD sakininin önlenebilir tıbbi hatalar sonucu hayatını kaybettiğini tahmin etmektedir (Charatan, 1999). Benzer şekilde; Vincent, Neale ve Woloshynowych'in (2001) iki Londra hastanesinde yaptığı retrospektif analiz sonucu, kabul edilen hastaların %11'inin olumsuz olay yaşadığına; bu vakaların %8'inin ise ölümle sonuçlandığına dikkat çekmektedir. Araştırma olumsuz olayların %48'inin önlenebilir olduğunu da ortaya koymuştur.

Tıbbi alandaki eksiklikleri gidermede sağlık kuruluşları ve klinisyenler karar alma süreçlerine yardımcı olmak için bilişim sistemlerine; klinik karar destek sistemlerine giderek daha fazla yönelmektedir (Hunt, Haynes, Hanna ve Smith, 1998). Özellikle dijital sağlık kayıtlarının yaygınlaşması, büyük verinin kullanılabilir hâle gelmesi ve yapay zekâ teknolojilerindeki gelişmeler, sağlık alanına yönelik kararlarda yardımcı olan karar destek sistemlerinin (KDS) gelişimini ve kullanımını önemli ölçüde artırdı. Bu bağlamda Klinik Karar Destek Sistemleri (KKDS), modern sağlık hizmetlerinde tanı, tedavi planlaması, risk değerlendirmesi ve klinik karar süreçlerine entegre edilen çok yönlü bilgi teknolojisi araçları hâline gelmiştir. Bu sistemler; tanı ve tedavi planlamasında klinisyenlere yardımcı olmakta, hastaya özgü öneriler ve değerlendirmeler sunarak bireyselleştirilmiş tıbbı desteklemektedir (Bayor, Li, Yang ve Varnfield, 2025; Sutton vd., 2020).

KKDS, ilaç yönetimi ve reçeteleme süreçlerinden hasta takibi ve bakım planlamasına kadar uzanan geniş bir yelpazedeki işlevleriyle tıbbi pratiğe entegre olmakta ve bu işlevler giderek de çeşitlenmektedir; örneğin Musen, Middleton ve Greenes (2021), sepsis tanısı ve uygun antibiyotik başlama zamanlaması gibi klinik açıdan kritik durumlarda, önceden tanımlanmış protokoller doğrultusunda sistemli öneriler sunarak bu süreçleri standardize ettiklerine dikkat çekmektedir. Bright vd.ne (2012) göre ise KKDS cerrahi profilaksi gibi dikkatle yürütülmesi gereken süreçlerde, protokol uyumunu artırmakta ve enfeksiyon riskini azaltmaya katkı sağlamaktadır. Sistemler aracılığı ile koruyucu sağlık hizmeti planlanmalarına veya çeşitli bakım gereksinimi olan hastaların bakım çizelgelerine hatırlatıcıların eklenmesi de mümkün olmuştur.

Hasta güvenliği açısından bakıldığında etkileri oldukça belirgindir. Örneğin; ciddi ilaç hatalarını önlemede, reçete süreçlerini iyileştirmede ve önleyici sağlık hizmetlerinin zamanında sunulmasındaki etkinlikleri göste-

rilmiştir (Garg vd., 2005). Hekim sipariş girişi sistemleriyle (Computerized Provider Order Entry-CPOE) entegre çalışan bazı KKDS ise ilaç etkileşimleri, doz hataları veya kontrendikasyonlar konusunda anlık uyarılarla klinisyenlere rehberlik etmektedir (Kawamoto, Houlihan, Balas ve Lobach, 2005). Bright vd. (2012), bu sistemlerin hastalar ve sağlık personelinin, önerilen bakım standartlarına, rehberlere uyumunu artırarak tıbbi bakımın kalitesini yükseltmekte olduklarına dikkat çekmektedir. Khairat, Marc, Crosby ve AlSanousi (2018) ise klinik süreçleri hızlandırdıkları, iş yükünü azalttıkları ve sağlık personeline zaman kazandırdıkları tespitini bildirmektedir. Bayor vd. (2025), KKDS'nin klinik hata oranlarını düşürme, hasta güvenliğini artırma, bakımın kalitesini yükseltme, hasta-hekim ilişkisini güçlendirme ve sağlık hizmetlerinin güvenilirliğine katkıda bulunma potansiyeline dikkat çekmektedir.

Bununla birlikte aynı yazarlar, pek çok sağlık kurumunda klinisyenlerce yaygın biçimde benimsenmiş, klinik pratiğin ayrılmaz bir parçasına dönüşmekte olan bu sistemlerin bazı eksiklikler taşıdığına ve bu eksikliklerin giderilmesinin de zorunlu olduğuna işaret etmektedir. Bu bağlamda Bright vd. (2012), KKDS'nin elektronik sağlık kayıtlarıyla entegrasyonunun henüz yeterince kapsamlı biçimde sağlanamadığını; bunun sonucunda veri akışında ortaya çıkan eksiklik ve gecikmeler nedeniyle bu sistemlerin etkin işleyişinin sınırlandığını belirtmektedir. Bayor vd. (2025) ise sistemlerin olağan klinik iş akışına uyumlu biçimde tasarlanmadığına, kullanıcıların iş yükünü arttırabildiğine hatta bilişsel tükenmeye yol açabileceğine dikkat çekmektedir. Kawamoto vd. (2005); sistemlerin işleyişindeki yanlış, düşük öncelikli ve tekrarlayan uyarıların sağlık profesyonellerinde duyarsızlaşmaya yol açtığı; bunun da KKDS önerilerinin göz ardı edilmesine ve sistem etkinliğinin azalmasına neden olduğu saptamasını yapmaktadır. Literatür incelemesi KKDS'nin klinik karar alma süreçlerinde kullanım yaygınlığındaki artış trendiyle birlikte oluşturduğu sorun ve ikilemlerin de daha görünür hâle geldiğini göstermektedir.

3.1. Mesleki Yetkinliğin Verdiği Karar Yetkisini Kullanma ve Hukuki Sorumluluk İkilemi

Klinik karar destek sistemleri, hekimlerin karar süreçlerini desteklemek üzere tasarlanmış olsa da zamanla karar sürecine üçüncü bir aktör olarak dâhil olmakta; kararları yönlendiren ya da örtük biçimde baskılayan

bir rol üstlenebilmektedir. Bu durum, hekimin klinik karar fonksiyonunu tamamen sisteme dayandırması riskini de beraberinde taşır. Böyle bir baskı, sorumluluğun hekime ait olduğu mevcut paradigma ile çelişki oluşturmaktadır. Bu nedenle hekimlerin, son sözün kendilerine ait olduğunun, sistemlerin yalnızca destekleyici nitelikte bulunduğunun ve zarar doğduğunda hukuki sorumluluğun kendilerinde kalacağının farkında olmaları gerekmektedir. Klinisyenin yenilikçi teknolojilere ve otomasyonun üstünlüğüne ilişkin ön yargı taşıması ya da KKDS'yi uzun süre kullanması nedeniyle mesleki becerilerinin aşınması da bu baskıyı arttırabilmektedir.

3.2. Hasta Özerkliğine Saygı Gösterme ya da Yararlı Olma İkilemi

Klinik karar destek sistemleri (KKDS), tıbbi kararların oluşturulmasında ve çeşitli saptamaların yapılmasında hekimin profesyonel mesleki bilgisine destek sunmakta, aynı zamanda bu profesyonel bilginin daha geniş nüfuslara ulaşmasını da mümkün kılmaktadır. Böylece uzman bakış açısı ve tecrübesi, daha fazla kişinin tıbbi bakımına katkı sağlayabilecek şekilde taşınabilir, ulaşılabilir olmaktadır. Bununla birlikte hekimin etik yükümlülüklerinden biri de hastayı doğru ve yeterli biçimde bilgilendirmesidir (Beauchamp ve Childress, 2019). Teşhis bilgilendirmesi tedavinin ayrılmaz aşamalarındandır ve bu bilgilendirmenin yapılmaması, eksik ya da hatalı yapılması tıp hukukunda "*tedavi kusuru*" kapsamında değerlendirilmektedir (Hakeri, 2022).

Bu bağlamda, hastaya sunulan hizmette KKDS'nin rolü ve katkısı hakkında şeffaf aydınlatma yapılması zorunludur. KKDS'nin kullanımı, hasta özerkliğini destekleyecek biçimde açık ve anlaşılır olmalıdır. Park'ın (2024) yürüttüğü bir çalışma, katılımcıların yapay zekâ kullanımında kendilerine bilgi verilmesini, insan hekim ile yapılan konsültasyon bilgisinin verilmesinden daha önemli bulduklarını ortaya konmuştur. Hastaların sağlık hizmetlerinde teknoloji kullanımına ilişkin bilgilendirilmeleri ve tercihlerinin dikkate alınması, etik açıdan vazgeçilmezdir. Bir yanda daha fazla hastaya hızlı ve etkin yarar sağlama imkânı, diğer yanda ise bireysel olarak hastanın bilgilendirilme hakkı ve kendi bakımına ilişkin özerk tercihlerini kullanma gerekliliği bulunmaktadır. Dolayısıyla, daha çok hastaya yarar sağlama ve hekime zaman kazandırma gibi avantajlar, hasta özerkliğini ikinci plana itmemelidir. Hastaların, bakımlarında teknoloji kullanımına dair bilgilen-

dirilmeleri ve varsa tercihlerini ifade etme fırsatı sunulmalıdır. Böylece KKDS, hekimin yerini alan gizli bir otorite değil, hasta ve hekimin bilinçli olarak tercih edilmiş desteği hâline gelebilecektir.

3.3. Veri ile Toplam Tıbbi Bakımın İyileştirilmesi ya da Kişisel Tıbbi Verilerin Gizliliğinin Korunması İkilemi

KKDS'nin geliştirilmesinde; sağlık işletmeleri, sağlık sunucu ve planlayıcı kurumlarda birikmiş tıbbi kayıtlar önemli bileşendir. Sistemlerin vadettiği yarar ve kişisel verileri kullanımı, ikilem oluşturma potansiyali taşımaktadır. Bu veriler; hastaların sağlık kayıtlarını, laboratuvar sonuçlarını, genetik bilgilerini ve hatta alışkanlıklarını, günlük yaşam verilerini, iletişim bilgilerini de içerebilmektedir. Bu sebeple de verilerin kullanımında aydınlatılmış onam önemlidir. Hastalar, kendi verilerinin mahremiyeti ve nerede, nasıl kullanıldığı konusunda şeffaflığa hak sahibidir. Bazı yargı bölgelerinde, hastaların otomatik sistemlerce işlenen verileri hakkında açıklama talep etme hatta bu sistemlerde oluşmuş bilgilere itiraz etme, düzeltme talep etme hakları bulunmaktadır (GDPR, Madde 22). KKDS'nin bulut tabanlı hizmetler olarak sunulması, kolay ulaşılabilir güvenilir bilgiye dayalı hızlı tedavi planlamasını ve sunumunu mümkün kılmakta; öte yandan üçüncü taraflar ile paylaşılması riskini de doğurmaktadır. Açık rıza olmaksızın verilerin ülke dışına transferi, üçüncü taraf servis sağlayıcılarla paylaşılması ya da gereğinden uzun süre depolanması gibi mahremiyet ihlalleri oluşabilmektedir. Vadettiği yarara rağmen KKDS hasta verilerini koruyarak hasta özerkliğini ve onurunu koruyacak bir tasarıma sahip olmalıdır. Veri güvenliği ve gizliliği konusunda kanıta dayalı güçlü önlemler alınmaksızın KKDS'nin insani açıdan güvenli kullanımı ve sağlık sektöründe güven kazanması, benimsenmesi güçtür. Veri anonimizasyonu yapan, mahremiyeti koruyan veri analiz teknikleri, hasta kimliğini ifşa etmeyen tasarıma sahip, ileri şifreleme teknikleri kullanan ve erişim kontrolü sağlayan politika ve modeller geliştirilmelidir.

3.4. Tıbbi Bakımın İyileştirilmesi ve Klinisyen Mesleki Becerisinin Azalması İkilemi

Yapay zekâ tabanlı klinik karar destek sistemleri, tıbbi bakımın kalitesini, hızını ve doğruluğunu artırarak hastalara sağlanan genel yararı arttırma potansiyaline sahiptir ancak klinisyen becerilerinin körelmemesine de yol

açabilir. YZ sistemleri ne kadar başarılı olursa olsun, hekimler temel tanı ve tedavi becerilerini aktif tutmalıdır. Sürekli akıllı yazılımların desteğine güvenmenin, kognitif tembelliğe veya beceri kaybına yol açabileceği öngörülebilirdir. The Lancet Gastroenterology & Hepatology'da yayımlanan bir araştırma, kolonoskopide sürekli YZ desteği kullanan doktorların, YZ olmadan polip tespit etme becerilerinde düşüş olduğunu göstermiştir (Budzyń vd., 2025). KKDS'nin uzun süre kullanımının, klinisyen yeteneğini körelterek uzun vadede tıbbi bakımın kalitesine dair genel sonuçları kötüleştirebileceği öngörülebilirdir. Bu nedenle, hekimler YZ önerilerini hem eleştirel gözle değerlendirmeli hem de mesleki bilgilerini güncel tutmalıdır.

3.5. İlgili Klinik Araştırmaların Sağlayacağı Faydalar ve Tıbbi Verilerin Gizliliğine Saygı İkilemi

KKDS'nin ve tıbbi yapay zekâ (YZ) uygulamalarının farklı işlevlerle çeşitlendirilmesi ve geliştirilmesi amacıyla yapılan klinik araştırmalar, giderek artmaktadır. Kitlesel ölçekte sağlık hizmeti sunumuna katkı sağlayabilecek YZ projelerinin başarısı büyük ölçüde veriye erişim ve kullanımına bağlıdır. Ancak sağlık verileri, özel nitelikli kişisel veriler kapsamında olduğundan, bu durum ciddi etik ve hukuki sorunları da beraberinde getirmektedir. 2019 yılında the British Guardian'ın yayımladığı haberin ardından başlayan ifşa süreci ile ortaya çıkan Google–Ascension (Project Nightingale) vakası bu durumun tipik bir örneğini oluşturur. ABD sağlık pazarına giriş amacıyla yürütülen projede, sağlık sunucusu Ascension kendisinde birikmiş yaklaşık 50 milyon hastanın kişisel sağlık verisini Google'a vermiştir. Veriler devredilirken hastalar ve hekimler bilgilendirilmemiş, paylaşım için açık rızaları alınmamış, buna rağmen anonimleştirme de yapılmamıştır. Veriler Google tarafından depolanmış, işlenmiş; şirket çalışanları, kimliği açık hasta verilerine erişim sağlamıştır (Schneble, Elger ve Shaw, 2020). Hem Google hem de Ascension, kişisel ve hassas verilerin işlenmesine ilişkin temel etik ve legal standartları göz ardı etmişti. Oysa proje, sağlık hizmetlerinde YZ destekli tıbbı uygulama ve etkin klinik karar destek sistemleri geliştirme amacını taşımaktaydı. Bu nedenle proje, bir yandan toplumsal sağlığın arttırılması ile topluma fayda sağlama potansiyeli taşırken diğer yandan bireysel mahremiyetlerin ihlali ikilemini somut biçimde gözler önüne sermiştir.

YZ klinik araştırmaları bu açıdan bakıldığında tıbbın yararlı olma ve hasta özerkliğine saygı gösterme ilkeleri açısından ikilem oluşturmaktadır. Büyük veri söz konusu olduğunda ise bireysel onamı almak mümkün bir faaliyeti çoğunlukla aşmaktadır. Bu bağlamda verilerin kimliksizleştirilmesi; anonimizasyonu, kurumsal iznin ve etkin güvenlik tedbirlerinin alınması önem kazanır. Veri güvenliği bakımından, hekimler/araştırmacılar ve kurumlar; YZ ile çalışırken mahremiyetin korunması ilkesi hem araştırma protokolü dizaynında hem de bizzat sistem algoritmalarının tasarımında yer almalıdır. YZ sistemleri geliştirme araştırmalarında, verinin dış kullanım ve amaç dışı kullanımını engelleyecek teknik ve idari önlemler de planlanmalıdır. Örneğin, bir algoritmanın elde ettiği sağlık kayıtlarının yetkisiz biçimde başka amaçla işlenmemesi için veri setleri mümkün mertebe anonim hâle getirilerek hazırlanmalı, algoritmalar düzenli olarak mahremiyet açısından denetlenmelidir. Günümüzde ileri teknolojilerle "anonimleştirilmiş" saydığımız verilerin bile yeniden kişiyle eşleştirilebilmesi mümkün olabildiğinden, geliştiriciler ve veri sorumluları veri setlerini paylaşırken veya işlerken geri döndürülemez anonimizasyon teknikleri kullanmalıdır.

Sağlık kuruluşları ve araştırma ekipleri, veri güvenliğini sağlamak için güçlü teknik altyapılar kurmalıdır. Hasta verilerinin güvenliği, anonimleştirme, düzenli denetim ve güçlü şifreleme katmanlarına dayandırılmalı; verilere erişim yalnızca yetkilendirilmiş ve görev tanımı gereği ihtiyaç duyan kullanıcılarla sınırlandırılmalıdır. YZ sistemlerinin entegre edildiği veri tabanlarında güçlü şifreleme yöntemleri seçilmeli ve hastaya ait tanımlayıcı bilgiler mümkün olduğunca ayrıştırılmalıdır. Özellikle bulut tabanlı AI hizmetleri kullanılıyorsa, verilerin aktarımı ve depolanması sırasında da şifrelemeye dair güvenli protokoller kullanılmalıdır. Sağlık işletmesi çalışanları kurumdaki onaysız yazılımların veya halka açık yapay zekâ araçlarının hasta verileriyle beslenmemesi gerektiği konusunda bilgilendirilmelidir. Örneğin HIPAA uyumlu olmayan bir uygulamaya hasta bilgisi girildiğinde, bu veri geri alınamaz hem hukuki yaptırımlara hem de gerçek bir gizlilik ihlaline neden olabilir.

YZ kullanılan tüm klinik araştırmalar, klasik klinik araştırma etik ilkelerine tabidir. Araştırma protokolünün bağımsız bir etik kurul tarafından incelenip onaylanması önem kazanır. Etik kurullar YZ içeren çalışmalarda özel bazı değerlendirmeler de yapmalıdır: "Araştırmada YZ'nin doğrulu-

ğu/validasyonu yeterli mi? Verilerin temsil gücü yeterli mi? Tüm grupları temsil ediyor mu? Katılımcı mahremiyeti nasıl korunacak? Aydınlatılmış onam formunda YZ'nin kullanımı anlaşılır şekilde belirtilmiş mi? Algoritmanın ortaya çıkarabileceği ön yargılar için veya dezavantajlı grupların korunması için tedbirler alındı mı?" gibi açılardan araştırma protokolü ve araştırma dizaynı gözden geçirilmelidir. Gerekirse etik kurullar, yapay zekâ etiği konusunda uzman görüşü alarak karar vermelidir. Türkiye'deki ve dünyadaki düzenlemeler, müdahaleye dayalı olsun ya da olmasın insan verisi kullanan araştırmalarda etik kurul onayını şart koşmaktadır. Etik kurullar: Helsinki Bildirgesi ve İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu (Good Clinical Practice, GCP) ilkelerini temel almaktadır (TİTCK, 2022; WHO, 2024). Bu ilkeler, araştırmalarda katılımcı haklarının korunması, risk-fayda dengesinin gözetilmesi, onam alınması, güvenlik takibi ve bilimsel kalite standartlarının sağlanması gibi konuları kapsar.

Düzenleyici otoritelerle uyum hem araştırma aşamasını hem de ürün onay sürecini kapsamaktadır. Eğer bir yapay zekâ sistemi tıbbi cihaz statüsünde değerlendirilebilecek bir fonksiyon icra ediyorsa veya müdahalede bulunuyorsa (örneğin tanı koyan bir yazılım), klinik araştırma öncesi yetkili ulusal otoriteden (Türkiye'de TİTCK, ABD'de FDA gibi) izin alınması gereklidir. Avrupa'da da benzer şekilde, YZ içeren cihazlar veya tıbbi cihaz kabul edilen yazılımlar, Avrupa Birliği Tıbbi Cihaz Regülasyonları (MDR) kapsamında CE işaretlemesi sürecine tabidir. Uluslararası rehberler de YZ'li araştırmaların planlanması ve raporlanmasına dair bazı standartlar sunmaktadır. WHO da YZ araştırmalarında SPIRIT-AI ve CONSORT-AI kılavuzları gibi, protokol ve raporlamada standartlar sunan kılavuzlara uyumu önermektedir (WHO, 2021). Klinik araştırma protokolleri için yaygın bir kılavuz olan SPIRIT, yapay zekâya özel ek maddelerle genişletilmiştir (Rivera vd., 2020). Bu protokol, YZ kullanılan müdahaleli çalışmalarda hangi detayların protokolde belirtilmesi gerektiğine dair bir kontrol listesi sunar. Benzer şekilde, CONSORT kılavuzuna eklenen CONSORT-AI ilkeleri, YZ içeren randomize kontrollü denemelerin sonuçlarının şeffaf ve tam raporlanması için kriterler sunar (Liu vd., 2020). Hekimler ve araştırmacılar, bu tür kılavuzlara uygun hareket ederek araştırmalarının bilimsel ve etik kalitesini arttırmalıdır. Örneğin, SPIRIT-AI kontrol listesi araştırmacıya "YZ modelinin versiyonu, eğitimi için kullanılan veri seti özellikleri, giriş-

çıkış değişkenleri, insan-yapay zekâ etkileşiminin protokolü" gibi normalde klasik protokollerde yer almayan ama kritik önemdeki bilgileri doldurması önerilir. Türkiye'de, klinik araştırmaların yürütülmesi *Beşerî Tıbbi Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik* (2023) ve Tıbbi Cihaz Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmeliği (2022) ile detaylı şekilde düzenlenmiştir. Bu yönetmelikler uyarınca, araştırmaların Sağlık Bakanlığına bağlı Türkiye İlaç ve Tıbbî Cihaz Kurumu onayından geçmesi ve bir eğitim/araştırma kurumunun etik kurulu tarafından onaylanması gerekir. Tıbbi fonksiyon görecek yapay zekâya dair bir çalışma da aynı yoldan ilerlemelidir. Ayrıca, *Türkiye'de Kişisel Verileri Koruma Kurumu'nun* (KVKK, 2021) yayımladığı *Yapay Zekâ Alanında Kişisel Verilerin Korunmasına Dair Tavsiyeler* başlıklı rehber, yapay zekâ alanında faaliyet gösteren geliştiriciler, üreticiler, servis sağlayıcıları ve veri sorumluları için yol gösterici olmakta; yapay zekâ projelerinde veri minimizasyonu, anonimleştirme, şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkelerine uyulmasının önemine dikkat çekmektedir. Klinik araştırmalar, tıbbi bakım bilgisini geliştirse de hasta verilerinin kullanımında bilgilendirilmiş açık rızanın gerekliliği, mahremiyetin korunması ve hasta özerkliğine saygı ilkelerine uygun yürütülmedikçe hukuken meşruiyetini kaybeder.

3.6. Çoğunluğun Sağlık Yararını Arttırma ya da Adaleti Sağlamada İkilem

Sistemlerin tıbbi bakıma katkı vermekte olması öte yandan tıbbın adalet ilkesi açısından da bazı riskleri beraberinde getirmesi diğer bir ikilemdir. Algoritmaların eğitildiği veri setlerinin henüz kısıtlı oluşu ve sadece belirli profilleri içeriyor olmaları sebebiyle yanlılık ya da ayrımcılığa yol açabilecek dizayn ve sonuçlar üretmeleri riski mümkündür. Literatürde "*algoritmik ön yargı*" (algorithmic bias) terimi, sağlık yapay zekâsındaki bu tür çarpıklıkları tanımlamak için kullanılmaktadır (Chen vd., 2023). Sağlık hizmetlerinde var olan eşitsizlikler, özen gösterilmezse KKDS aracılığıyla yeniden üretilip derinleşebilir. Örneğin; geçmişte yalnızca belirli bir etnik gruptan hastaların verileriyle eğitilmiş bir sistem, diğer gruplarda doğru sonuç veremeyebilir; teşhis ve tedavilerinde geciktirici etkiye yol açarak adaletsiz bir durum oluşturur. Algoritmalarına yansıyan yanlılık sonucunda sistemler, bazı sağlık hizmetlerini belirli gruplara daha uygun görebilecek;

düşük gelirli bireyler, yaşlılar, engelliler gibi dezavantajlı hasta grupları için önerilen tedavi biçimlerini sınırlandıran bir tasarıma sahip olabileceklerdir. Sınırlı ve temsil gücü yeterli olmayan hasta popülasyonlarında geliştirilen ya da doğrulanan bir algoritmanın gerçek dünyada geniş ölçekli kullanımda performans kaybetmesi de mümkündür. Bu tür hatalı tasarımların toplum sağlığına zarar vermemesi için pre-market değerlendirmenin yanı sıra piyasaya arz sonrası izleme süreçlerinin de yeterli olması gerekir. KKDS'nin fonksiyonları tıbbın adalet ilkesine uygunluk açısından, risk analizleriyle test edilmeli ve göz ardı edilmemelidir.

KKDS'nin geliştirildiği ülke normlarının da sistemlere yansıması mümkündür. Sistemler, önerilerinin farklı kültürel gruplarda kabul görüp görmeyeceği boyutuyla da değerlendirilmelidir. KKDS herkes için eşit doğrulukta çalışan, hakkaniyet ve ön yargısızlığı sağlayan temsil kabiliyeti yüksek tasarıma, dizayna sahip olmalıdır. Gerek sistem tasarımcıları gerek kullanıcılar, bu riskin bilincinde olmalı ve çıktıları eleştirel bir gözle değerlendirmelidir. Bir sistem herhangi bir grup için belirgin şekilde kötü performans gösteriyorsa, klinisyenler materyovijilans/olumsuz olay, trend istatistiklerine yansıyacak bildirim süreçlerini çalıştırmalıdır. Tıbbi cihazlarda olduğu gibi düzenleyici otoriteler tarafından sorun giderilmedikçe klinik kullanım durdurulmalıdır.

4. OTONOM TEŞHİS SİSTEMLERİNDE SORUMLULUK

Günümüzde, özellikle makine öğrenimi ve derin öğrenme gibi yapay zekâ alanlarının tıbbi cihazlara ve klinik süreçlere entegrasyonu giderek artan bir ilgiyle araştırılmaktadır. Bu teknolojilerin en dikkat çekici uygulamalarından biri, tanı koyma süreçlerinde insan müdahalesini asgariye indirerek karar verebilen otonom teşhis sistemleridir. Bu sistemler; büyük veri kümeleri üzerinde çalışan makine öğrenmesi modelleri, görüntü işleme algoritmaları ve doğal dil işleme teknikleri gibi yöntemler kullanarak, hekim müdahalesi olmaksızın hastalık tanısı koyabilen algoritmalar veya yazılım uygulamalarıdır. Söz konusu sistemler, yalnızca belirli semptomlara dayalı sınıflandırmayla değil, farklı çeşitlilikte klinik veri analizi de kullanarak tanıya ulaşma fonksiyonu görmektedir. Özellikle radyoloji, dermatoloji

ve patoloji gibi görsel veri ağırlıklı alanlarda, hekim performansına yakın doğruluk oranları sergileyebildikleri bildirilmektedir (Topol, 2019). Esteva vd.nin (2017) araştırması, derin öğrenme algoritmalarının cilt kanserlerini sınıflandırma konusunda dermatologlarla karşılaştırılabilir başarı düzeyine ulaştığı göstermiştir. Benzer şekilde, diyabetik retinopati taraması, akciğer grafilerinin yorumlanması ve histopatolojik görüntülerin analizi gibi klinik uygulamalarda da otonom sistemlerin doğruluk ve verimlilik açısından umut vadettiği bildirilmektedir (Rajpurkar vd., 2018).

Otonom teşhis sistemleri, tanısal doğruluğu artırmanın yanı sıra klinik iş yükünü azaltma ve sağlık hizmetlerine erişimin kısıtlı olduğu bölgelere sürdürülebilir çözümler sunma potansiyeli ile de öne çıkmaktadır. Hastanın tıbbi geçmişi, laboratuvar testleri, görüntüleme sonuçları, farmakogenetik profili gibi tıbbi verilerini birlikte değerlendirecek, kişiselleştirilmiş tedavi önerileri yapacak, ilaç reçete edecek düzeyde gelişmiş yapay zekâ tabanlı sistemlerin klinik uygulamalara entegre edildiği gelecek senaryosu da hayal edilebilirdir. Literatürde, yapay zekâ teknolojilerinin bilişsel süreçleri taklit edebilen ve özerk karar alma kapasitesine sahip sistemler olarak gelişmesinin geleneksel sorumluluk ve yükümlülük anlayışlarının yeniden değerlendirilmesini zorunlu kıldığına dikkat çekilmektedir (Floridi vd., 2018; Price, Gerke ve Cohen, 2019).

Özellikle sağlık hizmetleri, ulaşım, bankacılık, finans sektörü ve adalet sistemi gibi toplumsal etkisi yüksek alanlarda, bu sistemlerin verdikleri kararların yol açabileceği zararlardan kimin sorumlu tutulacağı sorusu giderek daha fazla tartışılır hâle gelmektedir. Bu bağlamda, yapay zekâ destekli otonom teşhis sistemlerinin kullanımında; sorumluluk ve yükümlülüklerin açık, öngörülebilir biçimde tanımlanması, kritik bir gereklilik hâline gelmiştir. Bir klinisyen, yapay zekâ sisteminin sunduğu teşhis önerisini görmezden geldiğinde mi sorumludur yoksa sistemi sorgulamadan uyguladığında mı? Sistem algoritmalarının hatalı sonuçlar üretmesi durumunda, geliştirici firma mı sorumludur yoksa yazılımı hastane altyapısına entegre eden sağlık kurumu mu ya da bu ürünü piyasaya arz eden dağıtıcı mı? Ayrıca, sistemi piyasaya sunulmadan önce inceleyen ve onaylayan düzenleyici otoritelerin (TİTCK, onaylanmış kuruluşlar vb.) sorumluluk düzeyi nedir?" sorularının cevabı kullanıcıların zihninde net olmalıdır. Bu noktada, "sistemin kendisinin sorumluluğu" da varsayımsal ayrı bir inceleme alanı olarak ortaya çık-

maktadır. Yapay zekâ kullanımında hukuki sorumluluk meselesi, hem malpraktis (tıbbi hata) hem de ürün sorumluluğu konuları ile ilişkilidir. Mevcut hukuk sistemlerinde yalnız gerçek ve tüzel kişiler yaptırımlara muhatap olabildiği için, yapay zekâ sisteminin sebep olduğu hatalarda genellikle doktor, hastane veya cihaz üreticisi sorumlu tutulur (Price, 2015).

Yapay zekâ temelli bir sistemin tasarımında; güvenlik sınırlarının net bir şekilde tanımlanmamasının, algoritmik saydamlık ve açıklanabilirlikteki eksikliklerinin ya da öğrenme kapasitesine ilişkin yetersizliklerin hata sebebi oluşturabileceği öngörülebilirdir. Sistem, hataya neden olabilecek bir veriyle karşılaştığında uygun uyarı mekanizmalarını devreye sokmuyorsa veya risk tahmin algoritmaları hatalı biçimde yapılandırılmışsa, bu durumda yazılımın işlevsel güvenliği ciddi biçimde sorgulanmalıdır.

Yapay zekâ destekli tıbbi sistemlerin klinik uygulamalarda kullanılması, çok paydaşlı bir sorumluluk çerçevesini gündeme getirir ve her aktörün rolü kendi yasal ve etik yükümlülükleri doğrultusunda ayrı ayrı ele alınmalıdır.

4.1. Yapay Zekâ Sisteminin Sorumluluğu

Günümüzde mevcut hukuk sistemleri, yapay zekâ sistemlerinin bizzat bağımsız hukuki sorumluluk taşımasını henüz kabul etmemektedir. Mevcut paradigma, bu tür sistemlerin yol açtığı sonuçlar bakımından sorumluluğun, nihayetinde söz konusu sistemlerin arkasındaki gerçek kişiler veya kurumlara ait olduğunu esas alır. *UNESCO Dünya Bilimsel Bilgi ve Teknoloji Etiği Komisyonu [World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology, (COMEST), 2017],* "*Report of COMEST on Robotics Ethics*" başlıklı raporunda, otonom sistemlerin özgür irade, kasıtlılık, öz-bilinç, ahlaki faillik ve kişisel kimlik duygusu gibi insana özgü niteliklere sahip olmadıkları sürece "kişi" olarak nitelendirilmelerinin ikna edici olmadığını vurgulamaktadır. Dolayısıyla, yapay zekâ yazılımı (Artificial Intelligent Software-AIS) içeren sistemler, eylemlerinden dolayı suçlanamaz: Mahkemelerce tanınan özgür irade, vicdan veya sorumluluk yetisine sahip değillerdir. Bu paradigmaya binaen literatürde insana ihtiyaç duymayan sistemler için sorumluluk yine de bir insana atfedilecekse insanın kontrol süreçlerinden çıkarılmamasının önemine dikkat çekilmektedir (O'Sullivan vd., 2019).

Avrupa Birliği'nin 2024 tarihli Yapay Zekâ Yasası (AI Act) ise otonom teşhis sistemleri gibi yüksek riskli yapay zekâ uygulamalarında hukuki sorumluluğu öncelikli olarak sistemi geliştiren ve piyasaya süren sağlayıcıya yüklemektedir. Ancak düzenlemeye göre; sistemin dağıtımı, entegrasyonu ve kullanımı süreçlerinde yer alan diğer aktörler ve profesyonel kullanıcılar da belirli yükümlülükler üstlenmektedir (AI Act, 2024). Türkiye'de, *6098 sayılı Türk Borçlar Kanunu (TBK-Madde 49, 2011)* gereğince, kişinin kusurlu davranışı sonucunda başkasına verdiği zarardan doğrudan sorumlu tutulacağı düzenlenmiştir. Bu bağlamda, otonom karar veren yapay zekâ sistemlerinde yalnızca son kullanıcıya değil; sistemin tasarımı, eğitimi, pazara sunumu ve kullanım aşamalarında yer alan tüm aktörlerin sorumlulukları, yükümlülükleri çerçevesinde değerlendirilmelidir.

4.2. Sistem Üreticisinin Sorumluluğu

Sorumluluk zincirinin ilk ve en belirleyici halkalarından birini sistem üreticisi oluşturmaktadır. Sorumluluğu yalnızca teknik yetkinlik ve mesleki özenle sınırlı değildir; aynı zamanda Avrupa Birliği tıbbi cihaz mevzuatının getirdiği bağlayıcı kurallarla da çerçevelenmektedir. Bu bağlamda, MDR (European Parliament and Council, 2017), tıbbi cihazların ve tıbbi fonksiyon icra eden yazılımların güvenlik ve performansına ilişkin asgari gerekleri ayrıntılı biçimde tanımlamaktadır. Üretici, geliştirdiği tıbbi cihazın veya yazılımın tasarım ve üretim süreçlerinin MDR (2017) gereklerine uygunluğunu sağlamak, gerekli uygunluk değerlendirmelerini yürütmek, bu süreçleri kapsayan bir kalite yönetim sistemi kurmak ve tüm bu şartlar eksiksiz karşılanmadan ürünü pazara/hizmete arz etmemekle yükümlüdür. Tasarım veya yazılım geliştirme dışarıya yaptırılsa dahi bu durum üreticinin yasal sorumluluğunu ortadan kaldırmaz; tedarikçi/alt yüklenici kullanılsa da nihai sorumluluk üreticide kalır.

Güvenlilik ve etkililiğe dair doğrulama/validasyon tamamlanmadan klinik kullanıma sunmama ilkesinin birincil yasal muhatabı üreticidir ve yazılım için klinik değerlendirme kanıtının sağlanmasından da üretici sorumludur [Medical Device Coordination Group (MDCG), 2020]. Geliştirici firma çoğu durumda üreticinin tedarikçisi olarak konumlanmakta teknik kanıtları üreticinin kalite sistemi kapsamında sağlamaktadır. Ancak geliştirici ürünü kendi adı/markasıyla piyasaya arz ederse üretici statüsünü kazanır.

Bu durumda üretici, sistemin CE işareti taşımasını sağlamanın yanı sıra hem MDR hem de ulusal düzeyde yürürlükte olan Tıbbi Cihaz Yönetmeliği kapsamında risk sınıflandırması ve risk analizi süreçlerini yürütmekle yükümlüdür. Ayrıca olumsuz bir olay ortaya çıktığında düzeltici/önleyici faaliyetleri (CAPA)[2] başlatmak, ilgili düzenleyici otoritelere gerekli bildirimleri yapmak ve ciddi olmayan olaylar ile öngörülen istenmeyen etkilerdeki istatistiksel artışları izleyerek trend raporlaması gerçekleştirmek de üreticinin temel sorumlulukları arasındadır (EU-MDR-2017 arts. 87–92).

4.3. Sistemi Geliştiren Firmanın Sorumluluğu

Geliştirici firma; algoritmanın tasarımı, performansı, doğrulama ve geçerlilik testlerinin eksiksizliği, etik ve teknik standartlara uygunluğu açısından sorumludur. Yazılımın doğrulama ve geçerlilik süreçleri tamamlanmadan klinik kullanıma sunmaması esastır. Ancak MDR terminolojisinde "geliştirici" ayrı bir ekonomik aktör olarak tanımlanmaz ve genel yükümlülükler üreticiye aittir (European Parliament & Council, 2017). Geliştirici, tedarikçi/alt yüklenici ise ve ürün başka bir üreticinin adıyla pazara arz ediliyorsa üreticinin nihai sorumluluğu korunur; bu nedenle geliştirici, üreticinin kalite yönetim sisteminde tanımlanan tasarım, doğrulama ve kontrol süreçlerine uymakla yükümlüdür. Üreticinin ikame ettiği kalite yönetim sisteminde diğer tarafların (supplier) kontrolü ve denetim süreçleri bulunmalı; geliştirici de gerekli kayıt/dokümanın sağlanması, izlenebilirlik ve denetim için iş birliği yapmalıdır. Geliştirici, doğrulama ve bakım faaliyetlerini IEC 62304 yaşam döngüsü ilkelerine göre yürütülmeli ve bu boyutla ilgili kanıtları üreticiye sağlamalıdır. Ayrıca siber güvenlik zafiyetleri, kalibrasyon ve güvenli güncellemeler konusunda da üreticiyle koordineli risk kontrolleri uygulamalıdır (MDCG, 2021). Şayet geliştirici aynı zamanda sağlayıcı ise yükümlülükleri genişlemektedir. Sağlayıcı/provider, AI Act (2024) düzenlemesine göre; "*Bir yapay zekâ sistemini (veya genel amaçlı bir AI modeli) kendisi geliştiren ya da*

[2] "CAPA" (Corrective and Preventive Actions / Düzeltici ve Önleyici Faaliyetler), tıbbi cihaz üreticilerinin olumsuz olaylar veya uygunsuzluklar karşısında yürütmekle yükümlü oldukları bir kalite yönetim sürecidir. Bu süreç, olayın kök neden analizinin yapılmasını, düzeltici ve/veya önleyici faaliyetlerin planlanıp uygulanmasını, sonuçlarının izlenmesini ve tüm adımların belgelendirilmesini içerir. Bu yükümlülük, AB Tıbbi Cihaz Tüzüğü (MDR 2017/745) kapsamında özellikle Madde 83 (Post-market surveillance system of the manufacturer) ve Madde 84 (Post-market surveillance plan) hükümleriyle düzenlenmiştir. Türkiye'de yürürlükte olan Tıbbi Cihaz Yönetmeliği'nde ise aynı yükümlülükler, MDR'ye paralel olarak Madde 86 (Üreticilerin piyasa sonrası gözetim sistemi) ve Madde 87 (Piyasa sonrası gözetim planı) hükümlerinde yer almaktadır (RG: 2 Haziran 2021, Sayı: 31499).

geliştirilmesini sağlayan ve kendi adı/markası altında piyasaya arz eden veya hizmete sunan kişi veya kurumdur. Bu tanım, ürünün ücretli ya da ücretsiz sunulması fark etmeksizin aynen uygulanır. İthalatçı, dağıtıcı veya kullanıcı dahi 'sağlayıcı' sayılır ve sağlayıcı yükümlülüklerine tabi olur." Düzenlemeye göre yüksek riskli YZ sistemlerinde geliştirici aynı zamanda sağlayıcı ise risk yönetimi, veri yönetişimi, teknik dokümantasyon, kayıt/izleme, şeffaflık, insan gözetimi ve doğruluk/sağlamlık gibi gereklilikleri karşılamakla yükümlüdür (AI Act arts. 9–15). Sağlayıcı bunların yanı sıra ikame ettiği kalite yönetim standartlarının uygunluk değerlendirmesini ve piyasaya arz sonrası izleme planını yürütmelidir (AI Act arts. 17, 19, 72). Arz sonrası olabilecek ciddi olayları ilgili üye ülkelerin piyasa gözetim otoritelerine bildirmeli ve yetkili makamlarla iş birliği yapmalıdır (AI Act arts. 21, 73). Türkiye'de de Tıbbi Cihaz Yönetmeliği, MDR ile uyumludur ve sorumlulukların dağılımı büyük ölçüde aynı esaslara tabidir.

4.4. Sistem Dağıtıcısının Sorumluluğu

Dağıtıcı; ürünün piyasaya arzı, izlenebilirliği, son kullanıcıya güvenli şekilde ulaştırılması ve gerektiğinde geri çağırma süreçlerinin etkin biçimde yürütülmesi açısından sorumluluk taşır. Ayrıca, kendisine ulaşan olumsuz olayların, şikâyetlerin üreticiye ve yetkili mercilere bildirimini sağlamakla da yükümlüdür (MDR 2017, arts. 13–14).

4.5. Sağlık İşletmelerinin Sorumluluğu

Üretici ve dağıtıcıya ilişkin yükümlülükler, tıbbi cihazlar ve akıllı klinik yazılımlar ile ilişkili risklerin yönetimi için gerekli olmakla birlikte tek başına yeterli değildir. Sağlık hizmetinin fiilen sunulduğu yer olarak sağlık işletmeleri, bu sistemlerin güvenli, izlenebilir ve klinik işleyişle uyumlu kullanımında bağımsız bir kurumsal sorumluluk üstlenir. Sağlık işletmeleri; tıbbi cihazlar ve tıbbi fonksiyon icra eden akıllı yazılımları klinik ortama entegre ederken doğru kullanımı sağlamak için uygun yetkinliği haiz personelin, ilgili eğitimi almasını organize etmeli; sistemin uygun koşullarda klinik iş akışlarına entegrasyonunu sağlamalı; olumsuz olaylar için materyovijilans süreçleri ve ciddi olmayan olaylar için de trend izlemi süreçlerini kurum içinde aktif kılmalıdır. Kurum içi materyovijilans sorumlusu tıbbi cihazlar ile ilgili olayları ÜTS üzerinden raporlamalıdır.

4.6. Klinisyen Sorumluluğu

Üretici, dağıtıcı ve sağlık işletmelerine ilişkin yükümlülükler, yapay zekâ destekli tıbbi cihaz ve yazılımların kurumsal düzeyde güvenliğini hedefler ancak klinik karara ilişkin bireysel sorumluluk zincirinin merkezinde hâlen hekim yer alır. Otonom teşhis sistemleri veya YZ içeren KKDS hekimin kararını destekleyen araçlar olarak tasarlanmış olup klinik muhakemenin ve mesleki özerkliğin yerine geçen otonom karar vericiler olarak görülmemelidir. Klinisyenin rolü, sistemi kullanan "pasif bir son kullanıcı" olmak değil; sistem çıktısını eleştirel biçimde değerlendiren ve kendi mesleki yargısıyla harmanlayan "profesyonel karar verici" olarak tanımlanmalıdır.

Hekim, yapay zekâ sisteminden gelen öneriyi sadece yardımcı bir karar destek aracı olarak değerlendirmeli; nihai klinik kararını güncel bilimsel klinik kanıtlar, kendi mesleki bilgi ve tecrübesi ışığında değerlendirerek yapmalıdır. Hastaya uygulanacak tıbbi bir müdahalede etik ve hukuki sorumluluk klinik koşullarda büyük ölçüde hekime aittir (Price vd., 2019). AMA (2018), klinisyenlere rehberlik etmesi amacıyla hazırladığı raporda, tıbbi yapay zekâ sistemleri için insan uzmanlığını ikame etmekten ziyade onu güçlendiren destek teknolojilerini ifade eden Artırılmış Zekâ/Augmented Intelligence terimini kullanmaktadır. Raporda klinik karar verme sürecinin nihai sorumluluğunun hâlen insan klinisyenlere ait olduğuna vurgu yapılmakta: Bu sistemlerin sadece tanı koyma, operasyon/tedavi planlaması veya simülasyonunda, klinik karar alma süreçlerini hızlandıran, destekleyen tamamlayıcı araçlar olarak işlev gördüğüne dikkat çekmektedir. Hekimlerin, etik yükümlülükleri ve klinik sezgileri ışığında, mesleki bilgi ve tecrübelerini algoritma çıktılarıyla birlikte değerlendirmelerinin önemini ifade etmektedir.

Yapay zekâ tabanlı otonom teşhis sistemlerinin klinik uygulamalara entegrasyonu, hekimlerin yükümlülük alanlarını yeniden gözden geçirmelerini gerektirmektedir. Örneğin; bu sistemlerin yaygınlaşması, hekimin bilgilendirme yükümlülüğünün kapsam ve içeriğinin yeniden tanımlanmasını gerektirir. Tıbbın temel etik ilkelerinden biri olan hasta özerkliğine saygı gösterme ve hasta haklarına ilişkin hukuki düzenlemeler, hastanın yeterli ve anlaşılır biçimde bilgilendirilmesini zorunlu kılar. Bu bilgilendirme yükümlülüğü, tüm tıbbi müdahalelerde olduğu gibi teşhis süreci için de geçerlidir (TC. Sağlık Bakanlığı, 1998; WMA, 2017).

Teşhis, tedavi sürecinin ilk ve belirleyici aşamasıdır; bu nedenle tıp hukukunda teşhise ilişkin bilgilendirme, tedavi onamının ayrılmaz ve tamamlayıcı bir unsuru olarak kabul edilir. Hastaya; mevcut hastalığının ne olduğu, yaşamı üzerindeki olası etkileri ve bu hastalığın nasıl tespit edildiği konusunda açık, anlaşılır ve zamanında bilgi verilmelidir (Beauchamp ve Childress, 2019). Bu bilgiler; hastanın kendi durumunu kavrayabilmesini, olası senaryoları değerlendirmesini, tedavi stratejisi belirlemesini ve tedavi sürecine başlamasını mümkün kılar. Tedavi onamının hukuken geçerli kabul edilebilmesi, hastanın teşhis hakkında doğru ve yeterli bilgiye sahip olması, bilgilendirilmesi ön koşuluna bağlıdır. Bu bağlamda, anlama kapasitesi yeterli hastaya tanı bilgilendirmesinin eksik veya yanıltıcı yapılması, özellikle ciddi hastalıklar söz konusu olduğu durumlarda, "ağır tedavi kusuru" kapsamında değerlendirilmekte ve hekime hukuki sorumluluk doğurabilmektedir (Hakeri, 2022). Teşhis sürecine otonom sistemlerin dâhil olduğu durumlarda, hekim yalnızca klinik bulgulara değil, bu bulgulara ulaşma yöntemine dair de şeffaf bilgi sunmalıdır. Beauchamp ve Childress (2019) teşhise ilişkin bilgilendirmenin iki ayrı düzeyde ele alınması gerektiğine dikkat çekmektedir: "teşhis aydınlatması" ve "teşhise yönelik işlemler hakkında aydınlatma".

Hekimin hangi düzeyde bilgi vermesi gerektiği sorusu, büyük ölçüde hastanın bilişsel kapasitesi ve ne düzeyde bilgi sahibi olmak istediği ile sınırlıdır. Etik literatürde hastanın kendisine yararlı tedavi stratejisi çizebilmesi için ortalama bir insanın ihtiyaç duyduğu bilgi miktarının verilmesini içeren; "makul kişi standartı" düzeyinde bilgi verilmesi önerilir. Önerilmeyen ancak klinik pratikte daha sık kullanılan diğer standart ise "mesleki teamül standartı" olarak adlandırılır. Bu yaklaşımda klinikte diğer meslektaşların genelgeçer verdiği bilgi miktarı düzeyi yeterli görülür.

Otonom teşhis sistemlerinin kullanıldığı durumlarda, hekim hastaya yalnızca sonuçları değil, bu sonuçların hangi veri kaynaklarına ve hangi işleyiş mekanizmasına dayandığını da açıklamalıdır. Teşhisi koymada yapay zekâ yazılımından da destek alarak tespitini yaptığı bilgisi verilmelidir. Hasta öğrenmek istiyorsa; bilgi talebi doğrultusunda YZ sisteminin karar vermede dayanağının ne olduğu, sistemin karar alma modeli, hata eğilimleri, sınıflandırma doğruluğu, belirsizlik oranları ve sistemin öğrenme sınırları gibi unsurlar da bilgilendirme kapsamına dâhil edilmelidir.

Bu tür bilgiler, özellikle hastanın yaşam kalitesini ve yaşam süresini doğrudan etkileyecek ciddi hastalık teşhisleri, yoğun bakım kararları ya da invaziv tedavi planlaması gibi yüksek riskli senaryolarda yaşamsal önem taşır. Otonom teşhis sistemlerinin desteklediği klinik karar süreçlerinde hekimin bilgilendirme yükümlülüğü yalnızca tıbbi bilgi aktarımını değil, aynı zamanda teknolojiye dayalı kararın şeffaf biçimde açıklanmasını da içermelidir.

Otonom teşhis sistemleri gibi yazılımlar veya yapay zekâ uygulamaları tıbbi fonksiyon icra ediyor ise tıbbi cihaz olarak tanımlanır. Türkiye'de tıbbi cihazların kullanımı, dağıtımı ve ilgili süreçlere ilişkin temel yasal çerçeve, 02.06.2021 tarihli ve 31499 (Mükerrer) sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan ve 2024 tarihli değişikliklerle güncellenen Tıbbi Cihaz Yönetmeliği ile belirlenmektedir (Tıbbi Cihaz Yönetmeliği [TCY], 2021/2024). Avrupa Birliği'nde tıbbi cihazları düzenleyen AB-2017/745 sayılı Tıbbi Cihazlar Regülasyonu (MDR) da onunla büyük ölçüde uyumlu olan T.C. S.B. Tıbbi Cihaz Yönetmeliği de yazılımları aktif cihaz olarak niteler (TCY Md.3, 2024). Yapay zekâ yazılımlarının tıbbi cihaz olarak görülmemesi ve tıbbi cihazlara dair yükümlülüklerin yazılımlar için geçerli olmayacağı düşüncesi hukuki sorumlulukları iptal etmeyen ciddi bir yanılgıdır.

Öte yandan her iki düzenleme de yazılımları; sadece teşhis, tedavi, rehabilitasyon veya izleme gibi tıbbi fonksiyon icra ediyorsa cihaz olarak tanımlamaktadır. MDR'de: "*Tıbbi cihaz; insan üzerinde kullanılmak üzere üreticisi tarafından amaçlanan ve esas fonksiyonunu farmakolojik, immünolojik ya da metabolik etkilerle sağlamayan; hastalıkların tanısı, önlenmesi, izlenmesi, tahmini, prognozu, tedavisi veya hafifletilmesi amacıyla kullanılan her türlü alet, aparat, donanım, yazılım, implant, reaktif veya benzeri ürünleri ifade eder.*" içeriği ile bu ayrıntı açıklanmaktadır (EU-MDR 2017/745, art. 2(1).) Yasal zeminde Klinik Karar Destek Sistemleri, MR analizi yapan yapay zekâ sistemleri veya görüntü işleme yazılımları veya risk skorlama yazılımları bir sisteme entegre ya da münferit de kullanılsa aktif tıbbi cihaz olarak değerlendirilir. Diğer yandan sağlık işletmelerinde sıklıkla kullanılan sadece veri depolama, iletişim, organizasyon, eğitim amaçlı yazılımlar, hasta bilgi sistemleri veya randevu yazılımları ise genel yazılım olarak kabul edilir ve tıbbi cihaz mevzuatına tabi olmamaktadırlar (MDCG, 2019).

Tıbbi cihazlarla denk tutulan yazılım sistemleri (Software as a Medical Device – SaMD), insan sağlığı üzerinde doğrudan etkide bulunma potansiyeline sahip olmaları nedeniyle sıkı düzenleyici gerekliliklere tabidir. Avrupa Birliği'nde, 2017/745 sayılı Tıbbi Cihaz Regülasyonu kapsamında bu tür yazılımların CE işareti taşıması zorunludur. CE işareti, bir tıbbi cihazın yürürlükteki düzenleyici gerekliliklere uygun olarak üretildiğini; risk yönetimi, klinik değerlendirme ve kalite yönetim sistemi (QMS) gibi süreçleri başarıyla tamamladığını ve de bu süreçlerin ilgili belgeleri içeren teknik dosya eşliğinde yürütüldüğünü göstermektedir (European Parliament & Council of the European Union, 2017, Art. 10; Annex I–III). SaMD sistemlerinin Avrupa Birliği veri tabanı olan EUDAMED'e kaydedilmesi ve Tekil Cihaz Kimliklendirme (UDI) sistemiyle izlenebilirliğinin sağlanması gerekir. Türkiye'de ise bu yükümlülükler Ulusal Ürün Takip Sistemi (ÜTS) aracılığıyla yerine getirilir (TCY Md. 10, 2024). Tıbbi cihaz olarak kabul edilen tıbbi fonksiyon icra eden bir dijital sistem veya yazılımın CE sembolü alabilmesi için risk sınıflaması (I, IIa, IIb, III) tanımlanmalıdır. Teşhis veya tedaviye yönelik kararların alınmasında kullanılan yapay zekâ içeren sistemler de tıbbi cihazlar gibi bir risk değerlendirme sürecine tabi tutulmaktadır. Tıbbi Cihaz Yönetmeliği'nde ve EU-MDR-745 Regülasyonu'nda Ek VIII-Kural 11 kapsamında yazılımlara dair sınıflandırma kuralları genel hatlarıyla düzenlenmiştir.

EU-MDR-2017, Avrupa Birliği'nde tıbbi cihazların ve yazılımların bağlayıcı şekilde düzenlendiği temel yasal çerçevedir. Bununla birlikte, düzenleyici metinlerin uygulanmasında ortaya çıkabilecek yorum farklılıklarını gidermek ve uygulamaya rehberlik etmek üzere Avrupa Komisyonu bünyesinde kurulan *Medical Device Coordination* Group (2019) tarafından kılavuz belgeler yayımlanmaktadır. Hukuken bağlayıcı olmamakla birlikte, MDCG rehberleri ulusal yetkili otoriteler, onaylanmış kuruluşlar ve üreticiler açısından fiili standart işlevi görmekte ve özellikle yazılım ile yapay zekâ tabanlı tıbbi cihazların sınıflandırılması gibi alanlarda uygulamaya açıklık kazandırmaktadır.

EU-MDR 2017/745, Annex VIII, Rule 11'e dayanarak MDCG rehberi (2021), bir yazılımı teşhis ya da tedaviye yönelik karar alma sürecinde bilgi sağlıyorsa en az Sınıf IIa olarak değerlendirmekte; sağlanan bilginin hastanın sağlık durumunda ciddi bir kötüleşmeye ya da cerrahi müdahaleye yol

açma ihtimali varsa Sınıf IIb olarak; ölüm veya geri dönüşü olmayan sağlık kayıpları riski söz konusuysa Sınıf III olarak tasniflemektedir. Örneğin kalp ritmi analizine yönelik bir yazılım ya da görüntüleme temelli tanı sistemleri genellikle Sınıf IIb; karar destek sistemleri ise Sınıf IIa olarak değerlendirilmektedir. Yapay zekâ destekli sistemler, genellikle karar verme süreçlerine entegre olduklarında yüksek riskli sınıfta yer alırlar ve kapsamlı test, validasyon, klinik değerlendirme süreçlerinden geçmeleri gerekir.

CE işareti taşıyan bir SaMD sisteminin, ISO 14971 standardına göre risk yönetimi ve ISO 13485 standardına göre kalite yönetimi ilkelerine uygun şekilde geliştirilmiş olması beklenir. Bu, yazılımın güvenli, etkin ve yasal biçimde piyasaya arz edilebileceğini gösterir. Türkiye'de de AB ile uyumlu düzenlemeler gereği, araştırma amaçlı ve ısmarlama cihazlar haricindeki tüm tıbbi cihazlar için kalite yönetimi, risk yönetimi, klinik araştırma, değerlendirme ve piyasaya arz sonrası klinik takip (PMCF-Post-Market Clinical Follow-up) süreçlerinin işletilmesi zorunludur. Dağıtıcılar da cihazın CE işareti taşıdığını doğrulamak ve ÜTS kaydını gerçekleştirmekle yükümlüdür (TCY, Md. 10). Bu çerçevede hekimler de olumsuz olayı kurum içindeki materyovijilans sorumlusuna iletmekle yükümlüdür: Gerekli bildirimler, ÜTS Uyarı Modülü üzerinden TİTCK'ya yapılır.

Bu düzenleyici çerçevenin sahada güvenliğe dönüşmesi ise kullanıcı yetkinliğine bağlıdır. PMCF ve materyovijilansın kalitesi, sistemi doğru anlayan ve doğru kullanan hekimlerle mümkündür. Hekimlerin YZ tabanlı sistemleri doğru anlayıp etkili bir şekilde kullanabilmesi içinse yeterli eğitim alması şarttır. Bu boyuttaki eksiklik yanlış yorumlamaya, kullanım hatalarına ve hastada zarar oluşmasına yol açabilir. Düzenleyici makamlar, hekimlerin ve sağlık işletmelerinin YZ sistemlerini kullanmadan önce kullanıcı eğitimi almasını sağlamak için yükümlülük ve sertifikasyon kriterleri geliştirmeli; sigortalama ve sözleşme süreçleri bu doğrultuda gözden geçirilmelidir.

Yapay zekâ temelli klinik uygulamalarda hekim sorumluluğu, yalnızca iyi bir teknisyen gibi algoritmayı kullanmakla sınırlı değildir. Hekim hukuki ve etik açıdan son kontrolcüdür. YZ tabanlı KKDS'ni tıbbın etik değerleriyle uyumlu kullanımını sağlamak, hastanın haklarını, korumak, hastanın yararı ve haklarıyla çatıştığı durumlarda ise kullanımını sınırlamakla yükümlüdür.

Oviedo, Helsinki, Lizbon Bildirgeleri gibi uluslararası etik metinler ve de GDPR, KVKK, HIPAA vb. yasal düzenlemeler yol gösterici çerçeveyi sunmaktadır. Hekimler ve klinisyenler, bu çerçeveyi özümseyip pratikte uyguladıkça, yapay zekânın potansiyelinden güvenli ve insani bir biçimde yararlanmak mümkün olacaktır.

4.7. Düzenleyici Otoritelerin Sorumluluğu

Düzenleyici otoriteler; ürünlerin mevzuata uygunluğunu denetleme, piyasaya arz öncesi ve sonrası izleme, onaylanmış kuruluşları denetleme, gerektiğinde düzelttirme veya geri çekme işlemlerinin başlatılması gibi kamu sağlığını korumaya yönelik düzenleyici çerçeveyi uygulamada sorumluluk taşır. Sağlık kuruluşlarının bildirimleri, yetkili otorite tarafından kayıt/incelemeye alınır ve üretici soruşturmasına zemin oluşturur; otorite ayrıca sağlık profesyonellerinden gelen ciddi olay raporlarını üreticiye iletmekle yükümlüdür (MDR art.87, 2017; Tıbbi Cihazların Ürün Takip Sistemi Kaydına İlişkin Kılavuz, 2022).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Tıpta yapay zekâ ve öğrenen algoritmaların kullanımı, yalnızca teknik performans ya da tanısal doğrulukla açıklanamayacak kadar çok boyutlu bir dönüşümü ifade etmektedir. Bu sistemler; hasta özerkliği, mahremiyeti, veri güvenliği ve bilgilendirilmiş onamının sağlanması, yararlı olma–zarar vermeme dengesi ve sağlık hizmetlerinde adalet ilkesiyle doğrudan ilişkili yeni soru ve sorun alanları yaratmaktadır. Tıbbi alana yönelik yapay zekâ sistemlerine dair değerlendirmeler, yalnızca "Sistem ne kadar iyi çalışıyor?" sorusuna odaklanmamalıdır. Yapay zekânın, hekim–hasta–makine ilişkisinde hangi aktörün yararına, hangisinin aleyhine sonuçlar doğurduğu ve hangi klinik ve kurumsal koşullarda kullanıldığı; hangi riskleri ve olası hak ihlali ihtimallerini taşıdığı sorusu da mutlaka sorulmalıdır. Klinik kararlardaki sorumluluk yükünün hekim, sağlık kurumu ve sistem geliştiricileri arasındaki dağılımını nasıl etkilediği de değerlendirmelerde önemli yer almalıdır.

Bu bölümde tartışılan algoritmik gölge, veri mahremiyeti ve siber güvenlik riskleri, klinik karar destek sistemlerinin doğurduğu ikilemler ve otonom teşhis sistemlerindeki sorumluluk tartışmaları, yapay zekânın

etik yönetişim olmadan kendi dinamikleriyle yaygınlaşması hâlinde tıbbi alanda önemli kırılganlıklar yaratabileceğini göstermektedir. Ayrıca, sistemlerin eğitildiği verilerdeki sistematik ön yargıları ve eşitsizlikleri aynen yeniden üretebilecek yapay zekâ sistemleri, toplumsal ve yapısal adaletsizlikleri pekiştirme potansiyeline de sahiptir. Dolayısıyla yapılması gereken, yapay zekâyı bütünüyle reddetmek değil; onu etik ve hukuki çerçevelerle uyumlu, insan merkezli ve hesap verebilirlik niteliği ile tıbbi pratiğe yerleştirmektir.

Bu noktada ilk ve temel sorumluluk, hekimler ve sağlık profesyonellerine aittir. Klinik karar destek sistemleri ve otonom teşhis araçları, hekim kararını ikame eden değil, onu destekleyen araçlar olarak görülmeli; son karar mercisinin hekim olduğu gerçeği hiçbir zaman gözden kaçırılmamalıdır. Hekim, algoritmanın ürettiği çıktıyı klinik bağlam, fizik muayene bulguları, hastanın öyküsü ve kendi mesleki tecrübesiyle değerlendirmeli; otomasyon yanlılığına kapılarak "makine söylediği için" bir kararı benimsemenin mesleki sorumluluğu ortadan kaldırmadığını bilmelidir. Yapay zekâ, hekimin düşünme süreçlerini körelten bir kara kutu otoritesine dönüşmemeli; tersine, klinik muhakemeyi zenginleştiren, seçenekleri görünür kılan ve belirsizlikleri daha şeffaf hâle getiren bir yardımcı olarak konumlandırılmalıdır. Klinik karar sistemleri kullanımında hekim–hasta iletişimi daha da önem kazanmaktadır. Hekim, karar sürecinde algoritmanın rolünü, bu sistemlerin güçlü ve zayıf yanlarını, hata paylarını ve alternatif seçenekleri hastaya anlaşılır bir dille açıklayabilmelidir. Yapay zekâ okuryazarlığı da bu bağlamda, hekimliğin talep ettiği mesleki yeterliliklerin ayrılmaz bir parçası hâline gelmelidir.

Benzer şekilde, sağlık kurumlarının da yalnızca bu sistemleri satın alıp klinik işleyişe dâhil etmeleri yeterli değildir. Yapay zekâ kullanılan her kurumda, veri koruma sorumluları, klinisyen temsilcileri, bilişim uzmanları ve gerektiğinde hasta temsilcilerini bir araya getiren kurumsal bir etik ve veri yönetişimi yapısı oluşturulmalıdır. Bu yapılar, yeni bir yapay zekâ uygulamasının devreye alınmasından önce etik etki değerlendirmesi yapmalı; mahremiyet, veri kullanımı, siber güvenlik ve klinik riskler açısından sistematik inceleme yürütmelidir. Siber güvenlik, artık yalnızca teknik bir altyapı meselesi değil, doğrudan hasta güvenliği politikasının bir bileşeni olarak görülmelidir. Veri ihlali veya siber saldırı senaryoları için hazırlanan

planlar, tıpkı acil müdahale protokolleri gibi düzenli olarak gözden geçirilmeli ve tatbikatlarla test edilmelidir. Bilgilendirilmiş onam metinleri de buna uygun biçimde güncellenerek, hastaların kendileri hakkında kullanılan yapay zekâ araçlarından açıkça haberdar olduğu, bunların kapsamını ve sınırlılıklarını kavradığı bir süreç sağlanmalıdır.

Yapay zekâ sistemlerini tasarlayan, geliştiren ve pazara sunan tarafların sorumluluğu ise bu tablonun kritik halkalarından birini oluşturur. Geliştiriciler, klasik anlamda "teknik tedarikçi" konumundan çıkmış, doğrudan klinik karar süreçlerinin ortak aktörleri hâline gelmiştir. Bu nedenle tasarımlarında siber güvenliğin sağlanmasının yanı sıra etik ilkelerin de sağlanması, tercihe bağlı bir nitelik değil, ürünün temel standardı olarak ele alınmalıdır. Modelin hangi tür verilerle eğitildiği, bu verilerin hangi popülasyonları temsil ettiği, farklı yaş, cinsiyet, etnik köken ve sosyoekonomik gruplarda performansının nasıl değiştiği; bilinen ön yargılar, sınırlılıklar ve belirsizlikler açıkça dokümante edilmelidir. Özellikle yüksek riskli klinik alanlarda açıklanabilirlik ve şeffaflık düzeyi, riskle orantılı olarak artırılmalıdır. Hekimlerin karar destek sistemlerini bir kara kutu gibi değil; güvenli kullanım sınırlarını ve hata alanlarını görebildikleri bir araç gibi kullanmaları sağlanmalıdır.

Bu gereklilikler, geliştiricilerin yalnızca mühendislik ekipleriyle değil, klinisyenler, etikçiler, hukukçular ve hasta temsilcileriyle birlikte çalışmasını zorunlu kılmaktadır. Ortak tasarım (co-design) süreçleri, sistemlerin klinik gerçekliklere ve iş akışına uyumunu artırırken toplumsal beklentilere ve insan onuruna saygılı yaklaşımların ürüne erken aşamada nüfuz etmesini de mümkün kılacaktır. Geliştirici kuruluşlar, YZ içeren KKDS'yi veya tıbbi fonksiyon gören yazılımları, piyasaya sunduktan sonra sorumluluklarının sona ermediğini kabul etmeli; gerçek hayatta kullanım sırasında ortaya çıkan performans değişimlerini, öngörülmeyen riskleri ve olası ayrımcı etkileri izlemek üzere güçlü bir "pazara arz sonrası izleme" (post-market surveillance) mekanizması kurmalıdır. Bu izleme, yalnızca teknik güncellemelerle sınırlı olmayıp etik ve hukuki açıdan da sürekli bir öz değerlendirme süreci içermelidir.

Düzenleyici otoriteler ve politika yapıcılar açısından bakıldığında ise yüksek riskli tıbbi yapay zekâ uygulamaları için açık ve öngörülebilir sınıflandırma ve sorumluluk çerçevelerinin oluşturulması hastalar açısından

yaşamsal önem taşımaktadır. Klinik kararları doğrudan etkileyen sistemlerde; hekim, sağlık kurumu, geliştirici ve dağıtıcı arasındaki sorumluluk paylaşımının gri alanlarda bırakılması, zarar gören hastanın hak arama süreçlerini de zorlaştırıcıdır. Bu boşluğun, hekim ve sağlık işletmelerinde algoritmalar ardına saklanma eğilimi doğuracağı açıktır. Collingridge ikileminin işaret ettiği gibi, teknolojinin henüz yaygınlaşmadığı erken dönemde etkilerini öngörmek zordur ancak yaygınlaştıktan sonra yönlendirmek çok daha zordur. Bu nedenle düzenleyici otoriteler, inovasyonun gerisinden koşan değil, onu yönlendiren ve etik çerçeve çizen aktörler olarak konumlanmalıdır. Klinik YZ projeleri için rehber dokümanlar, etik kontrol listeleri ve algoritmik etki değerlendirmesi araçlarının geliştirilmesi; etik kurulların ve araştırma birimlerinin süreçleri desteklemesi bu boşluğun doldurulmasına katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, tıbbi yapay zekâ ne kendiliğinden nötr bir araç ne de kaçınılmaz biçimde tehditkâr bir güçtür. Onu nasıl tasarladığımız, hangi değerler eşliğinde klinik pratiklere dâhil ettiğimiz, hangi denetim mekanizmaları ve hangi sorumluluk rejimleriyle çevrelediğimiz belirleyici olmaktadır. Hekimlerin profesyonel sorumluluğu, sağlık kurumlarının yönetişim kapasitesi, geliştirici ve üreticilerin etik tasarım iradesi ve düzenleyici otoritelerin öngörülü politikaları bir araya geldiğinde, yapay zekâ tıpta kontrolsüz bir dönüşüm aracı değil; insan onuruna saygılı, adil, şeffaf ve güvenli bir artırılmış zekâ bileşeni olarak konumlandırılabilecektir. Bu çerçeve, yalnızca teknolojiye uyum sağlama çabası değil, aynı zamanda tıp mesleğinin tarihsel etik mirasını dijital çağa taşıma sorumluluğunun da bir gereği olarak görülmelidir.

KAYNAKLAR

European Commission. (2024). Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) (COM(2024) 206 final). https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/proposal-regulation-laying-down-harmonised-rules-artificial-intelligence

American Medical Association. (2018). Augmented intelligence in health care. AMA Board of Trustees Report 41 (A-18). Chicago. https://www.ama-assn.org/system/files/2019-08/ai-2018-board-report.pdf.

Bayor, A. A., Li, J., Yang, I. A., & Varnfield, M. (2025). Designing Clinical Decision Support Systems (CDSS); A User-Centered Lens of the Design Characteristics, Challenges, and Implications: Systematic Review. Journal of Medical Internet Research, 27, e63733. https://doi.org/10.2196/63733

Beauchamp, T. L., & Childress, J. F. (2019). Principles of biomedical ethics. (8th ed.). New York: Oxford University Press.

Bennet, E. (2004). Ernst & Young's global Information Security Survey 2004. (p.28). New York: Ernst & Young. https://www.computerworld.com/article/2789495/ernst-youngs-global-information-security-survey-2004.html.

Bioethics (Nuffield Council on Bioethics), (2018). Artificial intelligence (AI) in healthcare and research. London: Nuffield Council on Bioethics. https://www.bioethics.miami.edu/_assets/pdf/information-technology-and-ethics/ai-and-big-data-resources/ai-in-healthcare-and-research.pdf

Bright, T. J., Wong, A., Dhurjati, R., Bristow, E., Bastian, L., Coeytaux, R. R., . . & Musty, M. D. (2012). Effect of clinical decision-support systems: a systematic review. Annals of Internal Medicine, 157(1), 29-43. https://doi.org/10.7326/0003-4819-157-1-201207030-00450

Budzyń, K., Romańczyk, M., Kitala, D., Kołodziej, P., Bugajski, M., Adami, H. O., . . . & Hassan, C. (2025). Endoscopist deskilling risk after exposure to artificial intelligence in colonoscopy: a multicentre, observational study. The Lancet Gastroenterology & Hepatology. 10(10), 896–903 https://doi.org/10.1016/S2468-1253(25)00133-5.

Cabitza, F., Rasoini, R., & Gensini, G. F. (2017). Unintended consequences of machine learning in medicine. JAMA, 318(6), 517-518. doi:http://jama.jamanetwork.com/ on 07/20/2017

Charatan, F. (1999). Medical errors kill almost 100,000 Americans a year. BMJ, 319(7224), 1519. doi:10.1136/bmj.319.7224.1519

Chen, Z., Liang, N., Zhang, H., Li, H., Yang, Y., Zong, X., . . . & Shi, N. (2023). Harnessing the power of clinical decision support systems: challenges and opportunities. Open Heart, 10(2), e002432. doi:10.1136/openhrt-2023-002432

Ching, T., Himmelstein, D. S., Beaulieu-Jones, B. K., Kalinin, A. A., Do, B. T., Way, G. P., . . . & Hoffman, M. M. (2018). Opportunities and obstacles for deep learning in biology and medicine. Journal of the Royal Society Interface, 15(141), 20170387. https://doi.org/10.1098/rsif.2017.0387

Collier, R. (2017). NHS ransomware attack spreads worldwide. Canadian Medical Association Journal, 189(22), E786-E787. doi:10.1503/cmaj.1095434

Collingridge, D. (1980). The social control of technology. London: Frances Pinter Ltd.

World Commission on the Ethics of Scientific Knowledge and Technology. (2017). Report of COMEST on robotics ethics. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/images/0025/002539/253952E.pdf.

Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., Ko, J., Swetter, S. M., Blau, H. M., & Thrun, S. (2017). Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. Nature, 542(7639), 115-118. https://doi.org/10.1038/nature21056

European Parliament and Council of the European Union. (2016). Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data (General Data Protection Regulation). Official Journal of the European Union, L119, 1–88.

Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., . . . & Rossi, F. (2018). AI4People-An ethical framework for a good AI society: Opportunities, risks, principles, and recommendations. Minds and Machines, 28(4), 689-707. https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5

Garg, A. X., Adhikari, N. K., McDonald, H., Rosas-Arellano, M. P., Devereaux, P. J., Beyene, J., . . . & Haynes, R. B. (2005). Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes: a systematic review. JAMA, 293(10), 1223-1238. https://doi.org/10.1001/jama.293.10.1223

Hakeri, H. (2022). Tıp ve Sağlık Hukuku. İstanbul: Seçkin Yayıncılık.

Hunt, D. L., Haynes, R. B., Hanna, S. E., & Smith, K. (1998). Effects of computer-based clinical decision support systems on physician performance and patient outcomes: a systematic review. JAMA, 280(15), 1339-1346.

International Council for Harmonisation of Technical Requirements for Pharmaceuticals for Human Use. (2025). Guideline for good clinical practice E6(R3). International Council for Harmonisation. https://ich.org/news/ich-e6r3-guideline-reaches-step-4-ich-process

Kant, I. (1947). The moral law or groundwork of the metaphysic of morals (H. J. Paton, Trans.). New York: Hutchinson's Univesity Library.

Kawamoto, K., Houlihan, C. A., Balas, E. A., & Lobach, D. F. (2005). Improving clinical practice using clinical decision support systems: a systematic review of trials to identify features critical to success. BMJ, 330(7494), 765. https://doi.org/10.1136/bmj.38398.500764.8F

Khairat, S., Marc, D., Crosby, W., & Al Sanousi, A. (2018). Reasons for physicians not adopting clinical decision support systems: critical analysis. JMIR Medical informatics, 6(2), e8912. https://doi.org/10.2196/medinform.8912

Kişisel Verileri Koruma Kurumu. (2021, 15 Eylül). Yapay zekâ alanında kişisel verilerin korunmasına dair tavsiyeler. https://www.kvkk.gov.tr/Icerik/7048/Yapay-Zekâ-Alaninda-Kisisel-Verilerin-Korunmasina-DairTavsiyeler

Lippi, G., & Plebani, M. (2025). Lights and shadows of artificial intelligence in laboratory medicine. Annals of Laboratory Medicine, 6(1), 1-3. https://doi.org/10.1515/almed-2025-0039.

Liu, X., Rivera, S. C., Moher, D., Calvert, M. J., Denniston, A. K., Ashrafian, H., . . . & Deeks, A. D. J. (2020). Reporting guidelines for clinical trial reports for interventions involving artificial intelligence: the CONSORT-AI extension. The Lancet Digital Health, 2(10), e537-e548. https://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30218-1

Lonchyna, V. A., Kelley, P., & Angelos, P. (2022). Difficult Decisions in Surgical Ethics: An evidence-based approach. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-84625-1

Markets&Markets. (2020 June 9). Artificial Intelligence in Healthcare Market Worth $45.2 Billion by 2026 [Press release]. PR Newswire. https://www.prnewswire.com/news-releases/artificial-intelligence-in-healthcare-market-worth-45-2-billion-by-2026---exclusive-report-by-marketsandmarkets-301072636.html.

McGlynn, E. A., Asch, S. M., Adams, J., Keesey, J., Hicks, J., DeCristofaro, A., & Kerr, E. A. (2003). The quality of health care delivered to adults in the United States. New England journal of medicine, 348(26), 2635-2645. https://doi.org/10.1056/NEJMsa022615

Medical Device Coordination Group. (2019). Guidance on qualification and classification of software in Regulation (EU) 2017/745 and Regulation (EU) 2017/746 (MDCG 2019-11). and MDCG. (2021). https://ec.europa.eu/tools/mdcg/index.cfm?fuseaction=mdcg.topic&id=138

Mill, J. S. (2015). On liberty, utilitarianism, and other essays. Londra: Oxford University Press.

Morley, J., Floridi, L., Kinsey, L., & Elhalal, A. (2020). From what to how: an initial review of publicly available AI ethics tools, methods and research to translate principles into practices. Science and Engineering Ethics, 26(4), 2141-2168. https://doi.org/10.1007/s11948-019-00165-5

Musen, M. A., Middleton, B., & Greenes, R. A. (2021). Clinical decision-support systems. In Biomedical informatics: computer applications in health care and biomedicine (pp. 795-840). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58721-5_24

O'Sullivan, S., Nevejans, N., Allen, C., Blyth, A., Leonard, S., Pagallo, U., . . . & Ashrafian, H. (2019). Legal, regulatory, and ethical frameworks for development of standards in artificial intelligence (AI) and autonomous robotic surgery. The international journal of medical robotics and computer assisted surgery, 15(1), e1968. https://doi.org/10.1002/rcs.1968

Obermeyer, Z., Powers, B., Vogeli, C., & Mullainathan, S. (2019). Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. Science, 366(6464), 447-453. https://doi.org/10.1126/science.aax2342

Park, H. J. (2024). Patient perspectives on informed consent for medical AI: A web-based experiment. Digital health,10, 20552076241247938. https://doi.10.1177/20552076241247938

Pellegrini, C. A. (2013). Presidential address: The surgeon of the future: anchoring innovation and science with moral values. Bulletin of the American College of Surgeons, 98(12), 8-14.

Price, W. N. (2015). Black-box medicine. Harvard Journal of Law & Technology, 28(2), 419-467.

Price, W. N., Gerke, S., & Cohen, I. G. (2019). Potential liability for physicians using artificial intelligence. JAMA, 322(18), 1765-1766. https://doi.org/10.1001/jama.2019.15064

Rajpurkar, P., Irvin, J., Ball, R. L., Zhu, K., Yang, B., Mehta, H., . . . & Langlotz, C. P. (2018). Deep learning for chest radiograph diagnosis: A retrospective comparison of the CheXNeXt algorithm to practicing radiologists. PLOS medicine, 15(11), e1002686. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002686

Rivera, S. C., Liu, X., Chan, A.-W., Denniston, A. K., Calvert, M. J., Ashrafian, H., . . . & Deeks, J. J. (2020). Guidelines for clinical trial protocols for interventions involving artificial intelligence: the SPIRIT-AI extension. The Lancet Digital Health, 2(10), e549-e560. https://doi.org/10.1016/S2589-7500(20)30219-3

Ross, C., & Swetlitz, I. (2018). IBM's Watson recommended "unsafe and incorrect" cancer treatments, internal documents show. STAT. https://www.statnews.com/2018/07/25/ibm-watson-recommended-unsafe-incorrect-treatments/

Schildberg, W. F. (2018). Cerrahide etik öğeler (F. A. Namal, Trans.). In D. v.Engelhardt (Ed.), Tıbbın Gündelik Yaşamında Etik/Ethik im Alltag der Medizin Spektrum der Disziplinen zwischen Forschung und Therapie (Çev. Namal, F.Arın) (pp. 261-275). İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri.

Schneble, C. O., Elger, B. S., & Shaw, D. M. (2020). Google's Project Nightingale highlights the necessity of data science ethics review. EMBO Molecular Medicine, 12(3), e12053. https://doi.org/10.15252/emmm.202012053

Schwab, K. (2024). The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. In Handbook of research on strategic leadership in the Fourth Industrial Revolution (pp. 29-34): Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.

Sjoding, M. W., Dickson, R. P., Iwashyna, T. J., Gay, S. E., & Valley, T. S. (2020). Racial bias in pulse oximetry measurement. New England Journal of Medicine, 383(25), 2477-2478. https://doi.org/10.1056/NEJMc2029240

Sutton, R. T., Pincock, D., Baumgart, D. C., Sadowski, D. C., Fedorak, R. N., & Kroeker, K. I. (2020). An overview of clinical decision support systems: benefits, risks, and strategies for success. NPJ digital medicine, 3(1), 17. https://doi.org/10.1038/s41746-020-0221-y

Türkiye Cumhuriyeti. (2011). Türk Borçlar Kanunu (Kanun No. 6098). Resmî Gazete, 10 Şubat 2011 (Sayı 27836). Erişim tarihi: 25 Temmuz 2025, https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6098.pdf

TC. Sağlık Bakanlığı. (1998). Hasta Hakları Yönetmeliği. Resmî Gazete, 1 Ağustos 1998, Sayı 23420. https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=27896&MevzuatTur

T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu. (2022). Tıbbi Cihaz Yönetmeliği (Resmî Gazete Tarihi: 02.06. 2022, RG: 31499). https://www.resmigazete.gov.tr/2022/06/20210602-10.htm.

T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu. (2022). Tıbbi Cihaz Klinik Araştırmaları Yönetmeliği (Resmî Gazete, 8 Temmuz 2022, Sayı 31890). https://www.titck.gov.tr/

T.C. Sağlık Bakanlığı Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu. (2022). Tıbbi Cihazların Ürün Takip Sistemi Tekil Hareket Bildirimlerine İlişkin Kılavuz. https://www.titck.gov.tr/

T.C. Sağlık Bakanlığı, Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu. (2024). İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu (KAD-KLVZ-01; yürürlük tarihi 01.02.2024). https://www.titck.gov.tr

Tidy, J. BBC News. Police launch homicide inquiry after German hospital hack. 18.September. 2020. BBC News. https://www.bbc.com/news/technology-54204356.

Topol, E. (2019). Deep medicine: how artificial intelligence can make healthcare human again. London: Hachette: UK.

Vincent, C., Neale, G., & Woloshynowych, M. (2001). Adverse events in British hospitals: preliminary retrospective record review. BMJ, 322(7285), 517-519. https://doi.org/10.1136/bmj.322.7285.517

Watkins, S., & Calder, A. (2020). IT Governance: An International Guide to Data Security and ISO 27001/ISO 27002 (7th ed.). London: Kogan Page.

WHO. (2021). Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO Guidance. World Health Organization Retrieved from https://apps.who.int/iris/handle/10665/341996

World Health Organization. (2024). Guidance for best practices for clinical trials. Geneva: World Health Organization. Retrieved from https://www.who.int/publications/i/item/9789240097711

World Medical Association. (2024). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. Kigali: 75th WMA General Assembly. Retrieved from https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/

World Medical Association. (2017). WMA Declaration of Lisbon on the rights of the patient. https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-lisbon-on-the-rights-of-the-patient/.

Yağız, S. (2023). Oral Ve Transoral Robotik Cerrahi Müdahalelerde Etik Sorunlar: Bir Gömülü Teori Araştırması/Ethıcal Issues in Oral And Transoral Robotıc Surgery: A Grounded Theory Research (Tez No. 843463). Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yağız, S., Karabulut, D., Sandal, B., Salihoğlu, Z., & Yağız, N. (2025). Medical Ethics-based Intensive Care Unit Admission Evaluation Using Fuzzy Logic for COVID-19-like Pandemic. Bagcilar Medical Bulletin, 10(2), 131-141. doi:10.4274/BMB.galenos.2025.10820

Zhang, J., & Zhang, Z. (2023). Ethics and governance of trustworthy medical artificial intelligence. BMC medical informatics and decision making, 23(1), 7. https://doi.org/10.1186/s12911-023-02103-9

BÖLÜM 13

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ EĞİTİM PROGRAMLARININ EBELİK EĞİTİMİNİN GELİŞTİRİLMESİNDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

Yasemin Öztürk

ÖZET

Günümüzde teknolojinin gelişimine paralel olarak eğitim ve öğretimde birçok farklı teknik ve yöntemin kullanılmasına sıklıkla başvurulmaktadır. Bu teknik ve yöntemlerden biri de etkili öğrenmeyi destekleyen yapay zekâ tabanlı eğitim programlarının geliştirilmesi ve uygulanmasıdır. Yapay zekâ destekli uygulamaların eğitim alanında kullanılması, farklı yollarla daha etkin öğrenebilmenin gerçekleşmesine imkân sağlayarak öğrencilerin alışılagelmiş öğrenme kalıplarının dışına çıkmasına ve eleştirel, araştırmacı ve yenilikçi bakış açısı kazanmalarına olanak sağlar. Ebelik, kadın merkezli olup gebelik, doğum ve postpartum dönemde anneye ve fetüs/yenidoğana gerekli olan sağlık bakımını bütüncül bir bakış açısıyla sunan bir bilim dalıdır. Ebelik eğitiminde yapay zekâ destekli eğitim programlarının kullanılması; üniversitelerde verilen eğitimin kalitesinin artmasına, ebelik öğrencilerinin daha nitelikli ve donanımlı olmalarına, kanıta dayalı bilgilerin uygulamada deneyimlenebilmesine, anne ve bebek sağlığı göstergelerinin iyileşmesine ve obstetrik sağlık hizmetlerinde yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesine önemli katkılar sunar. Bu çalışmada; dijitalleşme, yapay zekâ, makine öğrenimi, yapay sinir ağları ve derin öğrenme kavramları ile eğitimde yapay zekânın önemi ve kullanım alanları, yapay zekânın ebelik eğitimindeki rolü, sağlık alanındaki faydaları ve kadın sağlığının iyileştirilmesine yönelik sunacağı katkılar vurgulanmıştır. Bu çalışma ile yapay zekâ destekli eğitim programlarının ebelik eğitiminin geliştirilmesindeki yeri ve öneminin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ebelik, Eğitim, Yapay Zekâ

GİRİŞ

Günümüz dünyası bilimsel ve teknolojik açıdan büyük bir değişime ve dönüşüme uğramaktadır (Karaca & Karaca, 2021). İçinde bulunduğumuz yüzyıl dijitalleşme süreciyle birlikte dünya ekonomisinde ve toplumsal yapıda hızlı ve kritik değişimlerin yaşandığı bir dönemdir. Yapay zekânın

günlük yaşam, iş süreci, sağlık hizmetleri ve eğitim gibi birçok alana entegre edilmesi, insanlığa yaşamın tüm yönlerinde fayda sağlarken aynı zamanda büyük bir ekonomik ve sosyal kalkınmayı da beraberinde getirmektedir (Gezici, Gonidis, Hatipoğlu, Evci, & Selçuk, 2021; Akandere, 2021; Küçükali & Coşkun, 2021; Kaymak, Turan, Bidik, & Unkazan, 2024). Yapay zekâ ile iletişim sistemleri, yazılım uygulamaları, veri depolama, iş operasyonları, etkileşimli platformlar, siber güvenlik ve sosyal medya gibi çeşitli endüstriler yeniden şekillenmiş ve ekonomik ve sosyal yönden dönüştürücü bir güç hâline gelmiştir (Al-Zahrani & Alasmari, 2024).

Teknoloji, bilimsel bilginin uygulanmasıdır (Ferguson, Baldwin, Harvey & Henderson, 2025). Bilginin varlığı, üretim sürecinin önemli bir girdisidir. Teknolojinin gelişmesi sonucunda artık bilgi dijital olarak kodlanabilmektedir (Bakırtaş & Ustaömer, 2019). Teknolojinin eğitim alanında küresel düzeyde kabul görmesi, öğretme ve öğrenmeye ilişkin anlayışın ve yöntemlerin değişmesine neden olmaktadır (Aşık vd., 2023). Bu bağlamda teknolojide yaşanan ilerlemeler, yaşamın her alanında olduğu gibi eğitim alanına da yeni teknolojilerin entegre edilmesini gerekli kılmaktadır (Najafi, Andaroon, Bolghanabadi, Sharifi & Dashti, 2025).

Yapay zekâ, eğitim için stratejik bir değere sahiptir. Günümüzde yapay zekâ teknolojileri eğitim alanında akıllı ders sistemleri, uyarlanabilir öğrenme platformları, sohbet robotları, otomatik notlandırma sistemleri ve veri analitiği araçları ile giderek daha fazla yer almaktadır. Yükseköğretim alanında yapay zekâ, öğretim ve öğrenme uygulamalarında önemli zorlukların ele alınması ve yeniliğin yönlendirilmesi açısından birçok fırsat sunmaktadır. Yapay zekânın eğitimcilerin ve öğrencilerin yükünü hafifleten ve öğrenciler için etkili öğrenme deneyimleri sunan bir araç olması, eğitimde yapay zekâ kullanımının giderek yaygınlaşmasına neden olmaktadır. Yapay zekâ teknolojileri, veri odaklı karar alma, bireye özgü öğrenme yöntemleri ve yaratıcı pedagojik yaklaşımlar için yeni fırsatlar meydana getirmektedir. Büyük miktarlardaki veri ve uyarlanabilir öğrenme sistemleri aracılığı ile her öğrencinin yeteneklerine ve öğrenme tarzına uygun özelleştirilmiş öğrenme yolları oluşturulabilmekte ve böylece öğrencilerin eğitim deneyimlerinin iyileştirilmesine etkili çözüm yolları geliştirilebilmektedir. Yapay zekâ destekli akıllı ders verme çözümleri, öğrencilere anında geri bildirim vererek ve yardımcı olarak farklı konuları anlamalarını ve daha iyi öğrenme

hedeflerine ulaşmalarını sağlamaktadır. Öğrencilerin önceki öğrenme kayıtlarını analiz ederek eksikliklerini belirlemek ve kişisel öğrenme deneyimini geliştirmek için uygun dersler sağlama potansiyeline de sahiptir. Ayrıca yapay zekânın etkin kullanımı, rutin idari işleri gerçekleştirmek için gerekli olan süreyi azaltarak akademisyenlerin öğretme ve öğrenme süreçlerine daha fazla odaklanmalarını sağlamaktadır. Tüm bu potansiyel faydaları ortaya çıkarmak ve yapay zekâ teknolojisiyle etkili bir şekilde etkileşim kurmak için yükseköğretimdeki paydaşların (öğrenci, akademisyen ve idareci) temel yapay zekâ okuryazarlığına sahip olması gerekliliği, üzerinde hassasiyetle durulması gereken önemli bir konudur (Zhai vd., 2021; Al-Zahrani & Alasmari, 2024; Khairullah vd., 2025; Kalantarion, Heidari, Khajeali, Khorrami, & Amini, 2025). Yapay zekâ okuryazarlığı kavramı, yapay zekâyı bilme, anlama, kullanma, uygulama, değerlendirme, inovasyon ve etik konuları bağlamında bireyin gerekli bilgi ve beceriye sahip olması anlamını taşımaktadır (Bozkurt, 2023).

Günümüzde yapay zekâ, lisan öğrenme, mühendislik, matematik ve tıp eğitimi olmak üzere çeşitli disiplinlerde yoğun olarak kullanılmaya başlanan bir araçtır. Bu disiplinlerden biri de ebeliktir (Crompton & Burke, 2023). Yapay zekâ araçları, sağlık eğitiminde dönüştürücü bir teknoloji olarak yer almaktadır (Chan vd., 2025). Tıpta ve teknolojide yaşanan gelişmeler ile bireysel tercihler ve gereksinimlerde meydana gelen değişiklikler ebelik bakımına ilişkin uygulamaların teknolojiyle desteklenmesini zaruri kılmaktadır (Çolak & Can, 2021). Yapay zekâ araçlarının sağlık alanında geliştirilmesi ve kullanılması, ebelik uygulamalarında karar vermeyi kolaylaştırmak, kaliteli sağlık hizmeti sunmak, iş yükünü azaltmak, performansı artırmak ve dokümantasyonu azaltmak açısından oldukça değerli ve önemlidir (Bidik & Turan, 2025).

Yapay zekâ, ebelik eğitiminin geliştirilmesi ve bakımın niteliğinin yükseltilmesinde önemli bir araçtır (Bulut & Hüseyinoğlu, 2024). Ebeler ve ebelik uygulamaları, anne, fetüs[1] ve yenidoğan[2] için hassas olan prekonsepsiyonel[3] dönem, gebelik, doğum ve postpartum[4] dönemde kilit rol oynamaktadır (Yücel, Gürsu, Aktay, Can & Akkurt, 2025). Günümüzde

[1] Gebeliğin dokuzuncu haftasından doğuma kadar insan yavrusuna verilen isim.
[2] Doğumdan sonraki ilk 28 gün içinde bebeğe verilen isim.
[3] Gebelik öncesi.
[4] Doğum sonu.

anne sağlığı, küresel boyutta hâlen endişe duyulan konulardan biri durumundadır. Kadınların tedavi ve bakıma erişimde yaşadığı eşitsizlikler ve sunulan sağlık hizmetlerinin kalitesi yüksek morbidite[5] ve mortalite[6] oranlarının dünya genelinde devam etmesine neden olmaktadır. Uzun süredir devam eden bu sorun, araştırmacıların ve sağlık hizmeti sağlayıcılarının anne sağlığı sonuçlarını iyileştirmeye yardımcı olacak yeni yollar arama konusundaki ilgisinin artmasına neden olmuştur. Bunun bir sonucu olarak yapay zekâ bugün kadın sağlığına ilişkin her alanda geliştirilerek kullanılmaya başlanmıştır. Kadın sağlığının iyileştirilmesine ilişkin geliştirilen teknoloji ve inovasyon uygulamaları, gebelik, doğum ve postpartum döneme yönelik eylemleri, yenidoğan bakımını ve kadının yaşam süreci içinde yer alan sağlığı koruma ve hastalık durumlarının tümünü kapsamaktadır. Yapay zekâ ve makine öğreniminde son dönemde kaydedilen ilerlemeler ve bunun alana entegre edilmesi, anne sağlığı alanında çarpıcı değişikliklere yol açmıştır (Karakaya, Aykol & Merih, 2022; Karagöl, Bilmez, Arıöz & Şahin, 2023; Tzimourta, Tsipouras, Angelidis, Tsalikakis & Orovou, 2025). Yapay zekâ, gebelik döneminde toplanan verileri analiz ederek yüksek riskli durumların saptanmasını sağlayabilmektedir. Böylece fetal anomaliler[7], gebelikteki komplikasyonlar[8] ve doğumda meydana gelebilecek riskler erken dönemde belirlenerek, ebenin ve sağlık ekiplerinin hızlı bir şekilde müdahale edebilmesini mümkün kılmaktadır. Ayrıca gebelik ve postpartum dönemlerinde anne ve bebeğin durumu devamlı takip edilerek bireye özgü bakım verilmesi fırsatı sunmaktadır. Yapay zekâ sağladığı bu faydalar ile ebelik bakımının kalitesinin artmasında ve anne ve bebek sağlığını destekleyerek morbidite ve mortalite oranlarının azalmasında önemli etkiler meydana getirmektedir (Kaplan, Çakar & Bingöl, 2024). Bu olumlu etkiler yapay zekânın bilimsel araştırmaları destekleme, erken teşhisi kolaylaştırma ve tedavi stratejilerini iyileştirme becerisinden kaynaklanmaktadır (Giaxi, Vivilaki, Sarella & Gourounti, 2025).

[5] İyilik hâli dışında olduğu düşünülen herhangi bir fiziksel veya psikolojik durum, hastalık.
[6] Ölüm. Çoğunlukla tek kişi değil, topluluk için kullanılır.
[7] Gebelikte fetüsün gelişiminde ortaya çıkan yapısal ve fonksiyonel kusurlar.
[8] Hastalık sırasında ortaya çıkan ve hastalığın temel özellikleriyle ilişkili olmayan her türlü olumsuz sağlık olayı veya süreci.

1. DİJİTALLEŞME KAVRAMI

Dijitalleşme kavramı, bilginin veya elde edilen verilerin sayısallaştırılmasıdır (Ersöz & Özmen, 2020). Dijitalleşme, toplumu ya da bireyi ilgilendiren eylemlerde dijital teknoloji ürünlerinin benimsenmesi ve kullanılması anlamını da taşımaktadır. Bu yönüyle bilgi teknolojisine ek olarak dijital olgunluk ve kültüre ilişkin boyutları da içinde barındıran geniş bir kavramdır (Atmaca & Karaçay, 2020). Dijitalleşme, toplumun dijital dönüşümü için kullanılan genel bir terimdir ve analog teknolojiler çağından dijital teknolojiler ve inovasyon çağına geçişi ifade eder (Hertling, Hertling, Loos, Martin & Graul, 2021). Bu geçiş, bilgi iletişim teknolojilerinin merkeze alındığı bir gelişim sürecidir (Acar, 2024). Dijitalleşme çoğunlukla elektronik sistemlerde gelişmiş bir teknoloji kullanılarak daha az iş gücü ile daha fazla bilgiye hızlı bir şekilde ulaşılması olarak algılanmaktadır (Yücel & Adiloğlu, 2019). Toplumsal algılamada ise bireylerin teknolojiyi kullanma miktarı olarak değerlendirilmektedir (Tahiroğlu & Bozkurt, 2021).

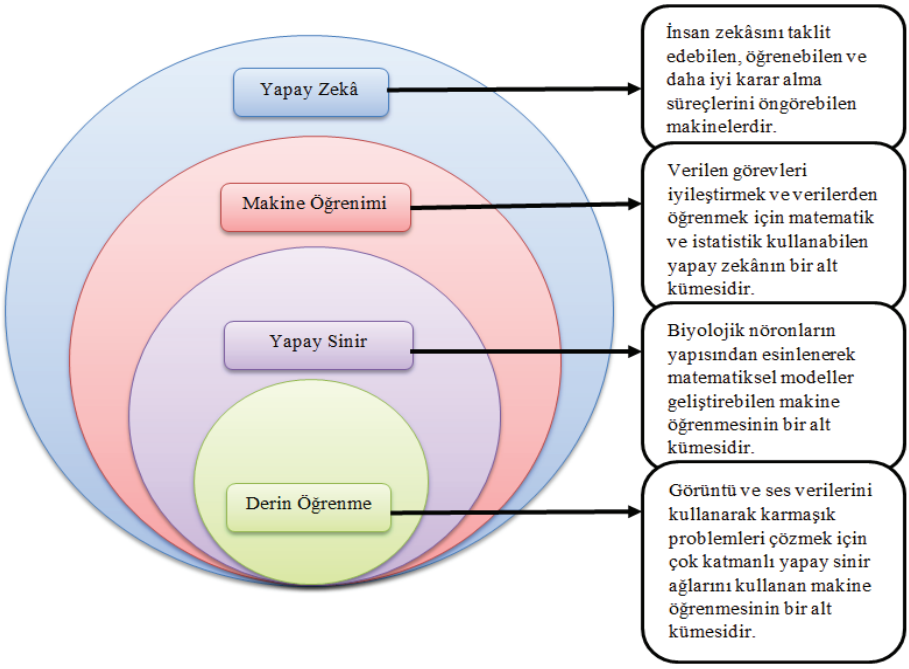
Dijitalleştirme süreci, materyalin orijinal hâlinin bozulmadan farklı bir sisteme entegre edilerek teknolojik yönden kademeli olarak sayısal bir koda dönüştürülmesidir (Ülger & Külcü, 2016). Dijitalleştirme, işitsel ya da analog ögelerin bilgisayar tarafından tanınabilmesi, işlenebilmesi ve depolanabilmesi için “0” ve “1” ile ifade edilen ikili veri yapısına dönüştürülmesiyle sağlanmaktadır. Böylece bilgisayar ortamında dijitalleştirilmiş bilgiler saklanabilir, kullanılabilir ya da ağ ve bağlantılar yoluyla iletimi gerçekleştirilebilir (Atmaca & Karaçay, 2020). Dijitalleşme süreci günümüzde büyük veri, yapay zekâ, açık veri, veri madenciliği, siber güvenlik, nesnelerin interneti gibi çeşitli kavramları ve uygulamaları ortaya çıkarmıştır (Baloğlu, 2023).

2. YAPAY ZEKÂ KAVRAMI

Yapay zekâ, bir bilgisayarın insan benzeri zekâ sergileme yeteneğini ifade eder (Kim, 2024). Yapay zekâ kavramı, asgari insan müdahalesi ile akıllı davranışı modellemek için bir makinenin kullanımına atıfta bulunan genel bir terimdir (Delanerolle vd., 2021). Yapay zekâ, insan beyninin çalışma prensibini, akıllı davranışlarını ve eleştirel düşünmesini taklit eden

dijitalleştirilmiş bir bilgisayar sistemidir (Brandao vd., 2024). Buna ek olarak doğada canlıların incelenip taklit edilmesine yönelik de yapay zekâya benzer akıllı sistemler geliştirilmektedir. Karınca kolonisi, parçacık sürü ve yapay arı gibi algoritmalar yapay zekâ optimizasyon teknikleri olarak kullanılmaktadır. Buradan hareketle en genel tanımıyla yapay zekâ, insanoğlunun sahip olduğu zekâ, sinir sistemi, gen yapısı gibi fizyolojik ve nörolojik yapısı ile doğa olaylarının modellenerek bilgisayar ve yazılımlara aktarılması işlemidir (Atalay & Çelik, 2017). Yapay zekâ kavramı, ilk olarak 1956 yılında John McCarthy tarafından ileri sürülmüştür. Yapay zekâ teknolojileri, o zamandan itibaren özellikle son on yılda kayda değer ilerlemeler kaydetmiştir. Yapay zekâ, bilgisayar biliminin önemli bir parçası hâline geldikçe görüntü tanıma, veri madenciliği, uzman sistemler, doğal lisan işleme, lisan tanıma, desen tanıma ve robotik gibi konularda insan beynini taklit edebilen çeşitli uygulamalar ile yeni türde akıllı makineler oluşturmak için sürekli yeni gelişmeler ortaya çıkmaya devam edecektir (Al-Karawi vd., 2024).

Yapay zekâ, insanoğluna özgü düşünme becerisinin makinelere öğretilmesiyle meydana gelen sistemlerdir ve karmaşık durumların bilgisayar yardımıyla çözüme kavuşmasını sağlamaktadır. Büyük verilerin analitik çözümlerinde ve işlenmesinde yapay zekâ teknolojilerinden faydalanılmaktadır (Okutan, 2025). Yapay zekâ, karmaşık ve gelişmiş süreçleri içinde barındıran geniş bir alandır. Yapay zekâ araçları, uygulanabilirliklerine ve bunları oluşturmak için kullanılan bilimsel yöntemlere göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre derin öğrenme yapay sinir ağlarının, yapay sinir ağları da makine öğreniminin bir alt kümesidir. Makine öğrenimi ise akıllı uygulamalar yürüten yapay zekânın alt kümesidir ve yapay zekânın geldiği son evredir. Bu bağlamda derin öğrenme, yapay sinir ağları ve makine öğrenimi teknolojileri, yapay zekâ uygulamalarının kapsamı içinde yer almaktadır (Atalay & Çelik, 2017; Aylak, Oral & Yazıcı, 2021; Delanerolle vd., 2021). Şekil 1'de yapay zekâ tabanlı yöntemlerin sınıflandırılması yer almaktadır.



Şekil 1. Yapay zekâ tabanlı yöntemlerin sınıflandırılması (Delanerolle vd., 2021)

Yapay zekâ, otonom olarak çalışabilen, karar alma süreçlerini iyileştirebilen ve doğal dil işleme gibi insan benzeri yetenekler sergileyebilen akıllı sistemler geliştirmek için kullanılmaktadır (Mena-Guacas, Rodriguez, Trujillo, Gomez-Galan & Lopez-Meneses, 2023). Bu akıllı sistemlerin geliştirilmesinde algoritmalar, yapay zekânın temel unsurlarıdır. Bir algoritma, bilgisayarların amaçlanan hedefe ulaşmak için problem çözme işlemlerinde uyması gereken bir dizi kural veya talimattır. Yapay zekâ algoritmaları, konuşma ve yüz tanıma, görsel algı, öğrenme ve karar verme ve öğrenme gibi esasen insan davranışı olarak düşünebileceğimiz çeşitli alanlara uygulanabilmektedir. Algoritmalar ile her yapay zekâ sistemi ve uygulaması için talimatlar sağlanabilmektedir (Akgun & Greenhow, 2022). Yapay zekâ sistemleri, sembolik kuralları kullanabilme ya da sayısal bir modeli öğrenebilme becerilerine sahiptir. Bunlara ek olarak daha önce gerçekleştirmiş olduğu eylemlerin çevreyi nasıl etkilediğini analiz ederek davranışlarını uyarlayabilmektedir (O'Connor, Yan, Thilo, Felzmann & Dowding, 2023). Yapay zekâ tabanlı

araçlar ile metin, resim, sanat, müzik veya programlama kodu gibi her türlü içeriği dönüştürmek, üretmek veya oluşturmak mümkün hâle gelmektedir. Bu araçların yeteneklerini geliştirmek için makine öğrenimi ve sinir ağları dâhil olmak üzere farklı teknolojiler kullanılmaktadır (Foltynek vd., 2023).

2.1. Makine Öğrenimi

Makine öğrenimi, sorunun çözümü için programlanma yerine algoritmaların kullanıldığı hızlı ve etkili bir yapay zekâ yöntemidir (Şahin, 2024). Makine öğrenimi, yapay zekâya ulaşma sürecidir ve birçok yapay zekâ uygulamasını geliştirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Tanveer, Hassan & Bhaumik, 2020; Delanerolle vd., 2021). Makine öğrenimi istatistiksel öğrenme yöntemlerinden türetilmiştir ve genellikle insanlar tarafından gerçekleştirilen görevleri gerçekleştirmek için verilerin ve algoritmaların kullanılması işlemidir (Akgun & Greenhow, 2022). Makine öğreniminin çalışma mekanizması, öğrenme modelinin bol miktarda kaliteli veriye maruz kalması ile gerçekleşmektedir. Makine öğrenimi algoritmaları, önce verileri analiz ederek kalıpları belirler ve bir model oluşturur; ardından bu modeller aracılığıyla gelecekteki değerleri tahmin eder. Bir diğer ifadeyle makine öğreniminin çalışma prensibi üç adımlı bir süreci kapsamaktadır. İlk olarak verilerin analiz edilmesi ve toplanması, daha sonra farklı görevlerde çalışabilecek bir modelin oluşturulması ve son olarak eylemin insan müdahalesi olmadan gerçekleştirilerek istenilen sonuçların başarıyla üretilmesi aşamaları yer almaktadır (Akgun & Greenhow, 2022). Bu doğrultuda makine öğrenimi algoritmaları, her bireyin ihtiyaçlarını ve koşullarını özelleştirmek için yeni içgörüler, tahminler ve çözümler sunmaktadır. Büyük miktarda ve yüksek kaliteli verilerin kullanılabilirliği, makine öğreniminden doğru sonuçlar elde edilmesini ve bilinçli kararlar alınmasını kolaylaştırmaktadır. Bu veri, yoğun makine öğrenimi yöntemleri ile büyük veri ve yapay zekânın kesiştiği noktada yer almakta olup eğitimin yanı sıra ticaret, bilim ve kamusal alanların yönetimi gibi birçok alanda sunulan hizmeti ve üretkenliği iyileştirme kapasitesine sahiptir (Luan vd., 2020).

2.2. Yapay Sinir Ağları

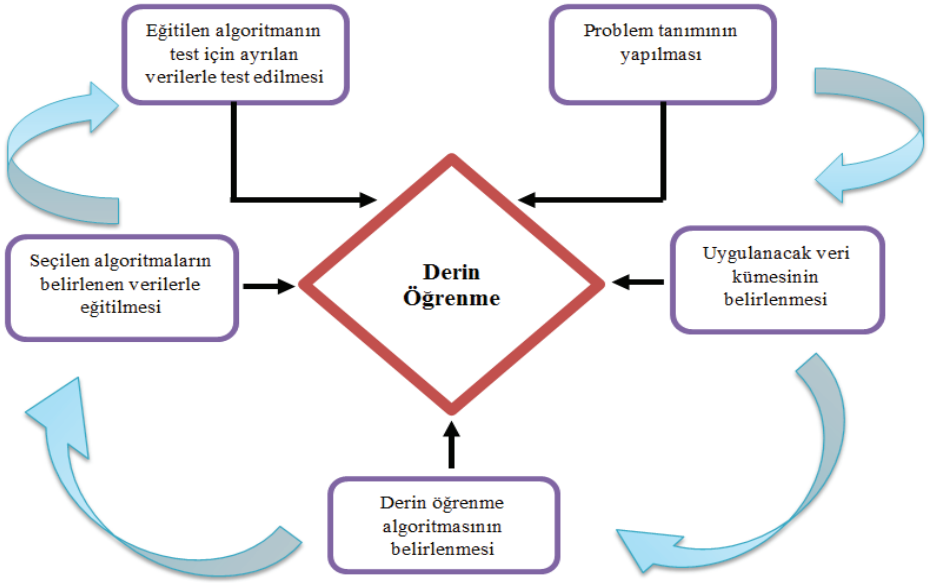
İnsan sinir sisteminin çalışma prensibinden ilham alınarak geliştirilen yapay sinir ağları, verilerin arasında gerçekleşen, bilinmesi ve fark edilmesi

zor olan ilişkiyi ortaya çıkarmaya çalışmaktadır. Bu ilişki matematiksel modellemelerle incelenmektedir. Beynin sergilediği tüm davranışların tam bir şekilde modellenebilmesi için yapay hücreler ve ağ modelleri oluşturulmuştur. Bu bağlamda yapay sinir hücreleri dışarıdan almış olduğu verileri toplayarak ve aktive ederek üretilen çıktıları diğer hücrelere iletmektedir. Bu yolla bir durumla ilişkili olan olaylar incelenerek o konu hakkında çıkarımlar yapılmakta ve bilgi elde edilmektedir. Başka bir durumla karşılaşıldığında ise daha önce öğrenilmiş olan bilgiler kullanılarak yeni problemin çözümünde karar alınması sağlanmaktadır. Geliştirilen bu sistemle bilgisayarlarda yer alan algoritmik hesaplama yönteminin dışında başka bir sistem meydana getirilmiştir (Ataseven, 2013; Akdeniz & Özdinç, 2021). Yapay sinir ağlarının günümüzdeki kullanım alanları içinde üretimin planlanması, kan analizlerini sınıflandırma, beyin modelleme çalışmaları, kalite kontrol işlemleri, parmak izinin tanınması, spam maillerini filtreleme, otomatik araçların denetlenmesi, kredi kartına ilişkin hilelerin saptanması, akıllı araç ve robotlar için optimum rotanın tayin edilmesi, mekanik parçaların kullanım ömürlerinin tahmini, sesin tanınması, denetim, meteorolojik olayların yorumlanması, elektrik işareti tanıma, el yazısının tanınması, hastalıkların tanı ve tedavisi, radar ve sonar sinyallerinin sınıflandırılması gibi pek çok örnek yer almaktadır (Keskenler & Keskenler, 2017).

2.3. Derin Öğrenme

Derin öğrenme, insan beyninde yer alan nöronların davranışına dayanarak geliştirilmiş yeni bir makine öğrenme alanıdır (Çilhoroz & Işık, 2021). Derin öğrenme, birden fazla işleme katmanı ile meydana gelen hesaplama modellerinin, verileri temsil eden birden fazla soyutlama düzeyi ile öğrenilmesi işlemidir. Derin öğrenme kavramındaki "derinlik" anlamı ile birbirini takip eden katmanlar ifade edilmektedir (Aktürk & Serbest, 2022). Derin öğrenme teknolojisinin çalışma prensibi insanın düşünme şeklini temel almıştır. Bir insanın eğitim sonucunda öğrendiklerini analiz ederek birbiri ile ilişkilendirmesi, derin öğrenme teknolojisinde verinin analiz edilerek farklı düzeylerdeki özellikleri öğrenmesi ve aralarındaki ilişkiyi belirleyerek geri bildirimde bulunması olarak ortaya çıkmaktadır. Bu teknoloji, nesnenin algılanması ve görüntünün sınıflandırılmasında kullanılmaktadır (Yenikaya & Oktaysoy, 2023). Endüstri, askerî sistem, sağlık ve eğitim gibi çeşitli

alanlarda çok sayıda uygulama ve araştırmalar ile görüntü işleme ve büyük miktarlardaki veriler başarılı bir şekilde yorumlanabilmektedir. Ayrıca belirli nesneye ilişkin şekil, konum, renk, hız gibi özelliklerin kullanılmasıyla görüntüde ilgili nesnenin tespit ve takip edilmesi veya arka planda videodan çıkarılması, takip edilen nesneye ait özniteliklerin saptanması ve nesnenin sınıflandırılması gibi işlemler gerçekleştirilebilmektedir (Tan, Yüksel, Aydemir & Ersoy, 2021). Şekil 2'de derin öğrenmenin çalışma prensibi yer almaktadır.



Şekil 2. Derin Öğrenmenin Çalışma Prensibi (Akın & Şahin, 2024).

2.4. Eğitimde Yapay Zekânın Önemi

Bilgisayar ve bilgi iletişim teknolojileri yıllar içinde gelişmeye devam ederek yapay zekânın gelişimine yol açmıştır (Chen, Chen & Lin, 2020). Yapay zekâ teknolojisi sürekli olarak güncellenerek gelişmekte ve çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapay zekânın gelişimi, toplumsal düzenin yeniden yapılandırılmasından sınıflardaki ve okullardaki eğitim ve yönetim süreçlerine kadar birçok durumu etkilemiştir. Günümüz dünyasında yapay zekânın eğitim ortamına ve öğretim sürecine giderek daha fazla nüfuz ettiği yadsınamaz bir gerçektir. Dijital çağa uyum sağlaması ve 21. yüzyıl

becerilerini ana gündemlerine yerleştirmesi beklenen eğitim kurumları, yapay zekânın gelişiminden en çok etkilenen kuruluşlar arasındadır (Gocen & Aydemir, 2020; Huang, Saleh & Liu, 2021).

Eğitimde yapay zekâ, öğrenme ve problem çözme gibi bilişsel görevleri gerçekleştiren bilgisayar teknolojilerinin geliştirilmesi üzerine odaklanmaktadır (Chen, Xie, Zou & Hwang, 2020). Eğitimde yapay zekâ kullanımı, çok uzun zamandır bilgisayar bilimi araştırmalarının konuları arasında yer almaktadır. Bu araştırmaların ürünü olarak yapay zekâ tabanlı yaklaşımlar, pedagojik modeller, öğrenme alanı modelleri ve öğrenen modelleri kullanarak daha etkili, esnek, kapsayıcı, özelleştirilmiş ve ilgi çekici öğrenme ortamları üretmek için eğitim çalışmalarında sıklıkla tercih edilmektedir (Pham & Sampson, 2022). Eğitimde yapay zekâ kullanımı, üretken öğrenme etkinlikleri tasarlamak ve daha iyi teknoloji destekli öğrenme uygulamaları ya da ortamları geliştirmek için yeni fırsatlar sunmaktadır (Hwang, Xie, Wah & Gasevic, 2020). Yapay zekâ, akıllı ders sistemleri, öğretim robotları, öğrenme analitiği panoları, uyarlanabilir öğrenme sistemleri, insan-bilgisayar etkileşimleri gibi eğitim uygulamalarında yaygın olarak yer almaktadır (Ouyang & Jiao, 2021). Yapay zekâ öğrencilere çeviri araçları, sesli asistanlar, sohbet robotları, sanal gerçeklik ve oyunlaştırma, kişiye özgü ders alma ve çalışma programları oluşturma, farklı kaynaklara ulaşabilme, anında değerlendirme ve geri bildirim verme imkânı sağlamaktadır (Pisica, Edu, Zaharia & Zaharia, 2023).

Günümüzde yapay zekânın eğitim alanında büyük ve artan bir rolü vardır (Khosravi vd., 2022). Yapay zekâ, öğretim süreci ve sınıf yönetimi üzerinde derin bir etki oluşturarak çeşitli uygulama avantajları meydana getirmektedir (Huang vd., 2021). Yapay zekânın etkin kullanımı ile birlikte eğitimciler ve araştırmacılar, öğrenme süreci hakkında daha fazla bilgi sahibi olmaktadırlar. Bu doğrultuda öğrencilerin bir aritmetik problemini nasıl çözdüğünü modelleyerek veya eğitimcilerin daha önce bilmediği yanlış anlamaları belirleyerek öğrenmedeki zorlukları tespit edebilmektedirler (Pham & Sampson, 2022). Yapay zekâ ile eğiticiler, her öğrencinin gereksinimine ve yeteneğine uygun öğrenme modelini kullanabilmektedir. Böylece öğrencilerin, öğrenme sürecinde daha motive ve ilgili olması sağlanmaktadır. Ayrıca eğitimcilere; tekrarlayan ve sıkıcı görevlerden kurtularak öğrencilere zamanında yanıt verme imkânı tanımaktadır. Bunun yanı sıra yapay

zekâ teknolojileri, öğrenme güçlüğü çeken öğrencilerin eğitime katılımını da desteklemektedir (Chen vd., 2020). Yapay zekânın etkin kullanımı, ders çizelgeleme, derse yardımcı kaynakların tahsisi, müfredata ilişkin bilgi sunumu, öğrenci takibi, öğrenci hakkında velilere/vasilere bilgi sağlama, raporlama, öğrenci katılımı gibi çeşitli ayrıcalıklar sunarak eğitim sürecinin kişiselleştirilmesine olanak sağlamaktadır (Nguyen, Ngo, Hong, Dang & Nguyen, 2023).

Yapay zekâ algoritmaları ve eğitim robotları, öğrenme yönetimi ve eğitim sistemlerinin ayrılmaz bir parçasıdır ve çeşitli öğretim ve öğrenme faaliyetlerine destek sağlamaktadır (Wang vd., 2024). Yapay zekânın önemli güçlü yanlarından biri de çeşitli araçlar ve teknolojilerle kolayca entegre edilebilmesi nedeniyle çok yönlü olmasıdır (Triberti, Di Fuccio, Scuotto, Marsico & Limone, 2024). Bu kapsamda yapay zekâ, akademik ve idari personelin zamanlarını verimli kullanma ve öğrencilere idari yönden verilen hizmetin niteliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yapay zekâ ile kabul, danışmanlık, kütüphane hizmetleri gibi idari düzeyde ve değerlendirme, geri bildirim, özel ders gibi akademik düzeyde amaca göre çeşitli algoritmalar programlanabilmektedir (Ahmad, Alam, Rahmat, Mubarik & Hyder, 2022). Böylece idari düzeyde tekdüze operasyonel görevler otomatikleştirilebilir, değerlendirmeler üretilebilir ve notlandırma ve geri bildirim gibi işlemler otomatikleştirilebilir. Akademik düzeyde ise öğrencilerin nasıl öğrendikleri, öğrenme boşluklarının neler olduğu, öğrenmede etkili olan faktörler ve öğrencinin dikkatinin nasıl tutulacağı gibi unsurlar yapay zekânın kullanımı ile çözümlenebilmektedir (Chaudhry & Kazim, 2022).

Günümüzde giderek artan ve kapsamı genişleyen literatür, okul öncesinden yükseköğrenime kadar farklı eğitim seviyelerinde büyük verinin değerini ortaya çıkarmaktadır (Luan vd., 2020). Hızla büyüyen eğitim sektörü, öğrenme ve öğretme psikolojisindeki güncel teorik çerçeveler ve araştırma sonuçları çok sayıda veri işleme tekniği ve yapay zekâ uygulamasının geliştirilmesine zemin oluşturmaktadır. Büyük verileri toplayarak ve işleyerek, iş birliğine dayalı araştırmayı kolaylaştırarak ve araştırmacılar arasındaki iletişim akışını düzenleyerek, araştırmalar için yeni yolların açılması, yeni fikirlerin oluşturulması, yeni çözümlerin belirlenmesi ve uygulanması daha kolay hâle gelmektedir. Bu bağlamda, yükseköğretimde yapay zekânın etkin kullanımı; çok sayıda kaynaktan arama yapma, araş-

tırma konularını belirleme, multidisipliner ve transdisipliner yaklaşımlarla araştırmayı gerçekleştirme ve disiplinler arası bilgi alışverişinin sağlanması gibi olağanüstü fırsatlar sunmaktadır (Pisica vd., 2023). Yapay zekâ sağladığı bu eşsiz fırsatların yanı sıra bazı zorlukları da beraberinde getirmektedir. Yapay zekâ görevleri otomatikleştirirken ve veri odaklı içgörüler sağlarken, eğitimcilerin empatisinden, yaratıcılığından ve ayrıntı anlayışından yoksundur. Değerlendirme ve geri bildirim için yapay zekâya aşırı güvenmek, daha üst bilişsel düzey için gerekli olan anlamlı diyalog ve düşünme becerisini azaltabilmektedir. Eşit ve kapsayıcı öğrenme ortamlarını sağlamak için veri gizliliği, algoritmik önyargı ve dijital uçurum gibi etik kaygılar da bu konuda ele alınması gereken diğer hususlar arasındadır (Vieriu & Petrea, 2025).

2.5. Eğitimde Yapay Zekâ Uygulamaları

Yapay zekâ destekli dijital teknolojiler, insanoğlunun düşünme, hareket etme ve etkileşim kurma biçimini değiştirmedeki büyük gücü ile günlük hayatımızda ve her alanda önemli bir rol oynamaktadır (Chen vd., 2020). Değişime uğrayan ilk alanlardan biri olan eğitim alanı ile ilgili olarak yapay zekâ teknolojilerinin kullanılması yaklaşık 50 yıl öncesine kadar uzanmaktadır. Geliştirilen ilk akıllı ders sistemi "SCHOLAR" coğrafya öğrenimini desteklemek için tasarlanmıştı ve öğrenci ifadelerine etkileşimli yanıtlar üretebilmekteydi. Bu uygulamanın geliştirildiği ilk zamanlarda veri miktarı nispeten az olsa da diğer geleneksel eğitim ve psikoloji çalışmalarında toplanan veri miktarıyla karşılaştırılabilecek düzeyde sonuçlar elde edilebilmekteydi (Luan vd., 2020).

Günümüzde geliştirilen yenilikçi teknolojiler, öğrenciyi eğitim sürecinin merkezine yerleştirir ve geleneksel eğitim ortamını zenginleştirerek daha dinamik ve ilgi çekici hale getirmektedir (Georgieva, Serbezova & Beloeva, 2025). Eğitimde yapay zekâ, veri, mantık ve bilgi tabanlı yaklaşımlar çerçevesinde uygulanmaktadır. Eğitim alanında bilgi tabanlı yaklaşımların kullanıldığı yapay zekâ uygulamaları genellikle 1980-2000 yılları arasında geliştirilmiştir (Arslan, 2020). Yapay zekâ teknolojileri ile eğitim uygulamaları arasındaki sinerjiler, makine öğrenimi, doğal dil işleme ve bilişsel bilişimdeki gelişmelerle daha da yoğunlaşmıştır. Bu gelişmeler doğrultusunda öğrenci katılımı için sohbet robotları (konuşmalı pedagojik aracılar), uzman sistemler, akıllı öğretim sistemleri, otomatik not verme ve

geri bildirim, öğrenci başarısı için öngörücü analizler ve kişiselleştirilmiş öğrenme sistemleri ve görselleştirmeler gibi çeşitli uyarlanabilir platformlar ve akıllı bilgi işlem teknolojileri üretilmiştir (Triberti vd., 2024; Bond vd., 2024).

2.6. Ebelik Eğitiminde Yapay Zekânın Yeri

Yapay zekâda yaşanılan gelişmeler, yeni teknoloji ürünlerinin insanlar tarafından kabul görmesi, büyük verilerin kullanılabilirliğinin artması, ekonomilerde yaşanılan büyüme, eğitim ve internet ağlarında kaydedilen gelişmelere bağlı olarak sağlık alanı her geçen gün daha fazla gelişmektedir (Önder, 2020). Sağlık hizmetleri, ileri teknolojilerin kullanılmasını gerekli kılan, talebin net olarak tahmin edilemediği, yapılan hataların telafisinin kolay olmadığı, bilgi ve emeğin yoğun olduğu bir alandır. Sağlık hizmetlerinin kalitesi, bilginin doğru zamanda, doğru yerde, eksiksiz, entegre ve ihtiyaç duyulduğunda kullanılabilir olmasına doğrudan bağlıdır. Bu nedenle sağlık hizmetlerinin planlanmasında ve sunumunda yönetim anlayışının bilgiye odaklanması ve teknolojik gelişmelere açık olması çok önemli bir etkendir (Çelik & Tetik, 2016; Alacadağlı, 2019; Kılıç & Tosun, 2021).

Teknolojide yaşanılan gelişmelerle birlikte meydana gelen dijital ilerlemeler, sağlık hizmetlerinde yönetimsel ve klinik alanlarda etkisini göstermektedir (Dömbekçi, 2023). Günümüzde kullanılan dijital konsültasyon[9], tele-tıp, mobil sağlık ve uzaktan tedavi gibi uygulamalar, sağlık alanında gelenekselliğin yerini teknolojiye bıraktığının göstergeleridir (Şimşir & Mete, 2021). Dijitalleşme, sağlık sisteminin %90'ını etkilemektedir (Hertling vd., 2021). Sağlık alanında teknolojinin yaygın olarak kullanılması dijital bir ekosistemin doğmasına ve gelişmesine neden olmaktadır. Sağlık hizmetlerinde dijital teknolojilerin etkin olarak kullanılması, hasta merkezli sağlık sistemini güçlendirerek maliyet etkin, verimli ve güncel yaklaşımların ön planda olmasına katkı sağlamaktadır (Karagöz, 2018). Dijital sağlık, inovasyonun, rekabetin ve gelişerek büyümenin önemli bir itici gücüdür (Visconti & Morea, 2020). Sağlık sektörünün dijitalleştirilmesi, sağlık hizmetlerinin kalitesini iyileştirmek, sağlıkta eşitliği sağlamak, sağlık hizmetlerinin ulaşılabilirliğini arttırmak, sağlık profesyonellerinin daha üretken

[9] Bir hastalığa tanı koymak veya hastalığı tedavi etmek amacıyla birden fazla hekimin görüş alışverişinde bulunması.

olmasını sağlamak ve hastaların memnuniyetini arttırmak için etkili bir çözüm yoludur (Hossain, Syeed, Fatema & Uddin, 2022).

Ebelik, içinde bulunduğumuz çağda yeni teknolojilerin ilerlemesinden etkilenen ve uzun bir tarihsel geçmişe sahip olan kadim bir meslektir (Ferguson vd., 2025). Ebelik mesleği, üreme sağlığı, cinsel sağlık, anne ve yenidoğan sağlığının korunması ve geliştirilmesinde merkezi konumda yer almaktadır (Giaxi vd., 2025). Dünya üzerindeki tüm ülkelerde ebeler, anne ve yenidoğan bakımının yüksek kalitede sağlanmasında kritik bir role sahiptirler (Bharj vd., 2016). Günümüzde ebeler, kadınların refahını artırmayı ve perinatal[10] dönemdeki riskleri azaltmayı amaçlayan teknolojik yenilikler ve gelişen güvenlik stratejileriyle birlikte görevlerini sürdürmeye devam etmektedir (Ferguson vd., 2025).

Ebelik, tıp ve sağlık hizmetlerindeki önemli alanlardan biridir. Ebelik eğitiminde, teorik ve pratik bilgi bir bütün hâlindedir (Najafi vd., 2025). Ebelik sezgisel, duygusal, hümanist ve bilimsel bakış açıları da dâhil olmak üzere çeşitli bilgi edinme yollarını bütünleştiren uzmanlaşmış bir disiplin dalıdır (Fergusun vd., 2025). Ebelik bilim dalında öğrencilere verilen eğitim ile bilişsel, duygusal ve psikomotor becerilerin gelişiminin yanı sıra klinik yeterliliğin elde edilmesi de amaçlanmaktadır (Hernon, McSharry, MacLaren & Carr, 2023). Son yıllarda dünya genelinde üniversite ve klinik ortamlarda öğrencilerin bilgi ve becerilerini geliştirmek amacıyla bir dizi bilgi ve iletişim teknolojileri ebelik eğitimine entegre edilmiştir. Akıllı telefonlar, tablet bilgisayarlar ve diğer elde taşınan cihazlar ile bunlara bağlı yazılım uygulamalarının kullanıldığı mobil öğrenme, öğrenciler ve uygulayıcılar tarafından klinik becerilere ilişkin videolardan, kanıta dayalı uygulama kılavuzlarına kadar eğitim içeriğine erişmek için benimsenmiştir (O'Connor vd., 2022).

Ebelik eğitiminin gelişen teknoloji ile güncellenmesi ve donanımlı sağlık profesyonellerinin yetiştirilmesi için yapay zekânın klinik ve teorik eğitime entegre edilmesi, sağlık hizmetlerinin sunumunun ve kalitesinin iyileştirilmesi için gerekli olan uygulamalardır (Bidik, 2025). Çünkü yapay zekâ alanındaki gelişmeler yalnızca eğitimi değil, profesyonel çalışma ortamlarını da etkilemektedir. Bu nedenle öğrencilerin yapay zekânın önem-

[10] Gebeliğin 21. haftası ile doğumdan sonraki dört haftalık süreyi kapsayan dönem.

li bir rol oynayacağı bir geleceğe yükseköğretim aşamasında hazırlanmaları çok önemlidir (Kranz & Abele, 2024). Yapay zekâ destekli uygulamalar, öğrenci ebelerin karmaşık tıbbi verileri analiz etmelerine, sağlıkla ilişkili karşılaştıkları durumları tanımlamalarına ve daha bilinçli kararlar almalarına yardımcı olmaktadır. Yapay zekâ destekli sanal vakalar, gerçek yaşam senaryolarını simüle etmek için kullanılmakta ve öğrencilerin personel maliyetleri yükü olmadan ihtiyaç duydukları kadar güvenli ve kontrollü bir ortamda klinik becerilerini geliştirmesine olanak tanımaktadır (Irwin, Jones, & Fealy, 2023). Yapay zekâ sağladığı bu avantajlar ile daha iyi hasta sonuçlarının elde edilmesine, anne ve yenidoğanın sağlığının geliştirilmesine ve sağlık sistemi kaynaklarının verimli kullanılmasına yönelik önemli katkılar sunmaktadır. Ayrıca ilerideki meslek yaşamlarında ebelerin kanıta dayalı uygulamalara ve sağlık uygulamalarına ilişkin politikalara katılımının artmasını da sağlamaktadır (Kranz & Abele, 2024).

Yapay zekâ destekli uygulamalarda verilerin sorumluluğu etik açıdan çözülmesi gereken konular arasında yer almaktadır. Bunlar; veri toplama, veri kaynaklarının kısıtlı kullanılabilirliği, ön yargı ve temsil, veri sahipliği ve kontrolü, veri özerkliği gibi veriye ilişkin etik sorunlardır (Nguyen vd., 2023). Bu sorunlar bir sağlık durumu karşısında öğrenci ebelerin klinik karar vermesini kolaylaştırsa da bazen hatalı sonuçlar nedeniyle hatalı kararların verilebilmesine de yol açabilmektedir (Kaymak vd., 2024). Ayrıca yapay zekâ destekli uygulamalar, gizlilik ihlali ve veri sızıntısı risklerini de beraberinde taşımaktadır. Öğrencilerin kişisel bilgilerinin ifşa edilmesi ve veri trafiğinin neden olduğu ağ dolandırıcılıkları gibi öğrenci kişisel bilgilerinin güvenliğine yönelik etik açıdan ciddi tehditlerin oluşmasına yol açabilmektedir (Huang, 2023).

2.7. Kadın Sağlığı Alanında Yapay Zekâ Uygulamaları

Son elli yılda büyük verilerin yükselişiyle ilgili hesaplama fonksiyonlarında yaşanılan önemli ilerlemeler, yapay zekânın yeni alanlara uygulanmasına öncülük etmiştir (Al-Karawi vd., 2024). Sağlık sektörü, dünyada en hızlı veri artışının gerçekleştiği sektörler arasındadır. Veri artış hızının yüksek olması veri analizinin önemini daha da arttırmaktadır (Önder, 2020). Yapay zekâ, 1956 yılından bu yana sağlık hizmetleri de dâhil olmak üzere modern toplumun birçok farklı alanında kullanılan, güçlü ve birçok modun

bir araya gelmesinden oluşan bir araç hâline gelmiştir (Delanerolle vd., 2021). Belirli görevlerin otomatik bir şekilde gerçekleştirilmesi için karmaşık algoritmaların kullanıldığı yapay zekâ uygulamaları, sağlık hizmetleri içinde giderek yaygınlaşmaktadır. Yapay zekâ algoritmaları, karmaşık sağlık sorunlarının incelenmesi, değerlendirilmesi ve çözümler üretilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Marotta, 2022). Sağlık alanında yapay zekânın kullanılması ile kamu sağlığına ilişkin oluşturulan politikaları ve klinik karar verme sürecini desteklemek için veri odaklı yaklaşımların geliştirilmesi ve buna bağlı olarak toplum sağlığının yükseltilmesi hedeflenmektedir (Norori, Hu, Aellen, Faraci & Tzovara, 2021). Sağlık alanında yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşması, biyomedikal teknolojilerde kaydedilen ilerlemelerin artmasına da katkı sunmuştur. Yapay zekânın modern sağlık sisteminde ve biyotıpta kullanılması, sağlık hizmetlerinin sunumunda yer alan tıbbi uygulama ve tedavi teknikleri ile tıbbi cihazlar ve yöntemlerin dönüşümünü sağlamıştır (Lau, Nandy & Chakraborty, 2023). Günümüzde yapay zekâ sağlık alanında çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Bunlar:

- Hastalığın başlama riskini değerlendirmek,
- Tedaviye başlamadan önce tedavi başarısını tahmin etmek,
- Hastalığa ilişkin komplikasyonları yönetmek ya da hafifletici girişimlerde bulunmak,
- Aktif tedavide hasta bakımına yardımcı olmak,
- İlaç araştırmaları yapmak,
- Araştırmalar aracılığıyla hastalığın patolojisini ya da en ideal tedavi yöntemini bulmak,
- Sağlığı korumak ve geliştirmek,
- Tıbbi görüntüleme ve elde edilen bilgileri analiz etmek,
- Tıbbi kayıt yöntemlerini geliştirmek,
- Sağlık alanında literatür analizine yönelik etkin çözümler sunarak kanıta dayalı sentezler oluşturmak,
- Sağlıkta yaşanan eşitsizlikleri gidermek,
- Sağlık yönetimine ilişkin etkili politikalar geliştirmektir (Yoldemir, 2020; Amezcua-Prietoa, Fernandez-Luna, Huete-Guadix, Bueno-Cavanillasa & Khan, 2020; Brandao vd., 2024; Al-Karawi vd., 2024; Göde, 2024).

Günümüz dünyası daha kaliteli küresel sağlık hizmetlerine olan ihtiyacın giderek arttığı, hızla değişen yeni bir çağla karşı karşıyadır. Teknolojinin gelişimine paralel olarak yapay zekâ kullanılarak sunulan sağlık hizmetleri, süreçleri hızlandırarak, daha verimli ve daha az iş gücü gereksinimiyle hasta bakımını iyileştirme potansiyeline sahiptir (Brandao vd., 2024). Bu nedenle sağlık hizmetlerinde yapay zekânın kullanımı daha fazla önem kazanmaktadır (Akalın & Veranyurt, 2020). Yapay zekâ uygulamaları ile küresel boyutta çok sayıda araştırmalar yapılmakta ve hayata geçirilmektedir. Sağlık alanında yapay zekâ uygulamaları ile yapılan araştırmalar incelendiğinde hastalıkların tanılanması, mortalite ve morbidite risk değerlendirmesi, hastalık salgını tahmini ve gözetimi ile sağlık politikası ve planlaması kategorilerinde bu araştırmaların yoğunlaştığı görülmektedir (Schwalbe & Wahl, 2020). Yapay zekânın yoğun olarak kullanıldığı alanlardan biri de kadın sağlığıdır. Kadın sağlığı açısından en önemli olan ve kadının sağlığını doğrudan etkileyen gebelik, doğum ve postpartum dönem, doğurganlık çağı olarak nitelendirilen 15-49 yaş arası döneme denk gelmektedir (Şimşek, 2022). Bundan dolayı gebelik döneminde kadınların tanı, tedavi, bakım olanaklarını geliştirmek, gebelikte görülebilecek riskli durumları erken dönemde saptamak, gebelikte görülen hastalıkların yönetimini sağlamak, gebelerin yaşam kalitesini yükseltmek, gebeliğe ilişkin komplikasyonlara bağlı olarak meydana gelen anne, fetüs ve yenidoğan morbidite ve mortalite oranlarını azaltmak, fetüsün gelişimi, elektronik izleme ve genetik tarama gibi birçok alanda yapay zekâ yaygın olarak kullanılmaktadır (Ekrem & Daşıkan, 2021).

Dünya Sağlık Örgütü kanser, infertilite[11], üreme sağlığı, şiddet ve ruh sağlığını küresel çapta kadın sağlığını iyileştirmek için kritik alanlar olarak tanımlamıştır (Kim, 2024). Anne, fetüs ve yenidoğan ölümleri, her yıl milyonlarca can kaybıyla önemli küresel halk sağlığı sorunları arasında olmaya devam etmektedir. Anne ve yenidoğan ölümleriyle ilişkili riskler, tıbbi, sosyoekonomik ve sistemik boyutları ile çok faktörlü bir sorundur (Endo, 2025). Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre 2023 yılında her gün 700'den fazla kadın gebelik ve doğumla ilgili önlenebilir nedenlerden dolayı hayatını kaybetmiştir. Bu kadınların %92'si Sahra Altı Afrika ve Güney Asya ülkelerini oluşturan düşük ve düşük-orta gelirli ülkelerde yaşamaktadır.

[11] Çiftlerin korunma yöntemleri olmadan düzenli bir cinsel ilişki yaşamalarına rağmen en az bir yıl boyunca gebelik durumunun oluşmaması.

Tüm anne ölümlerinin yaklaşık %75'i şiddetli kanama (çoğunlukla postpartum kanama), genellikle postpartum dönemde gerçekleşen enfeksiyonlar, gebelikte yüksek tansiyon (preeklampsi ve eklampsi), doğumdan kaynaklanan komplikasyonlar ve güvenli olmayan kürtaja bağlı olarak meydana gelmiştir (WHO, 2025). Türkiye'de gerçekleşen anne mortalite oranları 2023 yılında 100.000 canlı doğumda 13,5 iken Avrupa Birliği'ne üye 27 ülkede 2020 yılında yaşanan anne mortalite oranı ise 6'dır (UN Women Türkiye & TÜİK, 2024). Önlenebilir anne mortalite oranlarının artmasında; kadının sağlık hizmeti talebinin gecikmesi, sağlık hizmetine erişememe ve hızlı ve yeterli obstetrik tedavinin sağlanmaması en güçlü nedenler arasındadır. Yapay zekânın sağlık sistemi içinde etkin kullanımı bu sorunların çözümüne ve kadın sağlığının yükseltilmesine önemli katkılar sunmaktadır. Bu bağlamda, sağlık profesyonellerinin tanı, tedavi ve bakım süreçlerinin yapay zekâ uygulamaları ile desteklenmesi, sağlık otomasyon sistemlerinin yapay zekâ ile güçlendirilmesi ve kadını, öz bakımı hakkında desteklemek, koruyucu önlemler ve psikososyal bakım konularında bilgilendirmek için yapay zekâ destekli platformların kullanılması gibi etkili girişimlerin hayata geçirilmesi çok önemlidir (Shrivastava, Singhal, Gupta & Joshi, 2023). Bu nedenle sağlık politika yapıcılarının yapay zekânın ve dijitalleşmenin önemini anlayarak bu yönde çalışmalar yapması ve sağlık profesyonellerini desteklemesi, sağlık hizmetlerinin kalitesinin ve gelişiminin artması için önem teşkil etmektedir (Üstün & Yıldız, 2024).

Günümüzde yapay zekânın ebelik ve obstetri alanlarında kullanımına yönelik çalışmalar giderek artmaktadır (Kaymak vd., 2024). Son yıllarda özellikle makine öğreniminin anne ve perinatal sağlığa uygulanmasına olan ilgi artmış olup, gebelik komplikasyonlarının tahmini, önlenmesi ve yönetiminin iyileştirilebileceğine yönelik çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda, anne sağlığına ilişkin risklerden gebelik sonuçlarına kadar uzanan birçok konuda çeşitli makine öğrenimi teknikleri araştırmacılar tarafından benimsenmiş olup obstetri[12] ve jinekolojide[13] veri odaklı yaklaşımlara yönelik önemli gelişmeler yaşanmıştır (Tzimourta vd., 2025). Yapay zekâ ile in vitro fertilizasyon (IVF)[14] tedavisinde gebelik sürecinin takibi, fetal kalp hızı hareketi ile fetüsün diğer aktiviteleri arasındaki ilişkiye bakı-

[12] Gebelik, doğum ve doğumdan hemen sonra anne ve fetüsün bakımıyla ilgili tıbbın bir uzmanlık alanı.
[13] Kadın sağlığı ve hastalıklarını inceleyen bilim dalı.
[14] Döllenmenin vücut dışında gerçekleştiği bir doğurganlık tedavisi türü.

larak patolojik olguların değerlendirilmesi (kromozom anomalilerinin saptanması), gebenin glisemik verilerinin ev ortamında doğrudan glikoz ölçüm cihazlarına yüklemesiyle ketonüri[15] ve diyet tedavisine uyum gibi durumların uzaktan değerlendirilmesi, gebelik yaşının daha uygun maliyete ve daha doğru tahminlerle belirlenmesi ve fetal kalp hızı takibinin evde yapılarak komplikasyonların daha erken belirlenmesi gibi çeşitli obstetrik uygulamalar yapılabilmektedir (Karagöl vd., 2023). Bunlara ek olarak yapay zekâ ile kardiyotokografiler[16] de değerlendirilebilmektedir. Böylece intrapartum[17] izlemde, kadın doğum uzmanları arasındaki tutarsızlıklar giderilerek daha net sonuçlar elde edilmektedir. Bu durum perinatal dönemdeki morbidite ve mortalite oranlarının azalmasına önemli katkılar sağlamaktadır (Desai, 2018). Ayrıca yapay zekâ destekli uygulamalar ile preterm[18] uterin[19] aktivite tespit edilerek preterm doğumların erken dönemde tespit edilmesi (Idowu vd., 2015), postpartum dönemde oluşabilecek kanama ve komplikasyonlar ile hipertansiyon, diyabet ve depresyon gibi sağlık sorunlarının saptanması (Göçmez & Gür, 2024) gibi obstetri alanındaki pek çok probleme yönelik etkili çözümler üretilebilmektedir.

Yapay zekâ teknolojisi, jinekoloji alanında hastalık önleme, hastalık teşhisi, tedavi başarısını tahmin etme, hastaları izleme ve tedavi komplikasyonlarını yönetmede risk değerlendirmesi yapmak amacıyla kullanılmaktadır. Ancak yapay zekânın jinekolojide uygulanması diğer tıbbi alanlara kıyasla hâlâ erken aşamadadır. Yapay zekâ, jinekolojik kanserlerin tanısında hekime yardımcı olmanın yanı sıra kronik hastalığı bulunan bireylerin yaşadığı belirtileri değerlendirme imkânı tanıyarak yaşam kalitesini arttırabilecek uygulamaları sağlama olanağı oluşturabilmektedir. Yapay zekâ teknolojisi, jinekolojik hastalıkların gelişme riskini ortaya koyabilecek teknikleri kullanarak hastalıkların önlenmesini sağlama potansiyeline sahiptir. Yapay zekâ ile jinekoloji ve jinekolojik onkolojiye ilişkin büyük miktarda veri analiz edilerek daha fazla ayrıntının incelenmesi mümkün olabilmektedir (Brandao vd., 2024; Polat & Arslan, 2023; Akalın & Alp, 2022). Yapay zekânın jinekolojideki uygulamaları yapay zekânın gelişimi ile birlikte giderek artmaktadır. Endometrial

[15] İdrarda keton cisimlerinin bulunması.
[16] Gebelik ve doğum sırasında fetal kalp atışını ve uterus kasılmalarını izlemek için kullanılan bir teknik.
[17] Doğum eyleminin başlangıcından, fetüsün ve plesentanın doğuma kadar olan süreç.
[18] 20. ve 37. gebelik haftaları arasında gerçekleşen doğum eylemi.
[19] Rahim.

karsinom,[20] IVF, uterin sarkom,[21] servikal intraepitelyal neoplazi[22] tespiti, jinekolojik kanser taraması, jinekolojik cerrahi, kolposkopi,[23] yardımcı tanı sistemi ve antikanser ilaçlarının geliştirilmesine yönelik jinekolojide yapay zekâ teknolojileri giderek daha da yaygın olarak kullanılmaktadır (Moro vd., 2024; Malani, Shrivastava & Raka, 2023; Sone vd., 2021; Iftikhar, Kuijpers, Khayyat, Iftikhar & De Sa, 2020).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay zekânın günümüzde ulaştığı nokta, yaşamın her alanının etkilenmesine sebep olmaktadır. Etkilenen bu alanlardan biri de eğitimdir. Yapay zekâ eğitim alanı için bir tehdit değil, tam tersine birçok fırsatı hem öğrenci hem de eğitimcilere sunan bir teknolojidir. Bu fırsatlar arasında pedagojik modellerle geliştirilmiş bireye özgü öğrenme yöntemleri oluşturma, ders ve ödev takibini gerçekleştirme, hızlı geri bildirim alma, öğrenme sürecine ilişkin ayrıntılı analiz sunma, öğrencinin kendini eksik hissettiği konuda tekrar yapabilmesini sağlama, daha kapsamlı literatüre ulaşma ile eğitimcilerin iş yükünü azaltarak daha fazla eğitim sürecine odaklanmasını, daha aktif danışmanlık hizmeti sunabilmesini ve öğrenme sürecine ilişkin daha fazla bilgi sahibi olmasını sağlama hususları yer almaktadır. Yapay zekâ teknolojilerinin yükseköğretimde etkin olarak kullanımı, eğitim ve öğretime ilişkin uygulamaların değişmesine ve öğrenci merkezli kişiselleştirilmiş eğitim anlayışının yerleşmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca akademisyenin eğitim sürecine ilişkin gereksinimleri belirleyerek uygun öğrenme modelini kullanabilmesine ve böylece etkili bir öğrenme sürecinin öğrenciler tarafından deneyimlenmesine fırsat sunmaktadır. Bu nedenle yapay zekâ destekli eğitim programlarının ebelik eğitimine entegre edilmesi, alanında yetkin ebelerin yetişmesi adına çok önemli bir girişimdir. Ebeler, anne ve yenidoğan sağlığının geliştirilmesinde merkezî bir konumdadır. Anne, fetüs ve yenidoğan sağlığına ilişkin göstergelerin iyileştirilmesinde, daha nitelikli sağlık bakımı verilerek önlenebilir anne ölüm oranlarının azaltılmasında, toplum sağlığının geliştirilmesinde ve sağlıklı nesillerin yetişmesinde ebele-

[20] Endometriyum (rahim iç duvarı) kanseri.
[21] Rahim dokularında ya da kaslarında meydana gelen bir kanser türü.
[22] Rahim ağzı kanseri öncüsü olan lezyon.
[23] Rahim ağzının, vajinanın ve vulvanın (kadın dış üreme organlarının yer aldığı bölge) kolposkopi adı verilen özel bir mikroskop sistemiyle incelenmesi işlemi.

rin rol ve sorumlulukları çok önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle ebelik eğitiminin teknolojik gelişmelere paralel olarak geliştirilmesi ve öğrencilere yapay zekâ okuryazarlığının kazandırılması ebelerin bu teknolojiyi bilinçli, güvenli, etik ve amacına uygun etkili kullanabilmesi için oldukça önemlidir. Bu bağlamda ebelere yapay zekâ teknolojilerine ilişkin temel eğitimin verilmesi, iyi bir beceriye sahip olmalarını sağlayacak uygulama fırsatlarının sunulması ve teknolojideki gelişmelere ve inovasyona karşı ön yargıları kaldıracak çeşitli uygulamaların geliştirilmesi ve hayata geçirilmesi gereklidir. Bu konuda çağın gereklerine uygun politikaların oluşturulması ve bu politikaların aktif olarak uygulanabilmesi için yetkili kurum ve kuruluşlara büyük sorumluluk düşmektedir. Bu doğrultuda;

- Üniversitelerin gelecek vizyonlarını hazırlarken yapay zekâ teknolojilerini benimsemesi ve bu konudaki akademik çalışmaları desteklemesi,
- Yapay zekâ okuryazarlığının yükseköğretime entegrasyonunu sağlayacak öğretim yöntemleri ve müfredata yönelik yenilikçi yaklaşımların geliştirilmesi,
- Yapay zekâ okuryazarlığına ilişkin ücretsiz kursların ve hizmet içi eğitimlerin üniversiteler tarafından düzenlenmesi,
- Yapay zekâ teknolojilerini bilen ve etkili bir şekilde kullanabilen nitelikli akademisyenlerin ve ebeler başta olmak üzere sağlık profesyonellerinin yetiştirilmesi,
- Akademisyenlerin ve ebelik öğrencilerinin yapay zekâyı etkili kullanabilmelerine katkı sağlayacak teknoloji laboratuvarlarının oluşturulması,
- Ebelik öğrencilerinin klinik becerilerin arttırılmasına yönelik yapay zekâ destekli uygulamaların geliştirilerek eğitim ve öğretimde etkin bir şekilde uygulanması,
- Sağlık hizmetlerinin iyileştirilmesinde yapay zekâ teknolojilerinden faydalanılmasını sağlayacak ulusal stratejilerin geliştirilmesi ve sağlık kurum ve kuruluşları tarafından bu politikaların etkin bir şekilde benimsenmesi ve uygulanması,
- Ebelerin sunduğu sağlık hizmetinin verimliliğini arttıracak yapay zekâ destekli uygulamaların geliştirilmesi,

- Sahada aktif olarak çalışan ebelerin, dijital okuryazarlık becerileri edinmeleri ve bu becerilere uyum sağlamaları çok önemli unsurlardır.

Böylece teknolojik ve bilimsel gelişmelere açık, daha iyi öğrenme çıktılarına sahip, kanıta dayalı verilerle bakım yapabilen, klinik araştırmalar gerçekleştirebilen, mesleki aidiyet duygusu yüksek, yapay zekâyı etik değerler çerçevesinde verimli kullanabilen ve inovatif bakış açısına sahip donanımlı ebelerin yetişmesi mümkün olacaktır. Yapay zekânın ebelik eğitimine entegre edilmesi; anne, fetüs ve yenidoğan sağlığının iyileştirilmesine, morbidite ve mortalite oranlarının azalmasına, sunulan bakımın kalitesinin artmasına, yapay zekâ destekli kanıta dayalı araştırmaların yapılmasına ve ebelerin klinik becerilerinin artmasına katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Acar, S. (2024). Dijitalleşme ve kurumsal dijital sorumluluk kavramı: Güncel örneklere yönelik bir inceleme. *Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 35, 497-529. https://doi.org/10.15182/diclesosbed.1386297

Ahmad, S. F., Alam, M. M., Rahmat, M. K., Mubarik, M. S., & Hyder, S. I. (2022). Academic and administrative role of artificial intelligence in education. *Sustainability,* 14(3), 1101, 1-11. https://doi.org/10.3390/su14031101

Akalın, B., & Veranyurt, Ü. (2020). Sağlıkta dijitalleşme ve yapay zekâ. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Yönetimi Dergisi,* 2(2): 131-141.

Akalın, B., & Alp, F. (2022). Onkoloji alanında yapay zekâ yöntemleri. *Gevher Nesibe Tıp ve Sağlık Bilimleri Dergisi,* 7(18), 81-92. https://doi.org/10.46648/gnj.387

Akandere, G. (2021). Dijitalleşme düzeyi ve yeşil lojistik uygulamaların lojistik performansa etkisi. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 11(4), 1979-2000. https://doi.org/10.30783/nevsosbilen.1022778

Akdeniz, M., & Özdinç, F. (2021). Eğitimde yapay zekâ konusunda Türkiye adresli çalışmaların incelenmesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi,* 18(1), 912-932.

Akgun, S., & Greenhow, C. (2022). Artifcial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings. *AI and Ethics,* 2, 431-440. https://doi.org/10.1007/s43681-021-00096-7

Akın, E., & Şahin, M. E. (2024). Derin öğrenme ve yapay sinir ağı modelleri üzerine bir inceleme. *EMO Bilimsel Dergi,* 14(1), 27-38.

Aktürk, S., & Serbest, K. (2022). Nesne tespiti için derin öğrenme kütüphanelerinin incelenmesi. *Journal of Smart Systems Research,* 3(2), 97-119.

Alacadağlı, E. (2019). Bilgi yönetimi, dijitalleşme ve Türk sağlık sistemi. *Turkish Studies,* 14(2), 67-86.

Al-Karawi, D., Al-Zaidi, S., Helael, K. A., Obeidat, N., Mouhsen, A. M., Ajam, T., Alshalabi, B. A., Salman, M., & Ahmed, M. H. (2024). A review of artificial intelligence in breast imaging. *Tomography,* 10(5), 705-726. https://doi.org/10.3390/ tomography10050055

Al-Zahrani, A. M., & Alasmari, T. M. (2024). Exploring the impact of artificial intelligence on higher education: The dynamics of ethical, social, and educational implications. *Humanities & Social Sciences Communications,* 11, 912, 1-12. https://doi.org/10.1057/s41599-024-03432-4

Amezcua-Prietoa, C., Fernandez-Luna, J. M., Huete-Guadix, J. F., Bueno-Cavanillasa, A., & Khan, K. S. (2020). Artificial intelligence and automation of systematic reviews in women's health. *Current Opinion in Obstetrics and Gynecology,* 32(5), 335-341. https://doi.org/10.1097/GCO.0000000000000643

Arslan, K. (2020). Eğitimde yapay zekâ ve uygulamaları. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi,* 11(1), 71-88.

Aşık, F., Yıldız, A., Kılınç, S., Aytekin, N., Adalı, R., & Kurnaz, K. (2023). Yapay zekânın eğitime etkileri. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research,* 10(98), 2100-2107.

Atalay, M., & Çelik, E. (2017). Büyük veri analizinde yapay zekâ ve makine öğrenmesi uygulamaları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 9(22), 155-172. https://doi.org/10.20875/makusobed.309727

Ataseven, B. (2013). Yapay sinir ağları ile öngörü modellemesi. *Öneri Dergisi,* 10(39), 101-115.

Atmaca, Y., & Karaçay, F. (2020). Türkiye'deki kamu yönetimi reformlarında dijitalleşme ve e-yönetişim. *International Journal of Management and Administration,* 4(8), 260-280. https://doi.org/10.29064/ijma.779263

Aylak, B. L., Oral, O., & Yazıcı, K. (2021). Yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin lojistik sektöründe kullanımı. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi,* 8(1), 74-93. https://doi.org/10.31202/ecjse.776314

Bakırtaş, T., & Ustaömer, K. (2019). Türkiye'nin bankacılık sektöründe dijitalleşme olgusu. *Ekonomi, İşletme ve Yönetim Dergisi,* 3(1), 1-24.

Baloğlu, Ö. Ö. (2023). Teknolojik bir dönüşüm olarak dijitalleşme kavramı ve etkileri. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 13(2), 1189-1210. https://doi.org/10.30783/nevsosbilen.1276723

Bharj, K. K., Luyben, A., Avery, M. D., Johnson, P. G., O'Connell, R., Barger, M. K., & Bick, D. (2016). An agenda for midwifery education: Advancing the state of the world's midwifery. *Midwifery,* 33, 3-6. https://doi.org/10.1016/j.midw.2016.01.004

Bidik, N. U. (2025). Theoretical and clinical learning experiences and expectations of midwifery students using the artificial intelligence tool ChatGPT: A qualitative study. *European Journal of Education*, 60, e12848, 1-8. https://doi.org/10.1111/ejed.12848

Bidik, N. U., & Turan, Z. (2025). Examining the relationship between midwives' attitudes toward artificial intelligence use and their job satisfaction. *BMC Nursing,* 24, 771, 1-8. https://doi.org/10.1186/s12912-025-03346-9

Bond, M., Khosravi, H., De Laat, M., Bergdahl, N., Negrea, V., Oxley, E., Pham, P., Chong, S. W., & Siemens, G. (2024). A meta systematic review of artifcial intelligence in higher education: A call for increased ethics, collaboration, and rigour. *International Journal of Educational Technology in Higher Education,* 21(4), 1-41. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00436-z

Bozkurt, A. (2023). ChatGPT, üretken yapay zekâ ve algoritmik paradigma değişikliği. *Alanyazın,* 4(1), 63-72. https://doi.org/10.59320/alanyazin.1283282

Brandao, M., Mendes, F., Martins, M., Cardoso, P., Macedo, G., Mascarenhas, T., & Saraiva, M. M. (2024). Revolutionizing women's health: A comprehensive review of artificial intelligence advancements in gynecology. *Journal of Clinical Medicine,* 13(4), 1061, 1-21. https://doi.org/10.3390/jcm13041061

Bulut, B., & Hüseyinoğlu, S. (2024). Ebelik eğitiminde yapay zekâ ve öğrenci başarısına etkisi. Doğan, R. A., ve Hüseyinoğlu, S. (Ed.). *Ebelik ve Kadın Sağlığı Üzerine Güncel Araştırmalar* içinde 19-42. Özgür Yayınları: Gaziantep. https://doi.org/10.58830/ozgur.pub528.c2145

Chaudhry, M. A., & Kazim, E. (2022). Artifcial intelligence in education (AIEd): A high-level academic and industry note 2021. *AI and Ethics,* 2, 157-165. https://doi.org/10.1007/s43681-021-00074-z

Chan, M. M. K., Wan, A. W. H., Cheung, D. S. K., Choi, E. P. H., Chan, E. A., Yorke, J., & Wang, L. (2025). Integration of artificial intelligence in nursing simulation education: A scoping review. *Nurse Educator,* 50(4), 195-200. https://doi.org/10.1097/NNE.0000000000001851

Chen, L., Chen, P., & Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *IEEE Access,* 8, 75264-75278. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2988510

Chen, X., Xie, H., Zou, D., & Hwang, G. (2020). Application and theory gaps during the rise of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence,* 1, 100002, 1-20. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100002

Crompton, H., & Burke, D. (2023). Artifcial intelligence in higher education: The state of the field. *International Journal of Educational Technology in Higher Education,* 20, 22, 1-22. https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8

Çelik, L., & Tetik, M. (2016). Investigation of information technologies usage skills of Afyonkarahisar Oral and Dental Health Center staff. *Journal of Strategic Research in Social Science,* 2(1), 45-60.

Çilhoroz, Y., & Işık, O. (2021). Yapay zekâ: Sağlık hizmetlerinden uygulamalar. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 23(2), 573-588.

Çolak, M. B., & Can, H. Ö. (2021). Ebelikte yeterlilik, yetkinlik ve teknoloji kullanımı. *Türkiye Klinikleri Sağlık Bilimleri Dergisi,* 6(2), 340-349. https://doi.org/10.5336/healthsci.2020-75575

Delanerolle, G., Yang, X., Shetty, S., Raymont, V., Shetty, A., Phiri, P., Hapangama, D. K., Tempest, N., Majumder, K., & Shi, J. Q. (2021). Artificial intelligence: A rapid case for advancement in the personalization of gynaecology/obstetric and mental health care. *Women's Health,* 17, 1-20. https://doi.org/10.1177/17455065211018111

Desai, G. S. (2018). Artificial intelligence: The future of obstetrics and gynecology. *The Journal of Obstetrics and Gynecology of India,* 68(4), 326–327. https://doi.org/10.1007/s13224-018-1118-4

Dömbekçi, H. A., Güzel, Ş., & Kılıç, F. (2023). Sağlık hizmetlerinde dijitalleşme üzerine idari personel görüşleri: Nitel bir araştırma. *Sağlık ve Sosyal Refah Araştırmaları Dergisi,* 5(1), 73-84. https://doi.org/10.55050/sarad.1214773

Ekrem, E. C., & Daşıkan, Z. (2021). Perinatal dönemde yapay zekâ teknolojisinin kullanımı. *Eurasian Journal of Health Technology Assessment,* 5(2), 147-162. https://doi.org/10.52148/ehta.980568

Endo, P. T. (2025). Artificial intelligence for women and child healthcare: Is AI able to change the beginning of a new story? A Perspective. *Health Science Reports,* 8, e70779, 1-4. https://doi.org/10.1002/hsr2.70779

Ersöz, B., & Özmen, M. (2020). Dijitalleşme ve bilişim teknolojilerinin çalışanlar üzerindeki etkileri. *AJIT-e: Bilişim Teknolojileri Online Dergisi,* 11(42), 170-179. https:/doi.org/10.5824/ajite.2020.03.007.x

Ferguson, B., Baldwin, A., Harvey, C., & Henderson, A. (2025). Navigating quality and innovation: Actor-network theory and hybrid assemblages

in midwifery practice, implications of maternity early warning tools and artificial intelligence. *Nursing Inquiry,* 32(2), e70001, 1-11. https://doi.org/10.1111/nin.70001

Foltynek, T., Bjelobaba, S., Glendinning, I., Khan, Z. R., Santos, R., Pavletic, P., & Kravjar, J. (2023). ENAI recommendations on the ethical use of artifcial intelligence in education. *International Journal for Educational Integrity,* 19, 12, 1-4. https://doi.org/10.1007/s40979-023-00133-4

Georgieva, G. T., Serbezova, I., & Beloeva, S. (2025). Application of virtual reality, artificial intelligence, and other innovative technologies in healthcare education (nursing and midwifery specialties): Challenges and strategies. *Education Sciences,* 15(1), 11, 1-23. https:// doi.org/10.3390/educsci15010011

Gezici, F., Gonidis, D. Ç., Hatipoğlu, İ., Evci, D., & Selçuk, F. (2021). Türkiye'de gıda perakendeciliğinde dijitalleşme ve Covid-19'un dijitalleşme üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik nitel bir araştırma. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 39(Covid 19 Özel Sayısı), 91-107. https://doi.org/10.17065/huniibf.905551

Giaxi, P., Vivilaki, V., Sarella, A., & Gourounti, K. (2025). Artificial intelligence in midwifery: A scoping review of current applications, future prospects, and midwives' perspectives. *Healthcare,* 13, 942, 1-13. https://doi.org/10.3390/healthcare13080942

Gocen, A., & Aydemir, F. (2020). Artificial intelligence in education and schools. *Research on Education and Media,* 12(1), 13-21. https://doi.org/10.2478/rem-2020-0003

Göçmez, S., & Gür, E. Y. (2024). Postpartum komplikasyon yönetiminde yapay zekâ teknolojisi ve ebelik bakımına katkısı. *Anatolian Journal of Health Research,* 5(2), 189-193. https://doi.org/10.61534/anatoljhr.1402380

Göde, A. (2024). Halk sağlığında yapay zekâ (YZ) kullanımı ve geleceği. *TOGÜ Erbaa Sağlık ve Yönetim Dergisi,* 1(1), 1-16.

Hernon, O., McSharry, E., MacLaren, I., & Carr, P. J. (2023). The use of educational technology in teaching and assessing clinical psychomotor skills in nursing and midwifery education: A state-of-the-art literature review. *Journal of Professional Nursing*, 45, 35-50. https://doi.org/10.1016/j.profnurs.2023.01.005

Hertling, S., Hertling, D., Loos, F., Martin, D., & Graul, I. (2021). Digitization in gynecology and obstetrics in times of COVID-19: Results of a national survey. *Internet Interventions,* 26, 100478, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.invent.2021.100478

Hossain, M. S., Syeed, M. M. M., Fatema, K., & Uddin, M. F. (2022). The perception of health professionals in Bangladesh toward the digitalization of the health sector. *International Journal of Environmental Research Public Health,* 19(20), 13695-13716. https://doi.org/10.3390/ ijerph192013695

Huang, J., Saleh, S., & Liu, Y. (2021). A review on artificial intelligence in education. *Academic Journal of Interdisciplinary Studies,* 10(3), 206-217. https://doi.org/10.36941/ajis-2021-0077

Huang, L. (2023). Ethics of artificial intelligence in education: Student privacy and data protection. *Science Insights Education Frontiers,* 16(2), 2577-2587. https://doi.org/10.15354/sief.23.re202

Hwang, G., Xie, H., Wah, B. W., & Gasevic, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence,* 1, 100001, 1-5. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001

Idowu, I. O., Fergus, P., Hussain, A., Dobbins, C., Khalaf, M., Eslava, R. V. C., & Keight, R. (2015). Artificial intelligence for detecting preterm uterine activity in gynacology and obstertric care. 2015 IEEE International Conference on Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing. Liverpool, United Kingtom, 26-28 October 2015. https://doi.org/10.1109/CIT/IUCC/DASC/PICOM.2015.31

Iftikhar, P., Kuijpers, M. V., Khayyat, A., Iftikhar, A., & De Sa, M. D. (2020). Artificial intelligence: A new paradigm in obstetrics and gynecology research and clinical practice. *Cureus,* 12(2), e7124, 1-9. https://doi.org/10.7759/cureus.7124

Irwin, P., Jones, D., & Fealy, S. (2023). What is ChatGPT and what do we do with it? Implications of the age of AI for nursing and midwifery practice and education: An editorial. *Nurse Education Today,* 127, 105835, 1-3. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2023.105835

Kalantarion, M., Heidari, M., Khajeali, N., Khorrami, Z., & Amini, M. (2025). Impact of artificial intelligence on academic performance in medical education: A systematic review. *Journal of Education and Health Promotion,* 14(1), 234, 1-10. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_2071_23

Kaplan, M., Çakar, F., & Bingöl, H. (2024). Sağlık alanında yapay zekânın kullanımı: Derleme. *Muş Alparslan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi,* 4(3), 75-85.

Karaca, İ., & Karaca, N. (2021). 2023 Vizyon Belgesi'nin dijitalleşme açısından incelenmesi. *Ulusal Eğitim Akademisi Dergisi,* 5(1), 1-8.

Karagöl, B., Bilmez, G., Arıöz, A., & Şahin, S. (2023). Kadın sağlığı alanında teknoloji kullanımı ve bakım. *Türkiye Sağlık Araştırmaları Dergisi,* 4(3), 57-69.

Karagöz, J. G. (2018). Sağlıkta dijital dönüşüm, yapay zekâ (AI) ve nesnelerin interneti (IoT). 1. Baskı. Kutlu Yayınevi: İstanbul.

Karakaya, B. H., Aykol, A. S., & Merih, Y. D. (2022). Yapay zekâ teknolojisinin perinatal dönem bakımına entegrasyonu ve uygulama örnekleri. *Türkiye Sağlık Enstitüleri Başkanlığı Dergisi,* 5(2), 1-11. https://doi.org/10.54537/tusebdergisi.1154089

Kaymak, Z. D., Turan, Z., Bidik, N. U., & Unkazan, S. (2024). Effects of midwifery and nursing students' readiness about medical artificial intelligence on artificial intelligence anxiety. *Nurse Education in Practice,* 78, 103994, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.nepr.2024.103994

Keskenler, M. F., & Keskenler, E. F. (2017). Geçmişten günümüze yapay sinir ağları ve tarihçesi. *Takvim-i Vekayi,* 5(2), 8-18.

Khairullah, S. A., Harris, S., Hadi, H. J., Sandhu, R. A., Ahmad, N., & Alshara, M. A. (2025). Implementing artificial intelligence in academic and administrative processes through responsible strategic leadership in the higher education institutions. *Frontiers in Education,* 10, 1548104, 1-24. https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1548104

Khosravi, H., Shum, S. B., Chen, G., Conati, C., Tsai, Y., Kay, J., & Knight, S. (2022). Explainable artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence,* 3, 100074, 1-22. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100074

Kılıç, T., & Tosun, N. (2021). Akıllı sağlık ekosistemi ve güncel uygulama örnekleri. *İşletme Bilimi Dergisi (JOBS),* 9(3), 543-564. https://doi.org/10.22139/jobs.1019007

Kim, H. K. (2024). The effects of artificial intelligence chatbots on women's health: A systematic review and meta-analysis. *Healthcare,* 12(5), 534, 1-16. https://doi.org/10.3390/healthcare12050534

Kranz, A., & Abele, H. (2024). The impact of artificial intelligence (AI) on midwifery education: A scoping review. *Healthcare,* 12, 1082, 1-13. https://doi.org/10.3390/healthcare12111082

Küçükali, R., & Çoşkun, H. C. (2021). Eğitimde dijitalleşme ve yapay zekânın okul yöneticiliğindeki yeri. *Uluslararası Liderlik Çalışmaları Dergisi: Kuram ve Uygulama*, 4(2), 124-135. https://doi.org/ 10.52848/ijls.852119

Lau, P. L., Nandy, M., & Chakraborty, S. (2023). Accelerating UN Sustainable Development Goals with AI-Driven technologies: A systematic literature review of women's healthcare. *Healthcare*, 11(3), 401, 1-16. https://doi.org/10.3390/healthcare11030401

Luan, H., Geczy, P., Lai, H., Gobert, J., Yang, S. J. H., Ogata, H., Baltes, J., Guerra, R., Li, P., & Tsai, C. C. (2020) Challenges and future directions of big data and artificial intelligence in education. *Frontiers in Psychology,* 11, 580820, 1-11. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.580820

Malani, S. N., Shrivastava, D., & Raka, M. S. (2023). A comprehensive review of the role of artificial intelligence in obstetrics and gynecology. *Cureus,* 15(2), e34891, 1-10. https://doi.org/10.7759/cureus.34891

Marotta, A. (2022). When AI is wrong: Addressing liability challenges in women's healthcare. *Journal of Computer Information Systems,* 62(6), 1310–1319. https://doi.org/10.1080/08874417.2022.2089773

Mena-Guacas, A. F., Rodriguez, J. A. U., Trujillo, D. M. S., Gomez-Galan, J., & Lopez-Meneses, E. (2023). Collaborative learning and skill development for educational growth of artificial intelligence: A systematic review. *Contemporary Educational Technology,* 15(3), ep428, 1-17. https://doi.org/10.30935/cedtech/13123

Moro, F., Ciancia, M., Zace, D., Vagni, M., Tran, H. E., Giudice, M. T., Zoccoli, S. G., Mascilini, F., Ciccarone, F., Boldrini, L., D'Antonia, F., Scambia, G., & Testa, A. C. (2024). Role of artificial intelligence applied to ultrasound. *International Journal of Cancer,* 155, 1832-1845. https://doi.org/10.1002/ijc.35092

Najafi, T. F., Andaroon, N., Bolghanabadi, N., Sharifi, N., & Dashti, S. (2025). Gamification in midwifery education: A systematic review. *BMC Medical Education,* 25, 297, 1-13. https://doi.org/10.1186/s12909-025-06880-x

Nguyen, A., Ngo, H. N., Hong, Y., Dang, B., & Nguyen, B. T. (2023). Ethical principles for artificial intelligence in education. *Education and Information Technologies,* 28, 4221–4241. https://doi.org/10.1007/s10639-022-11316-w

Norori, N., Hu, Q., Aellen, F. M., Faraci, F. D., & Tzovara, A. (2021). Addressing bias in big data and AI for health care: A call for open science. *Patterns,* 2(10), 100347, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.patter.2021.100347

O'Connor, S., Kennedy, S., Wang, Y., Ali, A., Cooke, S., & Booth, R. G. (2022). Theories informing technology enhanced learning in nursing and midwifery education: A systematic review and typological classification. *Nurse Education Today,* 118, 105518, 1-11. https://doi.org/10.1016/j.nedt.2022.105518

O'Connor, S., Yan, Y., Thilo, F. J. S., Felzmann, H., & Dowding, D. (2023). Artificial intelligence in nursing and midwifery: A systematic review. *Journal of Clinical Nursing,* 32(13-14), 2951-2968. https://doi.org/10.1111/jocn.16478

Okutan, Y. A. (2025). Sağlıkta dijitalleşme: Yapay zekânın sağlık turizmine yansımaları. Karaçar, E., Şat, R. (Ed.). *Dijital Pazarlama Çalışmaları* içinde 71-84. Özgür Yayınları: Gaziantep. https://doi.org/10.58830/ozgur.pub680.c2846

Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence,* 2, 100020 1-6. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100020

Önder, E. (2020). Sağlıkta gelişmekte olan teknolojiler yapay zekâ & R ile makine öğrenimi uygulamaları.1. Baskı. Dora: Bursa.

Pham, S. T. H., & Sampson, P. M. (2022). The development of artificial intelligence in education: A review in context. *Journal of Computer Assisted Learning,* 38(5), 1408-1421. https://doi.org/10.1111/jcal.12687

Pisica, A. I., Edu, T., Zaharia, R. M., & Zaharia, R. (2023). Implementing artificial intelligence in higher education: Pros and cons from the perspectives of academics. *Societies,* 13, 118, 1-13. https://doi.org/ 10.3390/soc13050118

Polat, G., & Arslan, H. K. (2023). Artificial intelligence in clinical and surgical gynecology. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi,* 21, 1232-1241. https://doi.org/10.38079/igusabder.1291375

Schwalbe, N., & Wahl, B. (2020). Artificial intelligence and the future of global health. *The Lancet,* 395(10236), 1579-1586. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30226-9

Shrivastava, R., Singhal, M., Gupta, M., & Joshi, A. (2023). Development of an artificial intelligence–guided citizen-centric predictive model for the uptake of maternal health services among pregnant women living in urban slum settings in India: Protocol for a cross-sectional study with a mixed methods design. *JMIR Research Protocols,* 12, e35452, 1-10. https://doi.org/10.2196/35452

Sone, K., Toyohara, Y., Taguchi, A., Miyamoto, Y., Tanikawa, M., Uchino-Mori, M., Iriyama, T., Tsuruga, T., & Osuga, Y. (2021). Application of artificial intelligence in gynecologic malignancies: A review. *The Journal of Obstetrics and Gynaecology Research,* 47(8), 2577-2585. https://doi.org/10.1111/jog.14818

Şahin, H. (2024). Tarımsal akıllı sulama sistemlerinde yapay zekâ, derin öğrenme ve nesnelerin interneti uygulamaları. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi,* 20(1), 41-60.

Şimşek, S. (2022). Türkiye'de kadın sağlığı sorunları ve etkileyen faktörler. *The Journal of World Women Studies,* 7(1), 37-44. https://doi.org/10.5281/zenodo.7459850

Şimşir, İ., & Mete, B. (2021). Sağlık hizmetlerinin geleceği: Dijital sağlık teknolojileri. *Journal of Innovative Healthcare Practices,* 2(1), 33-39.

Tahiroğlu, A. F., & Bozkurt, C. (2021). Dijitalleşme ve Covid-19 pandemisi arasındaki ilişki: Uygulamalı bir analiz. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi,* 9(2), 145-154.

Tan, F. G., Yüksel, A. S., Aydemir, E., & Ersoy, M. (2021). Derin öğrenme teknikleri ile nesne tespiti ve takibi üzerine bir inceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi,* 25, 159-171. https://doi.org/10.31590/ejosat.878552

Tanveer, M., Hassan, S., & Bhaumik, A. (2020). Academic policy regarding sustainability and artificial intelligence (AI). *Sustainability,* 12, 9435, 1-13. https://doi.org/10.3390/su12229435

Triberti, S., Di Fuccio, R., Scuotto, C., Marsico, E., & Limone, P. (2024). "Better than my professor?" How to develop artificial intelligence tools for higher education. *Frontiers in Artificial Intelligence,* 7, 1329605, 1-9. https://doi.org/10.3389/frai.2024.1329605

Tzimourta, K. D., Tsipouras, M. G., Angelidis, P., Tsalikakis, D. G., & Orovou, E. (2025). Maternal health risk detection: Advancing midwifery with artificial intelligence. *Healthcare,* 13(7), 833, 1-21. https://doi.org/10.3390/healthcare13070833

United Nations Women Türkiye, & Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). Türkiye'de İstatistiklerle Kadın 2024. 24.06.2025 tarihinde https://www.tuik.gov.tr/media/announcements/istatistiklerle_kad%C4%B1n2024.pdf adresinden erişildi.

Ülger, D. K., & Külcü, Ö. (2016). Dijitalleştirme çalışmalarına kültürel miras ölçeğinde genel bir bakış: VEKAM örneği. *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi,* 2(1), 42-55.

Üstün, Ö., & Yıldız, A. T. (2024). Sağlıkta dijitalleşme ve akıllı hastaneler. Biçer, E. B., Üstün, Ö. (Ed.). *Sağlıkta Yeni Ufuklar: Dijitalleşme ve Global Perspektifler* içinde 1-14. Akademisyen Yayınevi: Ankara.

Vieriu, A. M., & Petrea, G. (2025). The impact of artificial intelligence (AI) on students' academic development. *Education Sciences,* 15(3), 343, 1-12. https://doi.org/10.3390/educsci15030343

Visconti, R. M., & Morea, D. (2020). Healthcare digitalization and pay-for-performance incentives in smart hospital project financing. *International Journal of Environmental Research and Public Health,* 17(7), 2318-2342. https://doi.org/10.3390/ijerph17072318

Wang, S., Wang, F., Zhu, Z., Wang, J., Tran, T., & Du, Z. (2024). Artificial intelligence in education: A systematic literature review. *Expert Systems With Applications,* 252, 124167, 1-19. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.124167

World Health Organization. (2025). Trends in maternal mortality estimates 2000 to 2023: Estimates by WHO, UNICEF, UNFPA, World Bank Group and UNDESA/Population Division. 24.06.2025 tarihinde https://www.who.int/publications/i/item/9789240108462 adresinden erişildi.

Yenikaya, M. A., & Oktaysoy, O. (2023). Yapay zekâ uygulamalarının sağlık sektöründe kullanımı: Derin öğrenme yöntemiyle ön tanı. *Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Dergisi,* 5(2), 127-131. https://doi.org/10.47542/sauied.1394746

Yoldemir, T. (2020). Artificial intelligence and women's health. *Climacteric,* 23(1), 1-2. https://doi.org/10.1080/13697137.2019.1682804

Yücel, G., & Adiloğlu, B. (2019). Dijitalleşme - Yapay zekâ ve muhasebe beklentiler. *Muhasebe ve Finans Tarihi Araştırmaları Dergisi,* 17, 47-60.

Yücel, U., Gürsu, S., Aktay, D. M., Can, E., & Akkurt, B. (2025). Ebelik mesleğini güçlendirmeye yönelik küresel stratejik hedeflerin Türkiye'de uygulanma durumu: Akademisyenler perspektifinden bir değerlendirme. *TOGÜ Sağlık Bilimleri Dergisi,* 5(2), 154-169.

Zhai, X., Chu, X., Chai, C. S., Jong, M. S. Y., Istenic, A., Spector, M., Liu, J., Yuan, J., & Li, Y. (2021). A review of artificial intelligence (AI) in education from 2010 to 2020. *Complexity,* 1, 8812542, 1-18. https://doi.org/10.1155/2021/8812542

BÖLÜM 14

YAPAY ZEKÂ TABANLI YENİLİKÇİ UYGULAMALARIN AĞAÇİŞLERİ ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ EĞİTİMİNE KATKILARI

Yeliz Öztürk

ÖZET

Mühendislik, teknolojiden üst düzeyde yararlanan bir bilim dalıdır. Yapay zekâ destekli uygulamalar ile yeni öğretim ve öğrenme çözümlerinin üretilebilmesi, eğitim alanında yeni teknolojilerin benimsenmesini ve kullanılmasını kolaylaştırmıştır. Yapay zekâ destekli mühendislik eğitimi, bilimsel ve teknolojik gelişmeler ışığında yükseköğretim kurumlarında verilen eğitim ve öğretim sürecinin yapay zekâ programları kullanılarak iyileştirilmesini ve geliştirilmesini kapsamaktadır. Bu bağlamda yapay zekâ teknolojilerinin ağaçişleri endüstri mühendisliği eğitiminde kullanılması; sanal öğrenci laboratuvarlarının oluşturulmasına ve burada çeşitli deneylerin yapılabilmesine, teknolojik gelişmelere paralel olarak daha nitelikli ve kaliteli üniversite eğitiminin verilebilmesine, disiplinlerarası eğitimlerin ve araştırmaların yapılabilmesine, öğrencilerinin akademik bilgi, beceri ve donanımlarının artmasına, teorik bilginin uygulamaya yansıtılabilmesini kolaylaştırmasına, daha sürdürülebilir ve eşitlikçi bir eğitim olanağının oluşmasına, yenilikçi üretim tekniklerinin geliştirilmesine ve buna bağlı olarak ülke ekonomisine katkı sağlanmasına olanak sunar. Bu çalışmada, yapay zekâ, makine öğrenimi ve derin öğrenme kavramları ile yapay zekânın eğitimde kullanım alanları ve önemi, mühendislikteki rolü ve ağaçişleri endüstrisine sunacağı katkılar üzerinde durulmuştur. Bu çalışma ile yapay zekâ tabanlı yenilikçi uygulamaların ağaçişleri endüstri mühendisliği eğitimine katkılarının ortaya konulması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağaçişleri Endüstri Mühendisliği, Eğitim, Yapay Zekâ

GİRİŞ

Bilgi, enformasyon ve veri öğrenenler için temel gereksinimdir. Bilgi, insanın anladığı düzenli kalıpları ve soyut gerçekleri tanımlar. Bilgi, haberler ve bağlamsal veri akışı gibi zamanında olan aktarılabilir içeriktir. Bu nedenle genellikle semantiktir ve çoğu zaman kitaplar ve araştırma maka-

leleri ile sınırlı kalabilmektedir. Bilginin makineler için yorumlanabilir ve yararlı olması için modellenmesi, dönüştürülmesi ve üretilmesi gereklidir (Jiang, Li, Luo, Yin & Kaynak, 2022). Yapay zekânın gelişimi, bilgi toplumunun gelişimine büyük ölçüde bağımlıdır ve insan gelişimini güçlü bir şekilde etkilemektedir. Bilgi toplumu, bilginin oluşturulması, kullanılması, paylaşılması, bütünleştirilmesi ve işlenmesinin merkezi bir ekonomik, politik ve kültürel faaliyet olduğu bir toplumdur. Başlıca itici güçleri ise bilgi patlamasına yol açan ve toplumun tüm yönlerini kökten değiştiren dijital bilgi ve iletişim teknolojileridir (Gams, Gu, Harma, Munoz & Tam, 2019). Dijital teknolojiler, veri üretebilen, depolayabilen veya işleyebilen elektronik araçlar, sistemler, cihazlardan oluşmaktadır. Yapay zekâ, büyük veri, nesnelerin interneti, robotik, blockchain teknolojisi ve bulut bilişim en yaygın olarak benimsenen yeni dijital teknolojilerdir (Lyu & Liu, 2021). Yapay zekâ, sağlık hizmetleri, eğitim, istihdam, eğlence, güvenlik ve ulaşım dâhil olmak üzere çeşitli alanlarda insanların yaşamlarını iyileştirmek için paha biçilmez olanaklar sunmaktadır (Berente, Gu, Recker & Santhanam, 2021). Bu nedenle 21. yüzyıl dünyasında yapay zekâ; mühendislik, bilim, eğitim, tıp, işletme, muhasebe, finans, pazarlama, ekonomi, borsa ve hukuk gibi hemen hemen her alanda önemli bir araştırma alanı hâline gelmiştir (Oke, 2008).

Karmaşık problem çözmede insan zekâsını taklit etme veya onunla rekabet etme yeteneği, yapay zekâyı diğer teknolojilerden ayırmaktadır (Taeihagh, 2021). Yapay zekânın temel konseptini, sürekli olarak insanlar gibi düşünebilen makineler oluşturmaktır (Goralski & Tan, 2020). Yapay zekâ, bir teknoloji veya teknolojiler dizisi değil, sürekli gelişerek ortaya çıkan bilişim yetenekleridir ve dördüncü sanayi devriminde teknolojik değişimin temel itici gücü olarak kabul edilmektedir (Berente vd., 2021; Mannuru vd., 2023). Esnek matematiksel ve mantıksal altyapıya sahip olması yapay zekânın potansiyelini kaybetmeyerek, gelişerek ve değişerek ilerlemesinde temel güç kaynağıdır (Köse, 2020). Son yıllarda bilgisayarların işlem kapasitesindeki artış ve büyük veri birikimi nedeniyle yapay zekâ teknolojileri önemli ölçüde gelişmiştir (Lu, Li, Chen, Kim & Serikawa, 2017). Yapay zekâ teknolojileri, akıllı telefonlar veya sağlık hizmetleri aracılığıyla mümkün olduğunca çok insana yardım edilmesini ve sorunların tespit edilerek insanlar ve toplum yararına çözümler üretilmesine katkı sağlamaktadır (Goralski & Tan, 2020).

Eğitim, toplumun temelini oluşturmaktadır. Eğitimin geleceği, teknolojinin ilerlemesiyle doğrudan ilişkilidir. Eğitim alanı, tüm sektörlerle bağlantılı olup bu sektörler üzerindeki etkisi büyüktür. Bu önemi nedeniyle eğitim, toplumun tüm kesimleri için her türlü engelin ötesinde vazgeçilmezdir (Ahmad, Rahmat, Mubarik, Alam & Hayder, 2021). Yapay zekâ teknolojileri, eğitimde geleneksel yöntemleri radikal bir şekilde dönüştürerek birçok yeniliğin eğitim sistemine dâhil olmasını sağlamaktadır. Yapay zekâ uygulamaları ile öğrenci odaklı öğrenme süreçlerinin desteklenmesi, bireyselleştirilmiş öğrenme deneyimi imkânının oluşturulması ve eğitmenlerin öğrenci başarısını ve gelişimini takip edebilmesi mümkün hâle gelmektedir. Yapay zekâ teknolojisi, eğitim ve öğretim sürecine yönelik çevrim içi öğrenme davranışlarına, öğrenme gereksinimlerine, bilişsel yöntemlere ve öğrenme performansına ilişkin analiz çıktılarına önemli katkılar sunmaktadır. Böylece eğitim sisteminde köklü bir değişimin kapıları aralanmaktadır (Çakır, Ceyhan, Gönen & Erbaş, 2023; Bulut, Davarcı, Bozdoğan & Sarpkaya, 2024).

Son yıllarda yapay zekâ teknikleri, çeşitli disiplinlerdeki araştırma ve uygulama alanlarında önemli bir yer edinmiştir (Banh & Strobel, 2023). Yapay zekâ fen bilimlerinde zor olan problemler için çözüm yolları geliştirilmesine önemli katkılar sağlamaktadır (Köse, 2020). Sağladığı faydalar ile yapay zekâ, insan varoluşunun çeşitli yönlerinde devrim meydana getirerek endüstrileri kökten dönüştürmüş, verimliliği artırmış ve inovasyonu teşvik etmiştir (Rane, Choudhary & Rane, 2024). Yapay zekâ insanoğlunun keşfetme, öğrenme, yaşama, iletişim kurma ve çalışma biçimini kökten değiştirme potansiyeline sahiptir. Bu potansiyel yapay zekânın, iş dünyasında ve endüstride giderek daha yaygın hâle gelmesine neden olmuştur (Goralski & Tan, 2020). Yapay zekâ, 1950'lerin ortalarında bir bilgisayar bilimi disiplini olarak ortaya çıkmıştır. O zamandan bu yana yapay zekâ mühendislik alanında, normalde insan zekâsı gerektiren zor problemleri ya da görevleri çözmek için pratik olarak kullanılan bir dizi güçlü araç hâline gelmiştir (Pham & Pham, 1999).

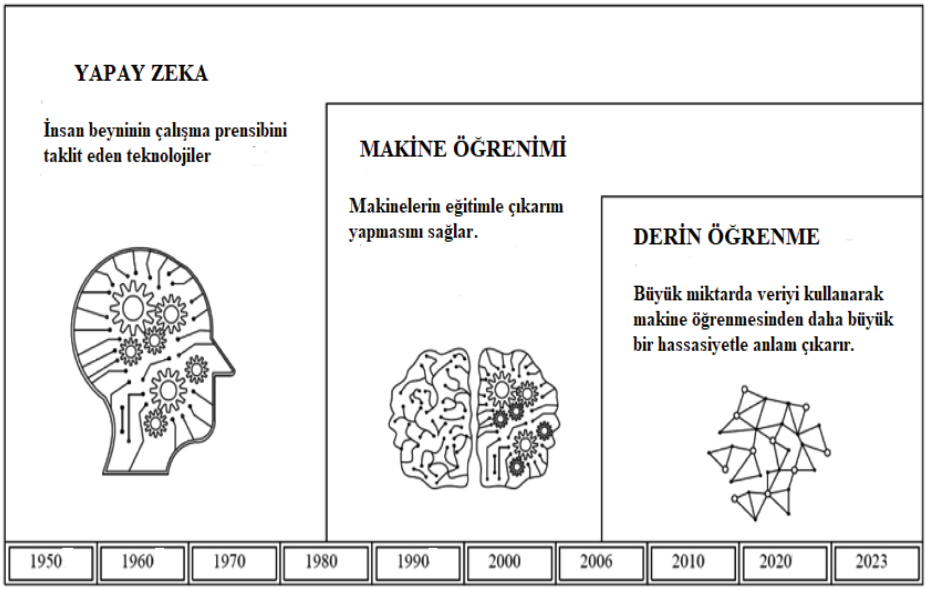
Yapay zekâ teknolojilerinin ortaya çıkışı, üretim, endüstriyel tasarım, denetim, izleme ve kontrol, endüstriyel varlıkların onarımı ve bakımı, ürün testi ve değerlendirmesi gibi alanlarda gelişmelerin yoğun olarak yaşanma-

sını sağlamıştır (Nti, Adekoya, Weyori & Boateng, 2022). Bu gelişmelerin yaşandığı mühendislik alanlarından biri de ağaçişleri endüstri mühendisliğidir. Bu disiplin dalına ilişkin Resmî Gazete'de 29.06.2006 tarihinde yayımlanan kanuna göre ağaçişleri endüstri mühendislerinin görev tanımı "ağaç işleri endüstrisinde yer alan ahşap ve türevleri ile diğer endüstriyel malzemeler kullanarak ahşap olmak kaydıyla sabit ve hareketli mobilyalar, doğramalar, deniz araçları, sauna, prefabrik ev, parke, karavan, evlerin ahşap bölümlerinin üretim faaliyetlerini yapmak ve emprenye ve kurutma tesisleri ve benzeri ağaçişleri ürünlerinin tasarım ve imalatı faaliyetlerini yapmak" olarak yer almaktadır (Resmî Gazete, 2006). Ağaçişleri endüstri mühendislerinin temel çalışma malzemesi olan ahşap, değerli bir mühendislik malzemesidir ve teknolojik gelişmeler ahşabın daha kullanışlı hâle gelmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Ross, 2010). Ahşap, çevresel faydalarının yanı sıra gelecek vadeden yapısal ve işlevsel özelliklere sahiptir. Bu nedenle, sürdürülebilirlik sorunlarına çok yönlü bir çözüm sunan önemli bir malzemedir (Ding vd., 2023).

1. YAPAY ZEKÂ KAVRAMI

İnsanoğlu bir beceriyi öğrenme ve onu yeni bağlamlara uyarlama yeteneğine sahiptir. Ayrıca yeni ortamlarda, yeni sorunlarla başa çıkabilmek amacıyla orijinal konuları öğrenme ve bunları başkalarına öğretme becerisine de sahiptir (Johri, Katz Qadir & Hingle, 2023). İnsanoğlunun sahip olduğu bu üstün becerilerden yola çıkarak oluşturulan yapay zekâ, bir bilgisayarın (makinelerin), yazılımın veya bilgisayar kontrollü bir robotun genellikle insan zekâsı gerektiren veya zekice düşünmeyi gerektiren görevleri yerine getirmesini sağlamakla ilgilenen kapsamlı bir bilgisayar bilimi dalıdır (Nti vd., 2022). Bu alanın amacı, insan beyninin bazı akıllı işlevlerinin nasıl taklit edileceğini ve yürütüleceğini araştırarak insanların teknoloji ürünleri geliştirebilmesini ve teoriler kurabilmesini sağlamaktır (Lu, Chen & Zheng, 2012). Yapay zekâ günümüzde organizmaların fizyolojisinden ve doğa ve evrendeki olayların oluş biçimlerinden esinlenmektedir (Köse, 2020). Kapsamlı bir disiplin olan yapay zekâ, bilgisayar bilimi, sibernetik, bilgi teorisi, psikoloji, dilbilim ve nörofizyoloji gibi çeşitli disiplinlerin etkileşimi temelinde geliştirilmiştir (Lu vd., 2012).

Yapay zekâ kavramı ilk olarak 1956 gibi erken bir tarihte Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Dartmouth Kolejde düzenlenen bir çalıştayda ifade edilmiştir (Holmes, 2020). Daha sonra uzman sistemin ortaya çıkmasıyla birlikte 1960'ların sonundan 1970'lere kadar yapay zekâ araştırmalarında yeni bir artış görülmüştür. Beşinci nesil bilgisayarın geliştirilmesiyle 1980'lerde yapay zekâ uygulamasında büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Uluslararası internet teknolojisinin gelişmesine paralel olarak 1990'larda yapay zekâ araştırmalarında yeni bir artış yaşanmıştır (Lu vd., 2012). Yapay zekâ araştırmaları ile 1956 yılından bu yana makine öğrenimi, teorem ispatlama, örüntü tanıma, problem çözme, uzman sistemler ve doğal dil işleme gibi birçok alanda önemli başarılara imza atılmıştır (Jiang vd., 2022). Şekil 1'de yapay zekâ, makine öğrenmesi ve derin öğrenmenin kronolojik gösterimi yer almaktadır.



Şekil 1. Yapay zekâ, makine öğrenmesi ve derin öğrenme kronolojik gösterimi (Ocak, Nigdeli, Bekdaş & Işıkdağ, 2023)

Yapay zekâ, karmaşık zorlukları çözmek için yeni kavramlar ve çözümler uygulayan bir mühendislik dalı olarak kabul edilmektedir (Hamet & Tremblay, 2017). Son yıllarda hem yazılım hem de donanım alanlarında meydana gelen yeni gelişmeler, çevremizde köklü teknolo-

jik değişimlerin yaşanmasına neden olmaktadır (Broo, Kaynak & Sait, 2022). Modern yapay zekâ, birçok sektörü dönüştürerek süreçleri yeniden tanımlamakta ve yeni olanaklar meydana getirmektedir (Galiana, Gudino & Gonzalez, 2024). Bu bağlamda hızla gelişen yapay zekâ; üretim, ekonomi, iletişim, ulaşım, sağlık ve eğitim gibi farklı alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Lin, Yu, Shih & Wu, 2021). Yapay zekâ bu alanlarda, insan görevlerinin ve karar alma mekanizmalarının yerini giderek daha fazla devralmaya başlamıştır. Yapay zekânın etkin uygulanması, ekonomik büyüme, sosyal kalkınma ve insan refahı için faydalı olan verimlilik artışı ve maliyet düşüşü gibi avantajlar sağlamaktadır (Huang, Zhang, Mao & Yao, 2023). Yapay zekânın sağladığı diğer faydalar ise şunlardır:

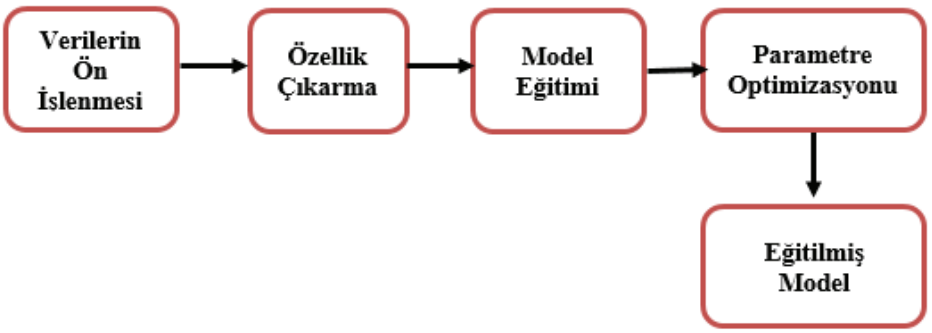
- Görevi bir insandan daha hızlı tamamlar.
- Stresli ve karmaşık işler kolayca tamamlanır.
- Zor işler kısa sürede tamamlanır.
- Çeşitli görevler aynı anda yapılabilir.
- Başarı oranı yüksektir.
- Görevler daha az hata ve kusur ile gerçekleştirilir.
- Görev daha kısa sürede daha fazla verimlilik ile tamamlanır.
- Büyük görevler, bilgisayar ortamında daha az alan ve daha küçük boyut ile gerçekleştirilir.
- Uzun zaman alan karmaşık görevlerin hesaplanmasını mümkün kılar.
- Yeni işlerin ya da görevlerin keşfedilmesi fırsatını sunar (Khanzode & Sarode, 2020).

Veri tabanlı öğrenme sistemleri istatistiksel verilere dayanması, yapay zekâ araçlarının hızla gelişmesini sağlamıştır. Bu araçların yaygın kullanımında ve gelişiminde iki temel unsur etkili olmuştur. Bunlardan ilki, veri depolama sistemlerinin ve veri kümelerinin genel kullanımı, diğeri ise bilgisayarların artan işlem gücüdür (Kırelli, 2023). Günümüzde derin öğrenme, sinir ağları ve makine öğrenimi yapay zekâ sistemleri gibi en son gelişmeleri barındıran gelişmiş yapay zekâ uygulamaları mevcuttur (Galiana vd., 2024). Akıllı uygulama yazılımlarında, yapay zekâ, makine öğrenmesi, derin öğrenme gibi kavramlar genellikle karıştırılarak birbirinin yerine kul-

lanılmaktadır. Makine öğrenmesi, yapay zekânın, derin öğrenme ise makine öğrenmesinin bir alt kümesidir. Bütün makine öğrenmesi ve derin öğrenme uygulamaları yapay zekâ uygulamaları kapsamındadır (Bayrakçı, Çiçekdemir & Özkahraman, 2021).

1.1. Makine Öğrenimi

Bilgisayarların ve makinelerin akıllıca hareket edebilmeleri için öğrenmeleri gereklidir ve bu nedenle makine öğrenimi terimi kullanılmaktadır. Makine öğrenimi, bilgisayarın insan müdahalesi veya yardımı olmadan otomatik olarak öğrenmesini sağlamaktadır (Kalota, 2024). Makine öğrenimi, daha yaratıcı ve üretken bir iş gücünün yaratılmasını destekleyen önemli bir yapay zekâ dalıdır. Makine öğreniminde, veri kümelerinden öğrenmek ve verilere dayalı tahminler ve yargılar oluşturmak için matematiksel algoritmalar ve istatistiksel teknikler uygulanmaktadır (Nath vd., 2024). Makine öğrenimi, verilere maruz kalarak görevleri otonom olarak çözebilen algoritmaların geliştirilmesi işlemleriyle ilgilenmektedir. Makine öğrenimi algoritmalarının ortak noktası, ayırt edici özellikleridir. Verileri işleyerek sınıflandırma, regresyon veya kümeleme yapma ve karar sınırlarını belirleme amacına sahip olmalarıdır (Banh & Strobel, 2023). Makine öğrenimi, öngörücü analitiğin bir uzantısı olarak kabul edilmektedir. Algoritma sistemlerinin veri kalıplarına, deneyimlere ve gözlemlere dayanarak kendilerini otomatik olarak geliştirmesiyle ortaya çıkmaktadır (Kalota, 2024). Şekil 2'de makine öğrenimi modelinin eğitilme süreci yer almaktadır.



Şekil 2. Makine öğrenimi modelinin eğitilme süreci (Yi vd., 2024)

Bir makine öğrenimi modeli, işi yapmak üzere açıkça programlanmadan herhangi bir test örneği için tahminleri otomatik olarak üretmek üzere belirli bir veri kümesinin eğitilmesi işlemine dayanmaktadır (Minh, Wang, Li & Nguyen, 2022). Veriler, tüm makine öğrenmesi sistemlerinin temel bileşenleridir. Ancak verilerden bilgi veya çıkarımlar yapılmadığı sürece tek başlarına işe yaramazlar. Makine öğrenmesi, gözlemlenen verilerden eksik veya gizli veriler hakkında çıkarımlar yapmak üzere formüle edilebilmektedir (Ghahramani, 2015). Makine öğrenimi, insan zekâsı ile ilişkilendirilen deneyimsel "öğrenmeyi" sergilerken hesaplamalı algoritmaların kullanımıyla öğrenme ve analizlerini geliştirme kapasitesine de sahiptir. Bu algoritmalar, makineyi otonom öneriler veya kararlar alması için eğitmek amacıyla, kalıpları tanımak ve etkili bir şekilde "öğrenmek" için büyük veri giriş ve çıkış kümelerini kullanmaktadırlar. Algoritmanın yeterli tekrarı ve modifikasyonundan sonra, makine bir girdi alıp bir çıktıyı tahmin edebilir hâle gelmektedir. Çıktılar daha sonra, algoritmanın doğruluğunu değerlendirmek için bilinen bir dizi sonuçla karşılaştırılarak, daha fazla sonucu tahmin etme yeteneğini mükemmelleştirmek üzere yinelemeli olarak ayarlanmaktadır (Helm vd., 2020). Bu bağlamda bir makine öğrenimi modelini eğitmek için tasarımcının, modele ilişkin bilinen yanıtlara (örneğin, köpek görüntüleri ve köpeksiz görüntüler gibi) sahip eğitim girdilerini sağlaması gereklidir. Böylece model, bu tür girdileri yanlış tahmin etme olasılığını en aza indirerek, bir işlevi modellemeyi otomatik olarak öğrenebilmektedir (Garcia, Telea, da Silva, Torresen & Comba, 2018). Makine öğrenimi, bilgisayarların gözlemlenen verilere dayanarak belirli görevlerdeki performanslarını iyileştirmelerine yönelik yöntemler geliştirmeyi amaçlar. Bu görevlere; otonom bir araçtan alınan görüntülerde yayaların tespiti, lösemi hastalarının gen örüntülerinin klinik sonuçlara göre alt tiplere ayrılması ve İngilizce cümlelerin Fransızcaya çevrilmesi gibi tercüme işlemleri örnek olarak verilebilmektedir. Ayrıca optimizasyon ve karar verme, veri sıkıştırma ve verilerden otomatik olarak yorumlanabilir modeller çıkarma gibi işlevler de makine öğrenimi ile gerçekleştirilebilmektedir (Ghahramani, 2015).

1.2. Derin Öğrenme

Derin öğrenme, insan beyninin karar vermek için verileri ve örüntüleri nasıl işlediğini taklit eden makine öğreniminin en popüler alt kümesidir (Minh vd., 2022). Derin öğrenme, sinir ağları, yapay zekâ, grafik modelleme, optimizasyon, örüntü tanıma ve sinyal işleme faaliyetlerinin kesişimi sonucunda meydana gelen makine öğreniminin gelişmiş bir alanıdır (Sakarya & Yılmaz, 2019). Derin öğrenme, karmaşık veri gösterimlerini modellemek ve büyük veri kümelerindeki korelasyonları ve kalıpları otomatik olarak tespit etmek için sinir ağlarının çalışma prensibinden yararlanmaktadır (Banh & Strobel, 2023). Derin öğrenme, çok çeşitli analitik görevlerde kullanılan güçlü bir teknolojidir. Geleneksel veri analitiğiyle karşılaştırıldığında, derin öğrenme modelleri daha derin mimarilere sahiptir. Girdi verileri çıktı elde edilmeden önce birçok kez dönüştürülür ve bu sayede karmaşık veri ilişkileri kolaylıkla tanımlanabilmektedir (Fan, Sun, Zhao, Song & Wang, 2019). Derin öğrenme yönteminde, örnekler üzerinden öğrenme işlemi gerçekleşmekte olup, verinin büyüklüğüne göre tahmin doğruluğu artmaktadır (Kaya, Yılmaz & Dikmen, 2019).

Derin öğrenme, verilerin birden fazla özellik seviyesinde ya da temsilde öğrenilmesi ile gerçekleşmektedir. Üst düzey özellikler, alt düzey özellikler aracılılığı ile oluşturularak hiyerarşik bir temsil meydana getirilmektedir. Bu nedenle derin öğrenmede özellikleri çıkarmak ve dönüştürmek için çok sayıda doğrusal olmayan işlem birim katmanları kullanılmaktadır. Her ardışık katman, önceki katmanda yer alan çıktıyı girdi olarak almaktadır (Şeker, Diri & Balık, 2017). Derin öğrenme, görüntülerin işlenebilmesini öznitelik öğrenme modeli olarak sınıflandırma sürecine eklemiş olmasıyla daha ayrıntılı analizler ile anlamlı sonuçlara daha hızlı ulaşmayı sağlayan bir makine öğrenmesi alanı hâline gelmiştir. Özellikle görüntülerin işlenmesi ve oluşturulması, video işleme, seslerin analizi, biyomedikal sinyal sınıflandırma ve doğal dil işleme gibi konularda oldukça popülerdir (Altan, 2019). Günümüzde medikal, robotik, resim tanıma ve resim üretme, otonom araçlar, doğal dil işleme, uzay ve savunma sanayi gibi çeşitli alanlarda derin öğrenme yaygın olarak kullanılmaktadır (Eker & Duru, 2021). Yoğun olarak kullanılmasının nedeni,

bazı zamanlarda insan ölçütlerinin de üzerine çıkabilen hızlı ve yüksek nitelikte sonuçların alınabilmesidir (Toğaçar & Ergen, 2019).

2. YAPAY ZEKÂNIN EĞİTİMDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

Teknolojide yaşanan gelişme ve ilerlemeler, bilginin üretilmesinin, yayılmasının ve elde edilmesinin daha kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleşmesini olanaklı hâle getirmiştir (Kubat & Kiraz, 2012). Günümüzde yapay zekâ, modern toplumlarda eğitim müfredatının ve hizmetlerinin bir parçası hâline gelmiştir (Lin vd., 2021). Bilgi tabanlı öğretim uygulamaları, bilgisayarları, multimedya teknolojisini ve ağ bilgi teknolojisini öğretim etkinlikleri için bir aracı olarak kullanmak ve bu ileri teknolojileri öğretim içeriğini zenginleştirmek, öğretim yöntemlerini iyileştirmek, öğretim araçlarını geliştirmek ve yararlanmak anlamına gelmektedir (Zhu, 2022). Bu bağlamda eğitimde yapay zekâ kullanımı iki ana hedefe odaklanmaktadır. Bu hedeflerden ilk olanı, bireyleri yapay zekâ sistemlerinin egemen olduğu bir dünyada sorumlu çalışanlar ve vatandaşlar olarak yetiştirmek, ikincisi ise yapay zekânın potansiyellerini kullanarak öğretim ve eğitimde bir devrim ve düzenli iyileştirme oluşturmaktır (Al-Tkhayneh, Alghazo, & Tahat, 2023).

Öğrenme, bilgi arama sürecidir (Naser & Alavi, 2023). Eğitim alanında yapay zekâ kullanımı; eğitim yönetimi ve sunumu, öğretim tekniklerini ve eğiticileri güçlendirme, öğrenmeyi değerlendirme, yaşam ve iş için değer ve becerileri geliştirme, yaşam boyu öğrenme fırsatları sunma, öğrenme analitiği konularında çeşitli fırsatlar sunmaktadır. Eğitimde yapay zekânın sağladığı önemli faydalardan bir diğeri de kişisel öğretim ve öğrenmenin teşvik edilmesidir. Yapay zekâ, öğrencilerin ihtiyaçlarına ve ilgi alanlarına göre bireye özgü dersler ve etkinlikler oluşturarak eğitimin kişiselleştirilmesini sağlamaktadır (Gudoniene, Staneviciene, Buksnaitis & Daley, 2023). Yapay zekâ tabanlı yaklaşımlar giderek daha fazla öngörücü modelleme yöntemi sunmaktadır. Bu, eğitimcilerin öğrenci öğrenme performansını ve ilişkili riskleri tahmin etmelerine olanak tanıyarak eğitimde yeni bir trendin önünü açmaktadır (Bressane vd., 2022). Şekil 3'te yapay zekânın eğitim alanında sağladığı avantajlar yer almaktadır.



Şekil 3. Yapay zekânın eğitim alanında sağladığı avantajlar (Gudoniene vd., 2023)

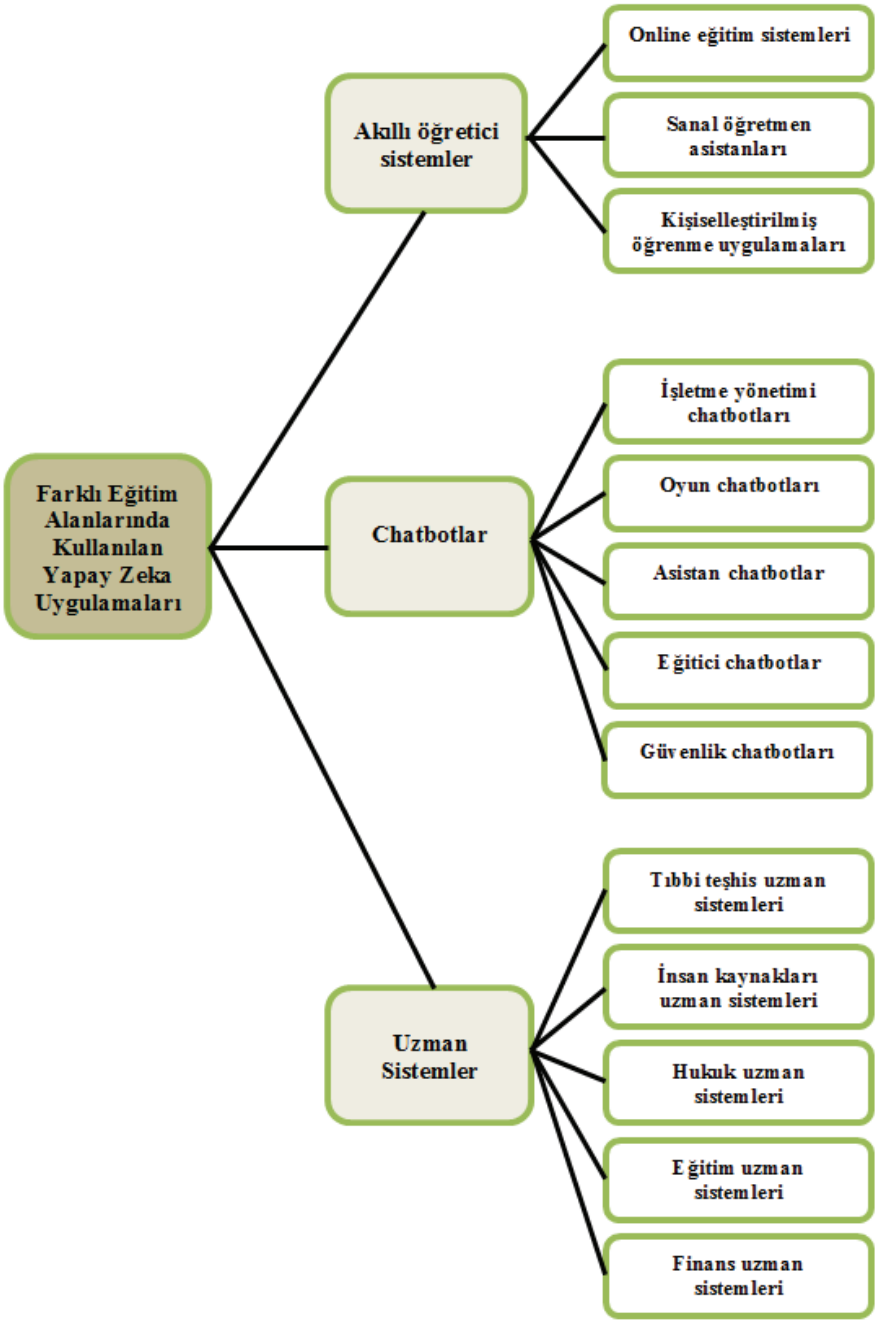
Günümüzde öğrencilerin daha hızlı ve daha verimli bir şekilde ilerlemesini sağlamak ve öğrenme hedeflerine 21. yüzyılın sürekli değişen taleplerine uygun bir hızda ulaşmak amacıyla yapay zekâ uygulamaları eğitim müfredatında yer almaya başlamıştır (Pisica, Edu, Zaharia & Zaharia, 2023). Yapay zekâ uygulamalarının eğitimci-öğrenci etkileşimine de birçok faydası bulunmaktadır. Örneğin ödevler, kısa sınavlar ve sınavlar otomatik olarak notlandırılmak için birleştirilebilmektedir. Otomatik notlandırma, zamanı verimli kullanmayı sağlayarak, eğitmenlerin öğrencilerle daha fazla zaman geçirmesini mümkün kılar. Yapay zekâ ayrıca çeşitli geri bildirimler ve analizler sağlayarak öğretmen-öğrenci iş birliğini kolaylaştırmada da faydalı olmaktadır (Kamalov, Calonge & Gurrib, 2023). Eğitimcilerin yapay zekâ uygulamalarını kullanmayı tercih etmemesi bazı dezavantajları da beraberinde getirmektedir (Giray, 2024). Bu dezavantajlar Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Eğitimcilerin yapay zekâyı kullanmamasının dezavantajları ve etkileri (Giray, 2024)

Dezavantajlar	Eğitimciler Üzerindeki Etkileri
Daha fazla iş yükü	Yapay zekâya sahip olmayan eğitimciler; not verme, ders planlama ve kaynak oluşturma gibi görevlerde daha fazla manuel çalışmayla karşı karşıya kalabilmektedir.
Zamanı verimsiz kullanma	Yapay zekâya sahip olmayan eğitimciler idari işlere daha fazla zaman harcayarak, öğretim ve öğrenci etkileşimine daha az zaman ayırmak zorunda kalabilmektedir.
Sınırlı kişiselleştirme	Yapay zekâ olmadan eğitimciler, öğrencilere yönelik kişiselleştirilmiş eğitim sunmakta zorlanabilmekte ve bu durum ilgisizliğe ve daha düşük sonuçlara yol açabilmektedir.
Geri bildirim eksikliği	Yapay zekâya sahip olmayan eğitimciler, öğrencilere zamanında ve uygulanabilir geri bildirim sağlama konusunda zorluklarla karşılaşarak öğrencilerin ilerlemesini ve gelişimini engelleyebilmektedir.
Uyum sağlayamama	Yapay zekâyı benimsemeyen eğitimciler, yeni öğretim yöntemlerini ve teknolojilerini benimsemekte zorluk çekebilir ve bu da öğrencilerle arasındaki bağın zayıflamasına neden olabilmektedir.
Azalmış öğrenci katılımı	Yapay zekâ olmadan eğitimciler dersleri ilgi çekici hâle getirmekte zorlanabilmekte, bu da öğrenci motivasyonunu düşürerek derse katılımın azalmasına yol açabilmektedir.
Daha az iş fırsatı	Yapay zekâ becerilerine sahip olmayan eğitimciler, okulların eğitimde yapay zekâ entegrasyonuna öncelik vermesiyle sınırlı iş olanaklarıyla karşı karşıya kalabilirler.
Sınırlı mesleki gelişim	Yapay zekâ ile ilgilenmeyen eğitimciler, eğitim alanındaki önemli fırsatları kaçırabilirler. Bu durum kariyer gelişimlerini ve rekabet güçlerini engeller.

Yapay zekânın eğitim sistemlerine entegrasyonu, öğrencilerin öğren-

me, öğretmen ve akademisyenlerin eğitim verme ve kurumların işleyiş biçimlerini değiştirmektedir. Yapay zekânın eğitimdeki potansiyel uygulamaları arasında kişiselleştirilmiş öğrenme, akıllı ders sistemleri, değerlendirme otomasyonu ve eğitmen-öğrenci iş birliği yer almaktadır (Kamalov vd., 2023). Yapay zekânın eğitim alanındaki uygulamaları genellikle uzman sistemler, akıllı öğretici sistemler ve diyalog tabanlı sistemler (chatbot) olarak kategorize edilmektedir. **Uzman sistemler,** yalnızca ilgili alana özgü verilerin bulunduğu özellikli bilgiye ulaşmayı sağlayan yapay zekâ tabanlı sistemlerdir. Uzman sistemler ile öğrencilere kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimi, rehberlik ve geri bildirim, eğitmen desteği ve iş birliği, ders konularındaki karmaşıklığı azaltma ve öğrencilerin sorulara hızlı ve doğru yanıt vermesini sağlama gibi hizmetler sunularak eğitim kalitesinin arttırılması hedeflenmektedir. Uzman sistemler yoğun olarak uzaktan eğitim sistemlerinde kullanılmaktadır. **Diyalog tabanlı sistemler,** bireyselleştirilmiş eğitim programlarına ek olarak kişiye diyaloglar aracılığı ile öğrenme ve eksikliklerini düzeltme imkânı da tanımaktadır. Diyalog tabanlı sistemler ile öğrencilere etkileşimli öğrenme deneyimi sunularak öğrenme sürecinin desteklenmesi amaçlanmaktadır. **Akıllı öğretici sistemler,** uzman sistemlerin ve bilgisayar destekli öğretim sistemlerinin daha gelişmiş modelidir. Bu sistem matematik, fizik ve tıp gibi iyi yapılandırılmış alanlarda öğrencilere kişisel özelliklerine uygun kademeli ilerleyen eğitim ortamı sunmaktadır (Coşkun & Gülleroğlu, 2021; İncemen & Öztürk, 2024). Şekil 4'te farklı eğitim alanlarında yapay zekâ uygulamaları yer almaktadır.



Şekil 4. Farklı eğitim alanlarında yapay zekâ uygulamaları (İncemen & Öztürk, 2024)

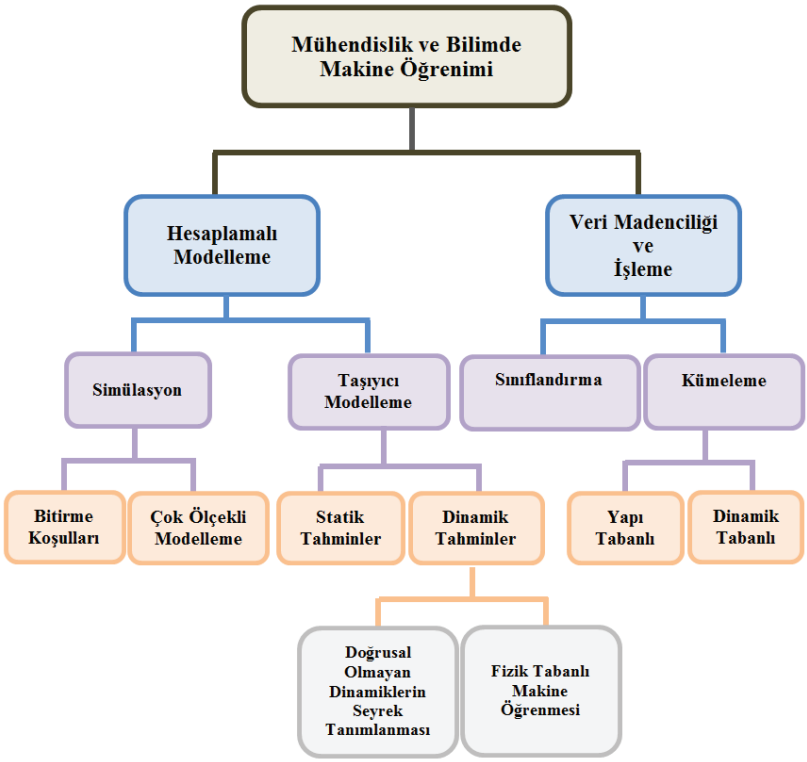
3. MÜHENDİSLİK EĞİTİMİNDE YAPAY ZEKÂNIN YERİ VE ÖNEMİ

Dijitalleşme, çeşitli endüstrileri ve üretim tekniklerini kökten dönüştürme potansiyeline sahiptir (Coşkun, Kayıkcı & Gençay, 2019). Mühendislik alanı, teknolojik ilerlemenin ve toplumsal gelişimin önemli bir itici gücüdür. Tarihin başlangıcından bu yana mühendisler, refahı ve çevreyle etkileşim kurma becerilerini giderek artıran teknolojik gelişmeler aracılığıyla medeniyetlerin inşasına ve toplumun yeniden şekillendirilmesine yardımcı olmuştur. İnşaat, hidrolik ve gemi mühendisliğindeki öncü çabalar; Mısır piramitlerinin inşasına, İskenderiye deniz fenerinin dikilmesine, Hindistan ve Mısır'daki antik şehirlerin sulama sistemlerine, Çin'deki nehirlerde ilk yönlendirme barajlarının kurulmasına ve denizlerin hâkimiyetine, Asya, Avrupa ve Afrika genelinde ticaret yollarının ve kültürel gelişimin kurulmasına yol açmıştır. Günümüzdeki modern mühendislik ise bilim ve teknolojinin birleştirilmesinden meydana gelmiştir. Bugün dijital teknoloji ve akıllı uygulamaların yeni paradigması, mühendislik pratiğinin özünü yeniden tanımlamaktır (Lantada, 2020; Qiao & Fu, 2023). Gelişen bilgisayar teknolojisiyle birlikte geniş bir kullanım alanı olan yapay zekâ teknikleri, mühendislik disiplininde en fazla optimizasyon için kullanılmakta olup diğer klasik yöntemlere göre daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir (Uygunoğlu & Yurtcu, 2006). Yapay zekâ teknolojileri üretim, endüstriyel tasarım, ekipman ve araç gereçleri tasarlama, denetim, izleme ve kontrol, endüstriyel ürünlerin onarımı ve bakımı, ürün testi ve değerlendirmesi gibi mühendislik sürecine ilişkin tüm alanları etkilemiştir (Nti vd., 2022).

Mühendislik eğitimi, mühendislik alanındaki profesyonellerin eğitimini ifade etmektedir. Bu eğitim, temel teorik bilginin yanı sıra tasarım, analiz, inovasyon ve karmaşık mühendislik problemlerini çözme becerilerinin geliştirilmesini kapsamaktadır. Mühendislik eğitiminde yapay zekâ teknolojileri, yalnızca verimli araçlar sunmakla kalmaz, aynı zamanda öğrencilerin karmaşık mühendislik problemlerini çözmedeki pratik becerilerinin gelişmesine de katkı sunar (Liu, Wang & Wang, 2025). Yapay zekâ tabanlı yöntemler, mühendislerin geleneksel yöntemlerin aksine maliyet ve zamandan tasarruf ederek tasarım, izleme ve değerlendirme yapabilmesine olanak tanır (Tapeh & Naser, 2023).

Yapay zekânın bir alt dalı olan makine öğrenimi, mekanik modellemenin sınırlamalarını aşma potansiyeline sahiptir. Bu potansiyel, makine

öğrenimi yöntemlerinin karmaşık davranışları öğrenebilmesini sağlamakta olup model geliştirmeyi daha ucuz ve optimizasyon için daha avantajlı hâle getirmektedir (Schweidtmann vd., 2021). Mühendislikte makine öğrenimi modellerinin kullanımı, tam olarak anlaşılmayan süreçleri içeren ya da mekanik modelleri uzay ve zamanda istenen çözünürlüklerde çalıştırmanın hesaplamalı olarak mümkün olmadığı bilimsel problemlerde özellikle umut vericidir (Willard, Jia, Xu, Steinbach & Kumar, 2022). Makine öğrenimi, ön bilgiye daha az bağımlı veri analitiği yaklaşımları ve güçlü uyum yetenekleri sayesinde karmaşık veri kalıplarını veya biçimlerini çözmede kimya, malzeme bilimi, inşaat, makine, biyomedikal, çevre bilimi ve kuantum fiziği gibi mühendislik disiplininin pek çok alanına önemli katkılar sunmaktadır (Zhong vd., 2021; Naser & Alavi, 2023). Makine öğrenimi, karmaşık, çok ölçekli ve fizik tabanlı mühendislik problemlerine ışık tutmaktadır (Frank, Drikakis & Charissis, 2020). Şekil 5'te bilim ve mühendislikte makine öğreniminin genel görünümü yer almaktadır.



Şekil 5. Bilim ve mühendislikte makine öğreniminin genel görünümü (Frank vd., 2020)

4. AĞAÇİŞLERİ MÜHENDİSLİĞİNDE YAPAY ZEKÂNIN YERİ VE ÖNEMİ

Dijitalleşme, bir nesne ya da sürece ilişkin simülasyonlarla o nesne veya sürece yönelik daha etkin ve anlaşılır bir şekilde fikirler edinmeyi, bu fikirlerin hayata geçirilmesini ve üretim aşamalarının planlamasını daha etkili çözüm yolları geliştirerek yapılabilmesini sağlamaktadır (Gürer, 2024). Dijitalleşme, yapay zekâ, büyük veri analitiği, bulut bilişim gibi uygulamalarla endüstriyel üretimin doğasını değiştirmektedir. Dijital teknolojilerin benimsenmesi, kapsayıcı ve sürdürülebilir endüstriyel kalkınmayı ve Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'ne ulaşmayı teşvik etmektedir. Ahşap endüstrisi, sürdürülebilirliğin anahtarıdır ve birçok ülkede önemli bir ekonomik faaliyettir. Son yıllarda inşaat sektöründe kullanılan ahşap ürünler, özel bir öneme sahiptir (Ramos-Maldonado & Aguilera-Carrasco, 2022). Ahşap en geleneksel ve en eski malzemedir ve günümüzde çeşitli uygulamalar için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ahşap, mobilya, oymacılık ve inşaat alanları için temel bir malzemedir. Yenilenebilir bir malzeme olan ahşap ürünler, yenilenmeyen ürünlere kıyasla daha az sera gazı emisyonuna neden olmaktadır (Lopes, Bobadilha & Grebner, 2020; Zhong, 2021). Ahşap, taşıma kapasitesinin fazla olması, depreme ve yangına dayanıklılığı, estetik görünümü, ekonomik ve sürdürülebilir bir malzeme olması nedeniyle mühendislik ve mimarlık disiplinlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır (Gül & Mayuk, 2019).

Dünyada yeni teknolojilerin gelişmesi ve bilgiye hızlı erişim, ahşap malzemelerle çalışan endüstriler için bu alana yönelik gereksinimlerin doğmasına neden olmuştur. Günümüzde bu gereksinimleri karşılamak amacıyla endüstriyel uygulamalara temel oluşturacak hızlı ve etkili teknolojik çalışmalar ortaya çıkmaktadır (Ergun & Uzun, 2022). Teknolojide yaşanılan sürekli değişimler, yeni teknikler ile sorunlara çözüm yaklaşımları geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bilgisayar teknolojilerinin sıklıkla kullanılması ve yüksek hızlardaki işlemleri gerçekleştirebilen bilgisayarların üretilmesi, makine öğrenimi, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar ve yapay zekâ gibi son dönem teknolojilerle çeşitli çözüm yöntemlerinin geliştirilebilmesini ve ağaçişleri endüstri mühendisliğinin birçok alanında ilerlemelerin önünü açmaktadır (Budakçı &

Akkuş, 2011). Ağaçişleri endüstri mühendisliğinin, bilgi teknolojilerinde yaşanan sürekli ve hızlı gelişim ve değişimin etkilerinden soyutlanması mümkün değildir (Yıldız, Çavdar, & Kaya, 2025). Ahşabın kullanım alanları, mühendislik bilimlerindeki gelişmelere paralel olarak yeni geliştirilen teknikler doğrultusunda çeşitlilik göstermektedir (Bülbül vd., 2025). Makine öğrenimi algoritmalarının büyük ve çeşitli veri kümelerinden anlamlı bilgiler çıkarmada üstün performans sergilemesi, doğru ve verimli tahmin modellerinin geliştirilmesini sağlamaktadır. Bu modeller, kapsamlı ve maliyetli deneysel testlere olan ihtiyacı önemli ölçüde azaltarak ahşap malzemelerin değerlendirilmesini ve optimizasyonunu kolaylaştırmaktadır (Feng, Mekhilef, Hui, Chow & Lau, 2024). İyi tasarlanmış bir makine öğrenimi modelinde, kullanıcıların ayrıca modele ahşabı tanımlama kurallarını öğretmesine gerek kalmamaktadır (Hwang & Sugiyama, 2021). Yapay sinir ağlarına dayalı çok değişkenli yapay zekâ yöntemleri ise karmaşık sistemlerin çıktısını tahmin etmek ve çok yönlü doğrusal olmayan problemleri (önceden bilgi olmadan bile yüksek doğrulukla) çözmek için iyi bilinen hesaplama sistemleridir. Geleneksel modelleme yöntemlerine iyi bir alternatiftir ve hem nicel hem de nitel değişkenleri içeren doğrusal olmayan ilişkileri modelleme yeteneğine sahiptir (Proto vd., 2020). Bu bağlamda, yapay zekâ uygulamalarının farklı sistemlerde bile mükemmel doğrulukla modelleme uygulamaları gerçekleştirmesi bilimin ilerlemesi için çok önemli bir gelişmedir (Sözen, Bardak & Kayahan, 2021).

Hızla gelişen algoritma ve modeller, yapay zekâ uygulamalarının tasarım alanında ve çeşitli disiplinlerde giderek yaygın olarak kullanılmasına neden olmaktadır (Kaya vd., 2025). Ağaçişleri endüstri mühendisliği alanında da yapay zekâ uygulamaları ile ilgili araştırmalar yaygınlaşmakta olup, literatürde yerini almaktadır. Budakçı ve Akkuş'un (2011) yapay sinir ağlarının kalite kontrol testlerinde kullanılmasını amaçladığı çalışmasında, bu yapay zekâ uygulamasının mobilya ve dekorasyon elemanlarının kalite kontrolünde tahribatsız analiz için alternatif bir yöntem olabileceği belirlenmiştir (Budakçı & Akkuş, 2011). Sözen vd.nin (2021) araştırmasında farklı rutubet oranlarına sahip lamine kaplı kerestelerin basınç direncini takip etmek için yapay zekânın başarılı bir şekilde uygulanabileceği saptanmıştır (Sözen vd., 2021). Çelik vd. (2023) tarafından derin öğrenme yöntemleri

ile ahşapta kusurların belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada, bu teknolojilerin kullanımının kalite kontrol sistemleri için daha yüksek doğruluk oranları ile sonuçlandığı saptanmıştır (Çelik, Dengiz & Güney, 2023). Lopes vd. (2020) çalışmalarında ahşap yüzeyindeki budakların yüksek hız ve doğrulukla otomatik olarak tespit edilmesi için derin öğrenmenin kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır (Lopes vd., 2020). Bilski vd. (2017) çalışmalarında ahşap yapılarda, ahşap delici böcek larvalarının varlığının yapay zekâ algoritmasıyla geliştirilen akustik analizle tespit edilebileceğini değerlendirmişlerdir (Bilski, Bobinski, Krajewski & Witomski, 2017). Vieira vd. (2022) çalışmalarında yapay sinir ağlarının, termal olarak modifiye edilmiş odunun sınıflandırılması ve karakterizasyonu için iyi bir alternatif yöntem olduğunu ve bu uygulamanın nihai kalite kontrolü için kullanılabileceğini belirlemişlerdir (Vieira vd., 2022). Zanuncio vd. (2022) çalışmalarında ise ısıl işlem görmüş ahşabın fiziksel ve mekanik özelliklerini değerlendirmede yapay sinir ağlarının yeterli bir araç olduğunu bildirilmişlerdir (Zanuncio vd., 2022). Yapay zekâ teknikleri ile gerçekleştirilen bu çalışmalar, insanların genellikle başarılı olduğu birçok görevi yerine getirmenin daha verimli ve etkili bir yolu olduğunu ortaya koymaktadır. Yapay zekâ tekniklerinin kullanımı yaygınlaştıkça, mühendislik başta olmak üzere birçok alanda yapay zekâ uygulamaları en iyi beklentileri bile geride bırakarak yoluna devam edecek ve gelişimin önünü açacaktır (Mersha, Lam, Wood, AlShami & Kalita, 2024).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde yapay zekâ ile geliştirilen teknolojiler mühendislik, hukuk, ekonomi, iletişim, ulaşım, sağlık ve eğitim olmak üzere çeşitli alanlarda sağladığı avantajlardan dolayı yoğun olarak kullanılmaktadır. Yapay zekâ tekniklerinin kullanıldığı alanlardan biri olan eğitim alanı, bireylerin, toplumların ve ülkelerin gelişiminin ve ilerlemesinin temel noktası olması nedeniyle önemli bir disiplindir. Eğitim ve öğretim becerilerinin güçlendirilmesi, öğrencilerin sahip oldukları niteliklere özgü eğitim ve öğretim tekniklerinin geliştirilmesi ve sunulan eğitim hizmetlerinin değerlendirilmesi konusunda yapay zekâ teknolojileri eğitim alanında önemli fırsatlar sunmaktadır. Yapay zekâ destekli eğitim ve öğretim tekniklerinin üniversite eğitim süreci içinde etkin olarak kullanılması, bilimin gelişmesi, geleceğin

bilim adamlarının yetişmesi ve bilimin topluma olan katkılarının artması hususunda ciddi bir potansiyele sahiptir. Bu bağlamda, yapay zekânın mühendislik eğitiminde aktif olarak kullanılması; karmaşık ve zaman alan problemlere etkin çözüm yollarının geliştirilmesi, teorik ve pratik bilginin bir arada daha iyi öğrenilmesi, uygulama becerilerinin artması, tasarım yeteneğinin gelişmesi ve inovatif yaklaşımların artması açısından çok önemlidir. Bir mühendislik dalı olan ağaçişleri endüstri mühendisliği, yapay zekâ tabanlı teknolojilerinin yeni kullanılmaya başlandığı bir disiplindir. En eski çağlardan bugüne kadar kullanılan ve kadim bir malzeme olan ahşap, inşaat ve mobilya sektörleri için vazgeçilmezdir. Yapay zekâ destekli uygulamalar, ahşap malzemenin teknolojik gelişmeler doğrultusunda çeşitlilik göstermesine, daha dayanıklı olmasına, fiziksel ve mekanik kusurlarının azalmasına, kullanım alanlarının artmasına, üretim sürecinin gelişmesine, inovatif tasarımların ve ürünlerin oluşturulmasına olanak sağlaması nedeniyle çok önemlidir. Ahşap teknolojisinde yaşanan gelişmelere ilaveten yapay zekâ teknolojilerinin benimsenmesi ve ormanların yönetiminden ahşap malzemenin araştırma, inovasyon ve üretim safhalarına kadar bu teknolojilerin etkili ve verimli kullanılması, ağaçişleri endüstri mühendisliğinin gelişmesine ve ilerlemesine önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu doğrultuda;

- Mühendislik eğitiminde öğrencilerin karar alma ve inovatif düşünme becerilerinin olumlu yönde gelişmesi ve aktif bir biçimde yapay zekâyı kullanabilmesi için müfredatta yapay zekâ okuryazarlığına yönelik derslerin yer alması,
- Öğrencilerin yetkinliklerinin arttırılmasına yönelik mühendislik fakültelerinde teknik altyapının sağlanarak dijital laboratuvarların kurulması,
- Mühendislik öğrencilerinin girişimci ve inovatif bakış açısı kazanmalarını sağlayacak ve dijital farkındalıklarını arttıracak söyleşi, panel, sempozyum, teknoloji fuarı gibi etkinliklerle alanında başarılı kişilerle sektör-öğrenci buluşmalarını sağlayacak organizasyonların üniversiteler tarafından planlanması,
- Yapay zekânın avantajlarından en üst düzeyde yararlanmak ve topluma ve ülkeye katkı sağlayacak katma değerli ürünler meydana getirebilmek için mühendislik eğitiminde yapay zekâ temelli disiplinler arası yaklaşımın güçlendirilmesi,

- Teknolojinin hızlı gelişimine uyum sağlayabilen, yapay zekâyı etkin kullanabilen öğretim elemanlarının yetişmesi için kurs, hizmet içi eğitim gibi programların üniversitelerin kendi bünyesinde çevrim içi ya da yüz yüze olarak düzenlenmesi,
- Araştırma, girişimcilik ve inovasyonu desteklemek amacıyla yapay zekâ tabanlı üretim süreçlerinin AR-GE kapsamında ele alınması,
- Yapay zekânın mevcut potansiyelini ürüne dönüştürmek ve uluslararası alanda rekabet edebilmek amacıyla üniversite-sektör iş birliğini güçlendirecek politikaların oluşturulması ve girişimciliğin teşvik edilmesi,

mühendislik disiplininde ve ağaçişleri endüstri mühendisliği özelinde yapay zekânın etkin ve yaygın kullanımını sağlayarak bilimsel gelişmelerin artmasına, yapay zekâ teknolojilerinin geliştirilmesine, katma değeri yüksek ürünlerin elde edilmesine, işsizliğin azalmasına, ihracatın artmasına, ülke ekonomisinin gelişmesine, uluslararası alanda rekabet gücünün artmasına ve söz sahibi olunmasına olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Ahmad, S. F., Rahmat, M. K., Mubarik, M. S., Alam, M. M., & Hayder, S. I. (2021). Artificial intelligence and its role in education, *Sustainability, 13*(22), 12902, 1-11. https://doi.org/10.3390/su132212902

Altan, G. (2019). DeepGraphNet: Grafiklerin sınıflandırılmasında derin öğrenme modelleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi,* (Özel Sayı), 319-329. https://doi.org/10.31590/ejosat.638256

Al-Tkhayneh, K. M., Alghazo, E. M., & Tahat, D. (2023). The advantages and disadvantages of using artificial intelligence in education. *Journal of Educational and Social Research,* 13(4), 105-117. https://doi.org/10.36941/jesr-2023-0094

Banh, L., & Strobel, G. (2023). Generative artificial intelligence. *Electronic Markets,* 33, 63, 1-17. https://doi.org/10.1007/s12525-023-00680-1

Bayrakçı, H. C., Çiçekdemir, R. S., & Özkahraman, M. (2021). Tarım arazilerinde harcanan su miktarını yapay zekâ teknikleri kullanarak belirlenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi,* 9, 237-250.

Berente, N., Gu, B., Recker, J., & Santhanam, R. (2021). Managing artificial intelligence. *MIS Quarterly,* 45(3), 1433-1450. https://doi.org/10.25300/MISQ/2021/16274

Bilski, P., Bobinski, P., Krajewski, A., & Witomski, P. (2017). Detection of wood boring insects' larvae based on the acoustic signal analysis and the artificial intelligence algorithm. *Archives of Acoustics,* 42(1), 61-70. https://doi.org/10.1515/aoa-2017-0007

Bressane, A., Spalding, M., Zwirn, D., Loureiro, A. I. S., Bankole, A. O., Negri, R. G., Junior, I. B., Formiga, J. K. S., Medeiros, L. C. S., Bortolozo, L. A. P., & Moruzzi, R. (2022). Fuzzy artificial intelligence—based model proposal to forecast student performance and retention risk in engineering education: An alternative for handling with small data. *Sustainability,* 14(21), 14071, 1-14. https://doi.org/10.3390/su142114071

Broo, D. G., Kaynak, O., & Sait, S. M. (2022). Rethinking engineering education at the age of industry 5.0. *Journal of Industrial Information Integration,* 25, 100311, 1-8. https://doi.org/10.1016/j.jii.2021.100311

Budakçı, M., & Akkuş, M. (2011). Bazı ahşap esaslı levhalarda kaplama yapışma direncinin yapay sinir ağları ile modellenmesi. *Politeknik Dergisi,* 14(1), 63-71. https://doi.org/10.2339/2011.14.1

Bulut, M. A., Davarcı, M., Bozdoğan, N. K., & Sarpkaya, Y. (2024). Yapay zekânın eğitim üzerindeki etkileri. *Ulusal Eğitim Dergisi,* 4(3), 976-986. https://doi.org/10.5281/zenodo.10909352

Bülbül, R., İmirzi, H. Ö., Döngel, N., Kaya, M., Gökbulut, N., Pazarkaya, İ., Kaya, E. B., & Arslan, M. (2025). Ağaç işleri endüstrisindeki çatı makası elemanlarında farklı bağlantı elemanlarının araştırılması. *Türkiye Ormancılık Dergisi,* 26(1), 45-54. https://doi.org/10.18182/tjf.1522038

Coşkun, S., Kayıkcı, Y., & Gençay, E. (2019). Adapting engineering education to industry 4.0 vision. *Technologies,* 7(1), 10, 1-13. https://doi.org/10.3390/technologies7010010

Coşkun, F., & Gülleroğlu, H. D. (2021). Yapay zekânın tarih içindeki gelişimi ve eğitimde kullanılması. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi,* 54(3), 947-966. https://doi.org/10.30964/auebfd.916220

Çakır, Z., Ceyhan, M. A., Gönen, M., & Erbaş, Ü. (2023). Yapay zekâ teknolojilerindeki gelişmeler ile eğitim ve spor bilimlerinde paradigma değişimi. *Dede Korkut Spor Bilimleri Dergisi,* 1(2), 56-74.

Çelik, Y., Dengiz, B., & Güney, S. (2023). Ahşap ham maddelerde yüzey hatasını belirlemek için görüntü işleme tabanlı kalite kontrol sistemi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi,* 11(4), 1365-1382. https://doi.org/10.21923/jesd.1248010

Ding, Y., Pang, Z., Lan, K., Yao, Y., Panzarasa, G., Xu, L., Ricco, M. L., Rammer, D. R., Zhu, J. Y., Hu, M., Pan, X., Li, T., Burgert, I., & Hu, L. (2023). Emerging engineered wood for building applications. Chemical Reviews, 123, 1843-1888. https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.2c00450

Eker, A. G., & Duru, N. (2021). Medikal görüntü işlemede derin öğrenme uygulamaları. *Acta Infologica,* 5(2), 459-474. https://doi.org/10.26650/acin.927561

Ergun, H., & Uzun, Y. (2022). Artificial intelligence methods applied in wood species identification. Uzun, Y., Butuner, R. (Ed.). *Current Studies in Artificial Intelligence, Virtual Reality and Augmented Reality* içinde 136-145.

Fan, C., Sun, Y., Zhao, Y., Song, M., & Wang, J. (2019). Deep learning-based feature engineering methods for improved building energy prediction. *Applied Energy,* 240, 35-45. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.02.052

Feng, Y., Mekhilef, S., Hui, D., Chow, C. L., & Lau, D. (2024). Machine learning-assisted wood materials: Applications and future prospects. *Extreme Mechanics Letters,* 71, 102209. https://doi.org/10.1016/j.eml.2024.102209

Frank, M., Drikakis, D., & Charissis, V. (2020). Machine-learning methods for computational science and engineering. *Computation,* 8(1), 15, 1-35. https://doi.org/10.3390/computation8010015

Galiana, L. I., Gudino, L. C., & Gonzalez, P. M. (2024). Ethics and artificial intelligence. *Revista Clínica Española,* 224, 178-186. https://doi.org/10.1016/j.rceng.2024.02.003

Gams, M., Gu, I, Y., Harma, A., Munoz, A., & Tam, V. (2019). Artificial intelligence and ambient intelligence. *Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments,* 11(1), 71-86. https://doi.org/10.3233/AIS-180508

Garcia, R., Telea, A. C., da Silva, B. C., Torresen, J., & Comba, J. L. D. (2018). A task-and-technique centered survey on visual analytics for deep learning model engineering. *Computers & Graphics,* 77, 30-49. https://doi.org/10.1016/j.cag.2018.09.018

Ghahramani, Z. (2015). Probabilistic machine learning and artificial intelligence. *Nature,* 521, 452–459. https://doi.org/10.1038/nature14541

Giray, L. (2024). Educators who do not use AI will be replaced by those who do: Disadvantages of not embracing AI in medical education. *Journal of the Practice of Cardiovascular Sciences,* 10(1), 43-47. https://doi.org/10.4103/jpcs.jpcs_19_24

Goralski, M. A., & Tan, T. K. (2020). Artificial intelligence and sustainable development. *The International Journal of Management Education,* 18(1), 100330, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.ijme.2019.100330

Gudoniene, D., Staneviciene, E., Buksnaitis, V., & Daley, N. (2023). The scenarios of artificial intelligence and wireframes implementation in engineering education. *Sustainability,* 15(8), 6850, 1-18. https://doi.org/10.3390/su15086850

Gül, N., & Mayuk, S. G. (2019). Çağdaş ahşap yapım sistemlerinin çok katlı yapılarda kullanımının incelenmesi: The tree. *Kent Akademisi Kent Kültürü ve Yönetimi Hakemli Elektronik Dergi,* 12(3), 586-599.

Gürer, T. (2024). Yeni mühendislik ortamında ahşap oyma teknolojisinin incelenmesi. Düzce Üniversitesi Teknik Bilimler Dergisi, 2(1), 59-69.

Hamet, P., & Tremblay, J. (2017). Artificial intelligence in medicine. *Metabolism Clinical and Experimental,* 69, S36-S40. https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011

Helm, J. M., Swiergosz, A. M., Haeberle, H. S., Karnuta, J. M., Schaffer, J. L., Krebs, V. E., Spitzer, A. I., & Ramkumar, P. N. (2020). Machine learning and artificial intelligence: Definitions, applications, and future directions. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine,* 13, 69–76. https://doi.org/10.1007/s12178-020-09600-8

Holmes, W. (2020). Artificial intelligence in education. Tatnall, A. (Ed.). *Encyclopedia of Education and Information Technologies* e-book içinde 88-103. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10576-1

Huang, C., Zhang, Z., Mao, B., & Yao, X. (2023). An overview of artificial intelligence ethics. *IEEE Transactions on Artificial Intelligence,* 4(4), 799-819. https://doi.org/10.1109/TAI.2022.3194503

Hwang, S. W., & Sugiyama, J. (2021). Computer vision-based wood identifcation and its expansion and contribution potentials in wood science: A review. *Plant Methods,* 17, 47, 1-21. https://doi.org/10.1186/s13007-021-00746-1

İncemen, S., & Öztürk, G. (2024). Farklı eğitim alanlarında yapay zekâ: Uygulama örnekleri. *International Journal of Computers in Education,* 7(1), 27-49. https://doi.org/10.5281/zenodo.12600022

Jiang, Y., Li, X., Luo, H., Yin, S., & Kaynak, O. (2022). Quo vadis artificial intelligence? *Discover Artificial Intelligence,* 2, 4, 1-19. https://doi.org/10.1007/s44163-022-00022-8

Johri, A., Katz, A. S., Qadir, J., & Hingle, A. (2023). Generative artificial intelligence and engineering education. *American Society for Engineering Education,* 112, 572-577. https://doi.org/10.1002/jee.20537

Kalota, F. (2024). A primer on generative artificial intelligence. *Education Sciences,* 14(2), 172, 1-15. https:// doi.org/10.3390/educsci14020172

Kamalov, F., Calonge, D. S., & Gurrib, I. (2023). New era of artificial intelligence in education: Towards a sustainable multifaceted revolution. *Sustainability,* 15, 12451, 1-27. https://doi.org/10.3390/ su151612451

Kaya, U., Yılmaz, A., & Dikmen, Y. (2019). Sağlık alanında kullanılan derin öğrenme yöntemleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi,* 16, 792-808. https://doi.org/10.31590/ejosat.573248

Kaya, Ç., Temeltaş, H., Bensusan, E., Çelik, A. T., Erciş, M. E., & Onur, M. (2025). Yapay zekâ ve zanaat üzerine bir derleme. *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi,* Özel Sayı, e136-e153. https://doi.org/10.14783/maruoneri.1499774

Khanzode, C. A., & Sarode, R. D. (2020). Advantages and disadvantages of artificial intelligence and machine learning: A literature review. *International Journal of Library & Information Science,* 9(1), 30-36.

Kırelli, Y. (2023). Analysis of factors affecting common use of generative artificial intelligence-based tools by machine learning methods. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering,* 9(3), 233-237. https://doi.org/10.22399/ijcesen.1330363

Köse, U. (2020). Yapay zekâ etiği çerçevesinde geleceğin işletmeleri: Dönüşüm ve paradigma değişiklikleri. *Journal of Engineering Sciences and Design,* 8(5), 289-304.

Kubat, C., & Kiraz, A. (2012). Yapay zekâ kullanılarak sanal laboratuar tasarımında çekme testinin modellenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi,* 27(1), 205-210.

Lantada, A. D. (2020). Engineering education 5.0: Continuously evolving engineering education. *International Journal of Engineering Education,* 36(6), 1814–1832.

Lin, C. H., Yu, C. C., Shih, P. K., & Wu, L. Y. (2021). STEM-based artificial intelligence learning in general education for non-engineering undergraduate students. *Educational Technology & Society,* 24(3), 224–237.

Liu, C., Wang, G. C., & Wang, H. F. (2025). The application of artificial intelligence in engineering education: A systematic review. *IEEE Education Society Section,* 13, 17895-17910. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3532595

Lopes, D. J. V., Bobadilha, G. D. S., & Grebner, K. M. (2020). A fast and robust artificial intelligence technique for wood knot detection. *BioResources,* 15(4), 9351-9361.

Lu, P., Chen, S., & Zheng, Y. (2012). Artificial intelligence in civil engineering. *Mathematical Problems in Engineering,* 145974, 1-22. https://doi.org/10.1155/2012/145974

Lu, H., Li, Y., Chen, M., Kim, H., & Serikawa, S. (2017). Brain intelligence: Go beyond artificial intelligence. *Mobile Netw Appl,* 23, 368-375. https://doi.org/10.1007/s11036-017-0932-8

Lyu, W., & Liu, J. (2021). Artificial Intelligence and emerging digital technologies in the energy sector. *Applied Energy,* 303, 117615, 1-15. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117615

Mannuru, N. R., Shahriar, S., Teel, Z. A., Wang, T., Lund, B. D., Tijani, S., Pohboon, C. O., Agbaji, D., Alhassan, J., Galley, J., Kousari, R., Ogbadu-Oladapo, L.,

Saurav, S. K., Srivastava, A., Tummuru, S. P., & Uppala, S. (2023). Artificial intelligence in developing countries: The impact of generative artificial intelligence (AI) Technologies for development. *Information Development*, 1-19. https://doi.org/10.1177/02666669231200628

Mersha, M., Lam, K., Wood, J., AlShami, A. K., & Kalita, J. (2024). Explainable artificial intelligence: A survey of needs, techniques, applications, and future direction. Neurocomputing, 599, 128111. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2024.128111

Minh, D., Wang, H. X., Li, Y. F., & Nguyen, T. N. (2022). Explainable artifcial intelligence: A comprehensive review. *Artifcial Intelligence Review*, 55, 3503–3568. https://doi.org/10.1007/s10462-021-10088-y

Naser, M. Z., & Alavi, A. H. (2023). Error metrics and performance fitness indicators for artifcial intelligence and machine learning in engineering and sciences. Architecture, Structures and Construction, 3, 499–517. https://doi.org/10.1007/s44150-021-00015-8

Nath, P. C., Mishra, A. K., Sharma, R., Bhunia, B., Mishra, B., Tiwari, A., Nayak, P. K., Sharma, M., Bhuyan, T., Kaushal, S., Mohanta, Y. K., & Sridhar, K. (2024). Recent advances in artificial intelligence towards the sustainable future of agri-food industry. *Food Chemistry,* 447, 138945, 1-18. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138945

Nti, I. K., Adekoya, A. F., Weyori, B. A., & Boateng, O. N. (2022). Applications of artifcial intelligence in engineering and manufacturing: A systematic review. *Journal of Intelligent Manufacturing,* 33, 1581-1601. https://doi.org/10.1007/s10845-021-01771-6

Ocak, A., Nigdeli, S. M., Bekdaş, G., & Işıkdağ, Ü. (2023). Artificial intelligence and deep learning in civil engineering. Bekdaş, G., Nigdeli, S. M. (Ed.). *Hybrid Metaheuristics in Structural Engineering, Studies in Systems, Decision and Control, volume 480* e-book içinde 265-288. https://doi.org/10.1007/978-3-031-34728-3_13

Oke, S. A. (2008). A literature review on artificial intelligence. *International Journal of Information and Management Sciences,* 19(4), 535-570.

Pham, D. T., & Pham, P. T. N. (1999). Artificial intelligence in engineering. *International Journal of Machine Tools & Manufacture,* 39, 937–949.

Pisica, A. I., Edu, T., Zaharia, R. M., & Zaharia, R. (2023). Implementing artificial intelligence in higher education: Pros and cons from the perspectives of academics. *Societies,* 13(5), 118, 1-13. https://doi.org/10.3390/soc13050118

Proto, A. R., Sperandio, G., Costa, C., Maesano, M., Antonucci, F., Macri, G., Mugnozza, G. S., & Zimbalatti, G. (2020). A three-step neural network artificial intelligence modeling approach for time, productivity and costs

prediction: A case study in Italian forestry. *Croatian Journal of Forest Engineering,* 41(1), 35-47. https://doi.org/10.5552/crojfe.2020.611

Qiao, W., & Fu, J. (2023). Challenges of engineering education in the digital intelligence era. *Journal of Educational Technology Development and Exchange,* 16(2), 145-159. https://doi.org/10.18785/jetde.1602.09

Ramos-Maldonado, M., & Aguilera-Carrasco, C. (2022). Trends and Opportunities of Industry 4.0 in Wood Manufacturing Processes. Gong, M. (Ed.). Engineered Wood Products for Construction içinde 1-14. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.99581

Rane, N. L., Choudhary, S. P., & Rane, J. (2024). Artificial intelligence for enhancing resilience. *Journal of Applied Artificial Intelligence,* 5(2), 1-33. https://doi.org/10.48185/jaai.v5i2.1053

Resmi Gazete. (2006). Orman mühendisliği, orman endüstri mühendisliği ve ağaç işleri endüstri mühendisliği hakkında kanun. Kanun no: 5531. Kanun kabul tarihi: 29/06/2006. 13.07.2025 tarihinde https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/07/20060708-2.htm adresinden erişildi.

Ross, R. J. (2010). Wood handbook: Wood as an engineering material. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. https://doi.org/10.2737/FPL-GTR-190

Sakarya, Ş., & Yılmaz, Ü. (2019). Derin öğrenme mimarisi kullanarak BİST30 indeksinin tahmini. *European Journal of Educational & Social Sciences,* 4(2), 106-121.

Schweidtmann, A. M., Esche, E., Fischer, A., Kloft, M., Repke, J. U., Sager, S., & Mitsos, A. (2021). Machine learning in chemical engineering: A perspective. *Chemie Ingenieur Technik,* 93(12), 2029-2039. https://doi.org/10.1002/cite.202100083

Sözen, E., Bardak, T., & Kayahan, K. (2021). Lamine kaplama kereste (LVL) rutubetinin basınç direnci üzerine etkisinin yapay zekâ ile belirlenmesi. *Türkiye Ormancılık Dergisi,* 22(2), 157-164. https://doi.org/10.18182/tjf.888829

Şeker, A., Diri, B., & Balık, H. H. (2017). Derin öğrenme yöntemleri ve uygulamaları hakkında bir inceleme. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi,* 3(3), 47-64.

Taeihagh, A. (2021). Governance of artificial intelligence. *Policy and Society,* 40(2), 137–157. https://doi.org/10.1080/14494035.2021.1928377

Tapeh, A. T. G., & Naser, M. Z. (2023). Artifcial intelligence, machine learning, and deep learning in structural engineering: A scientometrics review of trends and best practices. *Archives of Computational Methods in Engineering,* 30, 115–159. https://doi.org/10.1007/s11831-022-09793-w

Toğaçar, M., & Ergen, B. (2019). Biyomedikal görüntülerde derin öğrenme ile mevcut yöntemlerin kıyaslanması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,* 31(1), 109-121.

Vieira, T. A. S., Trugilho, P. F., Carabineiro, S. A. C., Zanuncio, A. J. V., Carvalho, A. G., da Silva, L. F., Vieira, M. B., da Silva, C. M. S., & Carneiro, A. C. O. (2022). Production of high-quality forest wood biomass using artificial intelligence to control thermal modification. *Biomass Conversion and Biorefinery,* 14, 1731-1747. https://doi.org/10.1007/s13399-022-02666-z

Willard, J., Jia, X., Xu, S., Steinbach, M., & Kumar, V. (2022). Integrating scientific knowledge with machine learning for engineering and environmental systems. *ACM Computing Surveys,* 55(4), 66, 1-37. https://doi.org/10.1145/3514228

Yıldız, B., Çavdar, E., & Kaya, S. (2025). Ahşap ürünleri imalatı sektöründe teknolojik hazırlık düzeyinin tespiti; Sorunlar ve çözüm önerileri. *Econder Uluslararası Akademik Dergi,* 9(1), 116-154. https://doi.org/10.35342/econder.1704561

Yi, L. P., Akbar, M. F., Wahab, M. N. A., Rosdi, B. A., Fauthan, M. A., & Shrifan, N. H. M. M. (2024). The prospect of artificial intelligence-based wood surface inspection: A review. *IEEE Access*, 12, 84706-84725. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3412928

Zanuncio, A. J. V., Costa, E. A., Carvalho, A. G., de Castro, V. R., Carneiro, A. C. O., & Araujo, S. O. (2022). Artificial intelligence and colorimetry as a combined non-destructive method to predict properties of heat-treated wood. *Cellulose Chemistry and Technology,* 56(9-10), 941-948. https://doi.org/10.35812/CelluloseChemTechnol.2022.56.84

Zhang, W., Li, H., Li, Y., Liu, H., Chen, Y., & Ding, X. (2021). Application of deep learning algorithms in geotechnical engineering: a short critical review. *Artifcial Intelligence Review,* 54, 5633–5673. https://doi.org/10.1007/s10462-021-09967-1

Zhong, S., Zhang, K., Bagheri, M., Burken, J. G., Gu, A., Li, B., Ma, X., Marrone, B. L., Ren, Z. J., Schrier, J., Shi, W., Tan, H., Wang, T., Wang, X., Wong, B. M., Xiao, X., Yu, X., Zhu, J. J., & Zhang, H. (2021). Machine learning: New ideas and tools in environmental science and engineering. Environmental Science & Technology, 55, 12741-12754. https://doi.org/10.1021/acs.est.1c01339

Zhong, Z. W. (2021). Surface roughness of machined wood and advanced engineering materials and its prediction: A review. *Advances in Mechanical Engineering,* 13(5), 1-19. https://doi.org/10.1177/16878140211017632

Zhu, M. (2022). Factors influencing analysis for level of engineering english education based on artificial intelligence technology. *Mathematical Problems in Engineering,* 1, 4447209, 1-11. https://doi.org/10.1155/2022/4447209

BÖLÜM 15

PROGRAMLAMA ÖĞRENME SÜRECİNDE YAPAY ZEKÂ DESTEĞİ: AKILLI ARAÇLAR VE KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ STRATEJİLER

Erkan Çalışkan

ÖZET

Programlama öğrenme son on yıl içerisinde popüler olmaktan öteye geçip sadece bilişim dünyası için değil, birçok çalışma alanı için gereklilik hâline gelmeye başlamıştır. Gerçekleşen teknolojik gelişmeler ve yazılım alanındaki ilerlemeler farklı disiplinleri olduğu gibi yazılım öğrenme sürecini de etkilemiştir. Özellikle yapay zekâ (YZ), geleneksel yöntemlerin sınırlamalarını aşarak daha etkileşimli, kişiselleştirilmiş ve etkili bir öğrenme deneyimi sunarak programlama öğreniminde dönüştürücü bir rol oynamaktadır. Sınıf ortamında ya da video izleyerek programlama öğrenmeye çalışmak uzun zaman ve emek gerektiren bir süreçken artık YZ desteğiyle daha etkileşimli, verimli ve erişilebilir hâle gelmiştir. Bu bölüm, YZ'nin programlama öğrenimindeki etkisi, kullanılan araçları, pratik uygulamaları, etik konuları, bu teknolojinin beraberinde getirdiği fırsatlar ile riskleri ayrıntılı biçimde ele almaktadır. Kod tamamlama, hata düzeltme, kişiselleştirilmiş öğrenme gibi YZ uygulamaları incelenmekte ayrıca, gerçek dünyaya dayalı uygulamalarla öğrenmenin nasıl pekiştirilebileceği değerlendirilmektedir. Amaç, okuyuculara YZ'nin programlama öğreniminde nasıl kullanılabileceğini göstermek ve bu teknolojinin etkili kullanımına rehberlik etmektir.

Anahtar Kelimeler: Programlama; Yapay Zekâ, Öğrenme Teknolojileri

GİRİŞ

Programlama becerisi, dijital dönüşümün hız kazandığı günümüzde yalnızca bilgisayar bilimleri ve mühendislik alanlarıyla sınırlı bir uzmanlık olmaktan çıkarak farklı disiplinlerde problem çözme, algoritmik düşünme ve yenilikçi ürün geliştirme süreçlerinin temel bileşenlerinden biri hâline gelmiştir. Bununla birlikte programlama öğrenimi; soyut kavramların anlaşılması, söz dizimsel ve mantıksal hataların belirlenmesi, etkili hata ayıklama stratejilerinin geliştirilmesi ve kuramsal bilginin uygulamaya aktarılması gibi nedenlerle öğrenenler açısından önemli güçlükler barındırmaktadır. Gelenek-

sel öğretim yaklaşımlarının bireysel öğrenme hızlarına ve gereksinimlerine yeterince cevap verememesi, anlık ve nitelikli geri bildirim olanaklarının sınırlı kalması, programlama eğitiminde daha etkileşimli, uyarlanabilir ve öğrenci merkezli yöntemlere duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Yapay zekâ destekli öğrenme araçları, bu ihtiyaca karşılık olarak öğrencinin düzeyini ve performansını çözümleyebilmekte; gerçek zamanlı geri bildirim, kod tamamlama, hata tespiti, kişiselleştirilmiş içerik ve öğrenme yol haritaları sunarak programlama öğrenme sürecini yeniden şekillendirmektedir.

Ancak yapay zekânın programlama eğitimindeki değeri, yalnızca kod üretme hızını veya işlem verimliliğini artırmasıyla sınırlı değildir. Bu teknolojilerin etkili bir öğrenme aracına dönüşebilmesi; öğrencinin üretilen kodun mantığını anlayabilmesine, önerileri eleştirel biçimde değerlendirebilmesine ve bağımsız problem çözme becerisini koruyabilmesine bağlıdır. Bu bölümde programlama öğreniminde yaşanan paradigma değişimi; kod tamamlama, hata tespit ve düzeltme, kişiselleştirilmiş öğrenme, proje yönetimi, kod inceleme ve refaktör araçları üzerinden kapsamlı biçimde ele alınmaktadır. Ayrıca yapay zekâ destekli yol haritası oluşturma, gerçek dünya senaryolarıyla öğrenmeyi pekiştirme ve öğrenme sürecini sürekli izleme gibi uygulama alanları incelenirken doğruluk ve güvenilirlik sorunları, güvenlik açıkları, veri gizliliği, telif hakları, algoritmik ön yargılar ve yapay zekâya aşırı bağımlılık gibi etik riskler de tartışılmaktadır. Böylece bölüm, yapay zekâyı öğrencinin yerine düşünen bir mekanizma olarak değil; öğretmen rehberliği, eleştirel yapay zekâ okuryazarlığı ve insan denetimiyle desteklenen güçlü bir öğrenme ortağı olarak konumlandıran bütüncül bir yaklaşım sunmaktadır.

1. PROGRAMLAMA ÖĞRENME SÜRECİNDE DEĞİŞEN PARADİGMALAR

Bilgisayar programlamayı öğrenmek bazı öğrenciler için zorlu bir konu olabilmektedir. Hatta programlamanın temel bir beceri olduğu bilgisayar bilimi veya mühendisliği gibi yükseköğretim alanlarında öğrenim gören öğrencilerinin bile, prensipleri öğrenmede ve uygulamada sorun yaşadıkları bilinmektedir (Polito & Temperini, 2021). Yapılan çalışmalarda da alan öğrencilerinin dahi hataları belirlemedeki zorluktan dolayı programlama derslerinden başarısız olduklarını ve dersi bırakmalarına neden olduğunu ortaya koymaktadır (Adhikari, Dhakal & Jha, 2024; Zhu & Zhang, 2025). Uzmanlara göre bunun temel nedeni, genç nesillerin hızlı

etkileşimden hızlı sonuçlar beklemeleri ve sabırsız tavırları olabilmektedir (Polito & Temperini, 2021). Bu konu kapsamında geleneksel öğretim yöntemlerinin bu sorunla başa çıkmak için yetersiz kaldığı görülmektedir (Venter, 2020).

Programlama eğitiminde geleneksel yaklaşımlarda genellikle çift ve bireysel programlama, iş birlikçi öğrenme ve problem tabanlı öğrenme gibi çeşitli yöntem ve yaklaşımlar kullanılmaktadır (Aksakal & Küçük, 2025). Bu yöntemlerde genellikle öğretmen ya da materyal merkezli bir yaklaşıma dayanır ve ders anlatımı, ezberleme ile standart testlere odaklanmaktadır. Öğrenci gereksinimlerine duyarsız sabit öğretim içerikleri ve genelgeçer örnekler üzerinden ilerleyen programlama öğretimi etkili olmamaktadır. Çünkü böyle bir sistem programlama gibi uygulamalı ve problem çözme odaklı bir alanda bireysel farklılıkları göz ardı eder; öğrenciler aynı içeriği, aynı hızda öğrenmek zorunda bırakılır. Bazı öğrenciler kuramsal kavramları hızla kavrarken diğerleri uygulamalı aşamalarda daha başarılı olabilir. Tek boyutlu öğrenme deneyimi yaşayan öğrenciler edilgen olur ve katılım eksikliği yaşanabilir. Pasif öğrenmenin gerçekleştiği durumlarda öğrencilerin bağımsız problem çözme ve eleştirel düşünme becerileri yeterince geliştirilememektedir. Bu durum da programlama için algoritma kurulumundan basit ve temiz kod yazımına kadar birçok süreci doğrudan olumsuz etkiler. Ayrıca geleneksel yöntemlerde genellikle önceden tasarlanmış problemler üzerinde çalışma temel alındığından öğrenciler gerçek dünya problemleriyle karşılaştıklarında zorlanabilirler.

Bilgisayar programlamayı öğrenmek, özveri, mantıksal akıl yürütme ve azim gerektiren bilişsel açıdan zorlu bir iştir. Birçok yeni başlayan, hata ayıklama konusunda zorluk çeker ve genellikle etkili problem çözme stratejilerinden yoksundur (Alanazi vd., 2025). Hata tespiti ve düzeltme süreçleri zaman alıcıdır ve genellikle öğretmen desteği gerektirir. Geleneksel sistemlerde, öğrenciler yazdıkları kodla ilgili geri bildirim almak için öğretmenlerini beklemek zorundadır. Özellikle küçük öğrenme grupları dışında yaşanabilecek gecikmeler, öğrenme sürecini yavaşlatır ve motivasyonu olumsuz etkiler. Aynı zamanda verilen geri bildirimler nitelikli olmadığında hata analizi yetersiz kalacağından öğrenciler genellikle aynı hataları tekrarlar ve bu hatalarının temel nedenlerini anlamakta zorlanırlar. Bu durum hatalardan öğrenmeye kapalı sistemleri doğurur ve

programlama öğrenme sürecinin en önemli bileşenlerinden biri olan hatalardan öğrenme sınırlandırılmış olur.

Eğitim teknolojilerinin öğretme-öğrenme süreçlerine hızlı bir şekilde entegre edildiği dijital dönüşüm döneminde yapay zekâ (YZ) ön sıralara çıkmaktadır. YZ, bilgisayarların insan zekâsını taklit ederek görsel algı, konuşma tanıma ve karar verme gibi zeki işlevler gerçekleştirmesini amaçlayan bir alandır. YZ, verileri analiz etmek ve yorumlamak, örüntülerden öğrenmek ve bu öğrenmeye dayalı kararlar almak üzere tasarlanmıştır (Eltahir & Babiker, 2024).

Dünya Ekonomik Forumunda da YZ'nin eğitim sistemlerini daha eşitlikçi hâle getirebileceği ve potansiyel olarak kapsayıcı öğrenmeye doğru bir dönüşümün öncüsü olabileceği vurgulanmıştır (Oyelere & Aruleba, 2025). 2023 Horizon raporuna göre de YZ eğitimde sıradan ve tekrarlayan görevler için yaygın olarak kullanılmaktadır (Kölemen, 2024). Bilgisayar ve bilgi işleme tekniklerinin gelişmesiyle birlikte YZ, eğitim uygulamalarında yeni fırsatlar ve potansiyeller ortaya çıkarmaktadır (Ouyang & Jiao, 2021). YZ destekli öğrenme ortamları öncelikle zaman ve mekândan bağımsızlık özelliği kazandırmaktadır.

YZ destekli araçlar, bilgiye erişimi demokratikleştirebilecek ve programlama eğitimini yeniden şekillendirebilecek kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunmaktadır (Oyelere & Aruleba, 2025). YZ, yapılandırılmış ders, içerik ve otomatik değerlendirmelerle öğrenme sürecini yönlendirebilir. Öğrencilerle iş birliği yaparak öğrenme sürecini güçlü şekilde destekleyebilir. Bireyselleştirilmiş öğrenme deneyimi yaşatarak öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerinde lider rolünde olmalarını sağlayabilir.

Programlama eğitiminde YZ, otomatik geri bildirim ve kod incelemesi, uyarlanabilir öğrenme yolları, programlama ders sistemleri, otomatik değerlendirme ve notlandırma, kod özetleme, belgelendirme ve kod oluşturma dâhil olmak üzere çeşitli yönlerden eğitimcilere ve öğrencilere yardımcı olabilir (Montella vd., 2025). YZ; gerçek zamanlı geri bildirim, uyarlanabilir problem çözme ve otomatik kod önerileri sunarak kişiselleştirilmiş yolları destekleyebilir (Oyelere & Aruleba, 2025). YZ, her öğrencinin öğrenme modelini çözümleyerek, kişiye özel öğrenme yolları oluşturabilir. Bu sistem, öğrencinin güçlü olduğu alanları tanır ve geliştirilmesi gereken konulara odaklanır. Süreci optimize ederek her öğrencinin ihtiyaçlarına göre uyarlanabilir içerik sunabilir (Kölemen, 2024). Öğrencinin gerek duymadığı

içerik ve uygulamalarda gereksiz tekrarlar ile süreci baltalamaz. Öğrenme deneyimlerini kişiselleştirerek, etkileşimli içerik oluşturarak ve uyarlanabilir değerlendirmeleri kolaylaştırarak öğrenci motivasyonunu önemli ölçüde artırabilir (Cubillos vd., 2025).

YZ destekli sistemler, öğrencilerin yazdıkları kodu anında çözümleyerek hataları tespit edebilir ve düzeltme önerileri sunabilir. Son zamanlarda, hata mesajlarını daha anlaşılır bir şekilde açıklamak için YZ kullanmak, uzun süredir devam eden sorunun ele alınmasında yeni bir umut doğurmuştur. Son çalışmalar, gerçek zamanlı otomatik geri bildirimin oldukça ilgi çekici ve faydalı olabileceğini göstermektedir (Adhikari vd., 2024).

Otomatik kod tamamlama ve hata düzeltme araçları, öğrencilerin daha hızlı ve etkili ilerlemesini sağlar. YZ, öğrencinin seviyesine ve ilgi alanlarına uygun programlama problemleri ve projeler üretebilir. Bu durum, öğrenme deneyimini daha ilgi çekici ve motivasyonel hâle getirir. Geleneksel sınavların aksine, YZ sistemleri öğrencilerin gelişimini sürekli izleyebilir ve değerlendirebilir. Bu sayede öğrenme açıkları erkenden tespit edilir ve gerekli müdahaleler yapılır. Gerçek zamanlı geri bildirimlerle öğrenme süreci daha etkileşimli hâle gelir. Öğrenci pasif alıcı rolünden sürecin bir parçası hatta tam kendisi olmaya başlar.

YZ, geleneksel yöntemlerin sınırlamalarını aşarak öğrenmeyi daha etkileşimli, bireyselleştirilmiş ve veri odaklı hâle getirmektedir. Gerçek zamanlı geri bildirim, uyarlanabilir rehberlik ve erken hata tespiti gibi özellikleriyle YZ destekli araçlar, programlama eğitiminde yeni ve zamanında bir çözüm sunmaktadır (Alanazi vd., 2025). Öğrenme süreci artık öğrencinin ihtiyaçlarına göre şekillendirilen, sürekli etkileşim olduğu bir yapıya dönüşmektedir. Bu paradigma değişimi, programlama öğrenme süreçlerini de daha etkili ve verimli hâle getirmektedir.

2. PROGRAMLAMA ÖĞRENİMİNDE KULLANILAN YAPAY ZEKÂ ARAÇLARI

YZ, programlama öğreniminde çeşitli araçlarla destek sunmaktadır. Bu araçlar, öğrencilerin kod yazma becerilerini geliştirmelerine, hataları tespit etmelerine ve öğrenme süreçlerini kişiselleştirmelerine olanak tanımaktadır (Oyelere & Aruleba, 2025). YZ destekli araçlar, kod yazma ve hata ayıklama gibi yaygın programlama görevlerini otomatikleştirerek

öğrencilerin temel programlama kavramlarını anlamaya odaklanmalarını sağlayabilir, kod yorumlarının kalitesini artırabilir ve kod kalitesi hakkında daha doğru geri bildirim sağlayabilir (Cubillos vd., 2025). Nikolaidis vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada ChatGPT ve Copilot'un programlamada söz dizimi ve anlamsal hatalara eğilimli olmalarına karşın kolay problemler için kod çözümleri üretmede etkili araçlar olabileceği ortaya konulmuştur.

2.1. Kod Tamamlama Sistemleri

Kod tamamlama, geliştiricilerin kod yazarken önceki bir kod bağlamından sonraki kod parçalarını otomatik olarak önererek yardımcı olmak üzere tasarlanmış bir özelliktir. Kod tamamlama, tuş vuruşlarını azaltarak, yazım hatalarını ortadan kaldırarak ve söz dizimini düzelterek geliştiricilerin üretkenliğini artırmaya yardımcı olabilir. Geleneksel kod tamamlama yaklaşımları, belirli bir bağlamdan kod önermek için sezgisel ve istatistiksel dil tekniklerinden yararlanır. Ancak bu teknikler büyük ölçüde maliyetli ve zaman alıcı olan elle oluşturulmuş kurallara ve kalıplara dayanır. Bu sınırlamayı gidermek için YZ kod tamamlama yaklaşımları, kod önermek için derin öğrenme tekniklerini kullanmaktadır (Takerngsaksiri vd., 2024).

Kod tamamlama araçları, programlama öğrenenlerin kod yazarken gerçek zamanlı öneriler almasını sağlamaktadır. Yapılan çalışmalar YZ destekli kod düzenleme araçlarına ilişkin umut verici sonuçlar ortaya koymuştur (Takerngsaksiri vd., 2024; Zhao vd., 2025). Bu araçlar, hata yapmadan önce uyarı verdiğinden kod yazma sürecini hızlandırır ve öğrenme sırasında karşılaşılan engelleri azaltır. Aynı zamanda yazılmakta olan kodu çözümleyerek ve bağlamsal olarak uygun önerilerde bulunarak daha doğru kod yazılmasına yardımcı olur. GitHub Copilot ve Tabnine gibi sistemleri bu kategori altında inceleyebiliriz.

GitHub Copilot: Microsoft tarafından geliştirilen ve OpenAI Codex tarafından desteklenen bir araç olan GitHub Copilot ve Visual Studio Code gibi entegre geliştirme ortamlarında (Integrated Development Environment-IDE) çalışır. Programcıların yazdıkları kod parçacıklarını analiz ederek, sonraki satırları tahmin eden ve öneriler sunan bir YZ asistanıdır. Yazılan koda bağlı olarak otomatik kod satırları ya da tüm fonksiyonlar için öneriler

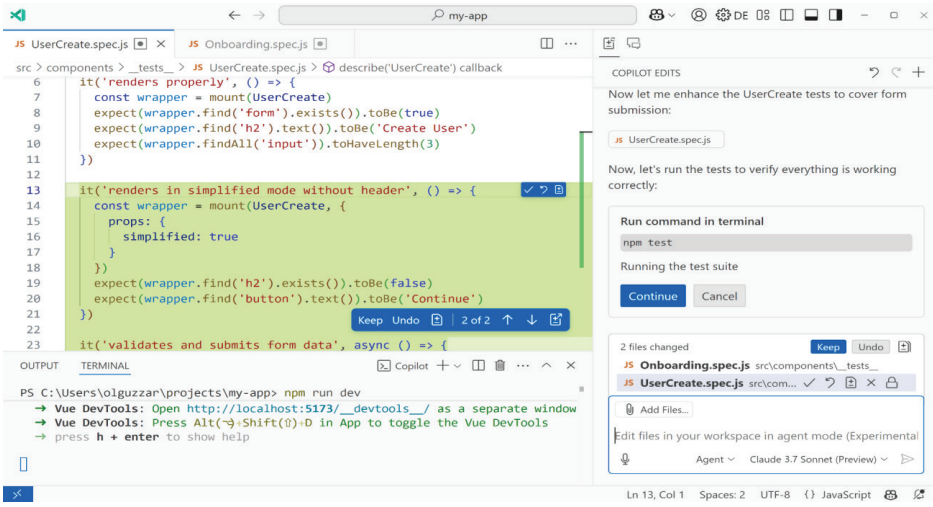
sunar, böylece öğrenenler kod yapısını ve en iyi uygulamaları öğrenir. Örneğin, bir fonksiyon yazmaya başladığınızda, geri kalanını tamamlayarak kod yazma hızını artırır. Copilot'un doğru kullanıldığında geliştiricilerin performansını artırabileceğine inanan alan uzmanları ve araştırmacılar; Copilot'un yanlış cevapladığı bir görevi bitirmek için daha fazla zaman harcanması ve güvenlik açıkları gibi konulara dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamaktadırlar (Nikolaidis vd., 2024).

Kullanım Avantajları:

- Kod yazma hızını önemli ölçüde artırır.
- Farklı programlama dillerinde destek sağlar.
- Kod kalitesini iyileştiren öneriler sunar.
- Öğrencilerin kod yazma pratiklerini geliştirir.

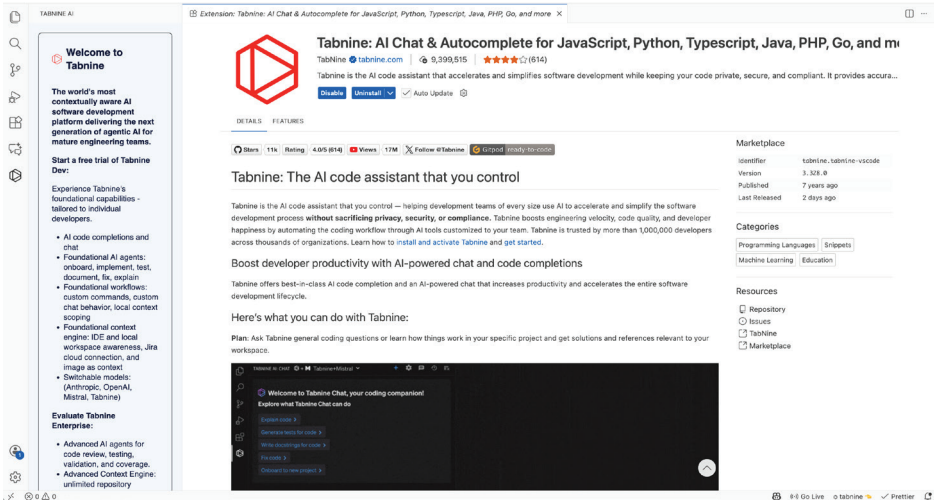
Etkili Kullanım Stratejileri:

- Öncelikle kendi kodunuzu yazmaya çalışın, sonra Copilot önerilerini değerlendirin.
- Önerilen kodları körü körüne kabul etmeyin, mantığını anlayın.
- Farklı çözüm yollarını keşfetmek için çeşitli sorgular (prompt) deneyin.



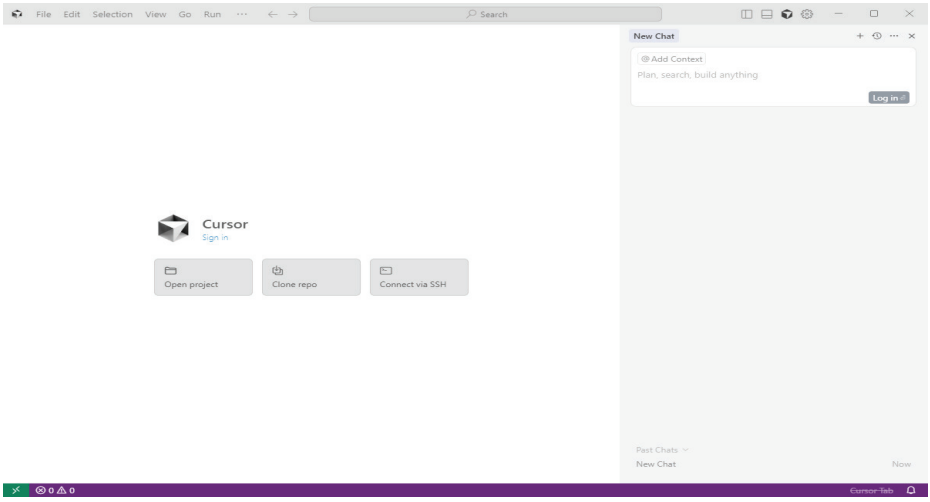
Şekil 1. Copilot Visual Studio Code IDE çalışma ortamı ekran görüntüsü (Kaynak: https://code.visualstudio.com/blogs/2025/02/24/introducing-copilot-agent-mode)

Tabnine: Makine öğrenimi algoritmalarını kullanarak kod tamamlama önerileri sunan bir araçtır. Kişisel kod yazma tarzınızı öğrenir ve bu doğrultuda özelleştirilmiş öneriler sunar. Daha güvenli ve özelleştirilebilir öneri motoru olarak görebiliriz. Çeşitli programlama dillerini destekler ve IDE'lere kolayca entegre olur. Temel özellikleri arasında yerel ve bulut tabanlı çalışma seçenekleri, takım çalışmasında ortak kod standartlarını öğrenme, güvenlik odaklı kod önerileri ve çoklu IDE desteği sayılabilir.

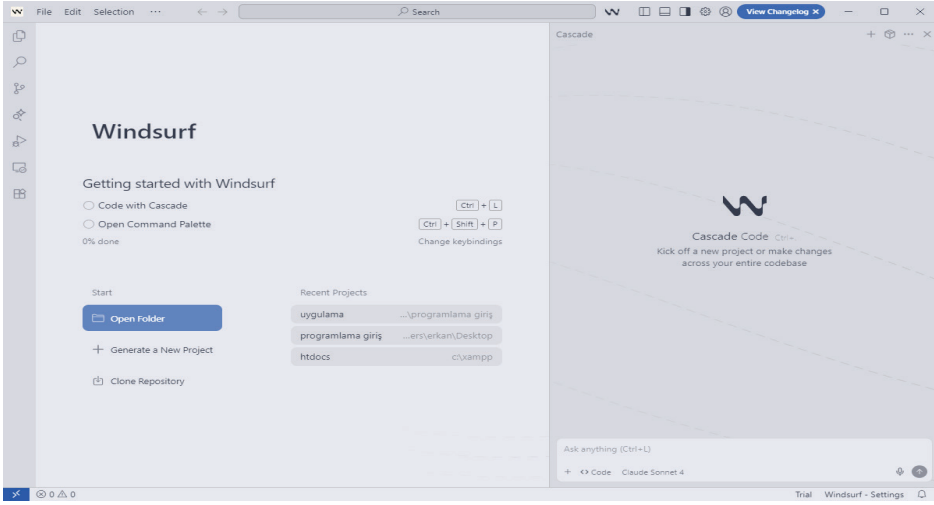


Şekil 2. Tabnine Visual Studio Code IDE çalışma ortamı ekran görüntüsü

Bunlar dışında Cursor ve Windsurf gibi araçlar da kod yazma, komut satırı eylemleri ve dosya düzenleme gibi görevlerin otonom yürütülmesine olanak tanımaktadır (Zhao vd., 2025). Ancak unutulmaması gerek nokta; bu araçlar program yazımında verimliliği artırsa da programlama öğrenme sürecinde kullanıcıyı tembelleştirebilir ve temel kodlama mantığını öğrenmeden kullanılmaları durumunda yüzeysel öğrenme riski oluşturabilir.



Şekil 3. Cursor çalışma ortamı ekran görüntüsü



Şekil 4. Windsurf çalışma ortamı ekran görüntüsü

2.2. Hata Tespit ve Düzeltme Araçları

Bu araçlar, öğrencilerin kodlarındaki hataları bulmalarına ve düzeltmelerine yardımcı olur. Böylece öğrenciler, kod yazarken karşılaştıkları sorunları hızlıca çözerek hataların nedenlerini daha kolay anlayarak deneyim kazanırlar. Deneme-yanılma sürecini kısaltarak özellikle yeni

başlayanlar için öğrenme sürecini destekleyen önemli bir geri bildirim sağlanmış olur.

YZ destekli hata ayıklayıcılar IDE'lere kolaylıkla entegre olur, öğrencilerin yazdığı kodu tarar, olası hataları belirler ve çözüm önerileri sunar. Böylece öğrenciler hata ayıklama sürecini öğrenir. Snyk tarafından geliştirilen DeepCode, statik uygulama güvenlik testini (SAST) vurgulayan, statik kod analizi yaparak güvenlik açıkları, performans sorunları ve kod kalitesi problemlerini tespit eden YZ tabanlı bir araçtır. Güvenlik açıklarını erkenden tespit etme, kod kalitesi metrikleri sağlama, uygulama önerilerinde bulunma ve çoklu programlama dili desteği bu aracın ön plana çıkan özellikleridir.

2.3. Kişiselleştirilmiş Öğrenme Yolları

YZ, programlama eğitiminde öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına uygun öğrenme yolları oluşturma kapasitesine sahiptir. Öğrencilerin sahip oldukları bireysel farklılıkları dikkate alarak öğrencilerin güçlü ve zayıf yönlerini çözümleyebilir, öğrenme sürecini en üst düzeyde verim alınabilecek şekilde düzenleyebilir ve daha etkili bir öğrenme deneyimi sağlayabilirler. Bu noktada Codecademy AI ve LeetCode Mentor gibi sistemler, programlama eğitiminde öğrenci performansına göre otomatik olarak öğrenme yolları oluşturup zayıf konuları tespit eder ve hedef odaklı çalışma önermektedirler.

Codecademy'nin YZ Öğrenme Asistanı (Codecademy AI), GPT-4o modelini kullanarak öğrencilerin kodlarını analiz eder ve kişiselleştirilmiş geri bildirim sağlar. Öğrencinin seviyesine göre özelleştirilmiş dersler ve projeler sunar. Önemli özellikleri arasında; uyarlanabilir öğrenme algoritmaları, performansa bağlı içerik önerisi, etkileşimli kodlama alıştırmaları ve gerçek proje deneyimleri söylenebilir.

LeetCode'un YZ destekli mentor sistemi olan LeetCode AI Mentor ise algoritma ve veri yapıları konusunda uzmanlaşmış biçimde, öğrencilerin problem çözme yeteneklerini geliştirmek için YZ destekli rehberlik sağlar. Algoritma sorularını çözerken kişiye özel ipuçları ve çözüm stratejileri önerir. Öğrencinin çözdüğü sorulara ve performansına göre yeni alıştırmalar sunar. Zaman ve alan karmaşıklığı çözümlemesi ile optimizasyon teknikleri rehberliği ile öğrencilerin programlama öğrenme sürecinde önemli bir rol

üstlenir. LeetCode problemleri, algoritmalar ve veri yapıları gibi konulardaki gerçek dünya senaryolarına dayanır ve çok çeşitli zorluk seviyelerini kapsar (Nikolaidis vd., 2024).

2.4. Pratik Uygulamalar

YZ, programlama öğrenim sürecine pratik uygulamalarla da destek sunmaktadır. Bu uygulamalar, öğrencilerin kuramsal bilgiyi gerçek dünya senaryolarına transfer etmelerine yardımcı olmaktadır. Sohbet botları (chatbot) kullanıcılarla yazılı veya sesli şekilde iletişim kurabilen, belirli kurallar veya YZ tabanlı sistemlerle çalışan bir yazılımdır. ChatGPT gibi YZ tabanlı sohbet botları öğrencilerin sorularına yanıt verip yönlendirmeler yaparak programlama öğreniminde yardımcı olabilir (Nikolaidis vd., 2024).



Şekil 5. ChatGPT çalışma ortamı ekran görüntüsü
(Kaynak: https://chatgpt.com/)

Programlama öğrenim sürecinde YZ tabanlı sohbet botlarından yararlanmak istediğimizde sürece ilişkin belirli kategorilerdeki istemleri (sorgu) şu şekilde örneklendirebiliriz.

- Öğretim materyalleri kategorisi, program akışını kontrol etmeye yönelik if–then ifadelerinin kullanımı ve bunun Python programlama dili bağlamında nasıl gerçekleştirildiğine ilişkin açıklamaları talep eden istemleri içermektedir.

- İçerik alanı araçları kategorisinde ise öğrenme sürecinde Python kodlarının test edilmesine ve hata ayıklama yöntemlerinin kullanımına yönelik istemler yer almaktadır.
- Geri bildirim ve değerlendirme kategorisi, öğreneni if–then ifadelerini uygulamaya yönelten problem senaryoları ile verilen yanıtların doğruluk düzeyinin değerlendirilmesine odaklanmaktadır.
- Planlama kategorisi ise daha kapsamlı bir öğrenme sürecini destekleyen istemleri içermektedir. Bu kapsamda, Python Institute PCAP sınavından örnek soruların sağlanması, üç aylık süre zarfında sınava hazırlanmak için konu başlıklarının ve haftalık çalışma planlarının belirlenmesi, ilk iki hafta için ayrıntılı günlük programların hazırlanması ve her gün öğrenme sürecinin değerlendirilmesi gibi istemler planlama sürecini yönlendirmektedir (Hartley, Hayak & Ko, 2024)

3. YZ DESTEKLİ YOL HARİTASI ÇİZME

YZ, öğrencilerin öğrenme hedeflerine ulaşmaları için kişiselleştirilmiş yol haritaları oluşturma potansiyeline sahiptir. Codecademy'nin YZ Öğrenme Asistanı, öğrencinin hedeflerine ve mevcut bilgisine göre bir öğrenme planı önerebilir. Bu, öğrencilerin hangi konulara odaklanmaları gerektiğini ve hangi kaynakları kullanmaları gerektiğini anlamalarını sağlar. Örneğin; bir ön yüz web geliştirici olmak isteyen biri için HTML, CSS, JavaScript sıralamasını önerebilir.

Programlama öğrenme sürecinizde YZ'den faydalanarak kişiselleştirilmiş bir yol haritası oluşturmak, öğrenme verimliliğini önemli ölçüde artırabilir. Öğrenenler, bu süreci dört adımda gerçekleştirebilir.

(1) Hedef Belirleme: Programlama öğrenmek ve bu alanda ilerlemek için ilk olarak yapılması gereken eylem kariyer hedeflerinin ve ilgi alanlarının belirlenmesidir. Web geliştirme, mobil uygulama geliştirme, veri bilimi ya da oyun geliştirme gibi farklı alanların kendine özgü öğrenme yolları vardır. Ayrıca her birinde öğrenilmesi gereken programlama dilleri farklılık göstermektedir. Hedef belirleme aşamasında YZ destekli sohbet botlarıyla görüşmeler gerçekleştirilebilir.

(2) Mevcut Durum Analizi: Kariyer planlaması ve istenilen hedefler belirlendikten sonra öğrenciler mevcut programlama bilgilerini

ve deneyimlerini YZ'den destek alarak değerlendirebilirler. YZ destekli kod değerlendirme testleri ile öğrencinin programlamada güçlü ve zayıf olduğu alanlar tespit edilebilir.

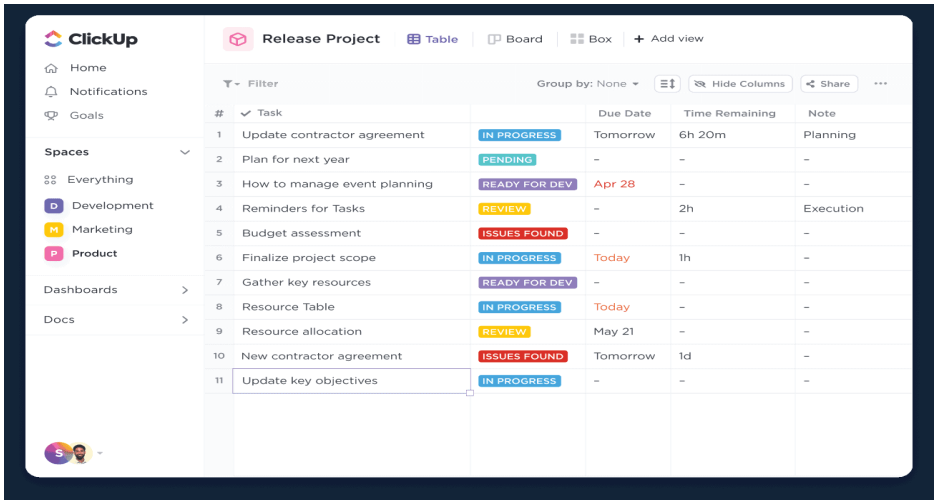
(3) Kişiselleştirilmiş Plan Oluşturma: Düzey belirlendikten sonraki aşama öğrencinin eksikleri ve güçlü yönlerine göre bireye özgü bir öğrenme planının oluşturulmasıdır. YZ, çözümleme sonuçlarına bağlı olarak öğrenciye özgü bir öğrenme planı oluşturulabilir. Bu plan içerisinde; öğrenilecek programlama dilleri ve teknolojiler, zaman çizelgesi, konu içerikleri ve çalışma teknikleri, pratik projelerin öncelik sırası ve ek kaynak önerileri yer alacaktır.

(4) Sürekli Optimizasyon: Son aşama ise sürekli tekrarlayan bir yapıda öğrenci hedeflerine ulaşana kadar devam eder. YZ, öğrencinin öğrenme sürecindeki ilerleyişini sürekli takip ederek öğrenme planında düzenlemelere giderek güncellemeler yapabilir.

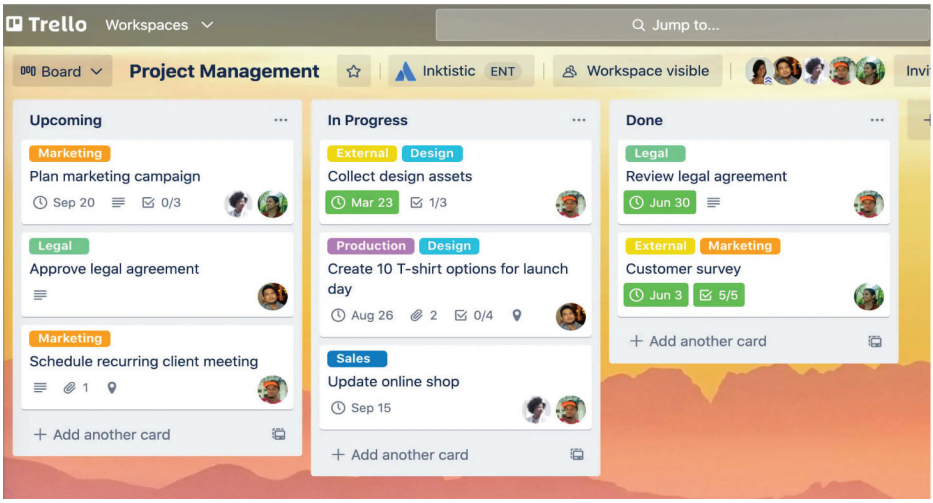
Özellikle YZ destekli değerlendirme sistemi öğrencilerin programlama eğitimi alma ve programlama becerilerini geliştirme fırsatı açısından oldukça önemlidir. Programlama yeterliliğinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlaması, anlamlı geri bildirimler yoluyla değerlendirmeyi biçimlendirici hâle getirebilmesi ve problem çözme becerilerini geliştirebilmesi gibi katkılarından dolayı otomatik değerlendirme teknolojisine, uygulanabilirliğine ve ölçeklenebilirliğine olan ilgi giderek artmaktadır (Polito & Temperini, 2021).

4. YZ DESTEKLİ PROJE YÖNETİMİ ARAÇLARI

Programlama projeleri, YZ asistanlarıyla bütünleşmiş platformlarda yönetilebilir. YZ destekli proje yönetimi araçları, görev atama, ilerleme takibi ve kaynak yönetimi gibi süreçleri kolaylaştırır. Bu araçlar, öğrencilerin bireysel ya da grup projelerini daha etkili bir şekilde yönetmelerine yardımcı olur. Görev dağılımı, zamanlama ve kod takibi otomatikleştirilir. Örneğin ClickUp ya da Trello, YZ ile görevleri otomatik olarak önceliklendirir ve proje sürelerini tahmin eder. Asana AI ya da Jira AI gibi araçlarla görev atamaları ve zamanlama takibi ile proje süreçleri daha organize yürütülebilir. CodeClimate ya da Sourcery gibi platformlarla kod kalitesi ölçümü yapılırken Forecast ile kaynak tahsisi ve bütçe planlaması için kullanılabilir.



Şekil 6. ClickUp çalışma ortamı ekran görüntüsü
(Kaynak: https://clickup.com)



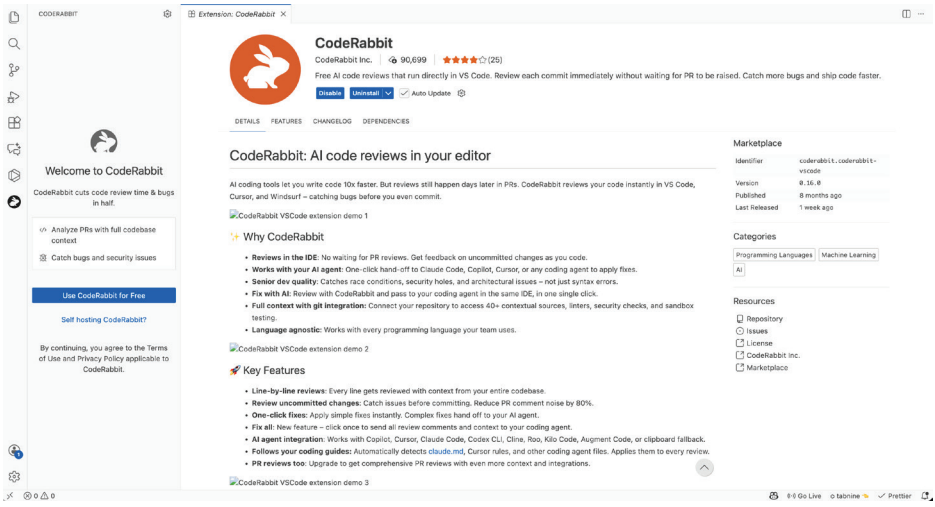
Şekil 7. Trello çalışma ortamı ekran görüntüsü
(Kaynak: https://trello.com/tr/guide/trello-101)

Programlama kariyer başlangıcında GitHub'ın proje yönetimi araçları, Copilot ile entegre olduğunda güçlü bir öğrenme deneyimi sunabilmektedir. Bir başka araç olan Notion AI, programlama öğrenme sürecinde alınan notların düzenlenmesine ve genişletilmesine yardımcı olur. Notion

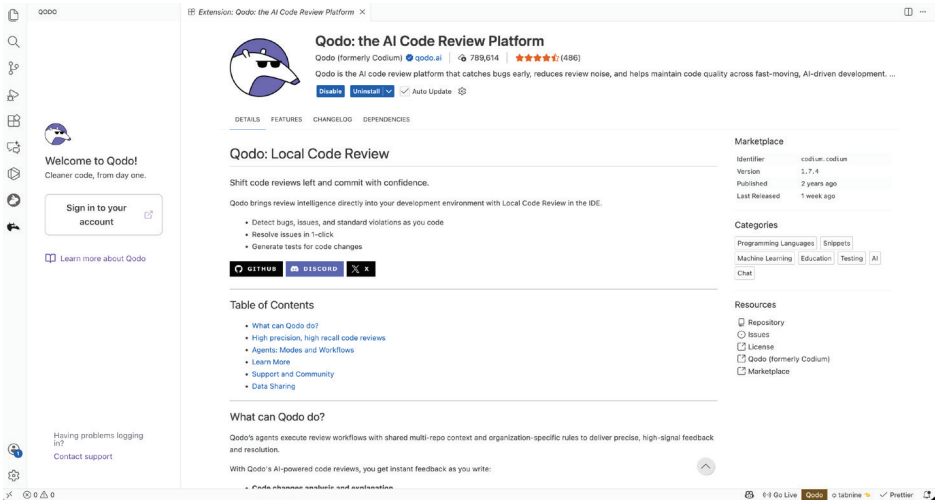
AI ile alınan ders notları sınıflandırılarak özetlenebilir, kod örnekleri açıklayıcı metinlerle desteklenebilir, öğrenme ilerleme düzeyi takip edilerek görselleştirilebilir.

5. KOD İNCELEME VE REFAKTÖR ÖNERİLERİ

Kodun kalitesini artırmaya yönelik öneriler hem algoritmik doğruluğu hem de okunabilirliği kapsar. Bu sistemler, öğrencilere "Nasıl daha iyi yazılır?" sorusunu öğretmeyi hedeflemektedir. YZ destekli kod inceleme araçları, öğrencilerin kod kalitesini artırmalarına yardımcı olur. Bu araçlar, öğrencilerin kodlarını daha temiz ve verimli hâle getirmelerine olanak tanır. YZ destekli araçlar kod incelemesi yaparken; kod okunabilirliği ve sürdürülebilirlik, performans optimizasyonu fırsatları, güvenlik uygulamaları kontrolü ve tasarım örüntüleri uygulama önerilerini temel ölçütler olarak almaktadır. YZ, yazılan kodun kalitesini artırmak için otomatik inceleme yapar ve daha temiz, okunabilir kod yazmaya yönelik öneriler sunar. Örneğin; CodeRabbit, kod incelemelerinde hataları tespit eder ve refaktör önerileri sunarken Qodo, otomatik test oluşturma ve kod dokümantasyonu gibi özelliklerle öğrencilerin kodlarını geliştirmelerine destek olur.



Şekil 8. CodeRabbit Visual Studio Code IDE çalışma ortamı ekran görüntüsü



Şekil 9. Qodo Visual Studio Code IDE çalışma ortamı ekran görüntüsü

6. GERÇEK DÜNYA SENARYOLARIYLA PEKİŞTİRME

YZ tarafından analiz edilen ya da oluşturulan örnek senaryolarla öğrenciler gerçek uygulamalara benzer projeler geliştirip bilişim dünyasıyla uyumlu deneyim kazanabilir. YZ, gerçek dünya senaryolarını simüle ederek öğrenmeyi pekiştirir. Örneğin; LeetCode'un YZ mentoru, gerçek hayatta karşılaşılan programlama problemlerine benzer alıştırmalar sunar. Bu, programlama öğrenmeye çalışıp öğrendiklerini uygulamaya dökmek isteyen öğrencilerin kuramsal bilgiyi pratik uygulamalara dönüştürmelerine yardımcı olur. YZ destekli ortamlar, öğrencilerin bir oyun, sohbet botu ya da veri analizi projesi gibi gerçek dünya uygulamaları yapmasına olanak tanır. Bu da öğrenilen bilgilerin somutlaşmasını sağlar. Ayrıca YZ öğrencilere senaryo tabanlı öğrenme (E-ticaret sistemi geliştirme simülasyonu, Sosyal medya uygulaması arka yüz tasarımı, IoT cihaz yönetim sistemi oluşturma, Finansal analiz araçları geliştirme vb.) ve gerçek veri setleriyle çalışma (açık kaynak projelerine katkı yapma rehberliği, Kaggle yarışmalarına katılım stratejileri, Uygulama Programlama Arabirimi (Application Programming Interface, API) entegrasyonu projeleri, veri tabanı tasarımı ve optimizasyonu vb.) olanağı sağlamaktadır.

7. ETİK, GÜVENLİK VE SINIRLAR

Öğrenme sürecine YZ entegrasyonu da oldukça ciddiye alınması gereken bir konudur. Özellikle kişiselleştirilmiş öğrenmeye geçiş, eğitmenin rolünün zorluğu ve karmaşık bir eğitim sisteminin geliştirilmesi bu sürecin sınırlılıkları olarak görülmektedir (Ouyang & Jiao, 2021). YZ'nin eğitim alanında kullanımı, öğrencilere kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunmak, öğretmenlere öğrenci performansı hakkında sezgi sağlamak, eğitim materyalleri geliştirmek gibi avantajlar sağlarken etik boyutu da göz ardı edilmemelidir (Kölemen, 2024).

YZ'nin programlama öğreniminde kullanımı, çeşitli etik ve güvenlik sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Tüm bilişim alanlarında olduğu gibi bu konuda da çalışırken dikkatli olmak gerekmektedir. Bir yandan gizlilik ve veri ekonomisi için çabalamak, diğer yandan Büyük Veri'nin (Big Data) YZ destekli ortamların ön koşulu olması zorluklardan biridir (Köbis & Mehner, 2021). Öncelikle veri gizliliği ve güvenliği sorunları vurgulanmalıdır. Bu etik endişeleri gidermek için eğitimde YZ sistemlerinin geliştirilmesi ve kullanımında şeffaflık ve hesap verebilirlik gibi stratejilerin uygulanması önemlidir (Kölemen, 2024). Ayrıca; ön yargı, güvenilirlik ve gizlilik gibi etik kaygıları da gündeme getirmektedir (Beardsley vd., 2025).

IEEE Küresel Otonom ve Akıllı Sistemler Etiği Girişimi (The IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems), 2019'da güncellenen adil, şeffaf ve insan odaklı bir YZ için alandaki geliştiricilere yönelik ve geliştirilmesinde dikkate alınması gereken sekiz ilkeden oluşan bir liste yayımlamıştır (Köbis & Mehner, 2021).

(1) İnsan Hakları: YZ, uluslararası alanda tanınan insan haklarına saygı göstermek, bunları teşvik etmek ve korumak için oluşturulmalı ve işletilmelidir.

(5) Refah: YZ geliştiricileri, birincil başarı kriteri olarak artan insan refahını benimsemelidir.

(6) Veri Ajansı: YZ geliştiricileri, kişilerin kimlikleri üzerinde kontrol sahibi olma kapasitelerini korumak için, bireylere verilerine erişme ve güvenli bir şekilde paylaşma yeteneği sağlamalıdır.

(7) Etkinlik: YZ geliştiricileri ve operatörleri, YZ'nin etkinliği ve amacına uygunluğuna dair kanıt sunmalıdır.

(8) Şeffaflık: Belirli bir YZ kararının temeli her zaman keşfedilebilir olmalıdır.

(9) Hesap Verebilirlik: YZ, alınan tüm kararlar için net bir gerekçe sağlamak üzere oluşturulmalı ve işletilmelidir.

(10) Kötüye Kullanım Farkındalığı: YZ geliştiricileri, YZ bileşenlerinin işletiminde meydana gelebilecek tüm olası kötüye kullanımlara ve risklere karşı dikkatli olmalıdır.

(11) Yeterlilik: YZ geliştiricileri, güvenli ve etkili bir işletim için gerekli bilgi ve becerileri belirlemeli ve operatörler de bunlara uymalıdır.

7.1. YZ Önerilerinin Doğruluk ve Güvenilirlik Riskleri

YZ araçlarının önerileri her zaman doğru veya güvenli olmayabilir. Hatta bazen hatalı ya da anlamca yanlış önerilerde bulunabilir. Bağlamdan kopuk öneriler veya eksik veriyle eğitilmiş sistemler, yanlış öğrenmelere yol açabilir. YZ sistemlerinin nasıl tasarlandığına ve hangi verilerle eğitildiklerine yeterli dikkat gösterilmezse bu araçlar mevcut ön yargıları azaltmak yerine sürdürebilir (Oyelere & Aruleba, 2025).

Yapılmış çalışmalar YZ modellerinin veri tabanları ve algoritmaları etrafında, cinsiyet, ırk ya da etnik köken, sınıf ve kültürel geçmiş gibi unsurları içeren belirli öğrenci gruplarına (genellikle yeterince temsil edilmeyen azınlıklar) karşı ön yargıya odaklanmaktadır. Özellikle, cinsiyet ayrımcılığı bu sorunun en belirgin biçimlerinden biridir (Tang & Su, 2024). Programlama öğrenme sürecinde öğrenciyi yanlış yönlendirme riskinden dolayı öğrenmeye ket vurabilir. Örneğin, bir model belirli insan gruplarına yönelik ön yargılı verilerle eğitilirse bu gruplara karşı adaletsiz ya da ayrımcı sonuçlar ortaya koyabilir (Storey & Wagner, 2024).

YZ teknolojileri, daha önce ön yargı içeren verileri analiz ederek sistemlerinde zaman zaman ön yargıyı sürdürür. Süreçlerinde ön yargı gösteren sistemler de öğrencileri yanlış analiz edebilir ve bu da olasılık değerlendir-

mesinin yanı sıra sonuçları anlamalarını olumsuz etkileyebilir. Ön yargıyı ortadan kaldırmak ve sistem operasyonlarını standartlaştırmak için eksiksiz sistem değerlendirmesi, büyük ve çeşitli veri toplama ile sürekli test yapılması önemlidir (Cubillos vd., 2025).

YZ'nin hatalı kod ya da güvenlik açığı içeren öneriler sunması da olasıdır. YZ sistemleri bazen var olmayan API'lar, fonksiyonlar ya da metotlar önerebilir. Bu durum, özellikle yeni öğrenen programcılar için yanıltıcı olabilir. Ayrıca YZ modelleri, eğitildikleri verilerden kaynaklanan ön yargıları taşıyabilir. Bu durum, belirli programlama yaklaşımlarını kayıran öneriler ile sonuçlanabilir.

Bahsedilen olumsuzluklardan etkilenmemek için programlama öğrenme sürecinde YZ'den faydalanan öğrenenlerin;

- çeşitli kaynaklardan öğrenme materyali kullanmaları,
- farklı programlama paradigmalarını keşfetmeleri,
- araştırma ve inceleme ile tüm kontrolü YZ araçlarına bırakmamaları,
- sunulan bilgilerin doğruluğu konusunda düşünme becerilerini geliştirmeleri,
- kod inceleme süreçlerinde insan faktörünü göz ardı etmemeleri önerilebilir.

7.2. Telif Hakkı ve Kullanım Politikaları

İnsan yapımı zekâ sistemleri, oluşturdukları ögelerin, modellerin ve yenilikçi görevlerin mülkiyetini belirlemede zorluklarla karşılaşmaktadır (Cubillos vd., 2025). YZ araçlarının önerdiği kodlar bazen başka yazarlara ait olabilir. Özellikle açık kaynak verilerden üretim yapan sistemlerde bu durum, yazılımda etik ve telif sorunlarına neden olabilir. Öğrencilerin açık kaynak lisansları ve etik kullanım konularında bilinç sahibi olması ve lisans anlaşmalarını dikkatlice okuması önemlidir. Ayrıca YZ araçları, kodunuzu analiz ederken veri gizliliği ile ilgili riskler yaratabilir. Bundan dolayı mutlaka ticari sürümler kullanılmalı ve önemli kodlar için dikkatli olunmalıdır. Yerel makinede çalışan YZ araçları tercih edilebilir.

7.3. Öğrencinin Bağımsız Düşünme Yeteneğini Koruma

YZ araçları hızlı çözümler sunarken derin öğrenme süreçlerini olumsuz etkileyebilir. YZ'nin sunduğu kolaylıklar, öğrencilerin yaratıcılığı ve bağımsız düşünme becerisini zayıflatmamalıdır. YZ araçlarının aşırı kullanımı, öğrencilerin bağımsız problem çözme becerilerini zayıflatabilir. YZ bir yardımcı olarak konumlandırılmalı, öğrencinin yerine karar verici olmamalıdır. YZ'nin sürece olumsuz etkisi olarak öğrencilerin derinlemesine öğrenme yerine yüzeysel stratejilere yönelmesine ve "akıllı tembellik" geliştirmelerine neden olabileceği vurgulanmaktadır. Ayrıca, algoritma temelli tahmin sistemleri ve YZ odaklı eğitim uygulamalarının, öğrenenlerin öz-yönetim kapasitelerini zayıflatarak onları belirli veri odaklı normlara uyum sağlamaya zorladığı eleştirilmektedir (Tang & Su, 2024).

YZ ile öğrenmenin tehlikelerinden bir diğeri, öğrencilerin yalnızca önerilere bağımlı hâle gelmesidir. Bu durum bilişsel pasifliğe yol açabilir. Bundan dolayı öğrenciler programlamada hızlı ilerleme kaydederken uzun vadede kalıcı bilgi edinimini sağlayamaz. Öğrenenler her şeyi YZ'ye bırakmadan kavram temelli öğrenmeyi tercih etmelidirler. Kodun arkasındaki kuramsal temeller araştırılmalı ve diğer çözüm yaklaşımlarıyla karşılaştırılmalıdır. Bu noktada kodun neden ve nasıl çalıştığını anlama oldukça önemlidir. Öğrenci öncelikle kendi çözümünü geliştirmeye çalışmalı ve YZ önerilerini anlamadan kullanmamalıdır. Bu süreç programlama açısından oldukça önemli olan algoritmik ve bilgi-işlemsel düşünme becerilerinin gelişimine fayda sağlayacaktır. Öğrencinin sadece YZ önerilerine bağımlı hâle gelmesi ve bu önerileri eleştirerek değerlendirme becerisini kazanamaması programlama öğrenme sürecini oldukça olumsuz etkileyecektir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

YZ, bilgisayar sistemlerinin insan benzeri düşünme ve karar verme yeteneklerini taklit etmek için kullanılan bir teknolojidir. Girdi veya diğer komutlara dayalı olarak metin, resim, müzik ve film gibi çeşitli içerik biçimleri üretebilen yeni bir makine öğrenimi uygulaması türüdür (Hsu & Hsu 2025). Bu teknoloji, bilgisayarların veri analizi, öğrenme, problem çözme ve karar verme gibi karmaşık görevleri gerçekleştirmesini sağlar. Bu yetenek, eğitim alanına yeni olanaklar getirmektedir.

YZ, öğrencilerin öğrenme ve yaratıcılıklarına yardımcı olmak için uyarlanmış öğrenme deneyimleri oluşturmada kullanılabilir (Hsu & Hsu 2025; Kölemen, 2024). Bu nedenle, YZ tabanlı uyarlanabilir öğrenme ortamlarının kullanımı yaygınlaştırılmalı; öğrencilerin performans verilerine dayalı kişisel öğrenme planları oluşturulmalıdır. Böylece her öğrenciye kendi düzeyine uygun içerik ve yol haritası sağlanarak öğrenme etkinliği artırılabilir.

Öğrencilerin bağımsız düşünme yeteneklerini korumak ve YZ'yi bir rehber olarak kullanmak, bu teknolojinin potansiyelini en iyi şekilde değerlendirmenin anahtarıdır. IEEE Küresel Otonom ve Akıllı Sistemler Etiği Girişimi, YZ sistemlerinin şeffaf, hesap verebilir ve adil olması gerektiğini vurgulamaktadır (Köbis & Mehner, 2021). Öğrencilerin, kendileri hakkında verilen kararların (örneğin öğrenme yolu belirleme) arkasındaki mantığı anlama hakkı vardır. Bu nedenle; eğitimde kullanılan YZ araçlarının geliştiricileri ve sağlayıcıları, algoritmaların nasıl çalıştığına ve karar verdiğine dair şeffaf olmalı, kullanıcı sözleşmelerinde bu hususları açıkça belirtmelidir. Eğitim kurumları, satın aldıkları veya kullandıkları YZ yazılımlarının bu etik ilkelere uygunluğunu değerlendiren bir çerçeve oluşturmalıdır.

YZ, programlama öğrenimini dönüştürerek daha etkili, kişiselleştirilmiş ve etkileşimli bir deneyim sunmaktadır. Doğru kullanıldığında hem verimliliği artırmakta hem de öğrencilerin bireysel öğrenme süreçlerini zenginleştirmektedir. Kod tamamlama, hata tespiti ve kişiselleştirilmiş öğrenme yolları gibi araçlar, öğrencilerin becerilerini geliştirmelerine yardımcı olurken proje yönetimi ve kod inceleme araçları pratik uygulamaları desteklemektedir. YZ'den yararlanarak, öğrenciler öğretme-öğrenme sürecindeki çeşitli aşamaları otomatikleştirebilir ve gerektiğinde problem çözme ve soyut akıl yürütme konusunda yardım sağlayabilir (Zhu & Zhang, 2025). Ancak YZ araçlarının aşırı kullanımı, öğrencilerin algoritmik düşünme ve bağımsız problem çözme becerilerinin yeterince gelişmemesine neden olabilir (Tang & Su, 2024). Bu nedenle; değerlendirmeler, YZ kullanımının serbest olduğu görevler ile öğrencinin temel kavramları ve mantıksal akıl yürütmeyi sıfırdan göstermesi gereken "YZ'siz" görevler arasında dengelenmelidir. Sınavlar ve projeler, öğrencinin YZ'den aldığı kodu anlama, açıklama ve iyileştirme becerisini ölçen sorular da içermelidir.

YZ'nin etik ve güvenlik riskleri, dikkatli bir kullanım gerektirmektedir. Gelecekte, YZ ve programlama eğitimi arasındaki entegrasyon daha da derinleşecektir. YZ modelleri, eğitildikleri verilerdeki ön yargıları yansıtabilir ve hatalı veya güvenlik açığı içeren kod önerebilir (Oyelere & Aruleba, 2025; Storey & Wagner, 2024). Ayrıca, körü körüne kullanım öğrencilerin bilişsel pasiflik ve "akıllı tembellik" geliştirmesine yol açabilir (Tang & Su, 2024). Bu nedenle; programlama müfredatlarına, YZ önerilerinin doğruluğunu ve güvenliğini nasıl değerlendireceklerini, olası ön yargıları nasıl fark edeceklerini ve alternatif çözüm yollarını nasıl araştıracaklarını öğreten "Eleştirel YZ Okuryazarlığı" modülleri eklenmelidir. Öğrenciler, YZ tarafından üretilen her kod parçasının ardındaki mantığı açıklamaya ve farklı çözümlerle karşılaştırmaya teşvik edilmelidir. Bu teknolojilere erken dönemde aşina olmak ve etik bir şekilde kullanmayı öğrenmek, programlama kariyerinde önemli bir avantaj sağlayacaktır.

Büyük dil modelleri tarafından yönlendirilen YZ destekli kodlama araçları, geliştiricilere kodlama görevlerinde yardımcı olma potansiyeline sahip olsa da dikkatli bir şekilde ve insan kodlama uzmanlığıyla birlikte kullanılmalıdır. YZ; otomasyon ve kişiselleştirme sunarken empati; yaratıcılık ve derin pedagojik sezgi gerektiren durumlarda insan öğretmenin yerini alamaz (Köbis & Mehner, 2021). Ayrıca, YZ önerilerinin son değerlendirmesi ile hataları ayıklamak için değil, aynı zamanda yüksek kaliteli ve optimize edilmiş kod sağlamak için de öğrenciye rehberlik etmesi için uzman müdahalesi gereklidir (Nikolaidis vd., 2024). Bu nedenle; YZ destekli öğrenme ortamları, öğretmeni merkeze alacak şekilde tasarlanmalıdır. YZ, rutin görevlerde (otomatik notlandırma, temel hata tespiti) öğretmenin yükünü hafifletirken öğretmen öğrenme yolunu kişiselleştirmek, karmaşık problemleri tartışmak ve YZ'nin cevaplayamadığı üst düzey sorulara yanıt vermek için zaman kazanmalıdır. Öğretmenler için YZ araçlarını etkili bir şekilde kullanmayı öğreten mesleki gelişim programları hayata geçirilmelidir. Öğretmen yetiştirme programlarına YZ araçlarının pedagojik kullanımı ve etik ilkeleri üzerine dersler eklenmeli; hizmet içi eğitimlerle öğretmenlerin YZ entegrasyonuna ilişkin becerileri artırılmalıdır. Böylece öğretmenler, öğrencilere rehberlik ederken YZ'ye dayalı kaynakları etkin bir şekilde ders süreçlerine dâhil edebilecektir.

YZ araçları, açık kaynak kod havuzları gibi telif hakkıyla korunabilen eserlerle eğitildiği için, ürettikleri kod parçacıklarının telif durumu belirsizlik taşımaktadır (Cubillos vd., 2025). Ayrıca, bu araçlara yüklenen kodlar veri gizliliği riski oluşturabilir. Bu nedenle; öğrenciler, akademik dürüstlük ve entelektüel mülkiyet hakları konusunda bilgilendirilmelidir. YZ tarafından üretilen kodların akademik çalışmalarda kullanımına yönelik kurumsal politikalar netleştirilmelidir. Hassas projeler için verileri buluta göndermeyen, yerel olarak çalışan YZ araçlarının kullanımı teşvik edilmeli veya ticari ve güvenli sürümler tercih edilmelidir. Ancak ücretli YZ araçlarına erişimdeki eşitsizlikler eğitimde fırsat eşitsizliğine neden olabilir. Bu nedenle; devletler ve eğitim kurumları, tüm öğrencilerin ücretsiz veya düşük maliyetle erişebileceği, güvenli ve etik standartlara uygun YZ destekli öğrenme platformları geliştirmeli ya da mevcut araçlara kurumsal lisanslar sağlamalıdır. Bu, programlama eğitiminde fırsat eşitliğini güçlendirecek kritik bir adım olacaktır.

Bu bölümde ele alınan araçlar ve stratejiler, programlama öğrenme yolculuğunda YZ'yi etkili bir şekilde kullanmak için gerekli temel bilgileri sağlamaktadır. YZ'yi doğru ve bilinçli bir şekilde kullanmak hem zaman kazanılmasına hem de öğrenme sürecinin en üst seviyeye taşınmasına yardımcı olacaktır. Teknolojinin sunduğu olanakları değerlendirirken, her zaman öğrenme odaklı ve etik bir yaklaşım benimseyerek uzun vadeli başarınızı garanti altına alabilirsiniz.

KAYNAKLAR

Adhikari, B., Dhakal, S., & Jha, A. (2024, October 13-16). Maximizing student engagement in coding education with explanatory AI. 2024 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE), Washington, D.C., USA. https://doi.org/10.1109/FIE61694.2024.10893108

Aksakal, H., & Kucuk, S. (2025). Secondary school students' computational thinking skills, group cohesion, and performance in problem-based programming education. *Journal of Systems and Software*, 230, 112535. https://doi.org/10.1016/j.jss.2025.112535

Alanazi, M., Soh, B., Samra, H., & Li, A. (2025). PyChatAI: Enhancing Python programming skills — An empirical study of a smart learning system. *Computers*, *14*(5), 158. https://doi.org/10.3390/computers14050158

Beardsley, M., Santos, P., Amarasinghe, I., Theophilou, E., Vujovic, M., & Hernández-Leo, D. (2025). A learning agreement for generative AI use in university courses: A pilot study. *Innovations in Education and Teaching International*, 1-20. https://doi.org/10.1080/14703297.2025.2535444

Cubillos, C., Mellado, R., Cabrera-Paniagua, D., & Urra, E. (2025). Generative artificial ıntelligence in computer programming: Does it enhance learning, motivation, and the learning environment? *IEEE Access*, 13, 40438–40455. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3532883

Eltahir, M.E. & Babiker, F. (2024). The influence of artificial intelligence tools on student performance in e-learning environments: Case study. *Electronic Journal of e-Learning*, 22(9), 91-110. https://doi.org/10.34190/ejel.22.9.3639

Hartley, K., Hayak, M., & Ko, U. H. (2024). Artificial intelligence supporting independent student learning: An evaluative case study of ChatGPT and learning to code. *Education Sciences*, *14*(2), 120. https://doi.org/10.3390/educsci14020120

Hsu, T. C., & Hsu, T. P. (2025). Teaching AI with games: the impact of generative AI drawing on computational thinking skills. *Education and Information Technologies*, 30, 21499-21518. https://doi.org/10.1007/s10639-025-13624-3

Köbis, L., & Mehner, C. (2021). Ethical questions raised by AI-supported mentoring in higher education. *Frontiers in Artificial Intelligence*, *4*, 624050. https://doi.org/10.3389/frai.2021.624050

Kölemen, C. Ş. (2024). Artificial intelligence technologies and ethics in educational processes: solution suggestions and results. *Innoeduca:International Journal of Technology and Educational Innovation*, *10*(2), 201-216. https://doi.org/10.24310/ijtei.102.2024.19806

Montella, R., De Vita, C. G., Mellone, G., Ciricillo, T., Caramiello, D., Di Luccio, D., ... & Swacha, J. (2024). Leveraging large language models to support authoring gamified programming exercises. *Applied Sciences.*, *14*(18), 1-15. https://doi.org/10.3390/app14188344

Nikolaidis, N., Flamos, K., Gulati, K., Feitosa, D., Ampatzoglou, A., & Chatzigeorgiou, A. (2024, March 12). A comparison of the fffectiveness of ChatGPT and Co-Pilot for generating quality python code solutions. 2024 IEEE International Conference on Software Analysis, Evolution and Reengineering-Companion (SANER-C), Rovaniemi, Finland. https://doi.org/10.1109/SANER-C62648.2024.00018

Ouyang, F., & Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100020. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100020

Oyelere, S. S., & Aruleba, K. (2025). A comparative study of student perceptions on generative AI in programming education across Sub-Saharan Africa. *Computers and Education Open*, 8, 100245. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100245

Polito, G., & Temperini, M. (2021). A gamified web based system for computer programming learning. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *2*, 100029. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2021.100029

Storey, V. A., & Wagner, A. (2024). Integrating artificial intelligence (ai) into adult education: Opportunities, challenges, and future directions. *International Journal of Adult Education and Technology (IJAET)*, *15*(1), 1-15. https://doi.org/10.4018/IJAET.345921

Takerngsaksiri, W., Warusavitarne, C., Yaacoub, C., Hou, M. H. K., & Tantithamthavorn, C. (2024, July 2-4). Students' perspectives on ai code completion: Benefits and challenges. 48th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC), Osaka, Japan. https://doi.org/10.1109/COMPSAC61105.2024.00252

Tang, L., & Su, Y. S. (2024). Ethical implications and principles of using artificial intelligence models in the classroom: A systematic literature review. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence,* 8(5), 25–36. https://doi.org/10.9781/ijimai.2024.02.010

Venter, M. (2020, April 27-30). Gamification in STEM programming courses: State of the art. 2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON), Porto, Portugal. https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125347

Zhao, S., Zhu, A., Mozannar, H., Sontag, D., Talwalkar, A., & Chen, V. (2025, June 23-25). Codinggenie: A proactive llm-powered programming assistant. 33rd ACM International Conference on the Foundations of Software Engineering, Trondheim, Norway. https://doi.org/10.1145/3696630.3728603

Zhu, M., & Zhang, K. (2025). Artificial intelligence for computer science education in higher education: a systematic review of empirical research published in 2003–2023, *Technology, Knowledge and Learning*, 30, 2417-2441. https://doi.org/10.1007/s10758-025-09859-1

BÖLÜM 16

YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ TANILAMA VE DEĞERLENDİRME SİSTEMLERİ: EĞİTİMDE FIRSAT EŞİTLİĞİ VE KİŞİSELLEŞTİRİLMİŞ ÖĞRENME İÇİN YENİ YAKLAŞIMLAR

Ceren Ersoy

ÖZET

Eğitim sistemlerinde öğrencilerin bireysel farklılıklarını tanıma, değerlendirme ve yönlendirme amacı ile yürütülen tanılama süreçleri, uzun yıllar boyunca standartlaştırılmış testler ve norm temelli ölçme araçlarıyla yürütülmüştür. Özellikle üstün zekâlı bireylerin tanılanmasında, bireylerin potansiyellerini bütüncül şekilde yansıtmaktan uzak olan bu geleneksel yöntemler hem fırsat eşitliği hem de kapsayıcılık açısından ciddi sınırlılıklar barındırmaktadır. Son yıllarda dijitalleşme ve veri temelli yaklaşımların eğitim alanında yaygınlaşması, tanılama ve değerlendirme süreçlerinin dönüşümünü tetikleyen en önemli gelişmelerden biri olarak dikkat çekmektedir. Özellikle büyük veri, öğrenme analitiği, bulut bilişim ve yapay zekâ (YZ) gibi teknolojilerin eğitim uygulamalarına entegre edilmesi, daha bütüncül, esnek ve kişiselleştirilmiş tanılama modellerinin gelişmesine zemin hazırlamaktadır. Bu dönüşüm; öğrencinin yalnızca "ne bildiğini" değil, "nasıl öğrendiğini", "hangi ortamlarda başarılı olduğunu" ve "potansiyel gelişim alanlarını" da analiz edebilen sistemlerin gelişmesini desteklemektedir. Bu yaklaşım, özellikle üstün zekâlı bireylerin erken fark edilmesi, potansiyellerinin açığa çıkması ve desteklenmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır. Bu doğrultuda, eğitim sistemlerinin daha kapsayıcı, adil ve bireysel farklılıkları dikkate alan bir yaklaşımla yürütülebilmesi için, yapay zekâ teknolojilerinin sunduğu yenilikçi olanakların değerlendirilmesi kritik bir gereklilik hâline gelmiştir. Geleneksel değerlendirme yöntemlerinin sınırlılıkları, eğitimde AI destekli sistemlerin entegrasyonunu kaçınılmaz kılmaktadır. Bu gerekçeyle bölümde, yapay zekâ destekli tanılama sistemlerinin teorik temelleri, uygulama örnekleri ve tanılama sistemi oluşturma sürecine yönelik rehber ilkeler ve öneriler sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ; Tanılama ve Değerlendirme, Yetenek Profilleri; Üstün Zekâ, İnsan Merkezli Tasarım

GİRİŞ

Yapay zekâ, günümüzün en yenilikçi ve dönüşüm potansiyeli en yüksek teknolojik alanlarından biri olarak eğitim sistemlerinde devrim yaratabilecek köklü bir rol üstlenmektedir. Özellikle üretken yapay zekâ teknolojilerinin hızla yaygınlaşması, eğitimde bireyselleştirme, öngörüye dayalı karar destek sistemleri ve içerik üretiminde yenilikçi ve stratejik öneme sahip olanaklar sunmaktadır. Bu dönüşüm, yalnızca teknik araçların kullanımını değil, aynı zamanda eğitimcilerin, öğrencilerin ve politika yapıcıların yapay zekâ okuryazarlığı bağlamında etik, eleştirel ve yaratıcı bir donanıma sahip olmalarını da zorunlu kılmaktadır. Çünkü yapay zekâ araçları, yalnızca bilgiyi işlemeye değil, aynı zamanda bireysel ihtiyaçları anlamaya, yönlendirmeye ve potansiyeli doğru analiz etmeye yönelik güçlü sistemler geliştirmeyi mümkün kılmaktadır.

Bu bağlamda yapay zekâ destekli tanılama sistemleri, öğrencilerin performans verilerinden hareketle öngörüsel analizler yaparak öğretim süreçlerinin bireysel ihtiyaçlara göre farklılaştırılmasına olanak tanımaktadır. Özellikle yazma becerilerinin değerlendirilmesi, metin analizi, dil düzeyinin belirlenmesi gibi alanlarda üretken yapay zekâ araçları hem öğretmenlerin zaman yönetimini kolaylaştırmakta hem de öğrenen profillerinin çok boyutlu analizine katkı sağlamaktadır. Öte yandan, yapay zekâ destekli içerik üretimi, sadece hız ve verimlilik açısından değil; akademik yeterliliklerin adil ve kapsayıcı biçimde desteklenmesi yönünden de önemli bir işlev üstlenmektedir. Bu araçlar, öğrencilerin veya öğretmenlerin akademik üretkenliğini artırırken aynı zamanda özgün ve nitelikli değerlendirme sistemlerinin tasarlanmasına da katkıda bulunmaktadır.

Ancak öte yandan, bu dönüşüm sürecinde veri gizliliği, şeffaflık ve algoritmik ön yargılar gibi etik meseleler göz ardı edilmemelidir. Eğitimde kullanılan yapay zekâ sistemlerinin güvenilir, açıklanabilir ve tarafsız çıktılar üretmesi, özellikle tanılama ve yönlendirme süreçlerinde adalet ilkesinin korunması açısından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, yapay zekâ uygulamalarının yalnızca teknik yeterlilikle değil, aynı zamanda etik okuryazarlık, veri koruma bilinci ve yaşam boyu dijital yetkinlik geliştirme perspektifi ile ele alınması büyük önem taşımaktadır. Güncel yapay zekâ

araçlarının listelendiği ve öğretmenlere yönelik filtreleme imkânı sunan çevrim içi platformlar bu noktada önemli bir rehberlik sunmakta; eğitimcilerin hem bireysel gelişimlerini hem de öğrenenlerin ihtiyaçlarını daha etkin karşılamalarına olanak tanımaktadır. Dolayısıyla, eğitimde yapay zekâ destekli tanılama sistemleri, yalnızca teknolojik bir yenilik olarak değil; aynı zamanda kapsayıcı, adil ve etik değerlere dayalı bir dönüşümün altyapısını inşa eden yeni bir paradigmanın temel taşı olarak değerlendirilmelidir. Etkili ve sürdürülebilir bir dönüşüm sürecinin sağlanmasının, yalnızca teknolojik araçların varlığıyla değil; bu araçları pedagojik bir zekâyla bütünleştirebilen, eleştirel dijital okuryazarlığa sahip, etik sorumluluk bilinciyle hareket eden paydaşların ortak çabasıyla mümkün olacağı unutulmamalıdır. Eğitimde yapay zekâ destekli tanılama ve değerlendirme sistemlerine ilişkin tartışmaların bütüncül biçimde kavranabilmesi amacıyla, öncelikle bu süreçlerin tarihsel evrimine, dayandıkları kuramsal temellere ve zaman içinde nasıl yeniden yapılandırıldıklarına odaklanmak gerekmektedir.

1. YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ TANILAMA SÜREÇLERİNE KURAMSAL BİR YAKLAŞIM

Eğitimde tanılama, yalnızca teknik ve ölçüte dayalı bir değerlendirme süreci olarak değil; bireylerin potansiyelini anlama, yönlendirme ve uygun eğitsel destekleri sağlama açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamda geliştirilecek tanılama modelleri ve sistemlerinin güçlü kuramsal temellere dayanması, uygulamaların geçerliliği ve kapsayıcılığı açısından vazgeçilmezdir. Kuramlar, yalnızca üstün zekânın ne olduğuna dair bakış açılarını belirlemekle kalmaz; aynı zamanda hangi tür verilerin toplanacağına, hangi yöntemlerin tercih edileceğine ve eğitim politikalarının nasıl şekilleneceğine dair temel dayanaklar sunması bakımından önemlidir.

Bu noktada yapay zekâ destekli sistemlerin geliştirilmesi, yalnızca teknik bir yenilik değil; üstün zekâ kuramlarının sunduğu farklı yaklaşımları dikkate alan etik, kültürel ve pedagojik bir dönüşüm süreci olarak değerlendirilmelidir. Dolayısıyla, bireysel potansiyelin farklı boyutlarını tanımlayan kuramların bilinmesi ve tanılama sistemlerinin bu çok boyutlu yapıyı kapsayacak şekilde kurgulanması, teknolojik çözümlerin etkinliğini artıracak ve eğitimde fırsat eşitliğini destekleyecektir.

2. ÜSTÜN ZEKÂ TANIMI VE KURAMSAL YAKLAŞIMLAR

Üstün zekâ, bireylerin olağanüstü zihinsel kapasiteye ve belirli özelliklere sahip olması durumunu tanımlayan çok boyutlu bir kavram olarak ele alınmaktadır. Ancak bu kavrama dair ortak bir tanım henüz geliştirilememiştir çünkü üstün zekâ, yalnızca bireysel değil, aynı zamanda toplumsal, kültürel ve bağlamsal etkilerin de şekillendirdiği dinamik bir yapıya sahiptir (Sak, 2014; Sternberg & Davidson, 2005).

Üstün zekâlı bireylerin tanılanması; zekâ, yaratıcılık, başarı ve motivasyon gibi özelliklerin ölçülmesini ve bu doğrultuda eğitsel planlamaların yapılmasını gerektirir (Johnsen & VanTassel-Baska, 2022). Bununla birlikte tanılama sürecine yönelik olarak, "Ne zaman, nasıl, hangi araçlarla ve hangi kriterlere göre?" gibi temel sorulara verilen yanıtlar alan yazında önemli görüş ayrılıklarına neden olmuştur (Heller & Schofield, 2008). Bu durum, tanılamanın yalnızca teknik ve istatistiki değil, aynı zamanda etik ve politik bir mesele olduğunu da ortaya koymaktadır.

Üstün zekâ kuramlarının temeli toplumsal değerlere, bireysel yaşantılara, inanışlara ve bilimsel araştırmalara dayanmaktadır. Her kuramcı üstün zekâyı farklı açılardan ele alarak farklı tezler üretmiş ve farklılaşan sonuçlara ulaşmıştır. Henüz üstün zekâyı her yönüyle ortaya koyduğu kabul edilen bir kuram bulunmamaktadır. Kuramların bilimsel olduğu kadar öznel de oldukları ve kuramcıların üstün zekâya bakış açılarını yansıttıkları dikkate alınmalıdır (Sak, 2014, s. 11). Çünkü kuramsal çerçeveler, üstün zekânın tanımlanması ve anlaşılması sürecinde her ne kadar bilimsel yönteme dayansa da çoğu zaman kuramcıların bireysel yaşantılarından, değer yargılarından ve toplumsal bağlamlarından etkilenmektedir. Bu nedenle, üstün zekâ kuramlarının yalnızca nesnel gerçeklikleri yansıttığını varsaymak yanıltıcı sonuçlar ortaya koyabilir.

Her kuram, kuramcısının zekâya ve bireysel farklılıklara dair dünyayı algılayış biçimini, değer önceliklerini ve topluma ilişkin beklentilerini de içinde barındırmaktadır. Bu durum, özellikle zekânın yalnızca bireysel performansla mı yoksa toplumsal katkı ile mi tanımlanması gerektiğine dair yaklaşımlarda daha da belirginleşmektedir. Dolayısıyla, üstün zekâya dair kuramsal yaklaşımların incelenmesinde, yalnızca kuramların içerikleri

değil, aynı zamanda bu kuramların şekillendiği sosyal ve kültürel zemin de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çok boyutlu değerlendirme hem tanılama süreçlerinin hem de eğitim politikalarının daha kapsayıcı, eleştirel ve bağlama duyarlı bir biçimde geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

3. ÜSTÜN ZEKÂNIN KAVRAMSAL EVRİMİ VE GENEL MODELLER

Üstün zekâya ilişkin kuramsal yaklaşımlar tarihsel olarak farklı paradigmalardan etkilenerek çeşitlilik göstermiştir. Üstün zekâya ilişkin ilk bilimsel yaklaşımlardan biri olan Galton'un kalıtımsal deha yaklaşımı, bireyin olağanüstü zihinsel kapasitesini genetik mirasla açıklamaya çalışmıştır. Galton'un bireysel farklılıkları ölçmeye dönük girişimi, psikometri alanının gelişmesine ve zihinsel yeteneklerin daha sistematik biçimde ele alınmasına öncülük etmiştir. Bu doğrultuda, Galton'un izinden giden araştırmacılardan biri olan Charles Spearman, zekâya ilişkin daha sistematik ve ölçülebilir bir yaklaşım geliştirerek faktör analizi aracılığıyla modern zekâ kuramlarının temellerini atmıştır. Genel zekâ modelleri içinde Spearman'ın "g faktörü" ve Terman'ın IQ temelli tanımları, uzun yıllar standart ölçüt olarak kullanılmıştır. Ancak zamanla bu yaklaşımlar yerini daha kapsamlı ve çok boyutlu modellere bırakmıştır.

3.1. Alana Özgü Modeller

Thurstone (1938), zekâyı yedi temel yeteneğe ayırırken Cattell-Horn-Carroll modeli (Flanagan & Harrison, 2012), zekâyı hiyerarşik bir yapıda değerlendirmiştir. Howard Gardner'ın (1983) çoklu zekâ kuramı, zekâyı sadece akademik başarıyla sınırlamayan, bireyin kültürel ve bireysel farklılıklarına duyarlı bir modeli temsil etmektedir. Bu model; zekânın tekil bir yapı değil, farklı türdeki bağımsız bilişsel sistemlerin bir bileşimi olduğunu savunmaktadır. Alana özgü yaklaşımlarda, bireyin belirli bir yetenek alanındaki erken gelişimi ve olağanüstü potansiyeli ön plana çıkmaktadır. Julian Stanley'nin SMPY modeli (Stanley, 1994; Stanley & Benbow, 1986) bu anlayışın örneklerinden biridir. Alana özgü üstün zekâ yaklaşımını benimseyen araştırmacılar, çalışmalarında belirli yetenek alanlarına odaklanmakta ve bu alanlarda erken gelişim gösteren bireylerin potansiyellerine uygun

şekilde ilerleyebilmeleri için hızlandırma ya da zenginleştirme uygulamalarını önceliklendirmektedirler. Bu yaklaşımda temel amaç, bireylerin gelişim gösterdikleri spesifik alanlarda yeterli bilgi ve deneyimle donatılması, böylece zihinsel kapasitelerinin etkin biçimde geliştirilmesidir. Alana özgü modellerde genellikle ek bilişsel ya da duyuşsal süreçlerin dâhil edilmesine gerek duyulmaz ve bu tür psikolojik bileşenler modelin dışında tutulur (Brody & Stanley, 2005; VanTassel-Baska, 2005).

3.2. Sistem Modelleri

Bu yaklaşım ise farklı değişkenlerin etkileşiminden doğan bir yapı olarak üstün zekâyı kavramsallaştırmaktadır. Renzulli'nin (2005) üç halka kuramı (yetenek, yaratıcılık ve motivasyon) ya da Sternberg'in (2005) WICS modeli (zekâ, yaratıcılık ve bilgelik) bu yaklaşımın önde gelen kuramları arasında yer alır.

3.3. Gelişimsel Modeller

Bu yaklaşım, üstün zekânın genetik temellere indirgenemeyecek kadar karmaşık olduğunu savunarak çevresel etkenlerin ve bireysel değişkenlerin etkileşimini vurgulamaktadır. Mönks'in (1992) çevresel etkenleri dâhil eden modeli, Gagné'nin (2005) doğuştan gelen yeteneklerin üstün yeteneğe dönüşümünü açıklayan ayrımsal üstün zekâ ve üstün yetenek modeli, Feldman'ın yedi boyutlu gelişimsel sistemi ve Tannenbaum'un (1986) üstün zekâ, olağanüstü yetenek, destekleyici zihinsel olmayan özellikler, zorlaştıran veya kolaylaştıran çevrenin yanı sıra "şans" faktörünü de içeren yaklaşımı bu bağlamda değerlidir. Tannenbaum ve Feldman gibi araştırmacılar, şans, sosyal destek ve kritik yaşam olaylarının gelişim sürecine etkisini ön plana çıkarırken Feldhusen (1998) yetenek gelişimini bireyin aktif katılımı, ilgi ve uzmanlaşma süreçleriyle açıklamaktadır. Dabrowski (1964) pozitif ayrışma kuramında aşırı duyarlılık alanlarına vurgu yaparken Kaufman (2013) kişisel zekâ kuramında bireyleri tek bir boyutta değerlendirmek yerine, bireyin eski benliği ile şimdiki benliği arasındaki değişimin yarattığı farka odaklanılması gerektiğine vurgu yapmaktadır. Sternberg'in (2020) dönüştürücü üstün zekâ kuramı ise bu yaklaşımları aşarak bireyin toplumsal fayda üretme sorumluluğuna dikkat çekmektedir. Sak'ın (2020) bulanık kuramı ise tanılama sürecindeki belirsizlikleri ve çevre ile potansi-

yel arasındaki dinamik etkileşimi merkeze almaktadır. Bu kuramların ortak noktası; üstün yetenek gelişiminin durağan değil, gelişime açık ve bağlamsal olduğudur. Bu bölümde üstün zekâya ilişkin kuramsal çerçeveye genel bir bakış sunulmaktadır (Kuramların tarihsel gelişimi, temel varsayımları ve üstün zekâya yaklaşımlarıyla ilgili daha fazla ayrıntı için bk. Ersoy, 2024).

4. YAPAY ZEKÂ İLE KLASİK DEĞERLENDİRMEDEN AKILLI SİSTEMLERE GEÇİŞ

Üstün zekâlı bireylerin tanılanması, yalnızca bireysel farklılıkları ortaya koyan bir süreci değil; aynı zamanda eğitsel fırsat eşitliğini destekleyen ve potansiyelin gelişimini mümkün kılan kapsamlı bir değerlendirme sistemi gerektirmektedir. Bu süreç geleneksel olarak üç temel aşamada ilerlemektedir: aday gösterme, tanılama ve seçme-yerleştirme. Her aşama; bireyin yeteneklerini, ilgi alanlarını ve bilişsel profillerini çok yönlü olarak analiz etmeyi amaçlayan ölçütlerle yapılandırılmıştır. Bu noktada özellikle aday gösterme süreci, öğretmen ve ebeveyn gözlemleri, portfolyolar, proje ve ürün incelemeleri, akademik başarı puanları ve yarışma sonuçları gibi çoklu veri kaynaklarının bir araya getirildiği nitel bir süreci içermektedir. Tanılama süreci ise bireylerin potansiyelinin daha sistematik biçimde analiz edildiği aşamadır. Burada bireysel ya da grup tabanlı zekâ ve yetenek testleri, yaratıcı düşünme becerileri ve görev sorumluluğu gibi parametreler ölçülmektedir. Bu aşamada hangi kuramsal yaklaşımların benimsendiği, tanılama araçlarının seçimini ve yorumlanmasını doğrudan etkilemektedir (Ersoy, 2024).

Bu noktada yapay zekâ teknolojileri, geleneksel tanılama süreçlerine entegre edilerek süreci yalnızca hızlandırmakla kalmayıp aynı zamanda bireyin çok boyutlu özelliklerini dikkate alarak daha bireyselleştirilmiş, dinamik ve veri temelli öngörü mekanizmalarıyla desteklenen karar verme süreçlerinin yapılandırılmasına imkân tanımaktadır (Hodges & Mohan, 2019). Özellikle çoklu değerlendirme anlayışı ile örtüşen yapay zekâ destekli sistemler, bireylerden elde edilen çok boyutlu verileri (test puanları, ürün analizleri, gözlem raporları vb.) anlamlandırma, sınıflandırma ve bireysel profiller oluşturma konusunda büyük bir avantaj sunmaktadır. Bu sistemler; öğrencilerin sosyokültürel geçmişlerini, ilgi ve öğrenme stille-

rini de analiz edebilecek şekilde yapılandırıldığında hem daha adil hem de daha isabetli tanılama kararlarının alınmasını mümkün kılma potansiyeline sahiptir.

Kullanılan testlerin çeşitliliği ve çok yönlü değerlendirme ihtiyacı, bu verilerin insan eliyle değerlendirilmesini zaman alıcı ve yoruma açık hâle getirmektedir. Oysa yapay zekâ tabanlı sistemler; bireysel ve grup zekâ testlerinden (WISC-R, ASİS, WISC-IV, WNV, KBIT-2, TONI-3, CogAT, CAS vb.), yaratıcılık ve özel yetenek analizlerine kadar geniş bir veri kümesini çok daha hızlı ve objektif biçimde işleyebilme potansiyeline sahiptir. Bu sistemler yalnızca tanılamayı desteklemekle kalmamakta, aynı zamanda yerleştirme sürecinde kullanılacak eğitim programlarıyla daha yüksek uyum düzeyine sahip öneriler de sunabilmektedir.

Yapay zekâ destekli tanılama sistemleri, çoklu değerlendirme yaklaşımını sistematikleştirerek insan yorumundan doğabilecek öznelliği azaltmakta; böylece süreci daha şeffaf, tutarlı ve etik ilkelere dayalı hâle getirmektedir. Ancak bu sistemlerin geliştirilmesi ve uygulanması sürecinde, bireylerin sadece test puanlarına indirgenmemesi, gelişimsel bağlamlarının ve sosyal-duygusal ihtiyaçlarının da dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. Sonuç olarak, hangi sistem kullanılırsa kullanılsın, her bireyin farklılıklarının bütünsel olarak değerlendirilmesi gerektiği unutulmamalı ve yapay zekâ destekli sistemler bu anlayışa hizmet edecek biçimde insan merkezli yapılandırılmalıdır.

5. YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ TANILAMADA TEMEL İLKELERİN UYARLANMASI

Üstün zekâlı öğrencilerin tanılanmasında geçerli olan bilimsel, etik ve pedagojik ilkeler, yapay zekâ destekli sistemler tasarlanırken mutlaka dikkate alınmalıdır. Çünkü bu sistemlerin başarısı yalnızca teknolojik yeterlilikleriyle değil, aynı zamanda birey merkezli, adil ve sürdürülebilir bir tanılama yaklaşımıyla uyumlu olmalarıyla mümkün olacaktır. Aşağıda, üstün zekâlı bireylerin tanılanmasında temel alınan yararlılık, bilimsellik, kapsamlılık, eşitlik, erken tanı, süreklilik, uygun araç kullanımı ve ortak karar ilkeleri (Gubbins vd., 2021) yapay zekâ destekli tanılama sistemlerine etik, bilimsel ve pedagojik temeller kazandıracak şekilde yeniden yapılandırılmıştır.

Yararlılık İlkesinin Uyarlanması

Yapay zekâ destekli sistemler, yalnızca tanı koymak amacıyla değil, öğrencinin eğitim yolculuğunu destekleyecek biçimde yapılandırılmalıdır. Sistem, bireyin potansiyelini keşfetmesine katkı sağlamalı, kişiselleştirilmiş eğitim yolları ve gelişim planları sunabilmelidir. Tanılama sonuçları, öğrencinin eğitimde güçlenmesini sağlayacak şekilde somut fayda üretmelidir.

Bilimsellik ve Model Doğrulama

Kullanılan yapay zekâ modellerinin bilimsel geçerliliği mutlaka test edilmelidir. Modellerin doğruluk oranları, sahaya özgü veri setleriyle sınanmalı ve üstün zekâlı bireylerin özelliklerine duyarlı olacak biçimde sürekli güncellenmelidir. Ayrıca, karar verme mekanizmalarının açıklanabilir olması (explainable AI) etik açıdan da büyük önem taşımaktadır.

Kapsamlılık ve Çoklu Veri Katmanları

Yapay zekâ sistemleri, öğrencilerin yalnızca bilişsel düzeydeki performanslarını değil; yaratıcı düşünme, problem çözme, liderlik, duyuşsal özellikler gibi çok boyutlu yetenek alanlarını da değerlendirebilecek şekilde veri katmanlarına sahip olmalıdır. AI sistemleri, öğretmen gözlemleri, portfolyo değerlendirmeleri, ilgi alanı analizleri gibi heterojen verileri işleyebilen makine öğrenme modelleri ile desteklenmelidir. Bu sayede, bireyin potansiyelini bütünsel bir bakış açısıyla analiz edebilmek mümkün olacaktır.

Fırsat Eşitliği ve Algoritmik Ön Yargılar

Tüm öğrencilerin yapay zekâ destekli tarama süreçlerine dâhil edilmesi sağlanmalı, sistemde algoritmik ön yargılar tespit edilerek giderilmelidir. Sosyoekonomik düzey, dil, kültür veya coğrafi farklılıkların, tanılama sürecinde dezavantaja dönüşmemesi için yapay zekâ modelleri bu değişkenlere karşı duyarlı olacak şekilde eğitilmelidir (Gentry vd., 2014; Grissom & Redding, 2016; Stambaugh & Ford, 2015). Yapay zekâ modelleri, yalnızca ulusal değil, yerel normlara göre de kalibre edilmiş olmalıdır. Dezavantajlı bölgelerdeki çocukların verileri de sisteme entegre edilmelidir. Ayrıca, sistemler kültürel ve bağlamsal ön yargıları azaltmaya yönelik etik filtreleme algoritmaları içermelidir. Makine öğrenmesi tabanlı tanılama ve değerlendirme sistemlerinin başarısı, büyük ölçüde kullanılan eğitim verilerinin kapsamı, niteliği ve doğruluğuna bağlıdır. Bu sistemler, verilerde yer alan

örüntüleri tanıyarak öngörülerde bulunur; dolayısıyla, eğer eğitim verileri eksik, ön yargılı ya da temsiliyet açısından dengesizse geliştirilen algoritmaların çıktıları da benzer şekilde hatalı ve taraflı olabilir. Bu nedenle, yapay zekâ modellerinin adil, güvenilir ve kapsayıcı olabilmesi için eğitim sürecinde kullanılan veri setlerinin çeşitliliği, temsil gücü ve doğruluğu titizlikle değerlendirilmelidir.

Erken Tanı ve Öğrenme Analitiği ile Proaktif Müdahale

Yapay zekâ sistemleri, erken dönemden itibaren öğrencilerin performans verilerini analiz ederek potansiyel üstün yetenek göstergelerini tespit edebilir. Bu yönüyle, okul öncesi dönemde dahi gözlemlenebilecek davranış örüntüleri üzerinden bireyin gelişim yolculuğuna erkenden müdahale edilmesini sağlayabilir.

Süreklilik ve Öğrenen Sistemler

Tanılama sürecinde, bir defalık ölçüme dayalı kararlardan kaçınılmalıdır. Yapay zekâ sistemleri, öğrencinin gelişimini izleyebilecek biçimde sürekli veri toplamalı ve kendi kendini güncelleyebilen öğrenen algoritmalarla çalışmalıdır. Böylelikle, bireyin zaman içinde değişen potansiyeli sistematik olarak izlenebilecek ve uygun müdahalelerin sağlanması için bireye rehberlik edilebilecektir.

Uygun Tanılama Aracı Kullanımı ve Eğitim Programı Uyumu

Tanılama sürecinin sadece bireysel yetenekleri değil, aynı zamanda eğitim programlarıyla olan uyumunu da esas alan **bütüncül, esnek ve adil** bir yapıda olması gerektiği vurgulanmaktadır (Johnsen & VanTassel-Baska, 2022; Lee & Peters, 2022). Yapay zekâ destekli tanılama sistemlerinde kullanılan veri setlerinin, ölçme araçlarının, algoritmik yapıların hedeflenen eğitim programlarının bilişsel alanları, pedagojik amaçları ve içeriği ile yüksek düzeyde yapısal ve işlevsel uyum içinde olması gerekmektedir. Bu bağlamda, algoritmik hassasiyetin artırılabilmesi için, örneğin STEM odaklı bir programda, tanılama sistemlerinin matematiksel akıl yürütme, mantıksal çözümleme ve uzamsal düşünme gibi özgül yetenek alanlarına ilişkin verileri daha ağırlıklı ve bağlamsal biçimde analiz edebilmesi önem arz etmektedir. Disiplinler arası ölçüt geçerliliği gözetilerek geliştirilecek olan bu sistemler, yalnızca bireyin potansiyelini daha doğru şekilde belirlemekle kalmaz; aynı zamanda kişiselleştirilmiş öğrenme yollarının oluşturulmasın-

da, eğitsel karar destek sistemlerine stratejik katkılar da sunar (Zhai, 2021; Crompton & Burke, 2025). Örneğin AI sistemleri öğrencilere sadece "üstün zekâlı" etiketi vermek yerine, bireysel yetenek profilleri üretmelidir. Bu profiller; sözel, sayısal, sosyal, yaratıcı gibi çoklu boyutlara dayalı olmalı ve her bir öğrenci için kişiselleştirilmiş eğitim önerileri sunabilecek düzeyde olmalıdır.

Ortak Karar ve İnsan Merkezli Yaklaşım

Yapay zekâ, uzman ekiplerin karar verme süreçlerine destek sağlayan bir bileşen olarak konumlandırılmalıdır. Nihai kararlar, psikolojik danışmanlar, alan uzmanları, öğretmenler ve yöneticilerden oluşan çok disiplinli ekiplerin yorumlarıyla sentezlenmelidir. İnsan merkezli etik denetim mekanizmaları her zaman sürecin parçası olmalı ve algoritmik ön yargıların yanı sıra kişisel ön yargılardan uzak adil kararların verilmesi için üst düzey çaba sarf edilmelidir.

Yapay zekâ destekli tanılama sistemlerinin etik, bilimsel ve pedagojik ilkeler temelinde yapılandırılması; yalnızca teknolojik bir gelişme değil, aynı zamanda üstün zekâlı bireylerin potansiyellerinin zamanında ve doğru biçimde fark edilebilmesi açısından da sistematik bir zorunluluk hâline gelmiştir. Bu ilkeler, tanılama sürecinin bilimsel geçerliliğini ve güvenilirliğini güçlendirmenin yanı sıra, eğitimde fırsat eşitliğini destekleyen kapsayıcı bir değerlendirme kültürünün inşasına da katkı sağlayacaktır. Yapay zekâ teknolojilerinin bu ilkelerle uyumlu ve bağlamsal olarak anlamlı biçimde tasarlanması, tanılama ve değerlendirme sistemlerinde sürdürülebilir ve güvenilir bir dijital dönüşümün gerçekleştirilebilmesini güçlendirecektir. Yapay zekâ destekli tanılama sürecini destekleyecek ilkelerin ve önerilerin ardından, ülkemizde sürdürülen tanılama sürecinin anlaşılması ve mevcut gelişmelerin ortaya koyulması önem arz etmektedir.

6. TÜRKİYE'DE ÜSTÜN ZEKÂ TANISI: DİJİTALLEŞMENİN İLK ADIMLARI

Türkiye'de üstün zekâlı bireylerin tanılanmasına ilişkin yasal ve kurumsal gelişmeler, 1982 Anayasası sonrasında eğitimin yeniden yapılandırılmasıyla hız kazanmıştır. İlk kez 1991 tarihli Özel Eğitim Okulları Yönetmeliği ile "üstün zekâlı" ve "üstün özel yetenekli" bireyler resmî ola-

rak tanımlanmış; tanılamada temel alınacak ölçütler (örneğin zekâ bölümü ≥130) belirlenmiştir. Bu çerçevede, tanılama süreçlerinin hukuki dayanağı giderek güçlenmiş; özellikle 2006 ve 2018 yıllarında yapılan güncellemelerle Özel Eğitim Hizmetleri Yönetmeliği sistematik bir yapı kazanmıştır.

Bu gelişmelere paralel olarak kurulan Bilim ve Sanat Merkezleri (BİLSEM), üstün zekâlı bireylerin potansiyellerine uygun eğitim almalarını sağlayan ulusal çapta yapılandırılmış ilk özgün kurumsal model olmuştur. BİLSEM'lerin yaygınlaşması, hem öğretmen temelli aday gösterme sürecine dayanan hem de çok aşamalı (gözlem formu, grup tarama, bireysel değerlendirme) bir tanılama sisteminin oluşmasını sağlamıştır. Bu süreçte öğretmen, rehberlik servisi ve aileler aktif paydaş olarak yer almakta; değerlendirme ise RAM bünyesindeki Özel Eğitim Değerlendirme Kurulu tarafından uygun standart testler eşliğinde yürütülmektedir. Özellikle bireysel değerlendirme aşamasında, uluslararası geçerliliği olan zekâ testleri (ör. WISC-R, WISC-IV) kullanılmakta; sonuçlara göre öğrencilerin BİLSEM'e kayıt hakkı belirlenmektedir. Ancak tüm bu kurumsal yapıya rağmen, Türkiye'de üstün zekâlıların tanılanmasında geleneksel test temelli yaklaşımlar hâlen baskın durumda devam etmektedir. Bu durum, farklı gelişimsel profillere sahip bireylerin tanılanmasında çeşitliliği sınırlayabilmekte ve kapsayıcılığı zayıflatabilmektedir.

2025 yılı itibarıyla Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) tarafından yayımlanan Eğitimde Yapay Zekâ Politikası ve Eylem Planı, üstün zekâlı bireylerin tanılanmasına yönelik olarak da ele alınabilecek bir paradigma değişiminin önemli bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Bu politika belgesinde, mevcut tanılama sistemlerinin veri temelli, adil ve kapsayıcı hâle getirilmesi amacıyla yapay zekâ destekli tanılama sistemlerinin geliştirilmesi stratejik bir hedef olarak tanımlanmıştır (MEB YEĞİTEK, 2025).

Bu kapsamda geliştirilecek AI tabanlı zekâ testleri hem tanılama süreçlerinin standardizasyonunu artırmayı hem de çoklu veri kaynaklarından (öğretmen gözlemleri, öğrenci ürünleri, dijital performans verileri) faydalanarak bireysel yetenek profillerini daha bütüncül biçimde ortaya koymayı hedeflemektedir. Bu dönüşüm, sadece ölçme araçlarının dijitalleşmesi değil; aynı zamanda tanılamanın etik, bilimsel ve pedagojik ilkelerle yeniden yapılandırılması anlamına gelmektedir. Ayrıca yine aynı yıl MEB tarafından yapay zekâ destekli ölçme aracı niteliğine sahip olan Türk Ulusal

Zekâ Testi'nin (TUZÖ) geliştirilmiş olduğu kamuoyuyla paylaşılmıştır. Bu gelişmeler, Türkiye özelinde yapay zekâ destekli tanılamaya geçişin yalnızca teknolojik bir tercih değil, aynı zamanda eğitimde fırsat eşitliğini ve bireysel potansiyelin görünür kılınmasını önceleyen bir politika hareketiyle hayata geçirilmeye başlandığını göstermektedir.

7. EĞİTSEL TANILAMA VE DEĞERLENDİRMEDE MAKİNE ÖĞRENMESİ

Makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak geliştirilen uygulamalarda son yıllarda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu gelişmelerin ışığında özerk öğrenme sürecini sürdüren algoritmalar, veri madenciliği, bilişsel teknolojiler (anlama, akıl yürütme, öğrenme ve etkileşim kurma), ses ve görüntü işlemeye dayalı platformlar, ses tanıma, doğal dil işleme (NLP), doğal dil anlama (NLU), görsel tanılamalar, yüz tanıma, çeviri sistemleri, dolandırıcılık tespiti, e-posta spam filtreleme, intihal denetleme ve akıllı arama sistemleri gibi çok çeşitli alanlarda geliştirilen uygulamalar yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.

Makine öğrenmesi, özellikle sınıflandırma algoritmaları sayesinde eğitim alanında güçlü uygulama olanakları sunmaktadır. Sınıflandırma, belirli bir gözlemi önceden tanımlanmış bir kategoriye atama sürecidir. Bu bağlamda, bir öğrencinin üstün zekâlı olarak tanılanıp tanılanmaması, doğrudan bir sınıflandırma problemi olarak ele alınabilir (Jordan & Mitchell, 2015).

Eğitimde dijital dönüşüm; yalnızca öğretim süreçlerini değil, aynı zamanda tanılama ve değerlendirme paradigmalarını da dönüştürmektedir. Yapay zekâ ve makine öğrenmesi teknolojileri; öğrencilerin bireysel öğrenme hızları, stilleri ve güçlü/zayıf yönleri gibi çok boyutlu verileri analiz ederek kişiselleştirilmiş ve öngörüsel tanılama sistemlerinin geliştirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu sistemler, öğrencilerin öğrenme alışkanlıkları, dikkat düzeyleri, katılım oranları ve ürün performanslarına ilişkin verileri yorumlayarak, bireysel gereksinimlere uygun uyarlanmış öğrenme yolları önerebilmekte; böylece yalnızca mevcut durumu değil, gelecekteki başarı potansiyelini de öngörebilmektedir. Öğrenci ürünlerinin değerlendirilmesinde yapay zekâ destekli sistemlerin kişiye özel geri bildirimler sunması,

öğretmenlerin zamandan tasarruf ederek daha anlamlı ve pedagojik müdahalelerde bulunmalarına olanak tanırken tanılama sürecinin kapsayıcılığını ve eşitlik ilkesine uygunluğunu da artırmaktadır. Ayrıca bu teknolojiler, tanılamayı yalnızca bilişsel test verileriyle sınırlı tutmadan, çoklu veri kaynaklarından (örneğin davranışsal, duyuşsal, biyometrik veya etkileşimsel veriler) beslenen daha bütüncül sistemlerin inşasına imkân tanımaktadır. Özellikle üstün zekâlı bireylerin erken dönemde tespiti ve farklı gelişen öğrencilerin gereksinimlerinin zamanında belirlenmesi gibi kritik alanlarda, makine öğrenmesi algoritmalarının eğitsel tanılama ve değerlendirme sistemlerine entegrasyonu dönüştürücü bir potansiyel taşımaktadır.

Geleneksel tanılama sistemlerindeki sınıflandırma kararlarının aksine, makine öğrenmesine dayalı sınıflandırma yaklaşımları, yalnızca öğrencilerin tanılanmasıyla sınırlı kalmayıp aynı zamanda onlara sunulacak eğitsel hizmetlerin bireyselleştirilmesinde de etkili biçimde kullanılabilmektedir. Bu bağlamda, öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına göre belirlenen profillere uygun şekilde farklılaştırılmış öğretim tekniklerinin sınıflandırılması ve uygulanması mümkün hâle gelmektedir (Maseleno vd., 2018). Nitekim, makine öğrenmesi algoritmaları farklı okuma düzeylerine yönelik olarak metinlerin uyarlanmasında kullanılarak farklılaştırılmış okuma etkinliklerini desteklemek amacıyla başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır (Park, Xu, Collins, Farkas & Warschauer, 2018). Özellikle doğrusal olmayan göstergelerin analizini gerektiren sınıflandırma görevleri, araştırmacıların ve eğitimcilerin makine öğrenmesinden en fazla yarar sağlayabilecekleri alanların başında gelmektedir. Örneğin; bir öğrencinin yazdığı bir şiir ya da sanat ürünü gibi akademik çıktılar, yapay zekâ algoritmaları tarafından anlamlandırılabilir ve sınıflandırılabilir veriler olarak değerlendirilebilmektedir (Pu vd., 2017).

Ayrıca, Zhou, Huang, Hu, Zhu & Tang (2018), çevrim içi öğrenme ortamlarında öğrenme yollarını kişiselleştirmek amacıyla makine öğrenmesini kullanmıştır. Bu çalışmada, 100.000 çevrim içi öğrenciye ait içerik seçimleri analiz edilmiş; öğrenen profilleri oluşturulmuş ve bu profillerle eşleşen öğrencilere daha uygun öğrenme yolları sunulmuştur. Bu örnekler, özellikle yapay sinir ağları gibi tekniklerin öğrencilerin öğrenme süreçlerini daha derinlemesine analiz etmek ve onlara özel müdahale stratejileri geliştirmek açısından eğitimde önemli fırsatlar sunduğunu göstermektedir. Tanı-

lama, değerlendirme, erken uyarı sistemleri ve kişiselleştirilmiş rehberlik gibi uygulamalar, makine öğrenmesi algoritmaları sayesinde daha hızlı, veri temelli ve adil biçimde gerçekleştirilebilir.

Ancak araştırmacılar, makine öğrenmesi tabanlı sistemlerin doğrudan ve tek başına tanılama amacıyla kullanılması konusunda ihtiyatlı olunması gerektiğini vurgulamaktadır (Rudin, 2018). Bunun nedeni, algoritmaların eğitim verilerinden gelen ön yargıları yansıtma riskidir. Bu bağlamda, özellikle üstün zekâ tanılamasında karar verme süreçlerinde insan faktörü ile algoritmik analizlerin denge içinde yapılandırılması, adalet ve doğruluk açısından önem taşımaktadır (Grissom & Redding, 2016).

Makine öğrenmesinin boyutları kapsamında ele alındığında tanılama ve değerlendirme süreçlerinde farklılaşan amaçlarla kullanıldığı görülmektedir. Denetimli öğrenme; algoritmanın önce bir veri kümesi üzerinde "eğitilmesi", ardından bu eğitim sürecinde elde edilen ağırlıklar ve katsayılar aracılığıyla ikinci bir veri kümesinin değerlendirilmesidir. Başka bir ifadeyle; denetimli öğrenme algoritması başlangıçta ürettiği çıktıyı, hedef çıktıyla (eğitim verisi) karşılaştırır ve bu iki değer arasındaki hataya göre ağırlıklarını ve katsayılarını günceller. Denetimli öğrenme yöntemleri arasında karar ağaçları (Safavian & Landgrebe, 1991), destek vektör makineleri (Noble, 2006), naif Bayes sınıflayıcıları ve yapay sinir ağları (Haykin, 2009) yer almaktadır.

Örneğin, bir araştırmacının ileri düzey bir cebir dersinde yeni bir öğrencinin ek desteğe ihtiyaç duyup duymayacağını tahmin etmek istediğini varsayalım. Araştırmacının elinde son beş yıla ait öğrencilerin demografik bilgileri ve transkriptleri bulunmaktadır. Bu verilerden, öğrencilerin cebir dersindeki başarı durumlarını tahmin eden bir fonksiyon oluşturulur ve bu süreç, eğitimin gerçekleştiği aşamadır. Daha sonra, yeni gelen öğrencilerin demografik ve akademik verileri, algoritmanın öğrenme süreci sonunda elde ettiği değerlere göre analiz edilir. Eğer araştırmacı; bir öğrencinin dersi geçip geçmeyeceğini öngörmek istiyorsa bu işlem, sınıflandırma (classification) olarak adlandırılır. Öğrencinin notunu sayısal olarak tahmin etmek istiyorsa, bu işlem regresyon (regression) olarak tanımlanır (Alpaydın, 2004). Her iki durumda da denetimli öğrenme teknikleri istatistikteki karşılıklarıyla benzerlik gösterir: sınıflandırma için lojistik regresyon, sayısal tahmin için regresyon analizleri.

Denetimsiz öğrenmede, denetimli öğrenmenin aksine, eğitim verisi (etiketlenmiş veri) kullanılmamaktadır (James vd., 2023). Bunun yerine, mevcut veri seti içindeki desenleri (örüntüleri) veya ilişkileri keşfetmeyi amaçlamaktadır. Yani sistem, önceden tanımlı doğru cevaplar olmaksızın verideki yapıları kendi kendine analiz etmektedir. Örneğin; bir araştırmacı, üstün zekâlı öğrencilerin tanılanmasında yalnızca akademik başarıya dayalı ölçütlerin yetersiz kalabileceğini fark etmiştir. Bunun yerine, farklı veri türlerini (ör.; problem çözme süresi, yaratıcı düşünme puanları, dikkat süresi, öğrenme stilleri anketi sonuçları) içeren çok boyutlu bir veri seti toplar. Bu veri setinde, öğrencilerin testlere verdikleri tepkiler, görev süreleri, göz hareketleri (eye-tracking), yazılı kompozisyonlarında kullanılan kelime çeşitliliği ve yapay zekâ destekli duygu analizi çıktıları gibi pek çok değişken yer almaktadır. Araştırmacı, denetimsiz öğrenme yöntemlerinden biri olan kümeleme (clustering) algoritmasını kullanarak bu verileri analiz edebilir. Sistem, verideki yapısal benzerliklere göre öğrencileri farklı kümelere ayıracaktır. Örneğin Küme 1: Yüksek yaratıcı düşünme, düşük dikkat süresi; Küme 2: Akademik başarı yüksek, ancak yaratıcı üretkenlik düşük; Küme 3: Hem bilişsel hem duyuşsal göstergeleri güçlü bireyler; Küme 4: Geleneksel ölçütlerle belirlenememiş, ancak yapay zekâ verilerine göre potansiyel gösteren öğrenciler gibi olası sonuçlar ortaya çıkacaktır. Benzer bir analiz aracılığıyla, daha önce tanılanmamış fakat aslında farklı alanlarda üstün yetenek sinyalleri veren öğrenciler keşfedilebilir. Bu yöntem, sadece "puan" odaklı değil, davranışsal ve duyuşsal özellikleri de dikkate alan bütüncül ve gizil potansiyeli ortaya çıkaran bir tanılama yaklaşımı sunabilecek potansiyele sahiptir.

Bir diğer makine öğrenmesi yöntemi olan pekiştirmeli öğrenme, makine öğrenmesi kategorileri arasında klasik istatistik yöntemlerinden en fazla ayrışan yaklaşımdır. Pekiştirmeli öğrenme algoritması mevcut çevre koşullarına göre belirli bir hedefe ulaşmak amacıyla kendini ayarlayan bir yapı sergilemektedir. Bu öğrenme türünde, makine çevresine göre bir eylem kümesi seçer; bu eylemleri uygular, sonuçları hedefe göre değerlendirir ve ardından kümeyi gözden geçirerek sonucu hedefe yaklaştıracak şekilde ayarlamalar yapar.

Akademisyenler, pekiştirmeli öğrenme teknolojisinin sınırlarını keşfetmek için sıklıkla oyunları tercih etmektedir. Bu durum, Samuel'in (1959)

erken dönem makine öğrenmesi algoritmalarını satranç benzeri oyunlarda test etmesine benzemektedir. Satranç, Dama veya Go gibi oyunların belirli kuralları vardır ve oyuncular, oyun tahtasındaki durum hakkında en net bilgiye sahiptir. Bu nedenle, bu tür oyunlar pekiştirmeli öğrenme algoritmalarını test etmek için ideal ortamlar yaratmaktadır. Eğitim araştırmaları bağlamında bakıldığında, pekiştirmeli öğrenme doğrudan bir sınıflandırıcı, regresyon modeli veya desen tanıyıcı olmadığı için eğitim alanındaki uygulamaları daha soyut düzeyde değerlendirilmektedir (Hodges & Mohan, 2019).

Yapay zekânın eğitimin geleceği üzerindeki olası etkileri her geçen gün artarak devam etmektedir. Gartner'a (2018) göre, yapay zekânın eğitim alanındaki yansımaları da giderek artmaktadır. Bu kapsamda öne çıkan bazı kavramlar şunlardır:

Zeki Nesneler: İnternet bağlantılı teknolojiler ve cihazlar bütününden oluşan, öğrenme süreçlerine entegre edilebilecek akıllı sistemler,

Dijital İkiz/Öğrenen Modeli: Öğrencinin zihinsel süreçlerinin dijital temsili yoluyla öğrenme durumunu anlık izleyebilen modeller,

Bilişsel Teknolojiler: Öğrenmeyi destekleyen yapay zekâ temelli anlama, yorumlama ve karar verme sistemleri,

Gerçek ve Sanal Dünyanın Bütünleşmesi: Gerçekliği dijital öğelerle harmanlayarak bağlantılı ve zenginleştirilmiş bir öğrenme ortamı yaratma,

Sürükleyici Deneyimler: Artırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR) teknolojileri ile desteklenen etkileşimli öğrenme ortamları,

Konuşma Temelli Platformlar: Öğrencilerle doğal dilde iletişim kurabilen, etkileşimli ve kişiselleştirilmiş öğrenme sistemleri.

Bu unsurlar, eğitimde yapay zekâ tabanlı sistemlerin sadece teknik bir dönüşüm aracı değil, aynı zamanda pedagojik süreçlerin yeniden tasarlanmasına katkı sunan bütüncül bir paradigma değişiminin parçası olduğunu göstermektedir.

Bunların yanı sıra giyilebilir teknolojiler, eğitim ortamlarında kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerinin sunulmasında; öğrenme analitiklerinin toplanması, öğrencinin bilişsel ve fiziksel durumunun gerçek zamanlı izlenmesi gibi işlevlerle, yapay zekâ tabanlı tanılamayı da destekleyici araçlar

arasında değerlendirilebilir. Bu bağlamda, giyilebilir cihazlar yalnızca teknoloji tabanlı bir yenilik değil, aynı zamanda öğrencinin öğrenme sürecine dair çoklu veri kaynaklarının entegrasyonuna olanak sağlayan yapılar olarak da önem arz etmektedir.

Yapay zekâ destekli tanılamada akıllı sensörler öğrencilerin bilişsel, duyuşsal ve fiziksel durumlarını çok boyutlu şekilde değerlendirmek, tanılamanın daha bütüncül ve bireyselleştirilmiş hâle gelmesini sağlamak için çeşitli fırsatlar sunabilir. Bu doğrultuda, akıllı sensörler yalnızca çevresel veri toplayan araçlar değil, aynı zamanda öğrencilerin öğrenme süreçlerini analiz eden ve potansiyellerini erken aşamada ortaya koymayı amaçlayan yapay zekâ destekli tanılama sistemlerinin temel bileşenleri arasında yer almaktadır. Geleneksel test ve gözlem temelli ölçme yaklaşımlarının ötesine geçerek, bireyin anlık fizyolojik ve davranışsal tepkilerinin analiz edilmesi, değerlendirme süreçlerine derinlik kazandırmakta oldukça faydalı olacaktır.

Bu çerçevede, ivmeölçer (accelerometer) ve jiroskop (gyroscope) gibi sensörler, öğrencilerin sınıf içindeki fiziksel hareket düzeylerini ve postüral dengesini takip ederek dikkat, uyanıklık ve katılım düzeylerine ilişkin dolaylı veriler sunabilir. Özellikle dikkat eksikliği ya da hiperaktivite gibi nörogelişimsel farklılıkların tanılanmasında bu tür sensör verileri önemli ipuçları sağlayabilme potansiyeline sahiptir (Dağlarlı & Anbaş, 2016). Öğrencinin öğrenme ortamıyla kurduğu fiziksel etkileşimin, tanılama sürecine yeni bir boyut kazandırdığı düşünüldüğünde, doğru ve etkili tanılama için katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Psikofizyolojik durumun izlenmesinde kullanılan sensörler, öğrencinin stres, kaygı ve motivasyon düzeylerinin tespitinde büyük öneme sahiptir. Elektrokardiyogram (ECG) ve kalp atış hızı (Heart Rate) ölçümleri, değerlendirme sırasında oluşan fizyolojik stresin seviyesini belirleyebilirken; elektroensefalogram (EEG) ile zihinsel yük, dikkat ve bilişsel yoğunluk gibi değişkenler analiz edilebilmektedir. Ayrıca galvanik cilt tepkisi (GSR), öğrencinin duygusal uyarılma durumuna dair bilgi sağlarken; elektromiyografi (EMG) ise motor beceriler veya yazılı/sözlü anlatım esnasında gerçekleşen kas tepkilerini analiz ederek öğrencinin performansındaki değişimleri ortaya koyabilmektedir.

Ses ve yüz ifadelerine dayalı veriler de duyuşsal tanılamada giderek daha önemli hâle gelmektedir. Mikrofonlar aracılığıyla öğrencinin ses tonu,

konuşma ritmi ve frekansı analiz edilerek öz güven düzeyi ya da anlık duygu durumu hakkında tahminlerde bulunulabilmektedir. Kamera destekli yüz tanıma ve mimik analiz sistemleri ise öğrencinin sınıf içi etkileşim sırasında yaşadığı ilgi, sıkılma, kafa karışıklığı gibi duygusal tepkilerini algılayarak öğretmene geri bildirim sağlayabilir. Bu tür veriler, öğretim süreçlerinin uyarlanmasına ve tanılama ve değerlendirmenin dinamik hâle getirilmesine katkı sunmaktadır.

Bunlara ek olarak, vücut sıcaklığı ve oksijen doygunluğu (SpO2) gibi sağlık göstergelerini ölçen sensörler, özellikle uzun süren sınav oturumları veya uzaktan öğrenme ortamlarında öğrencinin fiziksel iyilik hâlini izlemek için kritik önem taşımaktadır. Sağlıkla ilgili bu tür veriler, öğrencinin düşük performansının yalnızca bilişsel değil, fizyolojik nedenlerden de kaynaklanabileceğini göstererek çok boyutlu değerlendirme ilkesiyle örtüşmektedir. Bu çok çeşitli sensör verileri, makine öğrenmesi algoritmaları ile analiz edilerek öğrencilerin öğrenme profilleri, güçlü yönleri, gelişim alanları ve olası risk faktörleri hakkında detaylı öngörüler üretmektedir. Böylece, sadece standart testlerden alınan puanlarla değil, bireyin davranışsal ve fizyolojik tepkileriyle de desteklenen bir tanılama süreci ortaya çıkmaktadır. Bu tür bütüncül yaklaşımlar; üstün yetenekli bireylerin erken fark edilmesi, öğrenme güçlüğü yaşayan öğrencilerin tespiti veya travma sonrası duygusal değişimlerin izlenmesi gibi kritik alanlarda önemli avantajlar sağlamaktadır. Öğretmenler bu veriler sayesinde daha isabetli kararlar alabilir, öğretim sürecini daha duyarlı ve bireyselleştirilmiş bir şekilde planlayabilir.

Yapılan araştırmalar incelendiğinde çok çeşitli çalışma örneklerinin alan yazında yer almaya başladığı görülmektedir. Örneğin yükseköğretim düzeyinde geliştirilen yapay zekâ destekli bir erken tanılama sistemi, öğrencilerin dönem ortasında akademik risk altında olup olmadığını öngörebilmek amacıyla Destek Vektör Makineleri (SVM) ve Yapay Sinir Ağları (NN) gibi makine öğrenmesi algoritmalarını kullanmıştır. Sistem, matematik ve bilgi yönetimi derslerinde öğrenci etkileşimi, öz-yeterlik algısı ve öğrenme stratejileri gibi göstergeleri analiz ederek başarısızlık riski taşıyan bireyleri tespit etmiş ve erken müdahale imkânı sunmuştur. Çalışma kapsamında, uzun vadede giyilebilir sensörlerle toplanan biyometrik verilerin (ör. kalp atışı) entegre edilerek daha kapsamlı ve bireyselleştirilmiş bir tanılama modelinin oluşturulması hedeflenmiştir (Ciolacu vd., 2018). Bu örnek, yapay zekânın

geleneksel ölçme araçlarına alternatif değil, tamamlayıcı ve güçlendirici bir çözüm sunabileceğini ortaya koymaktadır. Ayrıca çok boyutlu verilerin özellikle de davranışsal ve bağlamsal göstergelerin tanılamaya entegre edilmesinin, daha adil ve kapsayıcı bir sistemin önünü açabileceği yönünde güçlü bir argüman sunmaktadır.

Fung, Lytras ve Lam (2018) destek vektör makineleri (SVM) kullanarak düşük başarı riski taşıyan öğrencileri tespit etmiş ve bu sınıflandırmada %90'ın üzerinde doğruluk oranına ulaşmışlardır. Ancak bu çalışmada klasik istatistiksel yöntemlerle karşılaştırma yapılmaması, elde edilen yüksek doğruluk oranının bağlamsal değerlendirilmesini zorlaştırmıştır.

Makine öğrenmesi tekniklerinin kestirim gücünü klasik istatistiksel yöntemlerle doğrudan karşılaştıran çalışmalar da mevcuttur. Örneğin, Okubo, Yamashita, Shimada ve Ogata (2017), 15 haftalık bir çevrim içi ders süresince öğrencilerin final notlarını tahmin etme amacıyla çoklu regresyon modeli ile yapay sinir ağlarını karşılaştırmıştır. Bu çalışmada, sinir ağı yaklaşımı yalnızca 6 haftalık kümülatif veriye dayanarak %93 doğruluk oranıyla başarı tahmini yapabilmiştir. Buna karşın, çoklu regresyon tekniğinin benzer doğruluk oranına ulaşabilmesi için 10 haftalık veri gerekmiştir.

Makine öğrenmesi, üstün zekâlıların eğitimi alanında araştırmacılar ve eğitimciler için yeni bir araç sunma potansiyeline sahiptir. Her ne kadar makine öğrenmesi algoritmaları, klasik istatistiksel yöntemlerin sunduğu analitik bütünlüğe sahip olmasa da tahminleme gücü açısından oldukça üstün olduğu görülmektedir. Özellikle doğrusal olmayan, çok değişkenli ve karmaşık veri yapılarında yüksek başarı göstermesi, bu algoritmaları geleneksel tanılama yaklaşımlarına kıyasla daha avantajlı kılmaktadır.

Makine öğrenmesi sistemleri günümüzde sağlık, finans ve mühendislik gibi pek çok alanda yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Eğitim alanında da benzer bir dönüşüm yaşanmakta olup, bu teknolojiler aracılığıyla öğrencilerin bireysel özelliklerinin erken dönemde analiz edilmesi, başarı risklerinin öngörülmesi ve potansiyel üstün yeteneklilerin daha adil ve kapsayıcı biçimde tanılanması mümkün hâle gelmektedir. Bu bağlamda, eğitimde makine öğrenmesinin etkin biçimde kullanılması, sadece bireysel başarıları artırmakla kalmayıp aynı zamanda sistem temelli eşitsizlikleri azaltacak, eğitimde fırsat eşitliğini güçlendirecek bir araç olarak da değerlendirilmektedir.

8. YAPAY ZEKÂ DESTEKLİ TANILAMADA ETİK, ADALET VE KAPSAYICILIK

Eğitimde tanılama süreçleri, öğrencilerin bireysel farklılıklarını anlamaya ve onlara uygun öğrenme fırsatları sunmaya yönelik temel bir işlev üstlenmektedir. Ancak yapay zekânın yaygınlaşmasıyla birlikte, bu sistemlerin etik, adil ve kapsayıcı bir çerçevede yeniden yapılandırılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır (Ersoy, 2025). Günümüzde, eğitimde YZ kullanımına ilişkin sosyal, yasal, mesleki ve etik standartların hâlâ gelişme aşamasında olduğu; bu alanda sürdürülen çok aktörlü çabaların devam ettiği görülmektedir (Mello vd., 2023).

OECD ve UNESCO gibi uluslararası kuruluşlar, YZ tabanlı eğitsel uygulamaların eşitlik, kapsayıcılık ve şeffaflık ilkeleri doğrultusunda geliştirilmesini önermektedir. Bu bağlamda ülkeler, kendi bağlamsal gerçekliklerine uygun yapay zekâ politikalarını şekillendirmekte; bazıları kurumsal mekanizmalar kurarak YZ'nin etik kullanımını denetlemektedir. Özellikle YZ destekli sistemlerin, ön yargıya dayalı ayrımcılığı önleyen yasal düzenlemelere entegre edilmesi gerekmektedir. ABD'deki Equal Credit Opportunity Act ve Genetic Information Nondiscrimination Act gibi düzenlemeler, tanılamada hassas verilerin ayrımcılığa yol açmadan kullanılmasına örnek teşkil etmektedir.

Eğitsel tanılama sistemlerinin etkililiği, yalnızca teknik doğruluğa değil; aynı zamanda veri gizliliği, adalet ve hesap verebilirlik ilkelerine dayalı olmasına bağlıdır. OECD (2024a), öğrenciye özel öğrenme yollarının yapay zekâ ile belirlenmesinde, veri bütünlüğü ve etik risklerin titizlikle yönetilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Aksi takdirde, özellikle sosyoekonomik olarak dezavantajlı öğrenciler için, tanılama sistemleri mevcut eşitsizlikleri yeniden üretebilmekte veya artmasına neden olabilmektedir. YZ sistemlerinde kullanılan algoritmalar, yeterince temsil edilmeyen gruplar için kültürel ön yargılar taşıma riski barındırır. Bu durum, tanılamanın nesnelliğini zedeleyebilir. Bu nedenle YZ sistemlerinin, yerel bağlamlara uyarlanarak çeşitliliği destekleyen veri setleriyle eğitilmesi ve algoritmik açıklanabilirliğe sahip olması gerekmektedir.

YZ destekli tanılama sistemleri, özel gereksinimli öğrenciler için daha erişilebilir ve bireyselleştirilmiş değerlendirme fırsatları sunabilir. Ancak bu araçların, çeşitliliği bir "sorun" olarak değil, farklılıkları tanıyan ve des-

tekleyen bir yaklaşımla ele alması gerekir. OECD raporları, bu sistemlerin toplumsal engelleri azaltmaya yönelik tasarlanması gerektiğini vurgulamaktadır. Aynı zamanda, YZ'nin eğitsel kullanımı sırasında öğretmenlerin teknoloji okuryazarlığının güçlendirilmesi ve sürekli mesleki gelişim fırsatları sunulması gerektiği belirtilmektedir (UNICEF, 2022).

Eğitimde tanılama sistemlerinin dijitalleşmesi, beraberinde veri güvenliği, ticari etkiler ve algoritmik ön yargı gibi çeşitli etik riskleri de getirmiştir. OECD (2024b), güvenilir YZ sistemlerinin açıklanabilirlik, sağlamlık, güvenlik ve insan haklarına uygunluk ilkeleriyle donatılması gerektiğini vurgulamaktadır. YZ destekli tanılamanın yalnızca teknik doğruluğu değil, aynı zamanda öğrenciye, öğretmene ve aileye şeffaf, açıklanabilir ve anlamlı olması da önemlidir. Ulusal düzeyde kurulacak YZ etik komiteleri, tanılama araçlarının geliştirilmesi ve uygulanması sürecinde şeffaflık, denetim ve hesap verebilirlik sağlamak açısından önemlidir. Bu komiteler, veri gizliliği, ayrımcılığın önlenmesi, kullanıcı onayı ve tanı sonuçlarının etik raporlanması gibi konularda politika oluşturma süreçlerine aktif katkı sağlayabilirler. Eğitim kurumlarında uygulanacak bu tür mekanizmalar, güven inşa etmek ve tanılama araçlarının adil kullanımını güvence altına almak açısından kritik öneme sahiptir.

Sonuç olarak eğitsel tanılama sistemlerinin yapay zekâ ile güçlendirilmesi, eğitimde fırsat eşitliğini ve bireyselleştirilmiş öğrenmeyi destekleme açısından devrim yaratacak potansiyele sahiptir. Ancak bu potansiyel, yalnızca etik, adil ve kapsayıcı bir çerçevede yapılandırıldığında tam olarak hayata geçirilebilir. Öğretmenlerin dijital yeterliliklerinin artırılması, paydaşlar arası iş birliğinin teşvik edilmesi, veri politikalarının açık biçimde belirlenmesi ve tanılama araçlarının kültürel ön yargılardan arındırılması bu dönüşümün sürdürülebilirliği için temel koşullardır. Eğitim sistemleri, tanılamayı bir sınıflama aracı olarak değil; öğrenciyi anlama, yönlendirme ve destekleme süreci olarak yeniden tanımlamalıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölüm, özel gereksinimli bireylerin, özellikle de üstün zekâlı öğrencilerin eğitiminde kullanılan tanılama ve değerlendirme süreçleri odağında yapılandırılmıştır. Yapay zekâ destekli sistemler ışığında bu süreçlerin neden yeniden gözden geçirilmesi gerektiği ve eğitimde dijital dönüşümün hangi

ilke ve yaklaşımlar çerçevesinde gerçekleştirilebileceği tartışılmaktadır. Geçmişten günümüze tanılama ve değerlendirme süreçlerini sınırlandıran geleneksel, tek seferlik ve çoğunlukla test odaklı tanılama anlayışının, eğitimde dâhil olmak üzere tüm sektörleri çok farklı bir yöne taşıyan teknolojik gelişmeler ve yapay zekâ ile çoklu veri kaynaklarına dayanan, öğrenen ve insan merkezli, dinamik sistemlere dönüşmesini savunan bir anlayışa bırakması gerektiği ilgili kuramsal çerçeve ve örnek uygulamalar üzerinden ele alınmıştır. Bu dönüşüm yalnızca teknik açıdan değil, aynı zamanda eğitimde fırsat eşitliği, kapsayıcılık ve adalet ilkelerinin güçlendirilmesi açısından da kritik düzeyde önemlidir.

Üstün zekâlıların eğitimi alanına ilişkin kuramsal yaklaşımlar dikkate alınmadan geliştirilen tanılama sistemlerinin, kaçınılmaz olarak sınırlı ve dışlayıcı kalacağı vurgulanmıştır. Üstün zekânın çok boyutlu ve bağlama duyarlı yapısı, yalnızca zekâ test puanlarına dayalı kararları sorunlu hâle getirmektedir. Bu noktada yapay zekâ ve makine öğrenmesi, farklı veri katmanlarını (bilişsel, duyuşsal, davranışsal, ürün temelli ve bağlamsal veriler) birlikte işleyebilen güçlü araçlar sunmaktadır. Ancak bu araçların etkili olabilmesinin yararlılık, bilimsellik, kapsamlılık, fırsat eşitliği, süreklilik, uygun araç kullanımı ve ortak karar gibi tanılamaya ilişkin temel ilkelerin yapay zekâ tabanlı sistemlere bilinçli bir şekilde uyarlanmasına bağlı olduğu savunulmaktadır.

Ayrıca makine öğrenmesi ve sensör temelli teknolojiler, öğrencilerin öğrenme süreçlerinin zamana yayılan bir biçimde izlenmesi, bu süreçlerin bütüncül olarak değerlendirilmesi ve elde edilen verilerden hareketle erken uyarı mekanizmalarının geliştirilmesi açısından önemli bir potansiyel ortaya koymaktadır. Öğrencilerin yalnızca "ne bildiğini" değil, "nasıl öğrendiğini", "hangi koşullarda zorlandığını" ve "hangi ortamlarda güçlendiğini" görünür kılan bu sistemler; hem üstün yeteneklilerin erken fark edilmesine hem de risk altındaki öğrenciler için proaktif müdahale olanaklarının artmasına katkı sunmaktadır. Dolayısıyla, bu sistemler, tek başına "otomatik karar veren" araçlar olarak değil, uzmanların verdiği kararları nitelikli veriyle destekleyen yardımcı araçlar olarak anlaşılmalıdır. Tanılama ve değerlendirme sürecinde verilecek kararların yalnızca sayısal çıktılara bakılarak oluşturulması yeterli değildir. Bireylerin zekâ puanlarının yanı sıra gelişimsel özellikleri ve sosyal-duygusal durumuna ilişkin çeşitli kaynaklardan elde

edilen çok boyutlu verilerin, pek çok farklı disiplinden uzman ekiplerce değerlendirilmesi gerekmektedir. Ancak bu sayede eğitimde adalet, eşitlik ve kapsayıcılıktan söz edilebilir.

Bununla birlikte, yapay zekâ destekli tanılama sistemlerinin eğitimde fırsat eşitliği ve kapsayıcılık açısından taşıdığı riskler göz ardı edilemez. Kullanılan veri setlerinde yer alan tarihsel ve kültürel ön yargılar, dezavantajlı grupların (düşük sosyoekonomik düzey, dil ve kültür farklılığı, kırsal bölgeler, göçmenlik, engellilik gibi) sistematik olarak dışlanmasına yol açabilmektedir. Dolayısıyla, bu bölümde vurgulanan temel sonuçlardan biri, algoritmik ön yargıların tespiti ve giderilmesinin teknik bir ayrıntı değil, eğitsel adaletin ön koşulu olduğudur. Bu noktada, kullanılan veri setlerinin daha geniş ve çeşitli veri kaynaklarıyla desteklenerek temsil gücünün artırılması, yerel bağlamlara duyarlı kalibrasyon süreçlerinin gerçek anlamda işletilmesi, modellerin nasıl çalıştığını görünür kılan açıklanabilirlik mekanizmalarının güçlendirilmesi ve tüm bu süreci izleyebilecek bağımsız etik denetim mekanizmalarının kurulması, göz ardı edilemeyecek temel gerekliliker olarak öne çıkmaktadır.

Türkiye'de BİLSEM modeli, RAM süreçleri ve ulusal zekâ testlerinin geliştirilmesine yönelik mevcut çalışmalar, kurumsal bir tanılama altyapısı oluşturmaya yönelik çabaların olduğunu göstermektedir. Millî Eğitim Bakanlığının eğitimde yapay zekâ politikaları ve ulusal ölçekli test girişimleri, genel olarak bakıldığında, veri temelli ve daha kapsayıcı bir tanılama anlayışına doğru gerçekleşen yönelimi desteklemektedir.

Ancak bu çabanın gerçek anlamda dijital bir dönüşüm yaratması için, mevcut altyapının yapay zekâ destekli sistemlerle bütünleşmesi gerekmektedir. Bu noktada, BİLSEM, RAM, okullar ve merkezî ölçme birimlerini güvenli veri paylaşımı ilkeleriyle birbirine bağlayan bir dijital altyapıya ihtiyaç olduğu açıktır. Açık standartlar ve ortak tasarım ilkeleri doğrultusunda kurulacak bütüncül bir dijital ekosistem, eğitsel tanılama ve değerlendirme anlayışını dönüştürebilecek en kritik adımlardan biri olarak görülebilir. Böyle bir ekosistem oluşturulamadığı takdirde, yürütülen tekil projeler ve sınırlı pilot uygulamalar etkileyici örnekler sunsa bile, sistem düzeyinde sürdürülebilir bir dönüşüme evrilmeleri oldukça güç olacaktır.

Bu genel değerlendirmeler ışığında, politika yapıcılar, uygulayıcılar ve araştırmacılar için geliştirilen öneriler kısaca özetlenmiştir:

1. **Kuramsal temele dayanan dijital tanılama çerçeveleri geliştirilmelidir.**

   Üstün zekâ kuramları, yapay zekâ destekli tanılama sistemlerinin tasarımında doğrudan referans alınmalı; zekâyı yalnızca tek boyutlu bir performans göstergesi olarak gören yaklaşımlar yerine, çok boyutlu, gelişimsel ve sistem temelli modellerle uyumlu dijital çerçeveler oluşturulmalıdır.

2. **Çoklu veri kaynaklarına dayalı bütüncül sistemler tasarlanmalıdır.**

   Tanılama süreçleri; test puanları, ürün dosyaları, öğretmen ve aile gözlemleri, dijital öğrenme izleri, sensör verileri ve öğrenme analitiği çıktıları gibi çok boyutlu verilerin bütüncül bir bakışla birleştirildiği, katmanlı veri modellerine dayandırılmalıdır. Bu entegrasyon için, ulusal düzeyde asgari veri standartları ve paylaşım protokolleri belirlenmelidir.

3. **Algoritmik ön yargı ve etik riskler için bağımsız denetim mekanizmaları kurulmalıdır.**

   Yapay zekâ destekli tanılama araçları, geliştirme ve uygulama sürecinin her aşamasında yalnızca teknik ekiplerce değil; etik kurullar, hukukçular, özel eğitim uzmanları, eğitimciler ve temsil gruplarının yer aldığı bağımsız komisyonlarca düzenli olarak denetlenmelidir. Algoritmik karar süreçlerinin açıklanabilirliği, itiraz ve gözden geçirme mekanizmaları, öğrenci ve ailelerin erişebileceği biçimde şeffaflaştırılmalıdır.

4. **Öğretmen ve uzmanların dijital ve etik yeterlikleri güçlendirilmelidir.**

   YZ destekli tanılama sistemlerinin eğitimde anlamlı ve adil biçimde kullanılabilmesi için tanılama ve değerlendirmeden sorumlu paydaşların hem teknik hem de etik boyutta kapsamlı hizmet içi eğitimler almaları gerekmektedir. Bu eğitimler, yalnızca araç kullanımıyla sınırlı kalmamalı; veri okuryazarlığı, algoritmik ön yargı, mahremiyet ve insan merkezli karar verme gibi boyutları da içermelidir.

5. Dijital tanılama sistemleri insan merkezli karar destek araçları olarak konumlandırılmalıdır.

Yapay zekâ sistemleri, tanılamada son sözü söyleyen otorite hâline getirilmemeli; çok disiplinli uzman ekiplerin kararlarını destekleyen, alternatif senaryolar ve olasılıklar üreten araçlar olarak değerlendirilmelidir. Her tanılama kararı, öğrencinin yaşam öyküsünü, bağlamsal koşullarını ve sosyal-duygusal ihtiyaçlarını gözeten insan merkezli bir perspektifle yeniden gözden geçirilmelidir.

6. Türkiye için uzun vadeli, ulusal bir YZ destekli tanılama yol haritası oluşturulmalıdır.

Ulusal ve uluslararası yürütülen projeler ile politika belgeleri, ulusal ölçekte geliştirilecek bütüncül bir stratejik planın yapı taşlarını oluşturacak birer kaynak olarak ele alınmalıdır. Stratejik hedefler, rastlantısal başarı öykülerine bırakılmamalıdır. Pilot uygulamalardan elde edilen deneyimler, ölçeklenebilirlik ve sürdürülebilirlik ölçütleriyle birlikte düzenli ve sistematik bir biçimde izlenmelidir. Bu çerçevede, üniversiteler, Millî Eğitim Bakanlığı birimleri, teknoloji şirketleri ve sivil toplum kuruluşları gibi paydaşların yer aldığı ulusal bir "eğitsel tanılama ve yapay zekâ" iş birliği ağının kurulması hem araştırma kapasitesini hem de sahadaki uygulama gücünü belirgin biçimde artıracaktır.

Sonuç olarak eğitimde fırsat eşitliği, kapsayıcılık ve kişiselleştirilmiş öğrenme hedefiyle tasarlanacak yapay zekâ destekli tanılama ve değerlendirme sistemleri, paydaşlar arasında süreklilik gösteren iş birliği ile desteklendiği takdirde, eğitimde gerçek anlamda bir dönüşüme neden olabilecek güçlü bir potansiyele sahiptir. Bu bölüm, söz konusu dönüşümün kuramsal altyapısını, risk ve kırılganlık alanlarını ve hayata geçirilebilir eylem önerilerini bir arada ele alarak, eğitimde yapay zekâ destekli tanılama tartışmalarına düzenli, tutarlı ve uygulamaya dönük bir çerçeve sunmayı amaçlamaktadır.

KAYNAKLAR

Alpaydın, E. (2004). *Introduction to machine learning*. Cambridge: MIT Press.

Brody, L. E. & Stanley, J. C. (2005). Youths who reason exceptionally well mathematically and/or verbally: Using the MVT:D model to develop their talents. R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *Conceptions of Giftedness* içinde (s. 20-38, 2. baskı). Cambridge, UK: Cambridge University.

Ciolacu, M., Tehrani, A. F., Binder, L., & Svasta, P. M. (2018). Education 4.0-Artificial Intelligence assisted higher education: early recognition system with machine learning to support students' success. In *2018 IEEE 24th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)* (pp. 23-30). IEEE. doi: 10.1109/SIITME.2018.8599203

Crompton, H., & Burke, D. (Eds.). (2024). *Artificial intelligence applications in higher education: theories, ethics, and case studies for universities*. Taylor & Francis. DOI: 10.4324/9781003440178

Dabrowski, K. (1964). *Positive disintegration*. London: Little Brown.

Dağlarlı, E., & Anbaş, E. (2016). Rehabilitation based computational models for humanoid robots. In *2016 Medical Technologies National Congress (TIPTEKNO)* (pp. 1-4). IEEE. DOI: 10.1109/TIPTEKNO.2016.7863124

Ersoy, C. (2024). *Üstün zekâlı öğrencilerin davranışsal özelliklerini belirleme ölçeğini uyarlama çalışması* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Ersoy, C. (2025). Inclusive Transformation with Artificial Intelligence: Ethical Aspects, Policies, and Strategic Approaches for Equitable Education. *Pitfalls of AI Integration in Education: Skill Obsolescence, Misuse, and Bias: Skill Obsolescence, Misuse, and Bias*, 271-292. DOI: 10.4018/979-8-3373-0122-8.ch012

Feldhusen, J. F. (1998). A conception of talent and talent development. R. C. Friedman & K. B. Rogers (Eds.), *Talent in context: Historical and social perspectives on giftedness* içinde (s. 193–211). Washington, DC: APA. https://doi.org/10.1037/10297-010

Flanagan, D. P. & Harrison, P. L. (2012). *Contemporary intellectual assessment: Theories, tests, and issues* (3rd ed.). New York: Guilford.

Gagné, F. (2005). From gifts to talents: The DMGT as a developmental model. R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *Conceptions of giftedness* içinde (2. baskı, ss. 98–120). Cambridge, UK: Cambridge University.

Gartner, (2018). "Top 10 Strategic Technology Trends for 2018", https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-top-10-strategic-technology-trends-for-2018

Gubbins, E. J., Siegle, D., Ottone-Cross, K., McCoach, D. B., Langley, S. D., Callahan, C. M., Brodersen, A. V., & Caughey, M. (2021). Identifying and serving gifted and talented students: Are identification and services connected? *Gifted Child Quarterly, 65*(2), 115–131. https://doi.org/10.1177/0016986220988308

Gentry, M., Fugate, C. M., Wu, J., & Castellano, J. A. (2014). Gifted Native American students: Literature, lessons, and future directions. *Gifted Child Quarterly, 58*(2), 98–110. https://doi.org/10.1177/0016986214521660

Grissom, J. A., & Redding, C. (2016). Discretion and disproportionality: Explaining the underrepresentation of high-achieving students of color in gifted programs. *AERA Open*, *2*(1), DOI: 10.1177/2332858415622175

Heller, K. A. & Schofield, N. J. (2008). Identification and nurturing the gifted from an international perspective. *Handbook of giftedness in children* içinde (s. 93-114). Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-0-387-74401-8_6

Haykin, S. S. (2009). *Neural networks and learning machines* (Vol. 3). Upper Saddle River, NJ: Pearson.

Hodges, J., & Mohan, S. (2019). Machine Learning in Gifted Education: A Demonstration Using Neural Networks. *Gifted Child Quarterly*, *63*(4), 243-252. https://doi.org/10.1177/0016986219867483

James, G., Witten, D., Hastie, T., Tibshirani, R., Taylor, J. (2023). Unsupervised Learning. In: An Introduction to Statistical Learning. Springer Texts in Statistics. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-38747-0_12

Johnsen, S. K. & VanTassel-Baska, J. (2022). Using assessment as a framework for standards-based program development in gifted education. *Handbook on Assessments for Gifted Learners* içinde (s. 1-17). New York: Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003285991

Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science, 349*(6245), 255–260. https://doi.org/10.1126/science.aaa8415

Kaufman, S. B. (2013). *Ungifted: Intelligence redefined*. New York: Basic.

Lee, L. E. & Peters, S. J. (2022). Universal Screening: A Process to Promote Equity. *Handbook on assessments for gifted learners* içinde (s. 29-43). New York: Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003285991

Maseleno, A., Sabani, N., Huda, M., Ahmad, R., Jasmi, K. A., & Basiron, B. (2018). Demystifying learning analytics in personalised learning. *International Journal of Engineering & Technology*, *7*, 1124-1129. doi:10.14419/ijet.v7i3.9789

Mello, R. F., Freitas, E., Pereira, F. D., Cabral, L., Tedesco, P., & Ramalho, G. (2023). Education in the age of Generative AI: Context and Recent Developments. *arXiv preprint arXiv:2309.12332*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.12332

Mönks, F. J. (1992). Development of gifted children: The issue of identification and programming. F. J. Mönks & W. A. M. Peters (Eds.), *Talent for the future. Proceedings of the ninth world conference on gifted and talented children* içinde (s. 191–202). Assen: Van Gorcum.

Millî Eğitim Bakanlığı. (2025). *Eğitimde Yapay Zekâ Politika Belgesi ve Eylem Planı (2025–2029)*. Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü. https://yegitek.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2025_06/17092340_egitimdeyapayzekâpolitikabelgesiveeylemplani202520291.pdf

Noble, W. S. (2006). What is a support vector machine? *Nature Biotechnology*, *24*, 1565-1567. https://doi.org/10.1038/nbt1206-1565

OECD. (2024a). *The potential impact of artificial intelligence on equity and inclusion in education* (OECD Artificial Intelligence Papers No. 23). https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/08/the-potential-impact-of-artificial-intelligence-on-equity-and-inclusion-in-education_0d7e9e00/15df715b-en.pdf

OECD. (2024b). *Revised recommendation of the Council on artificial intelligence* (C/MIN(2024)16/FINAL). OECD Publishing. https://one.oecd.org/document/C/MIN(2024)16/FINAL/en/pdf

Park, Y., Xu, Y., Collins, P., Farkas, G., & Warschauer, M. (2019). Scaffolding learning of language structures with visual-syntactic text formatting. *British Journal of Educational Technology, 50*(4), 1896–1912. https://doi.org/10.1111/bjet.12689

Pu, Y., Wang, W., Henao, R., Chen, L., Gan, Z., Li, C., & Carin, L. (2017, December). *Adversarial symmetric variational autoencoder*. In I. Guyon, U. V. Luxburg, S. Bengio, H. Wallach, R. Fergus, S. Vishwanathan, & R. Garnett (Eds.), *Advances in neural information processing systems* (pp. 4330-4339). Long Beach, CA: NIPS. https://doi.org/10.48550/arXiv.1711.04915

Renzulli, J. S. (2005). The three-ring definition of giftedness: A developmental model for promoting creative productivity. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *Conceptions of giftedness* (2nd ed., pp. 246–280). New York: Cambridge University Press.

Rudin, C. (2018). *Stop Explaining Black Box Machine Learning Models for High Stakes Decisions and Use Interpretable Models Instea* https://arxiv.org/pdf/1811.10154.pdf https://doi.org/10.48550/arXiv.1811.10154

Sak, U. (2014). *Üstün zekâlılar tanılanmaları eğitimleri özellikleri*. Ankara: Maya Akademi.

Sak, U. (2020). Üstün yetenek kavramının belirsizliğinden ortaya çıkan Bulanık Kuram (Fuzzy Conception of Giftedness born out of uncertainty). *Yeni Türkiye Dergisi, 115*, 99-108.

Samuel, A. L. (1959). Some studies in machine learning using the game of checkers. *IBM Journal of Research and Development*, *3*, 210-229. DOI:10.1147/rd.33.0210

Safavian, S. R., & Landgrebe, D. (1991). A survey of decision tree classifier methodology. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, *21*, 660-674. doi:10.1109/21.97458

Sternberg, R. J. & Davidson, J. (Eds.). (2005). *Conceptions of giftedness* (2nd ed.). New York: Cambridge University. https://doi.org/10.1017/CBO9780511610455

Sternberg, R. J. (2005). The WICS model of giftedness. R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *Conceptions of giftedness* içinde (2nd ed., pp. 327–243). New York: Cambridge University. DOI:10.1017/CBO9780511610455.019

Sternberg, R. J. (2020). Transformational giftedness. T. L. Cross & P. OlszewskiKubilius (Eds.), *Conceptual frameworks for giftedness and talent development* içinde (s. 203–234). New York: Prufrock.

Stambaugh, T., & Ford, D. Y. (2015). Microaggressions, multiculturalism, and gifted individuals who are Black, Latinx, or low income. *Journal of Counseling & Development*, *93*, 192-201. doi:10.1002/j.1556-6676.2015.00195.x

Stanley, J. C. (1994). *Mechanical aptitude: Neglected undergirding of technological expertise. The Journal Portfolio (Article 7)*. Evanston: Illinois Association for Gifted Children.

Stanley, J. C. & Benbow, C. P. (1986). Youths who reason extremely well mathematically. *Conceptions of giftedness*, içinde (s. 361-387). Switzerland: Springer.

Tannenbaum, A. J. (1986). Giftedness: A psychosocial approach. R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *Conceptions of giftedness* içinde (s. 21–252). New York: Cambridge University. https://doi.org/10.1007/978-0-387-74401-8_5

Thurstone, L. M. (1938). *Primary mental abilities*. Chicago: University of Chicago.

UNICEF, UNESCO, & World Bank. (2022). *Where are we on education recovery?* UNICEF. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381091

VanTassel-Baska, J. (2005). Domain-specific giftedness: Applications in school and life. In R. J. Sternberg & J. E. Davidson (Eds.), *Conceptions of giftedness* (2nd ed., pp. 358–377). New York: Cambridge University.

Zhou, Y., Huang, C., Hu, Q., Zhu, J., & Tang, Y. (2018). Personalized learning full-path recommendation model based on LSTM neural networks. *Information Sciences*, *444*, 135-152. doi:10.1016/j.ins.2018.02.053

Zhai, X. (2021). Practices and theories: How can machine learning assist in innovative assessment practices in science education. *Journal of Science Education and Technology*, *30*(2), 139-149. https://doi.org/10.1007/s10956-021-09901-8

BÖLÜM 17

MAKİNE ÖĞRENMESİ: TEMELLER, YÖNTEMLER VE GELECEK PERSPEKTİFİ

Onur Sevli

ÖZET

Bu bölümde, makine öğrenmesinin temel kavramları, tarihsel gelişimi, uygulama alanları, algoritmaları ve yöntemleri ve gelecek perspektifi ele alınmaktadır. İlk olarak, makine öğrenmesinin tanımı yapılmakta ve geleneksel programlamadan farkları vurgulanmaktadır. Ardından, 1950'li yıllardan günümüze kadar olan önemli dönüm noktaları incelenerek alandaki evrimsel süreç tarihsel bağlamda sunulmaktadır. Makine öğrenmesinin denetimli, denetimsiz, yarı denetimli ve pekiştirmeli öğrenme türleri karşılaştırmalı olarak açıklanmakta; her bir türün avantajları, sınırlılıkları ve örnek uygulama alanlarına yer verilmektedir. Bölümün ikinci kısmında, regresyon, sınıflandırma ve kümeleme gibi temel problem türleri ile bu problemlere yönelik kullanılan algoritmalar ayrıntılı biçimde tanıtılmaktadır. Doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon modelleri, destek vektör makineleri, karar ağaçları, topluluk öğrenme yöntemleri (bagging, boosting, random forest, XGBoost), Naive Bayes ve K-en yakın komşu algoritması gibi teknikler teorik temelleri ve uygulama örnekleri ile birlikte açıklanmaktadır. Ayrıca, yüksek boyutlu verilerle başa çıkmak için kullanılan boyut indirgeme yöntemleri (PCA, t-SNE) ve yapay sinir ağlarının yapısı da detaylandırılmıştır. Makine öğrenmesinin sunduğu olanaklar kadar; veri kalitesi, yorumlanabilirlik, hesaplama maliyeti gibi sınırlayıcı yönleri de değerlendirilmiş; böylece okuyucuya kapsamlı ve dengeli bir bakış açısı sunulmuştur. Bölüm hem kuramsal temeli hem de uygulamaya dönük içeriğiyle farklı disiplinlerden araştırmacıların ve öğrencilerin istifade edebileceği bütüncül bir kaynak niteliği taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Makine Öğrenmesi, Makine Öğrenmesi Algoritmaları, Açıklanabilir Yapay Zekâ

GİRİŞ

Giderek yaygınlaşan dijital teknolojiler, üretilen verinin hacmini ve çeşitliliğini benzeri görülmemiş düzeylere taşımıştır. Boyutu ve üretim hızı katlanarak artan veri kümelerinden anlamlı bilgilerin çıkarılması stratejik

bir gereklilik hâline gelmiştir. Yapay zekânın temel araştırma alanlarından biri olan makine öğrenmesi, açıkça tanımlanmış kurallara bağlı kalmaksızın verilerden örüntüleri otomatik olarak öğrenebilen, yeni durumlara genelleme yapabilen ve zaman içinde performansını iyileştirebilen modeller geliştirmeye odaklanmaktadır. Sağlıktan finansa, eğitimden ulaşıma, tarımdan doğal dil işlemeye kadar çok sayıda alanda yaygın olarak kullanılan makine öğrenmesi yöntemleri, karmaşık problemlerin çözümünde yüksek doğruluk, esneklik ve ölçeklenebilirlik sağlamaktadır. Bununla birlikte, geliştirilen modellerin başarısı yalnızca kullanılan algoritmaya değil; veri kalitesine, uygun yöntemin seçilmesine, modelin doğru biçimde değerlendirilmesine ve elde edilen sonuçların yorumlanabilir olmasına da bağlıdır.

Bu bölümde makine öğrenmesinin kuramsal temelleri, tarihsel gelişimi ve temel kavramları bütüncül bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Denetimli, denetimsiz, yarı denetimli ve pekiştirmeli öğrenme yaklaşımlarının ardından regresyon, sınıflandırma, kümeleme, boyut indirgeme, topluluk öğrenme, yapay sinir ağları ve derin öğrenme gibi başlıca yöntem ve algoritmalar incelenmektedir. Ayrıca modellerin performansını değerlendirmede kullanılan ölçütlere, aşırı ve az uyum sorunlarına, çapraz doğrulama yöntemlerine, model yorumlanabilirliğine ve açıklanabilir yapay zekâ yaklaşımlarına yer verilmektedir. Üretken yapay zekâ, kuantum makine öğrenmesi, insan-bilgisayar etkileşimi ile etik ve sorumlu yapay zekâ konularının da değerlendirildiği bölümde, okuyucuya makine öğrenmesinin mevcut yapısını ve gelecekteki gelişim yönünü anlamaya yönelik kapsamlı bir çerçeve sunulması amaçlanmaktadır.

1. MAKİNE ÖĞRENMESİNE GENEL BAKIŞ

Makine öğrenmesi, bilgisayar sistemlerinin veriden anlam çıkararak öğrenmesini, karar vermesini, tahminlerde bulunmasını sağlayan ve deneyimle gelişen algoritmalardan oluşan bir yapay zekâ disiplinidir. Geleneksel programlamada kurallar insanlar tarafından kodlanırken makine öğrenmesinde bu kurallar veriden otomatik olarak çıkarılır (Alpaydın, 2020). Bu yönüyle makine öğrenmesi, veri bilimi, istatistik, matematiksel optimizasyon ve bilgisayar bilimleri gibi birçok alanın kesişiminde yer alır. Makine

öğrenmesi algoritmaları verilerden ve örneklerden öğrenme yeteneğine sahiptir. Bu paradigma değişimi, bilgisayarların yalnızca belirli görevleri yerine getirmesini değil, aynı zamanda bu görevlerdeki başarılarını zamanla artırmasını da mümkün kılar. Makine öğrenmesinde temel amaç, veriden öğrenerek gelecekteki gözlemleri tahmin etmek veya yapısal örüntüleri ortaya çıkarmaktır (Mitchell, 1997).

2. TARİHSEL GELİŞİM VE DÖNÜM NOKTALARI

Makine öğrenmesinin temelleri 1950'li yıllarda Alan Turing'in "makineler düşünebilir mi?" sorusuna verdiği yanıta uzanır (Turing, 1950). 1957 yılında Frank Rosenblatt tarafından geliştirilen "Perceptron" modeli (yapay sinir ağlarının temel birimi) ilk önemli gelişmelerden biridir (Rosenblatt, 1958). 1959 yılında Arthur Samuel'in yazdığı dama oynayan program ve bunun üzerine yaptığı "bilgisayarların oyun oynamayı öğrenmesi" tanımında "makine öğrenmesi" terimi teknik anlamda ilk kez kullanılmıştır (Samuel, 1959). 1980'lerde yapay sinir ağları ve geri yayılım algoritması (Rumelhart vd., 1986) ile alan ivme kazanmıştır. Yine 1980'lerde destek vektör makineleri ve karar ağaçları gibi algoritmalar geliştirilmiştir. 1990'larda ise topluluk öğrenme (ensemble learning) yöntemleri ve boosting algoritmaları makine öğrenmesi modellerinin doğruluk oranlarını artırmada önemli bir rol oynamıştır (Breiman, 2001).

2000'li yılların başında derin öğrenme (deep learning) tekniklerinin gelişmesiyle birlikte makine öğrenmesi, özellikle görüntü işleme, doğal dil işleme ve robotik gibi alanlarda büyük ilerlemeler kaydetmiştir (LeCun vd., 2015). Özellikle 2012 yılında ImageNet yarışmasında derin evrişimli sinir ağları (CNN) ile elde edilen başarı, derin öğrenmenin ana akım hâline gelmesine yol açmıştır (Krizhevsky vd., 2012).

3. TEMEL KAVRAMLAR

Makine öğrenmesi, açıkça programlanmaksızın, geçmiş deneylerden (veri) otomatik olarak bilgi çıkararak, bilinmeyen durumlar için genelleme yapabilen sistemlerin geliştirilmesi üzerine odaklanır (Mitchell, 1997).

Burada öğrenme, bir görevi yerine getirirken performansın deneyime bağlı olarak artması anlamına gelir. Makine öğrenmesinin temel bileşenleri arasında şunlar yer alır:

- **Veri (Data):** Öğrenme sürecinin temel girdisidir. Yapılandırılmış (tablolar) ve yapılandırılmamış (görüntü, metin, ses) biçimlerde olabilir.
- **Model:** Verilerden öğrenilen örüntüleri temsil eder. Bu model, gelecekteki veriler üzerinde tahmin yapmak için kullanılır.
- **Öğrenme Algoritması:** Modelin eğitim verisi üzerinden optimize edilmesini sağlayan mekanizmadır.

4. MAKİNE ÖĞRENMESİNİN UYGULAMA ALANLARI

Makine öğrenmesi günümüzde pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu alanlardan bazıları ve uygulama örnekleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Makine Öğrenmesi Uygulama Alanları

Uygulama alanı	**Örnek**
Sağlık	Medikal görüntü analizi, hastalık teşhisi, ilaç geliştirme, genetik veri yorumlama
Finans	Kredi skorlama, algoritmik işlemler, dolandırıcılık tespiti
Ulaşım	Otonom araçlar, rota optimizasyonu
Eğitim	Akademik başarı tahmini, kariyer planlama, bireyselleştirilmiş öğrenme
Doğal dil	Sohbet robotları, çeviri, duygu analizi
Tarım	İklimlendirme sistemleri, hasat ve verim tahminleme, bitki hastalıklarının tespiti
Pazarlama	Müşteri trendlerinin analizi ve kişiselleştirilmiş ürün önerileri
İnternet teknolojileri	Arama motorları, öneri sistemleri

Bu geniş uygulama alanları, makine öğrenmesini yalnızca bilgisayar bilimciler için değil; aynı zamanda tıp, ekonomi, eğitim ve mühendislik gibi çok sayıda disiplin için vazgeçilmez bir araç hâline getirmiştir (Domingos, 2015).

5. MAKİNE ÖĞRENMESİNİN AVANTAJ VE SINIRLILIKLARI

Makine öğrenmesi güçlü bir teknoloji olup özellikle büyük veriyi etkin bir şekilde öğrenme yeteneğine sahiptir. Verideki desenleri otomatik olarak tanımlayabilir ve karmaşık ilişkileri modelleyebilir. Ayrıca insan müdahalesi olmadan öğrenip gerçek zamanlı tahminlerde bulunabilir. Farklı alanlara uyarlanabilir. Bu gibi pek çok avantaj yanında aşağıdaki belirli sınırlılıklara da sahiptir:

- **Veri Kalitesi:** Kalitesiz, gürültülü, eksik veya yanlı veriler makine öğrenmesi modelinin performansını olumsuz yönde etkiler.
- **Aşırı Uyum (Overfitting):** Modelin eğitim verisini ezberlemesi genelleme yeteneğini azaltır.
- **Yorumlanabilirlik:** Makine öğrenmesi ve derin öğrenme modelleri çoğunlukla "kara kutu" gibi çalışır ve karar verme sürecinin yorumlanabilirliği sınırlıdır.
- **Hesaplama maliyeti:** Büyük veri kümeleri ve karmaşık modeller ile çalışmak yüksek işlem gücü gerektirir.
- **Etiketli veri gereksinimi:** Makine öğrenmesinde özellikle denetimli öğrenme için verilerin daha önceden uzmanlar tarafından etiketlenmiş olması gereklidir.

6. MAKİNE ÖĞRENMESİ TÜRLERİ

Makine öğrenmesi, temel olarak verilerden örüntü çıkarmayı amaçlayan algoritmalar bütünüdür. Bu algoritmalar öğrenme biçimlerine göre farklı kategorilere ayrılır. En yaygın sınıflandırma, öğrenme sürecinde kullanılan veri tipine ve hedef çıktının niteliğine göre yapılan ayrımdır. Buna göre makine öğrenmesi; denetimli öğrenme (supervised learning), denetimsiz öğrenme (unsupervised learning), yarı denetimli öğrenme (semi-supervised learning) ve pekiştirmeli öğrenme (reinforcement learning) olarak kategorize edilebilir.

6.1. Denetimli Öğrenme

Denetimli öğrenme, en yaygın kullanılan makine öğrenmesi türüdür. Bu öğrenme yaklaşımında, model etiketli veri (labeled data) üzerinde eğitilir. Yani her bir giriş örneği bir hedef çıktı (label) ile eşleştirilmiştir. Model,

bu eşleşmeleri öğrenerek yeni, etiketlenmemiş girdiler için doğru tahminlerde bulunmayı amaçlar.

Denetimli öğrenme genellikle sınıflandırma ve regresyon olmak üzere iki ana görevde kullanılır. Regresyonda sürekli bir çıktı değeri tahmin edilirken (örneğin ev fiyatı) sınıflandırmada ise kategorik bir çıktı tahmin edilir (örneğin bir e-postanın spam olup olmadığı).

Denetimli öğrenme hastalık teşhisi, kredi skorlama, doğal dil işleme gibi pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Denetimli öğrenmenin avantaj ve sınırlılıkları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Denetimli Öğrenmenin Avantaj ve Sınırlılıkları

Avantajlar	**Sınırlılıklar**
İyi etiketlenmiş verilerle yüksek doğruluk elde edilebilir.	Etiketli veriye ihtiyaç duyar ve etiketleme işi maliyetlidir.
Tahminlerin doğruluğu kolayca ölçülebilir.	Model, eğitim verisinde olmayan durumlara genelleme yapmakta zorlanabilir.

6.2. Denetimsiz Öğrenme

Denetimsiz öğrenme algoritmaları, yalnızca girdilerden oluşan (etiketsiz) veri kümeleriyle çalışır. Bu yöntemde amaç, veri içindeki yapıları, örüntüleri veya ilişkileri ortaya çıkarmaktır (Murphy, 2012).

En yaygın uygulamaları kümeleme (clustering) ve boyut indirgeme (dimensionality reduction) işlemleridir. Kümeleme, benzer özelliklere sahip veri noktalarını gruplandırırken (örneğin benzer davranıştaki müşterilerin gruplanması), boyut indirgemede veri setindeki çok sayıdaki boyut (girdi) çeşitli hesaplamalar yoluyla birleştirilerek azaltılır ve bu sayede hesaplama maliyeti düşer.

Pek çok alanda kullanımı olan denetimsiz öğrenmenin avantaj ve sınırlılıkları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Denetimsiz Öğrenmenin Avantaj ve Sınırlılıkları

Avantajlar	**Sınırlılıklar**
Etiketleme maliyeti yoktur.	Sonuçların doğruluğunun değerlendirilmesi zordur.
Keşifsel veri analizi için uygundur.	Yorumlanabilirlik sınırlı olabilir.

6.3. Yarı Denetimli Öğrenme

Yarı denetimli öğrenme hem etiketli hem de etiketsiz verileri birlikte kullanarak öğrenme sürecini gerçekleştiren modelleri ifade eder. Bu öğrenme yaklaşımı, özellikle etiketleme sürecinin maliyetli ve zaman alıcı olduğu durumlarda tercih edilir (Zhu & Goldberg, 2009). Gerçek dünya uygulamalarında genellikle etiketli veri miktarı sınırlı, buna karşılık etiketsiz veri miktarı oldukça fazladır. Bu bağlamda yarı denetimli öğrenme, sınırlı etiketli veri ile yüksek performanslı modeller oluşturma imkânı sunar.

Yarı denetimli öğrenmenin temel amacı, sınırlı sayıdaki etiketli veriye, etiketsiz verilerden çıkarılan bilgileri ekleyerek daha genelleştirilebilir ve güçlü modeller oluşturmaktır (Chapelle vd., 2006). Bu süreçte genellikle şu yaklaşımlar uygulanır:

- **Kendini etiketleme (Self-training):** Bu yöntemde sınırlı sayıda etiketli veri ile eğitilen model etiketsiz verilerin etiketlerini tahmin etmeye çalışır (Yarowsky, 1995).
- **İş birlikli öğrenme (Co-training):** Veriler iki farklı ve bağımsız özellik kümesi ile temsil edilir. İki ayrı model farklı özellik kümelerinde eğitilerek birbirlerinin tahminlerini kendi eğitim verilerine ekler (Blum & Mitchell, 1998).
- **Üretici modeller (Generative models):** Bu modeller verinin dağılımının doğasını öğrenerek etiketsiz veriler için tahminlerde bulunur (Nigam vd., 2000).

Doğal dil işleme, konuşma tanıma, anomali tespiti gibi farklı alanlarda kullanılan yarı denetimli öğrenmenin avantaj ve sınırlılıkları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Yarı Denetimli Öğrenmenin Avantaj ve Sınırlılıkları

Avantajlar	Sınırlılıklar
Etiketleme maliyetini azaltır.	Model kendi etiketleme yaptığı için yanlılık riski vardır.
Etiketsiz veriler de öğrenme sürecine katılır ve veri kullanımı artar.	Modelin hem etiketli hem etiketsiz verilerle eğitilmesi karmaşayı artırabilir.
Etiketsiz verilerden çıkarılan bilgiler modelin genelleme yeteneğini artırır.	Başarılı bir öğrenme için uygun, benzer örnekler içeren veri kümesi gerekir.

6.4. Pekiştirmeli Öğrenme

Pekiştirmeli öğrenme, bilişsel psikoloji ve hayvan davranışlarından esinlenen bir öğrenme yöntemidir. Bu yaklaşımda bir ajan (agent), çevresiyle etkileşime girerek ödül ya da ceza sinyalleri üzerinden bir politika öğrenmeye çalışır. Ajan, zaman içinde en yüksek toplam ödülü elde etmek için stratejiler geliştirir (Sutton & Barto, 2018).

Özellikle oyun, robotik ve otonom sistemlerde büyük başarılar gösteren pekiştirmeli öğrenme; ajan (karar veren varlık), çevre (ajanın içinde bulunduğu durum), eylem (ajanın çevreye etkisi), durum (çevrenin belirli bir andaki durumu), ödül ve ceza (ajanın eylemlerine verilen geri bildirimler) bileşenlerinden oluşur.

Pekiştirmeli öğrenmenin sahip olduğu avantajlar ve sınırlılıklar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Pekiştirmeli Öğrenmenin Avantaj ve Sınırlılıkları

Avantajlar	**Sınırlılıklar**
Dinamik ve değişken ortamlarda etkili çalışabilir.	Eğitim süreci uzun ve maliyetlidir.
Uzun vadeli kararlar alınabilir.	Ödül ve ceza fonksiyonunun tasarımı karmaşıktır.

6.5. Uygun Yöntem Seçimi

Her makine öğrenmesi problemi, farklı veri tipleri ve iş hedeflerine sahiptir. Bu nedenle uygulanacak yöntemin doğru seçilmesi gerekir. Uygun yöntemin seçimi için makine öğrenmesi türlerinin kıyaslamaları özet olarak Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Makine Öğrenmesi Türlerinin Karşılaştırılması

Öğrenme türü	**Veri gereksinimi**	**Problem türü**
Denetimli	Etiketli	Sınıflandırma, regresyon
Denetimsiz	Etiketsiz	Kümeleme, boyut indirgeme
Yarı denetimli	Etiketli ve etiketsiz	Karma problemler
Pekiştirmeli	Ödül tabanlı	Gerçek zamanlı, sıralı karar

7. ALGORİTMALAR VE YÖNTEMLER

Makine öğrenmesinde kullanılan yöntemler, temel olarak regresyon, sınıflandırma ve kümeleme olmak üzere üç ana probleme odaklanır. Her bir problem farklı algoritmalarla çözülebilir ve bu algoritmalar farklı veri tipleri ve öğrenme senaryoları için optimize edilmiştir. Bu bölümde, makine öğrenmesinde yaygın olarak kullanılan temel algoritmalar ve yöntemler tanıtılmakta, çalışma prensipleri açıklanmakta ve uygulama alanları örneklendirilmektedir.

7.1. Regresyon, Sınıflandırma ve Kümeleme Kavramları

Makine öğrenmesinde karşılaşılan regresyon, sınıflandırma ve kümeleme problemleri; modelin öğrenme sürecinde nasıl bir hedefe ulaşmaya çalıştığı ile ilgilidir. Bu üç farklı problem türünün çözümünde alternatif birden çok algoritma kullanılabilmektedir.

Regresyon, sürekli (sayı değerli) bir çıktının tahmin edilmesini amaçlayan bir yöntemdir. Girdi değişkenleri ile sürekli hedef değişkeni arasındaki ilişkiyi modellemeye çalışır. Örneğin; bir evin fiyatını konum, metrekare ve oda sayısı gibi özelliklere göre tahmin etmek regresyon problemidir. Yaygın regresyon algoritmaları arasında doğrusal regresyon, Ridge ve Lasso regresyon yer alır (James vd., 2013).

Sınıflandırma, verilerin belirli kategorilere (etiketlere) atanmasını amaçlar. Çıktılar genellikle ayrık (discrete) değerlerdir. E-posta iletilerinin "spam" veya "spam değil" olarak etiketlenmesi, tıbbi görüntülerden tümörün iyi huylu veya kötü huylu olduğunun belirlenmesi; sınıflandırma problemlerine örnektir (Hastie vd., 2009). Sınıflandırma modelleri, eğitim sürecinde etiketlenmiş verilerle çalışır ve bu nedenle denetimli öğrenmenin temel örneklerinden biridir.

Kümeleme, verileri herhangi bir önceden tanımlanmış etikete gerek duymadan benzerliklerine göre gruplandırmayı hedefleyen denetimsiz öğrenmenin bir türüdür. Veri kümesindeki doğal yapıları ortaya çıkarmak için kullanılır. Örneğin, pazarlama alanında benzer müşteri davranışlarına sahip grupların keşfi için kullanılabilir. K-Ortalamalar, Hiyerarşik Kümeleme ve DBSCAN gibi algoritmalar sıkça tercih edilir (Xu & Wunsch, 2005).

Bu üç temel yöntem, makine öğrenmesinin hemen her uygulamasında karşılaşılan problemleri anlamlandırmak için temel çerçeveyi sunar. Regresyon ve sınıflandırma çoğunlukla denetimli öğrenme kapsamında değerlendirilirken, kümeleme denetimsiz öğrenme içinde yer alır. Bu farklı problem türleri hem algoritma seçiminde hem de model doğrulama sürecinde belirleyici rol oynar. Bu üç öğrenme yöntemine ait bilgiler özet olarak Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Makine Öğrenmesi Yöntemleri (Jordan & Mitchell, 2015)

Yöntem	Öğrenme Türü	Hedef Görev	Örnek
Regresyon	Denetimli	Sürekli çıktı tahmini	Ev fiyatı tahminleme
Sınıflandırma	Denetimli	Kategorik çıktı tahmini	Spam e-posta tespiti
Kümeleme	Denetimsiz	Gruplama	Müşteri gruplama

7.2. Regresyon Modelleri

Regresyon, makine öğrenmesinde sürekli (sayısal) bir hedef değişkenin, bir veya daha fazla bağımsız değişken (girdi) kullanılarak tahmin edilmesini amaçlayan temel makine öğrenmesi yöntemlerinden biridir. Geniş uygulama alanına sahip olan regresyon analizi; ekonomi, sağlık, mühendislik ve sosyal bilimler gibi birçok alanda öngörü ve modelleme amacıyla kullanılmaktadır (James vd., 2013). Bu bağlamda geliştirilen çeşitli regresyon modelleri, doğrusal ilişkilerden karmaşık doğrusal olmayan yapılara kadar geniş bir yelpazede yer alır.

7.2.1. Doğrusal Regresyon

Doğrusal regresyon (linear regression), en temel regresyon modellerinden biridir ve bağımlı değişken ile bir veya daha fazla bağımsız değişken arasında doğrusal bir ilişki kurarak tahmin yapmayı sağlar (Montgomery vd., 2021). Bu modelde, en küçük kareler yöntemi (OLS – Ordinary Least Squares) kullanılarak parametreler tahmin edilir.

Basit (tekli) doğrusal regresyon, yalnızca bir bağımsız değişkenin hedef değişken üzerindeki etkisini modellemeye çalışır. Basit doğrusal regresyonun genel ifadesi Eşitlik (1)'de verilmiştir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \epsilon \quad (1)$$

Bu formülde y bağımlı değişken (çıktı), x bağımsız değişken (özellik), β_0 kesişim, β_1 eğim ve ϵ ise hata terimidir. Basit doğrusal regresyon, bir öğrencinin çalışma saati ile sınav notu arasındaki ilişkiyi veya bir evin büyüklüğü ile fiyatı arasındaki ilişkiyi modellemek için kullanılabilir.

Çoklu doğrusal regresyon ise birden fazla bağımsız değişken kullanarak bağımlı değişkenin tahmini için kullanılır. Basit doğrusal regresyona göre daha karmaşık sistemleri modelleyebilen çoklu doğrusal regresyonun genel ifadesi Eşitlik (2)'de verilmiştir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_n x_n + \epsilon \quad (2)$$

Burada da y bağımlı değişken, β katsayılar, x girdi değişkeni ve ϵ hata terimini temsil eder. Çoklu doğrusal regresyon boyut, oda sayısı, bina yaşı gibi birden çok kritere göre ev fiyatının tahmini veya uyku süresi, çalışma saati, dinlenme süresi gibi değişkenlere bağlı olarak öğrenci başarısının tahminlenmesi gibi işler için kullanılabilir.

Doğrusal regresyon modeli basit kullanımları yanında belirli sınırlılıklara sahiptir. Bu modellerin avantaj ve sınırlılıkları Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Doğrusal Regresyon Modelinin Avantaj ve Sınırlılıkları

Avantajlar	Sınırlılıklar
Kolay yorumlanabilir.	Gerçek dünyada doğrusal olmayan ilişkiler daha yaygındır.
Hızlı ve hesaplama açısından verimlidir.	Aykırı değerler modeli kolay saptırabilir.
Küçük veri setlerinde iyi çalışır.	Yalnız doğrusal ilişkileri modelleyebilir.

7.2.2. Ridge ve Lasso Regresyon

Aşırı öğrenme (overfitting), makine öğrenmesi modelinin eğitim verilerini ezberlemesi ve bu nedenle farklı durumlardaki tahmin başarısının düşük olması olarak tanımlanabilir. Doğrusal regresyon modellerinde aşırı öğrenme sorununu azaltmak için düzenleme (regularization) teknikleri uygulanır.

Ridge regresyon, katsayıların büyüklüğünü sınırlamak için L2 normu olarak adlandırılan bir düzenleme kullanır. Bu düzenlemenin genel ifadesi Eşitlik (3)'te verilmiştir.

$$minimize \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 + \lambda \sum \beta_j^2 \quad (3)$$

Lasso regresyon, L1 normu isimli bir düzenleme kullanarak ve bazı katsayıları sıfıra indirerek özellik seçimi yapar. Bu düzenlemenin genel ifadesi Eşitlik (4)'te verilmiştir.

$$minimize \sum (y_i - \hat{y}_i)^2 + \lambda \sum |\beta_j| \quad (4)$$

Bu yöntemler özellikle çok sayıda özelliğe sahip veri setlerinde modelin genelleme yeteneğini artırır.

7.2.3. Doğrusal Olmayan Regresyon

Doğrusal olmayan regresyon (nonlinear regression), bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasında doğrusal olmayan bir ilişki varsa tercih edilir. Bu modeller, doğrusal regresyonun sınırlamalarını aşmak için kullanılır (Bates & Watts, 2007). Bu durumda model, parametreleri doğrusal olmayan biçimde barındırır ve genellikle iteratif optimizasyon algoritmalarıyla eğitilir. Sigmoid, logaritmik, üstel gibi fonksiyonel ilişkiler sıkça kullanılır. Doğrusal olmayan regresyonun genel formu Eşitlik (5)'te verilmiştir.

$$y = f(x, \beta) + \epsilon \quad (5)$$

Bu formülde f (x, β) doğrusal olmayan bir fonksiyon ve β parametre vektörüdür. Yaygın olarak kullanılan, doğrusal olmayan regresyon modelleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Doğrusal Olmayan Regresyon Modelleri

Model	Fonksiyon Formu	Uygulama Alanı
Üstel Regresyon	$y = \beta_0 e^{\beta_1 x}$	Nüfus büyümesi, radyoaktif bozunma
Lojistik Regresyon	$y = \frac{L}{1 + e^{-k(x-x_0)}}$	Büyüme eğrileri, nüfus modelleme
Polinom Regresyon	$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \cdots + \beta_n x^n$	Doğrusal olmayan veri ilişkileri

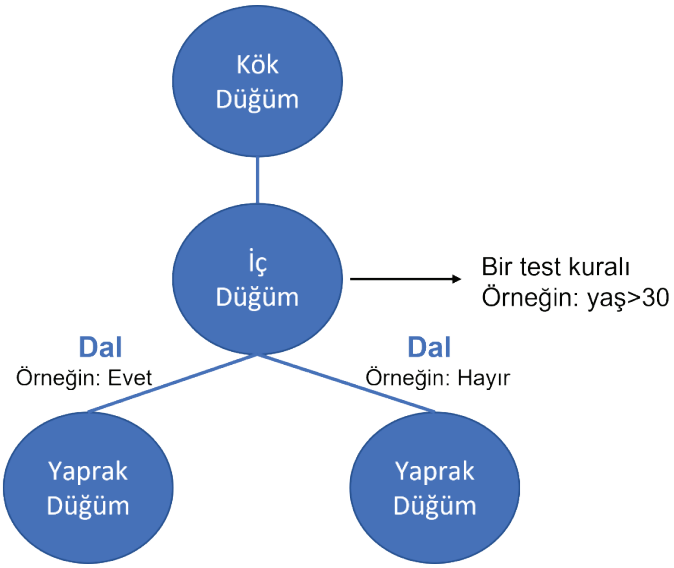
Doğrusal olmayan regresyon modelleri daha esnek, karmaşık ve gerçekçi ilişkileri modelleyebilir. Verideki daha karmaşık örüntüleri yakalayabilir ancak yorumlanabilirliği güçtür. Bununla birlikte modelin formunun belirlenmesi zordur ve parametre tahmini daha karmaşıktır.

7.3. Karar Ağaçları

Karar ağaçları (decision trees), hem sınıflandırma hem regresyon problemlerinde yaygın olarak kullanılan, yorumlanabilirliği yüksek denetimli öğrenme algoritmalarından biridir. Bu yöntem, verileri özelliklerine göre hiyerarşik biçimde bir ağacın dallarına benzer kollara ayırarak karar sürecini modellemeyi amaçlar. Veri bir dizi evet/hayır (ya da eşik) sorusu ile dallara ayrılarak, nihai kararları yapraklarda toplayan ağaç benzeri bir yapı oluşturulur. Ağaç yapısı, bir kök düğümden başlayarak dallara ayrılan iç düğümler (karar noktaları) ve sonunda ulaşılan yaprak düğümler (tahminler) şeklindedir. Her iç düğüm, bir özelliğe (feature) dayalı bir karar kuralı içerir; dallar bu kurala göre ilerlerken yaprak düğümler sınıf etiketini veya sürekli bir değeri temsil eder (Breiman vd., 1984). Karar ağaçları görsel olarak anlaşılır ve yorumlanabilir olması nedeniyle özellikle karar destek sistemlerinde yaygın kullanıma sahiptir (Quinlan, 1986).

7.3.1. Temel Yapı ve Çalışma Prensibi

Bir karar ağacı temel olarak düğüm adı verilen bileşenler içerir. Bir karar ağacının genel yapısında şunlar yer alır (Şekil 1).



Şekil 1. Bir Karar Ağacının Genel Yapısı

- Kök Düğüm (Root Node): Tüm yapıyı başlatan ilk düğüm.
- İç Düğüm (Internal Node): Bir test kuralı (örneğin: yaş > 30) uygulanarak veriyi alt dallara ayıran düğüm.
- Dal (Branch): Her bir bölünme kararını temsil eder (yaş>30 ise evet, değilse hayır).
- Yaprak Düğüm (Leaf Node): Nihai kararın verildiği, artık bölünme yapılmayan düğüm.

Bu yapı, veriye uygulanan sıralı testler sonucunda bir kararın alınmasını sağlar. Yapı hem kategorik hem de sürekli özelliklerle çalışabilir.

7.3.2. Bölme Kriterleri

Karar ağaçlarında düğümlerin nasıl ayrılacağı, belirli bölme kriterlerine göre belirlenir. Yaygın kullanılan kriterler şunlardır:

- **Bilgi Kazancı (Information Gain) ve Entropi:** Entropi, bir veri kümesinin saflığını ölçer. Tamamen homojen bir küme entropisi 0'dır. Bilgi kazancı ise bir özelliğe göre bölünmeden sonra entropideki azalmayı ifade eder. Hedef sınıftaki belirsizliğin azalmasını temel alır.

- **Gini İndeksi:** Gini indeksi, bir örneğin yanlış sınıflandırılma olasılığını ölçer. Daha düşük Gini değeri, daha yüksek saflık anlamına gelir.
- **Gain Ratio:** Bilgi kazancını normalize eder, çok sayıda sınıfı olan özniteliklere karşı denge sağlar.
- **Ki-kare Testi:** Ki-kare testi, iki kategorik değişken arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını kontrol etmek için kullanılan bir yöntemdir. Gözlenen frekanslar ile beklenen frekanslar arasındaki farkları ölçer.

7.3.3. Karar Ağacı Algoritmaları

Öne çıkan karar ağacı algoritmaları şunlardır:

- **ID3 (Iterative Dichotomiser 3):** Entropi ve bilgi kazancı kriterine dayanır. Kategorik verilerle çalışmak için uygundur.
- **C4.5:** ID3'ün gelişmiş hâlidir. Sürekli verilerle çalışabilir, eksik verileri yönetebilir ve ağaç budama (pruning) uygular. İki tür budama söz konusudur. Ön budamada (pre-pruning) ağaç büyümeden önce derinlik, minimum örnek sayısı gibi kısıtlamalar konulur. Son budamada (post-pruning) ağaç tamamen oluşturulduktan sonra bazı dallar kaldırılır.
- **CART (Classification and Regression Trees):** Hem sınıflandırma hem regresyon görevlerini destekler. Bölme için Gini indeksini (sınıflandırma) veya varyansı (regresyon) kullanır.
- **CHAID (Chi-squared Automatic Interaction Detection):** Ki-kare testi ile dallanmayı gerçekleştirir; genellikle sosyal bilimler ve pazarlama alanlarında daha çok tercih edilir.

7.3.4. Avantaj ve Sınırlılıkları

Karar ağaçlarının öne çıkan avantajları arasında şunlar yer alır:

- Yüksek derecede yorumlanabilirdir, kurallar insan diline rahatlıkla çevrilebilir, görselleştirilebilir.
- Hem kategorik hem sürekli veriler ile çalışabilme yetenekleri vardır.
- Veri ön işleme gereksinimi azdır. Eksik veri toleransı yüksektir ve ölçekleme gerektirmez.

- Doğrusal olmayan ilişkileri yakalayabilir.
- Karar destek sistemlerinde doğrudan uyarlanabilirliği vardır.

Karar ağaçları bunun yanında belirli sınırlılıklara sahiptir.

- Aşırı öğrenmeye yatkındır. Özellikle derin ağaçlar eğitim verisine fazla uyum sağlayabilir.
- Yapısal kararsızlığa sahiptir. Küçük veri değişiklikleri dahi ağaç yapısının büyük ölçüde değişmesini gerektirebilir.
- Genelleme yetenekleri sınırlıdır. Dallanma derinliği arttıkça genelleme yeteneği azalabilir.
- Doğruluk oranları daha karmaşık yöntemlere göre düşük kalabilir.

7.4. Naive Bayes

Naive Bayes algoritması, olasılıksal sınıflandırma problemleri için kullanılan basit, hızlı ve etkili bir denetimli öğrenme algoritmasıdır. Bayes teoremine dayanır ve özelliklerin birbirinden bağımsız olduğunu varsayar. Bu nedenle "naive" (naif/iyi niyetli) olarak adlandırılır. Gerçekte bu varsayım çoğu zaman geçerli olmasa da model oldukça iyi sonuçlar verebilir. Özellikle metin sınıflandırma, spam filtreleme ve duygu analizi gibi alanlarda yüksek performans gösterir (McCallum & Nigam, 1998).

7.4.1. Temel Çalışma Prensibi: Bayes Teoremi

Naive Bayes algoritması, Eşitlik (6)'da genel ifadesi verilen Bayes teoremine dayanır.

$$P(C_k \mid X) = \frac{P(X \mid C_k) \cdot P(C_k)}{P(X)} \tag{6}$$

Bu formülde yer alan ifadeler şunlardır:

- $P(C_k|X)$: X özellikleri göz önüne alındığında, verinin C_k sınıfına ait olma olasılığı (posterior).
- $P(X|C_k)$: C_k sınıfına ait olduğu varsayıldığında X özelliklerinin gözlemlenme olasılığı (likelihood).
- P(Ck): C_k sınıfının önsel (prior) olasılığı.
- P(X): X özelliklerinin genel gözlemlenme olasılığı (evidence).

Naive Bayes algoritmasına ilişkin bir örnek olarak e-postaların spam olup olmama durumunu tespit etme problemini ele alalım. Algoritmanın eğitimi için kullanılacak veri seti Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Naive Bayes Algoritması İçin Örnek Veri Seti

E-posta	"Promosyon"	"Hediye"	Türü
1	Var	Yok	Spam
2	Var	Var	Spam
3	Yok	Yok	Normal
4	Yok	Var	Normal

Verilen örnek veri setinde özellikler "Promosyon" ve "Hediye" kelimeleridir. Buna bağlı olarak e-posta sınıfları ise "Spam" ve "Normal" şeklinde verilmiştir. Buna göre "Promosyon: Var" ve "Hediye: Var" olan bir e-postanın spam olup olmama durumunu hesaplayalım:

Önsel olasılıklar:

$$P(\text{Spam}) = \frac{2}{4} = 0.5\,, \quad P(\text{Normal}) = \frac{2}{4} = 0.5$$

Koşullu olasılıklar ise şu şekildedir:

$$P(\text{ Promosyon=Var | Spam }) = \frac{2+1}{2+2} = 0.75\,, \;\; P(\text{ Hediye=Var | Spam }) = \frac{1+1}{2+2} = 0.5$$

$$(\text{ Promosyon} = \text{Var | Normal }) = \frac{0+1}{2+2} = 0.25, P(\text{ Hediye} = \text{Var | Normal }) = \frac{1+1}{2+2} = 0.5$$

Her bir sınıfın olasılığı ise şöyledir:

$$P(\text{ Spam | } X) \propto 0.5 \cdot 0.75 \cdot 0.5 = 0.1875$$

$$P(\text{ Normal | } X) \propto 0.5 \cdot 0.25 \cdot 0.5 = 0.0625$$

Sonuç olarak P(Spam | X) olasılığı P(Normal | X) olasılığından büyük olduğu için bu e-posta (içerisinde promosyon ve hediye kelimeleri var olan) spam olarak sınıflandırılır.

7.4.2. Naive Bayes Türleri

Naive Bayes algoritması, girdi verisinin dağılımına göre farklı varyasyonlara sahiptir.

- **Gaussian Naive Bayes:** Özellikler normal (Gauss) dağılır. Sürekli değerler (örneğin boy, ağırlık) için kullanılır.
- **Multinomial Naive Bayes:** Sayım verileri (örneğin kelime sayıları) gibi ayrık (discrete) sayısal veriler için uygundur. Veriler çok terimli dağılıma sahiptir.
- **Bernoulli Naive Bayes:** Özellikler iki olasılıklı (0/1) Bernoulli dağılımına sahiptir. İkili özellikler (örneğin bir kelimenin belgede bulunup bulunmaması) için uygundur. Her özelliğin varlığı ya da yokluğu dikkate alınır.

7.4.3. Avantaj ve Sınırlılıkları

Naive Bayes algoritmasının avantajları:

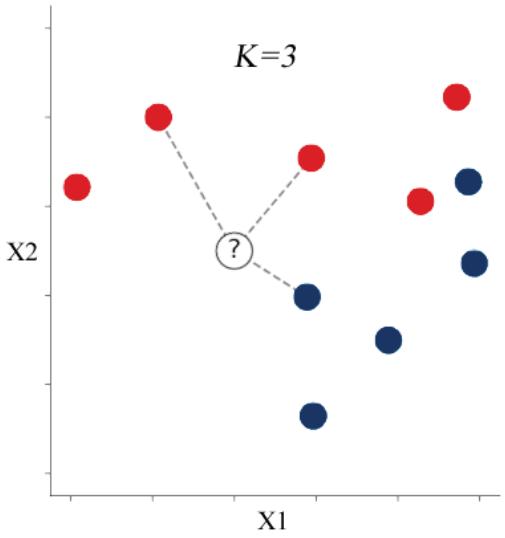
- Hızlı bir algoritmadır. Eğitim aşaması kısa ve tahmin hızlıdır.
- Bellek gereksinimi düşüktür.
- Yüksek boyutlu verilerle iyi çalışır.
- Az veriyle de iyi sonuç verir.

Algoritmanın başlıca sınırlılıkları ise şunlardır:

- Özellikler arası bağımsızlık varsayımı çoğu zaman geçerli değildir.
- Sürekli özelliklerde dağılım varsayımı doğru değilse sonuçlar hatalı olabilir.
- Sınıflar arası örnek dağılımları dengesizse yanıltıcı olabilir.
- Tahminler bazen aşırı güvenle (overconfident) verilebilir.

7.5. K-En Yakın Komşu

K-En Yakın Komşu (K-Nearest Neighbors-KNN) algoritması, en basit ve sezgisel örnek tabanlı (instance-based) denetimli makine öğrenmesi algoritmalarından biridir. Hem sınıflandırma hem regresyon problemlerinde yaygın olarak kullanılır. KNN, yeni bir örnek geldiğinde, eğitim veri kümesindeki en benzer (en yakın) K adet komşuya bakarak, yeni örneğin hangi sınıfa ait olduğunu veya hangi değere yakın olduğunu belirler (Şekil 2). Bu yöntemde model oluşturma aşamasında herhangi bir genelleme işlemi yapılmaz. Tahminleme süreci, doğrudan test verisi ile eğitim verisi arasındaki mesafelerin hesaplanması ile gerçekleştirilir. Bu nedenle KNN, "lazy learning" (tembel öğrenme) yöntemi olarak da bilinir.



Şekil 2. K-En Yakın Komşu Algoritması

KNN algoritmasının temel çalışma prensibi aşağıdaki adımlarla özetlenebilir:

1. Yeni bir örnek sınıflandırılmak istendiğinde, eğitim kümesindeki tüm örneklerle olan mesafesi hesaplanır.
2. Hesaplanan mesafelere göre en yakın **K** komşu seçilir.
3. Bu komşuların sınıf etiketlerine bakılarak en sık görülen sınıf (mod) yeni örneğe atanır (sınıflandırma için).
4. Regresyon durumunda, en yakın K komşunun ortalama değeri alınarak tahmin yapılır.

Komşu sayısı olan K değeri, modelin performansı üzerinde doğrudan etkili olan bir hiperparametredir. K küçük seçildiğinde (örneğin K=1), model fazla hassas hâle gelir ve aşırı öğrenme (overfitting) riski artar. K değeri büyük seçildiğinde ise model genellenebilirliği artar ancak bazı sınıflar göz ardı edilebilir (underfitting). Bu nedenle K değerinin deneysel olarak ya da algoritmalarla ideal şekilde seçilmesi gerekir. K değeri genellikle tek sayı seçilir (ör.; 3, 5, 7) ve böylece oy çokluğu eşitliği önlenmiş olur.

7.5.1. Mesafe Ölçüleri

KNN algoritmasında komşuluk belirlemede kullanılan en yaygın mesafe ölçüleri Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. KNN Algoritması Yaygın Mesafe Ölçüleri

Mesafe	Formül	Açıklama
Öklid (Euclidean)	$d(x,y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - y_i)^2}$	En yaygın kullanılan, doğrusal uzaklık
Manhattan	$d(x,y) = \sum_{i=1}^{n}\lvert x_i - y_i\rvert$	x_i - y_i
Minkowski	$d(x,y) = \left(\sum_{i=1}^{n}\lvert x_i - y_i\rvert^p\right)^{1/p}$	x_i - y_i
Hamming	$d(x,y) = \sum_{i=1}^{n} 1_{x_i \neq y_i}$	İkili/kategorik veriler için

7.5.2. Avantaj ve Sınırlılıkları

KNN algoritmasının en başlıca avantajları şunlardır:

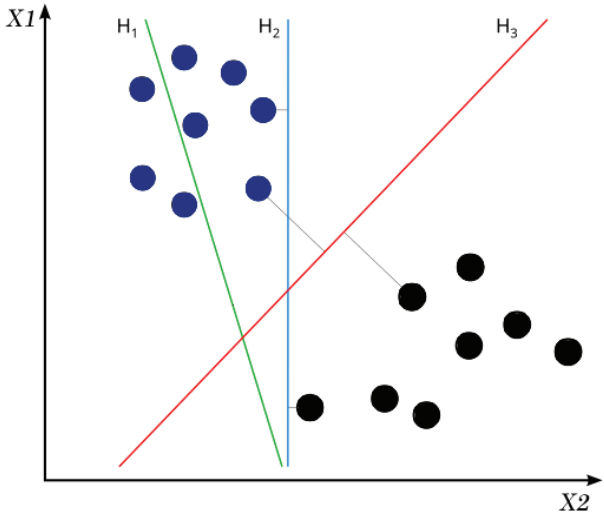
- Basit ve anlaşılırdır. Uygulaması kolaydır.
- Parametrik değildir. Verinin dağılımı hakkında varsayım gerektirmez.
- Doğrusal olmayan karar sınırlarını modelleyebilir.
- Yeni veri eklendiğinde yeniden eğitime gerek yoktur.

Algoritmanın belli başlı sınırlılıkları ise şunlardır:

- Özellikle büyük veri setlerinde hesaplama maliyeti yüksektir.
- Ölçek duyarlıdır. Özellikler aynı ölçekte olmalıdır.
- Yüksek boyutlu verilerde etkililiği azalabilir.
- Aykırı değerlere duyarlıdır. Özellikle küçük K değerlerinde duyarlılık artar.

7.6. Destek Vektör Makineleri

Destek vektör makineleri (DVM/Support vector machines-SVM), Vapnik vd. tarafından geliştirilen sınıflandırma ve regresyon problemlerinde yaygın olarak kullanılan güçlü bir denetimli öğrenme algoritmasıdır (Cortes & Vapnik, 1995). DVM'nin temel amacı, veriyi en iyi ayıran (maksimum marjini sağlayan) hiper düzlemi bulmaktır. Bu hiper düzlem, sınıflar arasındaki ayrımı mümkün olduğunca geniş tutacak şekilde seçilir (Şekil 3).



Şekil 3. Destek Vektör Makineleri

Şekil 3'te H_1 mavi iki sınıfı birbirinden ayıramamaktadır. H_2 bunu başarmıştır ancak marjin küçüktür. H_3 ise maksimum düzeyde marjin ile sınıfları ayırmıştır.

- **Destek vektörleri (Support Vectors):** Karar sınırına en yakın olan veri noktalarıdır ve modelin yapısını belirler.
- **Marjin:** Destek vektörler ile karar sınırı arasındaki dik uzaklıktır. DVM bu marjini maksimize eder.

DVM'nin amacı, iki sınıfı birbirinden ayıran ayırıcı hiperdüzlem (hyperplane) bulmak ve bu düzlemin her iki sınıfa olan dik uzaklığının (marjin) maksimum olmasını sağlamaktır. Bu, en geniş marjlı sınıflandırma

(maximum margin classification) olarak adlandırılır. Hiperdüzlem Eşitlik (7)'de verilen şekilde ifade edilir.

$$w^T x + b = 0 \quad (7)$$

Burada w ağırlık vektörünü (hiperdüzleme dik), x girdi vektörünü, b ise bias terimini ifade eder. Buna göre sınıflandırma kuralı ise şöyledir:

- Eğer $w^T x + b \geq 1$ ise sınıf değeri +1
- Eğer $w^T x + b \leq -1$ ise sınıf değeri -1 olur.

7.6.1. Doğrusal Ayrıştırılamayan Veri, Yumuşak Marjin ve C Değeri

Gerçek hayatta veriler genelde tam olarak ayrılabilir değildir. Bu durumda yumuşak marjin (soft margin) kullanılır ve marjin ihlallerine izin verilir. C parametresi, marjin ihlallerine (hatalara) ne kadar tolerans gösterileceğini kontrol eder.

- **Düşük C:** Daha fazla hataya izin verilir. Daha geniş marjin, daha yüksek yanlılık oluşur.
- **Yüksek C:** Daha az hataya izin verilir. Dar marjin, aşırı uyum riski oluşur.

7.6.2. Çekirdek Hileleri

DVM yalnızca doğrusal sınıflandırma ile sınırlı değildir. Çekirdek (kernel) fonksiyonları sayesinde, veriler daha yüksek boyutlu uzaylara taşınarak doğrusal olmayan sınıflandırmalar da yapılabilir. Bu işlemde veri açıkça dönüştürülmez, sadece benzerlik hesapları yapılır. Buna çekirdek hilesi (kernel trick) denir (Schölkopf & Smola, 2002). Yaygın kullanılan çekirdekler Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14. DVM Yaygın Kullanılan Çekirdek Fonksiyonları

Çekirdek	**Kullanım Alanı**
Doğrusal (Linear)	Doğrusal veriler, yüksek boyutlu veriler
Polinom	Doğrusal olmayan ama yapısal ilişkileri olan veriler
RBF (Radial Basis Function)	Genel amaçlı, en yaygın kullanılan çekirdek

7.6.3. Avantaj ve Sınırlılıkları

DVM algoritmasının başlıca avantajları arasında şunlar yer alır:

- Özellikle küçük ve orta ölçekli veri kümelerinde yüksek doğruluk sağlar.
- Aykırı değerlerden daha az etkilenir.
- Marjin maksimizasyonu sayesinde genelleme yeteneği yüksektir.
- Çekirdek hilesi ile doğrusal olmayan verileri modelleyebilir.

Belli başlı sınırlılıkları ise şunlardır:

- Büyük veri kümelerinde hesaplama maliyeti yüksektir.
- Çekirdek ve parametre seçimi model başarısını doğrudan etkiler.
- Verilerin özellikleri aynı ölçekte olmalıdır.
- Olasılık tahmini doğrudan yapılamaz.

7.7. Topluluk Öğrenme Algoritmaları

Topluluk öğrenme (ensemble Learning), birkaç temel modelin (genellikle karar ağaçları gibi zayıf öğreniciler) bir araya getirilerek daha güçlü ve genelleme yeteneği yüksek bir model oluşturulması prensibine dayanır. Bu yaklaşım, "Birlikte Güçlüyüz" felsefesini yansıtır: tek başına sınırlı performans gösteren modeller, birlikte çalıştıklarında yüksek doğruluk sağlayabilir (Dietterich, 2000). Bu yaklaşım, bireysel modellerin eksikliklerini dengeleyerek genel performansı artırmayı hedefler. Topluluk öğrenme, özellikle varyansı azaltmak , yanlılığı düşürmek veya her ikisini birden iyileştirmek için kullanılır. En bilinen iki alt dalı bagging ve boosting teknikleridir.

7.7.1. Bagging

Bagging (Bootstrap aggregating), Leo Breiman (1996) tarafından geliştirilen bir topluluk yöntemidir. Amaç, varyansı azaltarak modelin kararlılığını artırmaktır. Özellikle karar ağaçları gibi yüksek varyanslı modellerde etkilidir. Yöntemin çalışma biçimi şöyledir:

1. Eğitim veri kümesinden rastgele örneklemeler (bootstrap örneklemeleri) alınır.
2. Her bir alt veri kümesi üzerinde bir temel model (örneğin karar ağacı) eğitilir.

3. Her model aynı algoritmayı farklı örnekler üzerinde çalıştırır ve tahmin sonuçları;
- Sınıflandırmada çoğunluk oylama (majority voting)
- Regresyonda ortalama alma yöntemleri ile birleştirilir.

Rastgele Orman, bagging'in en başarılı uygulamalarından biridir. Sadece veri alt kümeleri değil, her bölünmede rastgele seçilmiş özellikler de kullanılır. Bu, modeller arası korelasyonu azaltır ve genelleme yeteneğini artırır (Breiman, 2001).

Bagging yönteminin özellikleri:
- Aykırı değerlere karşı daha dayanıklıdır.
- Aşırı öğrenme (overfitting) riskini azaltır.
- Paralelleştirmeye uygundur.

Yöntemin avantajları:
- Hata varyansını azaltır.
- Basit ve etkili bir yapıya sahiptir.

7.7.2. Boosting

Boosting, zayıf öğrenicileri (weak learners) ardışık olarak birleştirerek güçlü bir model oluşturan bir topluluk yöntemidir. Amacı, yanlılığı azaltmak ve her yeni modelin önceki modelin hatalarını düzeltmesini sağlamaktır (Schapire, 2003). Yöntem şu şekilde çalışır:
- İlk model, tüm veriye eşit ağırlık vererek eğitilir.
- Sonraki modeller, önceki modelin yanlış sınıflandırdığı örneklerine daha fazla ağırlık vererek eğitilir.
- Tahminler, modellerin performanslarına göre ağırlıklı toplam olarak birleştirilir.

Boosting yöntemini kullanan belli başlı algoritmalar AdaBoost (Adaptive Boosting), Gradient Boosting, XGBoost (Extreme Gradient Boosting), LightGBM ve CatBoost algoritmalarıdır.

Boosting yönteminin avantajları:
- Hata oranını önemli ölçüde azaltabilir.
- Karmaşık örüntüleri öğrenebilir.

Sınırlılıkları:

- Aşırı öğrenme riski taşıyabilir (özellikle çok sayıda zayıf öğrenici kullanıldığında).
- Eğitim süresi bagging'e göre daha uzundur.
- Gürültülü verilere karşı duyarlıdır.

7.8. Rastgele Orman

Rastgele Orman (random forest), Leo Breiman (2001) tarafından geliştirilen, bagging (bootstrap aggregating) temelli bir topluluk öğrenme algoritmasıdır. Hem sınıflandırma hem de regresyon görevlerinde yüksek doğruluk ve güçlü genelleme yeteneği ile öne çıkar. Rastgele Orman, çok sayıda karar ağacının bir araya getirilmesiyle oluşturulur ve her ağacın farklı bir veri alt kümesi ve rastgele seçilmiş özelliklerle eğitilmesiyle aşırı öğrenmeyi (overfitting) etkili bir şekilde önler.

1. Rastgele Orman şu adımlarla çalışır:
2. Bootstrap Örneklemesi: Eğitim veri kümesinden, yerine koymalı olarak çok sayıda alt örneklem (örneğin 100 veya 1000) alınır.
3. Rastgele Özellik Seçimi: Her bölünmede, tüm özellikler yerine rastgele bir alt küme seçilir.
4. Karar Ağacı Eğitimi: Her alt örneklem ve rastgele özellik kümesi ile bir karar ağacı eğitilir.
5. Tahmin Birleştirme:

- Sınıflandırma: Her ağacın oyu alınır ve çoğunluk oyu (majority voting) sonucu belirler.
- Regresyon: Tüm ağaçların tahminlerinin ortalaması alınır.

Bu süreç, modeller arası korelasyonu azaltır ve topluluk yapısını daha güçlü hâle getirir.

7.8.1. Rastgele Orman Algoritmasının Özellikleri

- Genel doğruluk: Tekil karar ağaçlarına göre genellikle daha yüksek doğruluk sağlar.
- Aşırı öğrenmeye karşı dayanıklılık: Rastgeleleştirme ve bagging sayesinde aşırı öğrenme riski düşüktür.

- Boyutsallıkla başa çıkabilir: Çok sayıda öznitelik içeren veri setlerinde etkili sonuçlar verir.
- Özellik önemi (feature importance): Model eğitildikten sonra hangi özniteliklerin daha önemli olduğu analiz edilebilir.

Rastgele Orman algoritması Tablo 15'te verilen önemli hiperparametrelerle kontrol edilir:

Tablo 15. Rastgele Orman Algoritması Hiperparametreleri

Hiperparametre	Açıklama	Etkisi
n_estimators	Ağaç sayısı	Daha fazla ağaç genellikle daha iyi performans verir, ancak maliyet artar.
max_depth	Ağaç derinliği	Derin ağaçlar daha fazla detay öğrenir ama aşırı uyum riski artar.
max_features	Her bölünmede dikkate alınan özellik sayısı	Daha az özellik, daha fazla rastgelelik ve daha düşük korelasyon.
min_samples_split	Bir düğümün bölünmesi için gerekli minimum örnek sayısı	Daha yüksek değer, daha az bölünme ve daha basit ağaçlar.

7.8.2. Avantaj ve Sınırlılıkları

Rastgele Orman algoritmasının başlıca avantajları:

- Karmaşık ilişkileri modelleyebilir.
- Veri setindeki eksik verilerle başa çıkabilir.
- Özellik önemini değerlendirme yeteneği sunar.
- Paralel olarak eğitilebilir (modeller birbirinden bağımsızdır).

Sınırlılıkları:

- Ağaç sayısı arttıkça hesaplama maliyeti artar.
- Yorumlanabilirliği tekil karar ağaçlarına göre daha düşüktür.
- Çok büyük veri setlerinde bellek tüketimi fazladır.

7.9. Adaboost ve XGBoost

Adaboost (Adaptive Boosting) ve XGBoost (Extreme Gradient Boosting), zayıf öğrenicilerin ardışık olarak birleştirilmesiyle güçlü tahmin

modelleri oluşturan boosting tabanlı iki önemli topluluk öğrenme algoritmalarıdır. Her iki yöntem de özellikle sınıflandırma ve regresyon problemlerinde yüksek başarı oranları ile öne çıkar.

7.9.1. Adaboost

AdaBoost, Freund ve Schapire (1997) tarafından geliştirilen ilk başarılı boosting algoritmalarından biridir. Amacı, yanlılığı azaltmak ve her yeni modelin önceki modelin hatalarına odaklanmasını sağlamaktır. AdaBoost algoritması şöyle çalışır:

1. Tüm örneklerin başlangıç ağırlıkları eşitlenir.
2. Bir zayıf öğrenici (genellikle küçük karar ağacı - stump) eğitilir.
3. Modelin hataları hesaplanır ve yanlış tahmin edilen örneklerin ağırlıkları artırılır.
4. Yeni bir model, güncellenmiş ağırlıklarla eğitilir.
5. Bu süreç, belirlenen iterasyon sayısı kadar devam eder.
6. Nihai tahmin, modellerin ağırlıklı oylamasıyla yapılır.

AdaBoost algoritmasının temel hiperparametreleri şunlardır:

- n_estimators: Ağaç sayısı
- learning_rate: Her modelin katkısını ölçeklendirir (düşük değerler daha dengelidir)
- base_estimator: Kullanılan zayıf öğrenici (örneğin karar ağacı)

AdaBoost algoritmasının avantajları şöyle sıralanabilir:

- Basit ve yorumlanabilirdir.
- Aşırı uyuma karşı nispeten dirençlidir.
- Az sayıda hiperparametre ile iyi sonuç verir.

Sınırlılıkları ise:

- Gürültülü verilere ve aykırı değerlere duyarlıdır.
- Sadece sınıflandırma için geliştirilmiştir (orijinal hâli).
- Performansı sınırlı zayıf öğrenicilere bağlıdır.

7.9.2. XGBoost

XGBoost, Chen ve Guestrin tarafından geliştirilmiş olup, gradyan artırma (gradient boosting) mantığı üzerine kuruludur. Adaboost'un daha gelişmiş ve optimize edilmiş bir versiyonudur. XGBoost'un temel özellikleri:

- Gradyan tabanlıdır. Her adımda hataları minimize etmek için gradyan inişi (gradient descent) kullanılır.
- Regresyon ağaçları (CART) temel öğrenici olarak kullanılır.
- Karar ağacı yapısı optimizasyonu yapılır.
- L1 ve L2 düzenlemesi (regularization) ile aşırı öğrenme önlenir.
- Paralel işlem, ağaç budama, eksik veri işleme gibi verimlilik teknikleri entegre edilmiştir.

XGBoost algoritmasının temel hiperparametreleri şunlardır:

- n_estimators: Ağaç sayısı
- max_depth: Ağaç derinliği
- learning_rate: Her ağacın ağırlığı (düşük = daha dengeli)
- subsample: Her ağaca verilen veri oranı
- colsample_bytree: Her ağaca verilen özellik oranı
- reg_alpha, reg_lambda: L1 ve L2 düzenlemesi

XGBoost'un başlıca avantajları şunlardır:

- Yüksek doğruluk ve hızlı performans sağlar.
- Aşırı öğrenmeye karşı dirençlidir.
- Eksik ve seyrek veriye uyumludur.
- Paralel ve dağıtık işlem desteği sunar.

Sınırlılıkları arasında şunlar yer alır:

- Hiperparametre ayarı karmaşıktır (öğrenme oranı, derinlik, düzenlemeler vs.).
- Bellek kullanımı yüksektir.
- Model boyutu büyük olabilir.

7.10. Kümeleme Algoritmaları

Kümeleme (Clustering), denetimsiz öğrenme kategorisinde yer alan ve verileri önceden tanımlı etiketler olmaksızın benzerliklerine göre gruplama işlemi yapan bir makine öğrenmesi yöntemidir. Kümeleme algoritmaları, özellikle veri keşfi, müşteri segmentasyonu, biyoinformatik, belge kümeleme ve görüntü işleme gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (Jain, 2010). Kümeleme algoritmalarının temel amacı, benzer özellikler taşıyan verileri aynı kümeye yerleştirirken farklı kümelerdeki veriler arasında ise maksimum ayrım sağlamaktır.

7.10.1. Kümeleme Türleri

Kümeleme algoritmaları genel olarak aşağıdaki temel kategorilere ayrılır:

1. **Merkez Tabanlı Kümeleme (Centroid-based):** Her küme, bir merkez etrafında toplanır.
2. **Yoğunluk Tabanlı Kümeleme (Density-based):** Yoğun örnek bölgeleri kümeler olarak kabul eder.
3. **Hiyerarşik Kümeleme (Hierarchical):** Küme yapısı ağaç benzeri bir yapıda oluşturulur.
4. **Dağılım Tabanlı Kümeleme (Distribution-based):** Verilerin belirli bir dağılıma (genellikle Gaussian) uyduğu varsayılır.

7.10.2. K-Ortalamalar

K-Ortalamalar (K-Means), en yaygın kullanılan kümeleme algoritmasıdır. Verileri önceden belirlenmiş K sayıda kümeye böler ve her kümenin merkezi (centroid) ile temsil edilmesini sağlar.

Algoritma adımları:

1. Küme sayısı K belirlenir.
2. Rastgele K adet küme merkezi (centroid) seçilir.
3. Her veri noktası, en yakın merkeze atanır.
4. Her küme için merkezler yeniden hesaplanır.
5. Atamalar değişmeyene kadar 3. ve 4. adımlar tekrarlanır.

K-Ortalamalar hızlı ve ölçeklenebilir bir algoritmadır. Büyük veri kümelerinde etkilidir. Ancak bunun yanında küme sayısı önceden belirlenmelidir. Özellikle duyarlı başlangıç noktaları kötü sonuçlar verebilir.

7.10.3. Hiyerarşik Kümeleme

Hiyerarşik kümeleme (Hierarchical clustering), veri noktalarını ağaç benzeri bir yapı (dendrogram) içinde birbirine bağlar. İki temel yaklaşım vardır:

- Aşağıdan Yukarıya (Agglomerative): Her veri noktası kendi kümesi olarak başlar ve kademeli olarak daha büyük kümelere birleşir.
- Yukarıdan Aşağıya (Divisive): Tüm veri kümesi tek bir küme olarak başlar ve kademeli olarak alt kümelere ayrılır.

Hiyerarşik kümelemede küme sayısının önceden belirlenmesi gerekmez. Sonuçlar görselleştirilebilir, küme hiyerarşisi gösterilebilir. Bunun yanında hesaplama maliyeti yüksektir. Bir kez yapılan birleştirme geri alınamaz. Yalnızca sayısal veriler için uygundur.

7.10.4. Kümeleme Performans Değerlendirme Ölçütleri

Denetimsiz bir yöntem olduğundan kümeleme sonuçlarının değerlendirilmesi zordur. En yaygın kullanılan ölçütler:

- **Silhouette Katsayısı:** Her veri noktasının kendi kümesine ve diğer kümeye ne kadar iyi uyduğunu ölçer (-1 ile 1 arası).
- **Davies–Bouldin İndeksi:** Küme içi yayılım ile kümeler arası uzaklığın oranıdır (daha düşük değer iyidir).
- **Calinski-Harabasz Skoru:** Küme dışı ve içi varyans oranı kullanılarak hesaplanır.
- **WCSS (Within-Cluster Sum of Squares):** K-Ortalamalar için kullanılan toplam varyans ölçüsüdür.

7.11. Boyut İndirgeme Teknikleri

Makine öğrenmesinde kullanılan veri kümeleri çoğu zaman yüksek boyutlu olabilir. Bu durum hem hesaplama maliyetini artırır hem de algoritmaların performansını olumsuz etkileyebilir. Boyut indirgeme (dimensio-

nality reduction) teknikleri, verideki temel yapıyı koruyarak gereksiz veya fazlalık içeren boyutları ortadan kaldırmayı amaçlar. Bu süreç, verinin daha kolay görselleştirilmesini, gürültüden arındırılmasını ve öğrenme algoritmalarının daha verimli çalışmasını sağlar. Özellikle veri setinde yüzlerce hatta binlerce özellik (özellik patlaması) olduğunda, boyut indirgeme, model performansını artırmak ve yorumlanabilirliği artırmak için kritik bir adımdır (Fodor, 2002).

Boyut indirgeme teknikleri ikiye ayrılır:

- Doğrusal yöntemler (ör. PCA)
- Doğrusal olmayan yöntemler (ör. t-SNE)

7.11.1. Temel Bileşen Analizi

Temel bileşen analizi (Principal Component Analysis - PCA), verideki varyansı maksimize eden doğrusal dönüşüm yoluyla yeni boyutlar (bileşenler) oluşturan bir istatistiksel yöntemdir. Bu bileşenler birbirine diktir (ortogonal) ve azalan varyans sırasına göre sıralanır. PCA şu şekilde çalışır:

1. Veri merkezlenir (her özelliğin ortalaması sıfır yapılır).
2. Kovaryans matrisi hesaplanır.
3. Kovaryans matrisinin özdeğerleri (eigenvalues) ve özvektörleri (eigenvectors) bulunur.
4. En büyük özdeğerlere karşılık gelen özvektörler, birincil bileşenleri (principal components) oluşturur.
5. Veri bu yeni bileşenler üzerine izdüşürülür.

PCA'da Kullanılacak bileşen sayısı genellikle şu yöntemlerle belirlenir:

- Toplam varyansın %95'inin korunması
- Dirsek (elbow) yöntemi: Açıklanan varyansın artışı yavaşladığında

PCA yönteminin avantajları olarak şunlar sıralanabilir:

- Hızlı ve deterministtir.
- Görselleştirme ve veri sıkıştırma için uygundur.
- Çoklu doğrusal bağımlılığı (multicollinearity) azaltır.
- Yeni bileşenler yorumlanabilir (yükler - loadings).

Bunun yanında aşağıdaki sınırlılıklara sahiptir:

- Sadece doğrusal yapıları yakalar.
- Aykırı değerlere duyarlıdır.
- Düşük varyanslı ama bilgi taşıyan bileşenler atılabilir.

PCA yöntemi; gen analizi, görüntü sıkıştırma, finansal veri analizi, özellik seçimi öncesi ön işleme gibi alanlarda kullanılır.

7.11.2. t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding (t-SNE)

t-SNE, yüksek boyutlu verilerin görselleştirilmesi için geliştirilmiş güçlü bir doğrusal olmayan boyut indirgeme yöntemidir (van der Maaten & Hinton, 2008). Amacı, yüksek boyutta birbirine yakın olan noktaların düşük boyutta da birbirine yakın kalmasını sağlamaktır. Yöntem şöyle çalışır:

- Yüksek boyutta, her noktanın diğer noktalara göre benzerlik olasılığı (koşullu olasılık) hesaplanır (normal dağılım kullanılır).
- Düşük boyutta, aynı noktaların benzerlik olasılıkları t-dağılımı ile modellenir.

t-SNE yönteminin avantajları:

- Doğrusal olmayan yapıları iyi yakalar.
- Küme yapılarını net bir şekilde görselleştirir.
- Aykırı değerler doğal olarak ayrılır.

Sınırlılıkları ise şunlardır:

- Büyük veri kümeleri için yavaştır.
- Sonuçlar rastgelelik içerdiği için tutarsız olabilir.
- Yorumlanabilirliği sınırlıdır.

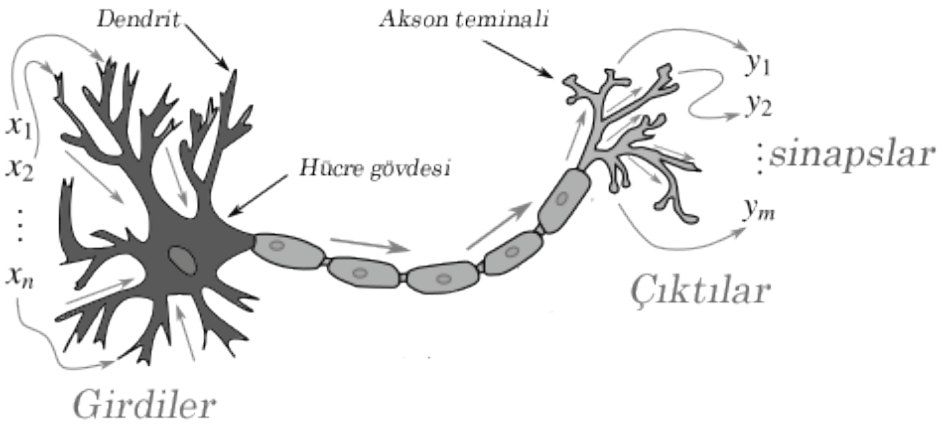
7.12. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA/Artificial Neural Networks-ANN), insan beyninin işleyişinden esinlenerek geliştirilmiş, veri üzerinde öğrenme ve tahmin yapabilen paralel dağıtılmış işlem modelleridir. Biyolojik nöronların işlevini taklit ederek, çok sayıda girişe dayalı olarak öğrenme, genelleme

yapma ve karmaşık örüntüleri tanıma yeteneğine sahiptir. YSA, özellikle 1980'lerin ortasından itibaren geri yayılım (backpropagation) algoritmasının geliştirilmesiyle popülerlik kazanmış ve günümüzde derin öğrenmenin temel yapı taşı hâline gelmiştir (Haykin, 1999).

7.12.1. Temel Yapı: Biyolojik ve Yapay Nöron

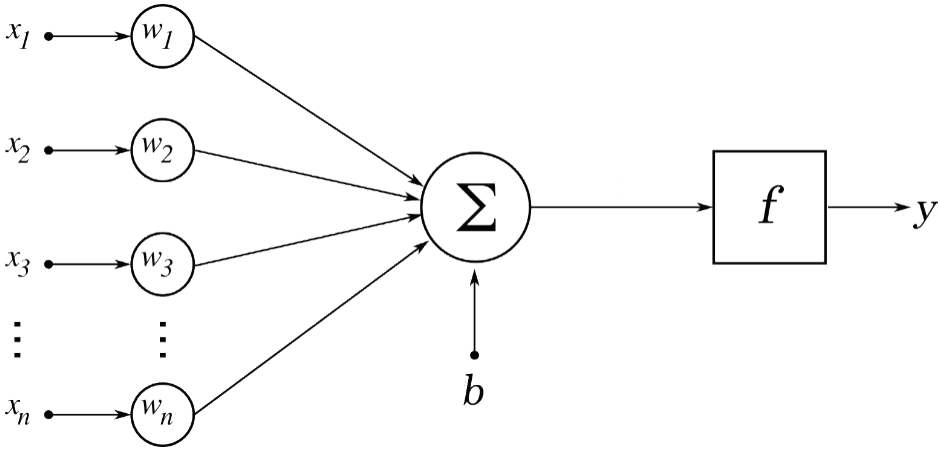
Biyolojik nöronlar aşağıdaki temel yapılara sahiptir (Şekil 4):



Şekil 4. Biyolojik Nöron Yapısı

- **Dendritler:** Gelen uyartı sinyallerini alır.
- **Hücre gövdesi:** Gelen bilgiyi işler.
- **Akson:** Sinyal iletir.
- **Sinaps:** Diğer nöronlarla olan bağlantılardır. Sinapslarda nöronlar fiziki olarak bağlanmaz. İki nöron arasındaki boşluğa salınan nörotrasmitter maddeler ve bu maddelerin yoğunluğuna bağlı olarak bir nörondan diğerine uyartı geçişi sağlanır.

Bir yapay nöron (perceptron) ise biyolojik nöronu taklit ederek aşağıdaki işlemleri gerçekleştirir (Şekil 5).



Şekil 5. Yapay Nöron

1. Girdiler (x1,x2,...,xn) ağırlıklarla (w1,w2,...,wn) çarpılır.
2. Elde edilen çarpımlar toplanır ve bias (b) eklenir.
3. Sonuç bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilir ve çıktı (y) elde edilir.

Bu sürecin formülü, yapısı Eşitlik (8)'de verilmiştir.

$$y = f\left(\sum_{i=1}^{n} w_i x_i + b\right) \tag{8}$$

Burada x_i giriş değerlerini, w_i ağırlıkları, b bias (sapma) terimini, f ise aktivasyon fonksiyonunu ifade eder. Bir nörona farklı nöronlardan gelen her bir girdi (x) iki nöron arasındaki ağırlık değeri (w) ile çarpılır. Nöronlar arası ağırlık değerleri, biyolojik nöronlar arasında salınan nörotrasmitter madde yoğunluğuna benzetilebilir. İki nöron arasındaki iletimin yoğun olması, nöronlar arası ağırlığın büyük olması anlamına gelir. İki nöron birbirine ne kadar güçlü bağlı ise bir nöronun çıktısı diğerine o kadar güçlü şekilde aktarılır. Ağırlıklarla çarpılan her bir girdi değeri toplanır. Bu toplama nihai çıktı için bir nevi ince ayar parametresi rolü üstlenen bias değer eklenir (bias ihtiyaç yoksa sıfır da olabilir). Arkasından tüm bu işlemin

sonucu belirlenen bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilir. Aktivasyon fonksiyonu biyolojik nörondaki hücre gövdesinin yaptığı işe benzer şekilde bir veri işleme sürecini temsil eder ve nöronun nihai çıktısını oluşturur.

7.12.2. Sinir Ağı Mimarisi

Bir yapay sinir ağı genellikle üç ana katmandan oluşur:

- **Giriş Katmanı (Input Layer):** Verilerin modele ilk aktarıldığı katmandır. Her bir nöron bir özelliği temsil eder.
- **Gizli Katman(lar) (Hidden Layers):** Girdileri işleyen ve doğrusal olmayan dönüşümler yapan katmanlar. Gizli katman sayısı çözülen problemin karmaşıklığına göre belirlenir. Derin öğrenme modellerin bu katmanlarının sayısı fazladır.
- **Çıkış Katmanı (Output Layer):** Modelin tahmin ettiği sonuçları üreten katmandır.

Her bir katmanda çözülecek problem durumuna bağlı olarak farklı sayıda nöron bulunabilir. Giriş katmanındaki nöron sayısı işlenecek verinin özellik sayısına bağlıdır. Kaç adet gizli katman kullanılacağı ve her bir gizli katmandaki nöron sayısı sinir ağını tasarlayan tarafından deneysel olarak, daha öncesi tecrübelerden veya benzer problemlerde izlenen yaklaşımlardan yola çıkarak belirlenir. Bu belirleme sürecinin kesin bir kuralı yoktur ve değişkendir. Çıkış katmanındaki nöron sayısı ise elde edilecek çıktının kaç değerli olduğu ile alakalıdır. Belirli bir probleme özgü olarak oluşturulan ağın mimari yapısı ve içerisinde kullanılan bileşenler elde edilen çıktıyı etkiler. Bu nedenle mimarinin ideal şekilde kurulması da bir optimizasyon işidir.

7.12.3. Aktivasyon Fonksiyonları

Aktivasyon fonksiyonları, nöronlardaki ham veriyi nöronun çıktısına dönüştürme işlevi taşıyan fonksiyonlardır. Verinin doğrusalsızlığını (non-linearity) artırır. Problem durumuna, elde edilen çıktıya ve ihtiyaca göre kullanılabilecek farklı aktivasyon fonksiyonları vardır. Yaygın kullanılan aktivasyon fonksiyonları Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16. Aktivasyon Fonksiyonları

Fonksiyon	Formül	Kullanım alanı
Sigmoid	$f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$	İkili sınıflandırma (çıkış katmanı)
Tanh	$f(x) = \frac{e^{x}-e^{-x}}{e^{x}+e^{-x}}$	Gizli katmanlarda
ReLU (Rectified Linear Unit)	$f(x) = \max(0, x)$	Modern ağlarda en yaygın (hızlı, etkili)
Softmax	$f(x_i) = \frac{e^{x_i}}{\sum_j e^{x_j}}$	Çok sınıflı sınıflandırma (çıkış katmanı)

7.12.4. Avantaj ve Sınırlılıklar

Sinir ağlarının temel avantajları:

- Doğrusal olmayan ilişkileri modelleyebilir.
- Yüksek boyutlu verilerde iyi çalışır.
- Çok yönlüdür. Sınıflandırma, regresyon, sinyal işleme vb. pek çok işte kullanılır.
- Özellik çıkarımı otomatiktir.

Belli başlı sınırlılıkları:

- Büyük veri ve hesaplama gücü gerektirir.
- Eğitim süresi uzun olabilir.
- Kara kutu problemi: Karar süreci yorumlanabilirliği düşüktür.
- Hiperparametre ayarı karmaşıktır (öğrenme oranı, katman sayısı, nöron sayısı).

7.13. Derin Sinir Ağları ve Derin Öğrenme

Derin öğrenme (Deep Learning), çok sayıda gizli katmana sahip derin sinir ağları (Deep Neural Networks - DNN) kullanarak veriden hiyerarşik temsiller öğreten bir makine öğrenmesi alt dalıdır. Derin öğrenme modelleri, girdileri basitten karmaşığa doğru hiyerarşik olarak işleyerek örüntüleri otomatik olarak öğrenir. 2000'li yılların sonunda hesaplama gücü (özellikle GPU'lar), büyük veri kümeleri ve algoritmik gelişmelerle birlikte, derin öğrenme bilgisayarla görme, doğal dil işleme ve ses tanıma gibi alanlarda devrim yaratmıştır (LeCun vd., 2015).

Derin öğrenmenin temeli, katmanlar arasında nöronlar aracılığıyla öğrenilen parametrelerin birleştirilmesine dayanır. Bu sayede model, daha üst soyutlama seviyelerinde anlamlı özellikler keşfedebilir. Derin öğrenme, özellik çıkarımını otomatikleştirir. Geleneksel yaklaşımlarda elle tasarlanan öznitelikler yerine, ağ katmanları veriden kendi kendine anlamlı temsiller öğrenir.

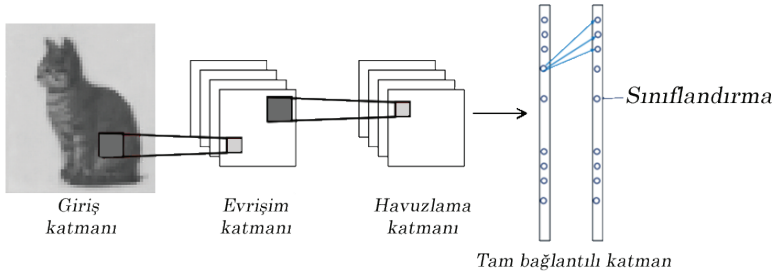
7.13.1. Derin Sinir Ağları

Derin sinir ağları girdi ve çıktı katmanlarının arasında çok sayıda gizli katmana sahiptir. Katman sayısı arttıkça ağ, daha soyut ve yüksek seviyeli özellikleri öğrenebilir. Daha karmaşık problemler için katman sayısını arttırmak gerekse de katman sayısını arttırmak her zaman daha yüksek başarı getirmeyebilir. Nadir de olsa bazen çok karmaşık problemler daha basit ağ yapıları ile de çözülebilmektedir. Derin sinir ağlarının temel özellikleri:

- Çok sayıda gizli katman içerir ve katman derinliğindeki artış özellik hiyerarşisini artırır.
- Özellik çıkarımı elle yapılmaz, model bunu kendisi öğrenir.
- Aktivasyon fonksiyonları sayesinde karmaşık ilişkiler modellenir.
- Çok büyük veri kümeleri işlenebilir.
- GPU destekli eğitim ile pratik hâle gelmiştir.

7.13.2. Evrişimli Sinir Ağları

Evrişimli Sinir Ağları (ESA/Convolutional Neural Networks-CNN), özellikle görüntü işleme için tasarlanmış derin öğrenme mimarileridir. Bu ağlar, görsel veri üzerindeki yerel örüntüleri (kenar, köşe, doku gibi) öğrenmek için evrişim (convolution) ve havuzlama (pooling) işlemlerinden faydalanır. Bir ESA'nın genel yapısı Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. ESA Mimarisi

İşlenecek görüntünün pikseller, ESA'nın giriş verilerini oluşturur. Evrişim (convolution) katmanında, filtre ya da özellik dedektörü olarak bilinen matrisler, giriş pikselleri üzerinde belirli adımlarla gezdirilerek görüntü özniteliklerinin bir alt kümesi elde edilir. ESA'nın temel işlevi olan evrişim, bu özniteliklerin otomatik olarak çıkarılmasını sağlar. Evrişim katmanında kullanılan aktivasyon fonksiyonları ile verilerin doğrusalsızlığı arttırılır. Ardından gelen havuzlama (pooling) katmanında ise giriş matrisine uygulanan filtreler aracılığıyla boyutsal azaltma işlemi gerçekleştirilir. Havuz penceresi adı verilen bu filtreler, özellik matrisi üzerinde kaydırılarak, ilgili alandaki değerlerin maksimumu, minimumu ya da ortalaması alınmak suretiyle veri boyutu indirgenir.

Sinir ağı tabanlı modellerde, özellikle eğitim verisinin yetersiz olduğu durumlarda aşırı öğrenme sorunu ortaya çıkabilir. Bu durumu önlemek amacıyla kullanılan dropout (bırakma) tekniği, eğitim sırasında rastgele seçilen bir grup nöronun geçici olarak devre dışı bırakılmasıyla modelin genelleme kapasitesini artırır. Sınıflandırma sürecine geçişte ise tam bağlantılı katman devreye girer. Öznitelik çıkarımı ve havuzlama aşamalarından elde edilen sonuçlar düzleştirilerek sınıflandırıcı katmana iletilir. Sınıflandırma katmanında ihtiyaca göre temel bir makine öğrenmesi modeli olabileceği gibi bir sinir ağı modeli de kullanılabilir.

7.13.3. Tekrarlayan Sinir Ağları

Tekrarlayan Sinir Ağları (Recurrent Neural Networks-RNN), sıralı veriler (zaman serileri, metin, ses) üzerinde çalışan derin öğrenme modelleridir. Önceki zaman adımlarındaki bilgiyi "hafızada" tutarak karar verir. RNN mimarisi doğal dil işleme, konuşma tanıma, hisse senedi tahmini, el yazısı tanıma gibi pek çok alanda kullanılır. RNN mimarisi uzun bağımlılıkları öğrenmekte zorlanır ve zamanla azalan gradyan problemi (vanishing gradient) ortaya çıkabilir. Bu sorunları çözmek için RNN'nin gelişmiş türevleri olan LSTM (Long Short-Term Memory) ve GRU (Gated Recurrent Unit) gibi yöntemler kullanılabilir.

7.13.4. Transformer Mimarisi

Transformer mimarisi, dikkat (attention) mekanizmasına dayanan ve ardışık verilerdeki uzun menzilli bağıntıları etkin şekilde modelleyen dev-

rim niteliğinde bir yapıdır (Vaswani vd., 2017). Özellikle doğal dil işleme alanında (NLP) devrim yaratmıştır. RNN'lerin sıralı işlemesi yerine, tüm girişe paralel olarak bakar.

Transformer mimarisinin özellikleri:

- Tüm girdi dizileri aynı anda işlenir (paralelleşmeye uygundur).
- Self-Attention katmanları sayesinde, her kelimenin bağlamı öğrenilir.
- RNN yapısına gerek kalmaz; daha hızlı ve daha isabetlidir.

Bu mimarinin temel bileşenleri ise şöyledir:

1. Dikkat Mekanizması (Attention):

- Girdideki her ögenin diğerlerine ne kadar "dikkat etmesi" gerektiğini hesaplar.
- Özellikle uzun bağımlılıkları modellemede başarılıdır.

2. Öz Dikkat Mekanizması (Self-Attention):

- Her kelime veya kelime parçasının, cümlenin içindeki diğer tüm kelimelerle olan ilişkisini değerlendirir.

3. Pozisyon Kodlaması (Positional Encoding):

- Sıra bilgisi eklemek için girdiye eklenir.

4. Kodlayıcı-Çözücü (Encoder-Decoder) Yapısı:

- Encoder: Girdiyi temsil eder.
- Decoder: Çıktıyı üretir.

Transformer mimarisini kullanan yapılara örnek olarak GPT, BERT, Llama verilebilir. Transformer mimarisi makine çevirisi, metin özetleme, soru-cevap sistemleri, üretken yapay zekâ uygulamaları gibi pek çok alanda kullanılır.

8. MODEL DEĞERLENDİRME

Makine öğrenmesi uygulamalarında bir modelin başarısını anlamak ve diğer modellerle karşılaştırmak için çeşitli değerlendirme ölçütleri kullanılır. Bu yöntemler, modelin doğruluğu, genelleme yeteneği ve hataya eğilimi hakkında nicel bilgiler sunar. Değerlendirme metrikleri, kullanılan problem

türüne göre (sınıflandırma veya regresyon) farklılık gösterir. Makine öğrenmesi modellerinin başarısı, yalnızca eğitim verisinde iyi performans göstermesiyle değil; yeni, görülmemiş veriler üzerinde ne kadar iyi genelleme yaptığıyla belirlenir. Bu nedenle, bir modelin kalitesini değerlendirmek için uygun metrikler ve doğrulama teknikleri kullanmak kritik öneme sahiptir.

8.1. Regresyon Modellerini Değerlendirme

Regresyon problemlerinde amaç, sürekli bir değeri tahmin etmektir. Bu nedenle, tahmin ile gerçek değer arasındaki farkı ölçmeye yönelik çeşitli metrikler kullanılır.

8.1.1. Ortalama Mutlak Hata

Ortalama mutlak hata (Mean absolute error-MAE), tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki farkların mutlak ortalamasıdır. Düşük MAE değeri, modelin genel tahmin başarısının yüksek olduğunu gösterir. MAE formülü Eşitlik (9)'da verilmiştir.

$$\text{MAE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i - \hat{y}_i| \tag{9}$$

Bu formülde y değeri gerçek sonuç $\hat{y}$ ise tahmin edilen değerdir. Tüm gerçek değerler ve tahminlerin farklarının ortalaması MAE değerini verir.

8.1.2. Ortalama Kare Hata

Ortalama kare hata (Mean Squared Error-MSE), hataların karelerinin ortalamasıdır. Büyük hataları daha fazla cezalandırır. MSE'nin düşük olması istenir. Formülü Eşitlik (10)'da verilmiştir.

$$\text{MSE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2 \tag{10}$$

8.1.3. Kök Ortalama Kare Hata

Kök Ortalama Kare Hata (Root mean squared error-RMSE), MSE'nin karekökü alınarak elde edilir, tahmin hatasını orijinal biriminde verir. RMSE değeri ne kadar küçükse model o kadar başarılıdır.

8.1.4. Belirleme Katsayısı (R2 Skoru)

Modelin verideki varyansı ne ölçüde açıkladığını gösterir. 0 ile 1 arasında değer alır; 1'e yakın değerler modelin yüksek açıklayıcılığa sahip olduğunu gösterir. R^2 skorunun yüksek olması istenir. Formülü Eşitlik (11)'de verilmiştir.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(y_i - \hat{y_i})^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} \tag{11}$$

9. SINIFLANDIRMA MODELLERİ DEĞERLENDİRME KRİTERLERİ

Sınıflandırma problemlerinde, modelin her sınıfa ait veriyi ne ölçüde doğru tahmin ettiği analiz edilir. Bunun için de en temelde karışıklık matrisi (confusion matrix) kullanılır.

9.1. Karışıklık Matrisi

Karışıklık matrisi, bir modelin tahminlerinin gerçek değerlerle ne kadar örtüştüğü ya da örtüşmediği, hangi sınıfların daha net ayırt edilip hangilerinin birbiri ile daha çok karıştığının rahatlıkla görülebildiği bir özet tablodur. Bir ekseninde verinin olması gereken gerçek sınıfları, diğer ekseninde ise modelin ilgili veri için tahmin ettiği sınıflar yer alır. Pozitif ve Negatif olarak iki sınıfa sahip bir veri kümesi için karışıklık matrisinin genel yapısı Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17. Karışıklık Matrisi

	Gerçek Pozitif	**Gerçek Negatif**
Tahmin Pozitif	Doğru Pozitif (True Positive - TP)	Yanlış Pozitif (False Positive - FP)
Tahmin negatif	Yanlış Negatif (False Negative - FN)	Doğru Negatif (True Negative - TN)

Bir veri örneği için kullanılan modelin "pozitif" olarak tahmin ettiği sınıf gerçekte de "pozitif" ise buna doğru pozitif (True Positive - TP) denirken, gerçekte "negatif" ise bu yanlış yapılan pozitif tahmine yanlış pozitif (False Positive - FP) denir. Benzer şekilde modelin "negatif" olarak tahmin

ettiği sınıf gerçekte de "negatif" ise buna doğru negatif (True Negative - TN) denirken, gerçekte "pozitif" ise bu yanlış yapılan negatif tahmine yanlış negatif (False Negative - FN) denir. Karışıklık matrisindeki bu dört değer kullanılarak sınıflandırma modeli için diğer performans metrikleri üretilir.

9.2. Temel Metrikler

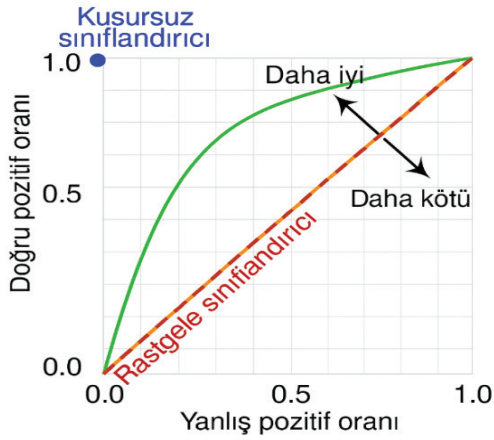
Sınıflandırma modelinin performansını gösteren temel metrikler Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 18. Temel Performans Metrikleri

Metrik	Formül	Açıklama
Doğruluk (Accuracy)	$\frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$	Toplam doğru tahmin oranı. Dengesiz verilerde tek başına bu değere göre karar vermek yanıltıcı olabilir.
Kesinlik (Precision)	$\frac{TP}{TP + FP}$	Pozitif tahminlerin ne kadarının gerçekten pozitif olduğunu gösterir.
Duyarlılık (Recall) *Doğru Pozitif Oranı (True Positive Rate -TPR*)	$\frac{TP}{TP + FN}$	Gerçek pozitiflerin ne kadarının doğru tespit edildiğini gösterir.
F1 Skoru (F1 score)	$2 \cdot \frac{\text{Kesinlik} \cdot \text{Duyarlılık}}{\text{Kesinlik} + \text{Duyarlılık}}$	Kesinlik ve duyarlılığın harmonik ortalaması. Özellikle dengesiz verilerde bu değere de bakmak gerekir.
Doğru Pozitif Oranı (False Positive Rate -FPR)	$\frac{FP}{FP + TN}$	Gerçek negatiflerin ne kadarının yanlış pozitif tahmin edildiğini verir.

9.3. ROC Eğrisi ve AUC

ROC eğrisi, TPR (duyarlılık) ile FPR (yanlış pozitif oranı) arasındaki ilişkiyi grafiksel olarak gösterir. Eğri altında kalan alan (AUC - Area Under Curve) modelin ayrım gücünü temsil eder. AUC değeri 1'e ne kadar yakınsa modelin başarısı o kadar yüksektir (Şekil 7).



Şekil 7. ROC Eğrisi

Eğri altında kalan alan AUC için:

- AUC=1 ise model mükemmeldir.
- AUC=0.5 (köşegen çizgi) ise rastgele tahmini ifade eder, kullanılmaz.
- AUC<0.5 ise model ters işliyor demektir.

9.4. Aşırı Uyum ve Az Uyum

- Aşırı uyum (aşırı öğrenme/overfitting): Modelin eğitim verisine aşırı uyum sağlaması, fakat yeni verilerde düşük başarı göstermesi durumudur. Genellikle modelin karmaşıklığı çok yüksek olduğunda ortaya çıkar.
- Az uyum (az öğrenme/underfitting): Modelin hem eğitim hem de test verisi üzerinde düşük performans göstermesi durumudur. Veri setinin yetersiz olması, modelin başarısız olması gibi yetersiz öğrenme kapasitesi nedeniyle oluşur.

9.5. Çapraz Doğrulama

Çapraz doğrulama (cross-validation), modelin genelleme kabiliyetini değerlendirmek için kullanılan etkili bir yöntemdir. Klasik olarak bir makine öğrenmesi modeli çalıştırılırken veri seti belirli oranlarda eğitim ve test

kümelerine ayrılır. Model eğitim kümesi kullanılarak eğitilir, test kümesi ile sınanıp performans ölçümleri yapılır. Ancak bu eğitim ve test kümesine ayırma işlemi her ne kadar rastgele yapılsa da sadece bir kez yapılması ve modelin bunun üzerinden değerlendirilmesi genellenebilirlik için yeterli değildir. Bu işlemin birden çok kez gerçekleşmesi ile elde edilen ölçümler daha genellenebilir bir sonuç verir. Bu noktada en yaygın kullanılan teknik k-katlı çapraz doğrulamadır (k-fold cross-validation). Bu yöntemde veri kümesi k eşit parçaya bölünür; her bir parça test verisi olarak seçilirken kalan k−1 parça eğitim verisi olarak kullanılır. İşlem k kez tekrarlanır ve ortalama başarı hesaplanır. Bu sayede:

- Modelin farklı veri alt kümeleri üzerindeki başarısı gözlemlenir.
- Aşırı uyum riski azaltılır.
- Daha güvenilir ve dengeli performans ölçümü yapılır.

10. MODEL YORUMLANABİLİRLİĞİ VE AÇIKLANABİLİR YAPAY ZEKÂ

Makine öğrenimi ve derin öğrenme modelleri günümüzde birçok alanda karar destek sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Ancak makine öğrenmesi modelleri, özellikle derin öğrenme ve topluluk yöntemleri gibi karmaşık yapılar, yüksek doğruluk sağlasa da genellikle "kara kutu" (black box) modeli olarak çalışmaktadır. Bu modellerin tahmin süreçleri çoğu zaman insanlar için anlaşılır değildir. Bir modelin doğruluğu kadar bir kararı neden verdiğini anlamak özellikle sağlık, hukuk, finans gibi alanlarda; kullanıcı güveni, etik sorumluluk ve regülasyonlar açısından önem kazanmaktadır. Bu noktada model yorumlanabilirliği (interpretability) ve açıklanabilir yapay zekâ (explainable AI, XAI) kavramları ön plana çıkmaktadır. Amaç; modellerin kararlarını anlaşılır, şeffaf ve güvenilir şekilde açıklamaktır (Samek, Wiegand & Müller, 2017).

10.1. Yorumlanabilirlik ve Açıklanabilirlik Kavramları

Yorumlanabilirlik, bir modelin içsel mekanizmasının insanlar tarafından anlaşılabilir olmasıdır. Daha teknik ifade ile, modelin girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkiyi nasıl kurduğunun net biçimde görülebilmesidir.

Açıklanabilirlik ise bir modelin verdiği belirli kararın neden ve nasıl alındığını gerekçelendirme sürecidir. Yani, sadece modelin ne yaptığı değil, neden yaptığı da anlaşılmak istenir.

10.2. Açıklanabilirlik Türleri

Model İçi Yaklaşım

Genellikle basit yapılı modeller doğrudan yorumlanabilirdir ancak bu modellerin doğruluk performansı genellikle karmaşık modellere kıyasla düşüktür. Tablo 19'da doğrudan yorumlanabilir modellerden öne çıkanlar listelenmiştir.

Tablo 19. Doğrudan Yorumlanabilir Modeller

Model	Yorumlanabilirlik	Açıklama
Doğrusal Regresyon	Yüksek	Katsayılar doğrudan yorumlanabilir
Karar Ağaçları	Orta-Yüksek	Karar yolları görselleştirilebilir
Rastgele Orman / XGBoost	Düşük	Topluluk yapısı karmaşıktır

Model-Agnostik (Model Bağımsız) / Sonradan Açıklama

Özellikle derin öğrenme gibi karmaşık modeller doğrudan yorumlanabilir değildir. Bu modellerin çıktılarını açıklayabilmek için eğitim sonrasında özel tekniklerle analizler yapılır. Bu yöntemde modelin iç yapısına bakılmadan, modelden bağımsız girdi ve çıktı örüntüleri üzerinden yorumlama yapılır.

10.3. Yaygın Açıklama Yöntemleri

Özellik Önemi

Bir modelin çıktısını en fazla etkileyen özelliklerin belirlenmesidir. Ağaç tabanlı modellerde (Random Forest, XGBoost) genellikle doğrudan elde edilebilir. Genellikle gini kazancı, bilgi kazancı veya kayıp azaltımı temel alınır.

LIME

LIME (Local interpretable model-agnostic explanations), karmaşık bir modelin belirli bir tahminini, lokal lineer bir model (örneğin doğrusal regresyon) oluşturarak açıklar (Ribeiro, Singh & Guestrin, 2016). Bu sayede

kararın o bölgedeki sebebi anlaşılır hâle gelir. Modelden bağımsız çalıştığı için yaygın bir XAI tekniğidir. LIME şu şekilde çalışır:

1. Veri setinden herhangi bir örnek seçilir (ör.; 129. Sıradaki pozitif etikete sahip örnek)
2. Örnek etrafında küçük değişikliklerle yeni veri noktaları oluşturulur.
3. Karmaşık model bu noktalar için tahmin yapar.
4. Bu tahminlere en iyi uyan basit bir model (doğrusal) eğitilir.
5. Basit modelin katsayıları, o tahmin için hangi özelliklerin etkili olduğunu gösterir.

LIME modelden bağımsız (model-agnostic) olarak çalışır. Bunun yanında yerel açıklama sağlar, tüm model için küresel bir açıklama sağlamaz.

SHAP

Oyun teorisindeki Shapley değerlerine dayanan bu yöntem, her bir özelliğin modele olan katkısını adil biçimde dağıtarak karar mekanizmasını açıklamayı hedefler (Lundberg & Lee, 2017). SHAP (SHapley Additive exPlanations) modelin tahmininde her özelliğin ne kadar katkı yaptığını belirlemeye çalışır. SHAP hem yerel hem de küresel açıklama yapma yeteneğine sahiptir. SHAP yönteminde kullanılan belli başlı grafik türleri şunlardır:

- **SHAP Summary Plot:** Özelliklerin etkisi ve yönü
- **Force Plot:** Tek bir tahminin açıklaması
- **Dependence Plot:** Özellik etkisi ile gerçek değer arasındaki ilişki

SHAP, matematiksel temelleri olan güçlü ve tutarlı bir yöntemdir ancak hesaplama maliyeti yüksektir.

Açıklanabilirliğin Gerekliliği

Açıklanabilirlik yalnız teknik bir konu değil, aynı zamanda güvenilirlik ve etiğin bir gereğidir.

- **Güven:** Kullanıcılar, bir kararın neden alındığını bilirse modele daha çok güvenir.
- **Adil olma:** Modelin cinsiyet, ırk gibi özelliklere karşı ön yargılı olup olmadığını kontrol etmek için gereklidir.
- **Sorumluluk:** Yanlış bir karar durumunda sorumluluk izlenebilir olmalıdır.

11. GÜNCEL TEKNOLOJİLER VE GELECEK PERSPEKTİFİ

Yapay zekâ alanında son yıllarda yaşanan hızlı ilerlemeler hem teknik kapasiteyi hem de uygulama alanlarını radikal biçimde dönüştürmektedir. Bu dönüşüm, yalnızca mevcut teknolojilerin daha etkin kullanılmasını değil, aynı zamanda geleceğe yön veren yeni paradigmaların da doğuşunu işaret etmektedir. Bu bölümde, üretken yapay zekâ, kuantum makine öğrenmesi, insan-bilgisayar etkileşiminin evrimi ve etik-sorumlu yapay zekâ gibi öncü temalar ele alınmaktadır.

11.1. Üretken Yapay Zekâ

Üretken yapay zekâ (Generative AI), yalnızca sınıflandırma veya tahmin gibi geleneksel görevlerin ötesine geçerek yeni içerik üretebilen sistemleri ifade eder. Bu sistemler; metin, görsel, ses, video, yazılım kodu ve hatta moleküler yapılar gibi çeşitli veri türlerini yüksek kalitede üretebilir. Özellikle derin öğrenme ve dönüştürücü (transformer) mimarilerinin gelişmesiyle birlikte büyük sıçrama yaşanmıştır. Temel üretken yapay zekâ teknolojileri şunlardır:

- **Transformer Modelleri:** BERT, GPT, T5 gibi modeller, dilin bağlamını anlama ve üretme kapasitesini devrimleştirmiştir (Vaswani vd., 2017).
- **Büyük Dil Modelleri (LLM):** GPT-4, Llama, Claude gibi modeller, trilyonlarca parametreye sahip, çok yönlü görevlerde insan benzeri performans göstermektedir.
- **Difüzyon Modelleri:** Stable Diffusion, DALL·E, Midjourney gibi sistemler, metinden görsel üretimde öncüdür (Rombach vd., 2022).

Üretken yapay zekâ; otomatik metin üretimi, müşteri hizmetleri, tıbbi rapor oluşturma, sanatsal üretim, tasarım, eğitim teknolojileri gibi pek çok alanda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bunun yanında telif hakkı, yanlış bilgi üretimi (halüsinasyon), kaynak izlenebilirliği, içerik denetimi gibi belli başlı potansiyel sorunları da mevcuttur.

11.2. Kuantum Makine Öğrenmesi

Kuantum makine öğrenmesi (Quantum machine learning- QML), kuantum hesaplama ile klasik makine öğrenmesi tekniklerinin birleşiminden doğan bir disiplindir. Kuantum bitleri (qubit'ler), dolanıklık, süperpozisyon ve paralel işlem gibi özellikler sayesinde QML, belirli problemler için klasik yöntemlere nazaran üstel bir hızlanma sağlama potansiyeline sahiptir. QML'in temel kavramları şunlardır:

- **Qubit:** Klasik bitin aksine, 0 ve 1 durumlarının aynı anda bulunabildiği veri birimi.
- **Süperpozisyon:** Qubit'in aynı anda hem 0 hem 1 olabilmesi.
- **Dolanıklık (Entanglement):** İki qubit birbirine bağlı hâlde olur; birinin ölçümü diğerini etkiler.
- **Kuantum Devreleri:** Kuantum algoritmaları, kapılarla oluşturulur.

QML'in kümeleme, boyut indirgeme, kuantum sinir ağları gibi uygulamaları mevcuttur. QML günümüzde hâlâ erken aşamada olsa da IBM, Google ve Microsoft gibi şirketler QML algoritmalarını geliştirmekte ve hibrit (kuantum-klasik) çözümler sunmaktadır. Bunun yanında bu alanda karşılaşılan belli başlı zorluklar donanım kısıtları, gürültü kontrolü, algoritma kararlılığı ve ölçeklenebilirliktir.

11.3. İnsan-Bilgisayar Etkileşiminin Geleceği

Geleneksel arayüzler (klavye, fare, ekran) yerini, çok modlu (multimodal) ve daha doğal, sezgisel etkileşim biçimlerine bırakmaktadır. Yapay zekâ, bu geçişi hızlandıran temel itici güçtür. İnsan ve bilgisayar arası yeni etkileşim biçimleri şöyle sıralanabilir:

- **Doğal Dil Arayüzleri:** Chat botlar, sesli asistanlar ve dil modelleri sayesinde daha sezgisel etkileşimler mümkün hâle gelmiştir.
- **Görsel ve Jest Tabanlı Etkileşim:** El hareketleriyle kontrol ve yüz ifadesi tanıma; ses tonu ve vücut dili ile duygu analizi.
- **Beyin-bilgisayar arayüzleri (BCI):** Düşünce ile kontrol edilen sistemleri mümkün kılmakta, engelli bireyler için umut olmaktadır.
- **Otonom Ajanlar:** Kullanıcıyı anlamaya ve öngörmeye çalışan yapay zekâ ajanları (ör.; AutoGPT, BabyAGI).

Bunların yanında; duygusal yapay zekâ, empatik sistemler ve özelleştirilmiş kullanıcı deneyimleri insan bilgisayar etkileşimi alanının geleceğini şekillendirmektedir.

11.4. Etik ve Sorumlu Yapay Zekâ

Yapay zekâ sistemlerinin teknik başarısının ötesinde, etik ve toplumsal sorumluluk temel bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Toplumsal etkisi büyük olan pek çok karar (kredi, işe alım, adalet) artık algoritmalar tarafından verilmeye başlanmıştır. Bu nedenle, yapay zekâ sistemlerinin güvenli, şeffaf, adil, açıklanabilir, hesap verebilir ve insan merkezli olması gereklidir.

Bu alanda uyulması gereken temel ilkeler şunlardır:

1. **Adil Olma (Fairness):** Yapay zekâ modeli; cinsiyet, ırk, yaş gibi özellikler konusunda ayrımcılık yapmamalı, her koşulda adil davranmalıdır.
2. **Şeffaflık (Transparency):** Karar süreci açıklanabilir olmalıdır.
3. **Hesap Verebilirlik (Accountability):** Yanlış bir karar oluştuğunda sorumluluk izlenebilir olmalıdır.
4. **Gizlilik (Privacy):** Kullanıcı verileri korunmalı, işlenmek için açık rıza alınmalıdır.
5. **Güvenlik (Safety):** Sistem, kötüye kullanım veya saldırıya karşı dayanıklı olmalıdır.

Tüm bunları sağlamak için çeşitli mevzuat ve rehberler geliştirilmiştir ve geliştirilmeye devam etmektedir. AB Yapay Zekâ Yasası (AI Act), OECD ilkeleri, UNESCO'nun etik yapay zekâ ilkeleri bu alanda yönlendirici belgelerdir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Makine öğrenmesi, veriden öğrenerek karar verme ve tahminlerde bulunma yeteneğiyle yapay zekânın temel ve dönüştürücü bir disiplinidir. Geleneksel programlamadan farklı olarak makine öğrenmesi modelleri, kuralları veriden otomatik olarak çıkarır. Karmaşık modellerin karar süreçlerinin anlaşılması; özellikle etik, güven ve regülasyonlar açısından kritik

öneme sahiptir. Bu çerçevede, makine öğrenmesi süreçlerinde başarıyı artırmak, karşılaşılan zorlukları aşmak ve etik/sorumlu uygulamalar geliştirmek için aşağıdaki adımların izlenmesi önerilmektedir:

1. Model seçimi ve veri yönetimi için uygulanabilir adımlar: Her makine öğrenmesi problemi, doğru algoritmaların seçilmesini ve veri kalitesine odaklanmayı gerektirir. Bu doğrultuda dikkat edilmesi gerekenler şunlardır:

- **Veri kalitesine öncelik verilmelidir:** Makine öğrenmesi modelinin başarısını doğrudan etkileyen kalitesiz, gürültülü veya eksik verilerden kaçınılmalıdır. Eğitimden önce veri ön işleme (kayıp değer giderme, normalizasyon/ölçekleme) aşamasına kritik önem verilmelidir.
- **Problem türüne göre uygun yöntem seçilmelidir:** Sürekli bir değerin tahmini gerekiyorsa regresyon, kategorik bir sınıf tahmini gerekiyorsa sınıflandırma, verideki örüntüleri keşfedip ortaya çıkarmak gerekiyorsa denetimsiz öğrenme ve kümeleme algoritmaları tercih edilmelidir.
- **Boyut indirgeme uygulanabilir:** Özellikle yüksek boyutlu veri kümelerinde PCA ve t-SEN gibi boyut indirgeme teknikleri kullanılarak hesaplama maliyeti düşürülebilir ve modelin genelleme performansı artırılabilir.

2. Performansın değerlendirilmesi ve optimizasyonu: Modelin yalnız eğitim verileri ile değil, yeni verilerle de yüksek başarılı tahminler üretmesi gerekir. Bunun için:

- Çapraz doğrulama kullanılması önerilir: Modelin genelleme yeteneğini güvenilir bir şekilde değerlendirmek ve aşırı uyum riskini azaltmak için çapraz doğrulama tekniği uygulanır.
- Model performansı farklı metriklerle bütün olarak değerlendirilmelidir: Sınıflandırma için doğruluk ve regresyon için R^2 metriği modelin genel performansı hakkında bilgi verse de diğer metriklerin de hesaplanarak başarının bir bütün olarak değerlendirilmesi gerekir. Sınıflandırma problemlerinde karışıklık matrisi üzerinden elde edilen metrikler ve ROC eğrileri; regresyon problemlerinde ise hata metrikleri değerlendirilmelidir.

- Aşırı veya az uyum kontrolü: Aşırı uyum eğitimde iyi, testte kötü; az uyum ise hem eğitim hem testte kötü sonuçlar verir. Bu durumun önüne geçmek için aşırı ve az uyum durumlarına dirençli topluluk algoritmaları gibi güçlü yöntemler seçilebilir. Düzenleme teknikleri de aşırı uyum problemlerinde etkilidir.

3. Yorumlanabilirlik ve etik yapay zekâ: Karmaşık makine öğrenmesi ve derin öğrenme modellerinin "kara kutu" sorununu aşmak ve şeffaflığı sağlamak, güncel yapay zekâ uygulamalarının temel gerekliliğidir. Bu doğrultuda:

- **Açıklanabilir yapay zekâ (XAI) yöntemleri kullanılmalıdır:** Özellikle karmaşık derin öğrenme ve topluluk öğrenme modellerinde, karar mekanizmasını açıklamak için modelden bağımsız XAI teknikleri kullanılmalıdır. LIME ve SHAP gibi yöntemlerle bireysel tahminlerin nasıl oluştuğu gerekçelendirilmelidir.
- **Etik ve sorumluluk ön plana çıkarılmalıdır:** Yapay zekâ sistemlerinin adil, şeffaf ve hesap verebilir olması için veri önyargısı ve model yanlılığının kontrol edilmesi gerekir. Bu, kullanıcı güvenini artırır ve yasal/etik sorumlulukları yerine getirir.

4. İleriye dönük perspektif: Makine öğrenmesi alanında hızla yaşanan gelişmeler ve yeni teknolojiler takip edilmeli ve mevcut yapılara entegrasyonu değerlendirilmelidir.

- Üretken yapay zekâ modelleri metin, görüntü, ses, video, kod üretimi gibi alanlarda her geçen gün daha başarılı hâle gelmektedir. Bu modeller rutin iş yükleri devralarak bireylerin üretkenliğini daha özgür hâle getirmektedir.
- Kuantum makine öğrenmesi büyük verilerin analizinde geleneksel yöntemlerden daha iyi performans ve potansiyel üstel bir hızlanma vadetmektedir.

KAYNAKLAR

Alpaydın, E. (2020). *Introduction to machine learning* (4th ed.). MIT Press.

Bates, D. M., & Watts, D. G. (2007). *Nonlinear regression analysis and its applications* (Vol. 1). John Wiley & Sons.

Blum, A., & Mitchell, T. (1998). Combining labeled and unlabeled data with co-training. *Proceedings of the Eleventh Annual Conference on Computational Learning Theory*, 92–100.

Breiman, L. (1996). Bagging predictors. *Machine Learning*, *24*(2), 123–140.

Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, *45*(1), 5–32.

Breiman, L., Friedman, J., Olshen, R., & Stone, C. (1984). *Classification and regression trees*. Chapman & Hall/CRC.

Chapelle, O., Schölkopf, B., & Zien, A. (Eds.). (2006). *Semi-supervised learning*. MIT Press.

Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning*, *20*(3), 273–297.

Dietterich, T. G. (2000). Ensemble methods in machine learning. *International Workshop on Multiple Classifier Systems*, 1–15.

Domingos, P. (2015). *The master algorithm: How the quest for the ultimate learning machine will remake our world*. Basic Books.

Ester, M., Kriegel, H. P., Sander, J., & Xu, X. (1996). A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. *KDD-96 Proceedings*, 226–231.

Fodor, I. K. (2002). A survey of dimension reduction techniques. *Lawrence Livermore National Laboratory Technical Report, UCRL-ID-148494*.

Freund, Y., & Schapire, R. E. (1997). A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting. *Journal of Computer and System Sciences*, *55*(1), 119–139.

Haykin, S. (1999). *Neural networks: A comprehensive foundation* (2nd ed.). Prentice Hall.

Jain, A. K. (2010). Data clustering: 50 years beyond K-means. *Pattern Recognition Letters*, *31*(8), 651–666.

Jordan, M. I., & Mitchell, T. M. (2015). Machine learning: Trends, perspectives, and prospects. *Science*, *349*(6245), 255–260.

Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, *25*, 1097–1105.

LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, *521*(7553), 436–444.

Lundberg, S. M., & Lee, S. I. (2017). A unified approach to interpreting model predictions. *Advances in Neural Information Processing Systems*, *30*, 4765–4774.

McCallum, A., & Nigam, K. (1998). A comparison of event models for naive Bayes text classification. *AAAI-98 Workshop on Learning for Text Categorization*, 41–48.

Mitchell, T. M. (1997). *Machine learning* (1st ed.). McGraw-Hill.

Montgomery, D. C., Peck, E. A., & Vining, G. G. (2021). *Introduction to linear regression analysis* (6th ed.). Wiley.

Murphy, K. P. (2012). *Machine learning: A probabilistic perspective*. MIT Press.

Nigam, K., McCallum, A. K., Thrun, S., & Mitchell, T. (2000). Text classification from labeled and unlabeled documents using EM. *Machine Learning*, *39*(2), 103–134.

Quinlan, J. R. (1986). Induction of decision trees. *Machine Learning*, *1*(1), 81–106.

Ribeiro, M. T., Singh, S., & Guestrin, C. (2016). "Why should I trust you?": Explaining the predictions of any classifier. *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 1135–1144.

Rombach, R., Blattmann, A., Lorenz, D., Esser, P., & Ommer, B. (2022). High-resolution image synthesis with latent diffusion models. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 10684–10695.

Rosenblatt, F. (1958). The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*, *65*(6), 386–408.

Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, *323*(6088), 533–536.

Samek, W., Wiegand, T., & Müller, K. R. (2017). Explainable artificial intelligence: Understanding, visualizing and interpreting deep learning models. https://doi.org/10.48550/arXiv.1708.08296

Samuel, A. L. (1959). Some studies in machine learning using the game of checkers. *IBM Journal of Research and Development*, *3*(3), 210–229.

Schapire, R. E. (2003). The boosting approach to machine learning: An overview. *MSRI Workshop on Nonlinear Estimation and Classification*.

Schölkopf, B., & Smola, A. J. (2002). *Learning with kernels: Support vector machines, regularization, optimization, and beyond*. MIT Press.

Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, *59*(236), 433–460.

van der Maaten, L., & Hinton, G. (2008). Visualizing data using t-SNE. *Journal of Machine Learning Research*, *9*, 2579–2605.

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., ... Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, *30*, 5998–6008.

Yarowsky, D. (1995). Unsupervised word sense disambiguation rivaling supervised methods. *Proceedings of the 33rd annual meeting on Association for Computational Linguistics*, 189–196.

Zhu, X., & Goldberg, A. B. (2009). *Introduction to semi-supervised learning*. *Synthesis Lectures on Artificial Intelligence and Machine Learning*, *3*(1), 1–130.

BÖLÜM 18

EĞİTİMDE ETKİLİ İSTEM TASARIMI

Yunus Özdemir

ÖZET

Bu bölüm, yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarında kritik bir yetkinlik olarak öne çıkan etkili istem (prompt) tasarımının teorik temellerini, pedagojik stratejilerini ve pratik uygulamalarını sistematik bir literatür analizi temelinde incelemektedir. Çalışma, istem mühendisliğinin öğrenme süreçlerindeki rolünü, öğrencilerin eleştirel düşünme ve yaratıcılık gibi üst düzey bilişsel becerilerini nasıl desteklediğini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda, istemlerin teknik altyapısı ve çalışma mekanizmaları açıklanmakta; öğretimsel, yansıtıcı ve Sokratik gibi farklı istem türleri pedagojik hedeflere göre sınıflandırılmaktadır. Ayrıca, RTF (Rol-Görev-Format) ve CARE (Bağlam-Eylem-Sonuç-Örnek) gibi yapılandırılmış tasarım şablonları, eğitimcilerin ve öğrencilerin yapay zekâdan tutarlı ve nitelikli çıktılar elde etmelerini sağlayacak pratik modeller olarak sunulmaktadır. Bölüm, netlik, bağlam sağlama ve rol belirtme gibi temel ilkeleri somut örneklerle destekleyerek, istem tasarımının kişiselleştirilmiş ve verimli öğrenme deneyimleri yaratmadaki dönüştürücü potansiyelini vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, İstem Mühendisliği, Eğitsel İstem Tasarımı, İstem Şablonları, Büyük Dil Modelleri

GİRİŞ

Yapay zekâ destekli eğitim ortamlarında etkili prompt (istem) tasarımı, öğrenme süreçlerinin kalitesini ve verimliliğini belirleyen kritik bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda gelişen büyük dil modelleri (LLM'ler) ve generatif yapay zekâ araçlarının eğitimde yaygınlaşması, eğitimcilerin ve öğrencilerin bu teknolojilerle etkili iletişim kurabilmeleri için yeni beceriler geliştirmelerini zorunlu kılmaktadır (Sidorkin, 2025; You ve Zhang, 2025). İstem tasarımı, yapay zekâ araçlarından istenen çıktıyı elde etmek için kullanılan doğal dil talimatlarının stratejik olarak hazırlanması sürecidir ve eğitim alanında hem pedagojik hem de teknolojik boyutları bulunan karmaşık bir konudur (Lo, 2023; Viswanathan, 2025).

İstem Tasarımının Önemi

Yapay zekâ destekli eğitim ortamlarında etkili istem tasarımı, öğrenme süreçlerinin kalitesini ve verimliliğini belirleyen kritik bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır (Brown vd., 2020). Eğitimde istem tasarımının önemi, yapay zekâ destekli öğrenme deneyimlerinin kalitesini doğrudan etkilemesinden kaynaklanmaktadır. Araştırmalar; iyi tasarlanmış istemlerin öğrencilerin yaratıcılığını artırdığını, üst düzey düşünme becerilerini geliştirdiğini ve kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunduğunu göstermektedir (Hutson ve Cotroneo, 2023; Lee ve Suh, 2024; Choi, 2025). Özellikle, istem mühendisliği becerilerinin geliştirilmesi, öğrencilerin problem tanımlama, bağlamsal analiz, yaratıcılık ve eleştirel düşünme yeteneklerini bütünleştiren üst düzey bilişsel süreçleri desteklemektedir (Ashour, 2025; Choi, 2025). Bu bağlamda, eğitimciler için meta-AI beceriler olarak tanımlanan istem tasarımı, çıktı değerlendirme ve AI ile iş birliği yetenekleri, geleneksel becerilerden daha yüksek bilişsel katılım gerektiren temel yeterlikler hâline gelmiştir (Sidorkin, 2025).

Son yıllarda büyük dil modelleri (LLM'ler) ve üretken yapay zekâ (AI) araçlarının eğitim alanında yaygınlaşması, bu teknolojilerin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için eğitimcilerin ve öğrencilerin yeni beceriler edinmesini gerektirmektedir. İstem tasarımı, yapay zekâ sistemlerinden istenen çıktıyı elde etmek amacıyla doğal dil talimatlarının stratejik olarak formüle edilmesi sürecini ifade etmektedir. Bu süreç, yalnızca teknolojik bir beceri olmanın ötesinde, pedagojik unsurları da içeren disiplinler arası bir yaklaşım gerektirmektedir.

Tıpkı bilgisayar programlamada belirli bir programlama dilinin öğrenilmesinin gerekli olması gibi, yapay zekâ sistemleriyle etkili iletişim kurabilmek ve optimal sonuçlar elde edebilmek için de istemlerin doğru ve sistematik bir şekilde tasarlanması kritik öneme sahiptir. Bu durum, özellikle eğitim ortamlarında, öğrenme süreçlerinin verimliliğini artırmak ve yapay zekânın pedagojik potansiyelinden tam anlamıyla yararlanabilmek açısından büyük önem taşımaktadır.

Bölümün Amacı, Kapsamı ve Kullanılan Yöntem

Bu bölümün amacı ve kapsamı, eğitimde etkili istem tasarımının teorik temellerini, pratik uygulamalarını ve pedagojik etkilerini kapsamlı bir şekil-

de incelemektir. Bölüm, istem tasarımının öğrenme süreçlerindeki rolünü, farklı eğitim seviyelerinde uygulanabilirliğini ve hem öğrenciler hem de eğitimciler için önemini analiz etmektedir. Ayrıca, Türk eğitim sistemi bağlamında yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarının nasıl tasarlanabileceği ve etkili istem stratejilerinin nasıl geliştirilebileceği konularına odaklanmaktadır. Bu kapsamda, istem tasarımının kişiselleştirilmiş öğrenme (Ng ve Fung, 2024), yaratıcı düşünme (Lee ve Suh, 2024), eleştirel değerlendirme (Bowen ve Todd, 2025) ve iş birlikçi öğrenme (Tilak vd., 2025) süreçlerindeki rolü detaylı olarak ele alınmaktadır.

Bu çalışmanın metodolojisi, sistematik literatür taraması ve yazar tarafından geliştirilen istem-çıktı örneklerinin analizine dayalı nitel bir yaklaşım benimsemektedir. Araştırmanın ilk aşamasında, 2021-2025 yılları arasında yayımlanan ve istem tasarımının (prompt engineering) eğitimdeki uygulamalarını ele alan uluslararası ve ulusal çalışmaları kapsamaktadır. Literatürdeki teorik çerçevenin pratik geçerliliğini test etmek amacıyla, yazar tarafından tasarlanan özgün istem örnekleri ve bunların popüler yapay zekâ uygulamaları (ChatGPT, Gemini, Claude vb.) tarafından üretilen çıktıları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

1. İSTEM TASARIMININ TEMELLERİ

Yapay zekâ destekli eğitim ortamlarında anlamlı ve etkili çıktılar elde etmenin temelinde, sistemli bir istem tasarımı anlayışı yer almaktadır. Bu başlıkta, istem kavramının teknik boyutunu açıklamanın ötesinde, onun eğitim bağlamındaki işlevlerini ve türlerini sistematik biçimde ortaya koymaktadır. Öğretmenlerin ve öğrencilerin yapay zekâ modelleriyle daha verimli etkileşim kurabilmeleri için, istemin bileşenlerini, yapısını ve tasarım ilkelerini kavramaları gerekmektedir. Bu kapsamda hem teknik hem pedagojik olarak geliştirilen şablonlara ve örnek uygulamalara yer verilerek, eğitimde etkili istem yazımının temelleri bütüncül bir yaklaşımla ele alınacaktır.

1.1. İstem Nedir ve Nasıl Çalışır?

İstem (prompt), yapay zekâ modelleri ile etkileşim kurmanın temel aracıdır. Teknik açıdan istem, büyük dil modellerine (LLM) verilen doğal dil talimatlarıdır ve modelin belirli bir görevi yerine getirmesini veya belirli bir

davranış sergilemesini sağlamak amacıyla tasarlanır (Malhotra vd., 2025). İstem mühendisliği, bu talimatları sistemli bir şekilde tasarlama ve optimize etme süreci olarak tanımlanır (Ramnath vd., 2025).

İstemlerin çalışma mekanizması, büyük dil modellerinin ön-eğitim aşamasında edindiği dil anlayışı ve bağlamsal işleme yeteneklerine dayanır. Model, verilen istemi bağlam olarak kullanır ve bu bağlam doğrultusunda en olası devam eden metni üretir (Dong vd., 2022). Bu süreç, modelin milyarlarca metin örneğinden öğrendiği dil kalıplarını kullanarak gerçekleşir.

Yapay zekâ modelleri ile etkili iletişim kurmanın anahtarı, modelin anlayabileceği net ve yapılandırılmış talimatlar vermektir. İstemler, kullanıcının amacını modele iletmenin yanı sıra, modelin çıktısının kalitesini, formatını ve içeriğini de belirler. Bu nedenle, istem tasarımı yapay zekâ araçlarının eğitimde ve hatta tüm alanlarda etkin kullanımı için kritik öneme sahiptir (Amatriain, 2024).

1.2. Eğitim Bağlamında İstem Tasarımının Rolü

İstem mühendisliği becerilerinin hem öğrenciler hem de eğitimciler için kritik önem taşımasının temel nedeni, bu becerilerin öğrenme sürecinin kalitesini doğrudan etkilemesidir. Eğitim bağlamında istem tasarımı, öğrencilerin yapay zekâ araçlarını etkin kullanarak öğrenme hedeflerine ulaşmalarını sağlar (Walter, 2024).

Öğrenciler açısından istem becerileri, akademik performansı artırmanın yanı sıra eleştirel düşünme ve yaratıcılık becerilerini geliştirmede aracılık eder. Araştırmalar, etkili istem tasarımının öğrencilerin problem çözme, sistematik planlama ve bilgi yapılandırma becerilerini anlamlı biçimde geliştirdiğini göstermektedir (Walter, 2024). Özellikle, istem mühendisliği eğitimi alan öğrencilerin akademik güven seviyelerinin 2.68'den 4.22'ye yükseldiği ve bu becerilerin akademik (2.93'ten 4.40'a) ve iş yaşamında (2.78'den 4.08'e) faydalılığına ilişkin algılarının anlamlı şekilde arttığı tespit edilmiştir (Kim, 2025).

Eğitimciler için istem tasarımı, öğretim sürecini zenginleştirme ve kişiselleştirme imkânı sunar. Özellikle hemşirelik eğitimi gibi alanlarda, istem mühendisliği öğretim etkinliğini artırma, iş verimliliğini geliştirme ve öğrenci öğrenme sonuçlarını optimize etme konularında güçlü bir araç

olarak öne çıkmaktadır (Sun, 2024). Eğitimciler, iyi tasarlanmış istemler sayesinde kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri yaratabilir, değerlendirme süreçlerini otomatikleştirebilir ve müfredat tasarımını kolaylaştırabilir (Heston, 2023).

İstemler, öğrenme sürecinde üretkenliği artırmanın yanı sıra öğrencilerin daha derin tartışmalara katılmalarını ve bireyselleştirilmiş öğrenme deneyimi yaşamalarını sağlar. Bu bağlamda, istem tasarımının eğitim teknolojilerindeki dönüştürücü rolü, geleneksel öğretim yaklaşımlarını yeniden şekillendirme potansiyeli taşımaktadır (Otero vd., 2024).

1.3. İstem Türleri ve Yapıları

Eğitim bağlamında kullanılan istem türleri, öğrenme hedeflerine ve pedagojik amaçlara göre sınıflandırılabilir. Literatürde yaygın olarak kullanılan istem türleri şunlardır:

Öğretimsel İstemler (Instructional Prompts): Öğrencilere belirli bir konuyu öğretmek veya açıklamak amacıyla tasarlanır. Karmaşık kavramları anlaşılır hâle getirme ve adım adım açıklama sunma özelliği taşır (Gu vd., 2023). Örnek bir istem: 8. sınıf öğrencilerine DNA'nın yapısını basit bir dil kullanarak açıkla. Her bölümde bir örnek kullanarak anlatımını destekle.

Üretici İstemler (Generative Prompts): Yaratıcı içerik üretimi için kullanılır. Öğrencilerin özgün fikirler geliştirmesini ve yaratıcı çözümler üretmesini destekler (Hutson ve Cotroneo, 2023). Örnek bir istem: Hayalimdeki okul hakkında yaratıcı bir hikâye yazmanı istiyorum. Hikâyede okulun fiziksel yapısını (örneğin sınıflar, bahçe, teknoloji donanımı), öğretim yaklaşımını (örneğin projeye dayalı öğrenme, oyunla öğrenme) ve ana karakter olarak bir öğrencinin günlük deneyimini anlatmanı bekliyorum. Hikâye yaklaşık üç paragraf uzunluğunda ve 5. sınıf öğrencilerinin anlayabileceği bir dilde olsun.

Yansıtıcı İstemler (Reflective Prompts): Öğrencilerin kendi öğrenme süreçleri hakkında düşünmelerini ve değerlendirme yapmalarını sağlar. Üstbilişsel becerilerin geliştirilmesi açısından önemlidir (Heston, 2023). Örnek bir istem: Laboratuvar çalışmasında grup olarak çalışmanın güçlü ve zorlayıcı yönlerini değerlendirmeme yardımcı olacak sorular üret.

Değerlendirici İstemler (Evaluative Prompts): Öğrenci performansının değerlendirilmesi amacıyla kullanılır. Formatif değerlendirme süreçlerini destekler (Chen vd., 2024). Örnek bir istem: Aşağıdaki iki öğrenci sunumunu değerlendirmek için içerik, görsel tasarım ve konuşma biçimi açısından karşılaştırmalı bir analiz yap.

Sokratik İstemler: Eleştirel düşünmeyi teşvik eden sorgulamaya dayalı öğrenme süreçlerinde kullanılır (Alemanno vd., 2025). Örnek bir istem: Bir öğrencinin ödevini yapmaması durumunda öğretmen hangi üç farklı yaklaşımı benimseyebilir? Bu yaklaşımların olası etkilerini karşılaştır.

Her istem türü, farklı öğrenme hedeflerine hizmet eder ve pedagojik bağlama göre uyarlanabilir (Peikos ve Stavrou, 2025). Örneğin, öğretimsel istemler kavram öğretiminde etkili olurken yansıtıcı istemler öz düzenleme becerilerini geliştirmede öne çıkar. Değerlendirici istemler ise öğrencilerin eleştirel düşünme ve karar verme becerilerini harekete geçirir. Üretici istemler yaratıcı ifade ve özgün içerik üretimini teşvik ederken sokratik istemler ise derinlemesine sorgulamayı ve eleştirel düşünmeyi öne çıkarır. Bu noktada, istem türlerinin doğru bağlamda, net amaçlarla ve yapılandırılmış biçimde kurgulanması, istenilen çıktıya ulaşmak açısından kritik öneme sahiptir.

2. İSTEM TASARIM ŞABLONLARI

Etkili istem tasarımı için geliştirilmiş sistematik şablonlar, tutarlı ve başarılı sonuçlar elde etmek amacıyla kullanılır. Bu şablonlar, istemlerin temel bileşenlerini organize eder ve kullanıcılara rehberlik sağlar (Schulhoff vd., 2024).

2.1. RTF (Role - Task - Format) Şablonu

RTF şablonu, istemi üç temel bileşene ayırır: Rol (Role), Görev (Task) ve Format (Format) (Čavojský vd., 2023). Özellikle yapılandırılmış çıktılar gerektiren eğitim görevlerinde etkilidir.

- **Rol:** Yapay zekâ modeline atanacak rol ve uzmanlık alanı belirtilir.
- **Görev:** Gerçekleştirilmesi istenen spesifik görev tanımlanır.
- **Format:** Çıktının nasıl yapılandırılacağı belirtilir.

Örnek İstem:

Rol (Role): Sen deneyimli bir fen bilgisi öğretmenisin.

Görev (Task): 5. sınıf öğrencileri için "Maddenin Hâlleri" konusunu anlatacak eğlenceli ve öğretici bir ders planı oluştur.

Biçim (Format): Ders planını giriş, gelişme ve pekiştirme bölümleri olacak şekilde yapılandır. Her bölümde öğrenci katılımını artıracak birer etkinlik önerisi sun.

Birleştirilmiş İstem: Sen deneyimli bir fen bilgisi öğretmenisin. 5. sınıf öğrencileri için "Maddenin Hâlleri" konusunu anlatacak eğlenceli ve öğretici bir ders planı oluştur. Ders planını giriş, gelişme ve pekiştirme bölümleri olacak şekilde yapılandır ve her bölümde öğrenci katılımını artıracak birer etkinlik önerisi sun.

Aynı görevlere farklı roller atandığında yapay zekâ tarafından oluşturulan içeriğin farklılaştığı görülmektedir.

Rol 1-Fen bilgisi öğretmeni

Sen deneyimli bir fen bilgisi öğretmenisin. 5. sınıf öğrencileri için "Maddenin Hâlleri" konusunu anlatacak eğlenceli ve öğretici bir ders planı oluştur. Ders planını giriş, gelişme ve pekiştirme bölümleri olacak şekilde yapılandır ve her bölümde öğrenci katılımını artıracak birer etkinlik önerisi sun.

Rol 2-Eğitim teknolojileri uzmanı

Sen bir eğitim teknolojileri uzmanısın. 5. sınıf öğrencilerinin "Maddenin Hâlleri" konusunu daha iyi kavraması için dijital araçlar içeren interaktif bir ders planı oluştur. Ders planında giriş, gelişme ve değerlendirme bölümleri yer alsın ve her bölümde bir teknoloji destekli etkinlik öner.

2.2. CTF (Context – Task - Format) Şablonu

CTF (Context, Task, Format), yapay zekâdan istenen çıktıyı almak için **bağlam, görev ve format** bileşenlerinin net şekilde tanımlandığı bir istem tasarım çerçevesidir. Diğer yöntemlere kıyasla daha basit olsa da özellikle yapılandırılmış yanıtlar gerektiren durumlarda etkilidir (Čavojský vd., 2023).

- **Context (Bağlam):** Modelin cevap için ihtiyaç duyduğu arka plan bilgisi verilir
- **Task (Görev):** Yapılması istenen iş açıkça belirtilir
- **Format (Biçim):** Çıktının nasıl sunulacağı tanımlanır

Örnek İstem:

Bağlam (Context): 8. sınıf öğrencileri, "Küresel Isınma" konusunu işlemeye yeni başladı.

Görev (Task): Öğrencilere bu konuyu anlamalarını kolaylaştıracak bir bilgi broşürü hazırlanması.

Biçim (Format): Broşürde başlık, kısa açıklamalar ve üç görselle desteklenmiş bölüm yer almalı.

Birleştirilmiş İstem: 8. sınıf öğrencileri, "Küresel Isınma" konusunu işlemeye yeni başladı. Öğrencilere bu konuyu daha iyi kavratmak amacıyla bilgi verici bir broşür hazırla. Broşürde bir başlık, üç kısa açıklama ve bu açıklamaları destekleyen üç ilgili görsel önerisi yer alsın.

Format 1: Etkileşimli Sunum

10. sınıf öğrencileri "Geometri ve Şekiller" konusunu öğreniyor. Öğrencilere yönelik etkileşimli bir sunum tasarla. Her slaytta kısa metinler, görseller ve öğrenciye yöneltilecek bir soru yer alsın.

Format 2: Mini Ölçme Testi

10. sınıf öğrencileri "Geometri ve Şekiller" konusunu öğreniyor. Öğrencilere kısa bir bilgi ölçme testi hazırla. Beş çoktan seçmeli soru ve her biri için bir açıklayıcı geri bildirim cümlesi yaz.

2.3. TAG (Task - Action - Goal) Şablonu

TAG şablonu, görevi, eylemi ve hedefi net bir şekilde tanımlar. Sonuç odaklı istem tasarımında kullanılır (Griffin, 2023).

- **Görev:** Yapılacak iş açıklanır.
- **Eylem:** Nasıl yapılacağı belirtilir.
- **Hedef:** Ulaşılmak istenen sonuç tanımlanır.

Örnek İstem:

Görev (Task): 6. sınıf öğrencileri için bölme işlemini öğreten bir etkinlik hazırla.

Eylem (Action): Etkinliği adım adım açıkla ve öğrenci katılımını sağlayacak bir oyunlaştırma unsuru ekle.

Amaç (Goal): Öğrencilerin bölme kavramını günlük hayat problemleriyle ilişkilendirebilmesi hedeflensin.

Birleştirilmiş İstem: 6. sınıf öğrencilerine bölme işlemini öğreten bir etkinlik hazırla. Etkinliği adım adım açıkla ve içinde oyunlaştırma ögesi (puan, ödül, görev kartı vb.) kullan. Hedef, öğrencilerin bölme kavramını günlük yaşam problemleriyle ilişkilendirmesini sağlamaktır.

Eylem 1: Video anlatım:

6. sınıf öğrencilerine bölme işlemini öğreten bir etkinlik hazırla. Video anlatımı için bir senaryo yaz. Senaryoda karakterlerin bölme işlemini market alışverişi üzerinden anlattığı bir diyalog olsun.

Eylem 2: Hikâyeli soru dizisi:

6. sınıf öğrencilerine bölme işlemini öğreten bir etkinlik hazırla. Bir karakter üzerinden ilerleyen hikâyeli bir soru seti oluştur. Her soru bir bölme problemi içersin ve öğrenciyi takip ederek ilerlesin.

2.4. BAB (Before - After - Bridge) Şablonu

BAB şablonu, mevcut durumdan istenen duruma geçiş sürecini yapılandırır. Problem çözme ve dönüşüm süreçlerinde etkilidir (EasyAIBeginner, 2023).

- **Önce (Before):** Mevcut durum tanımlanır.
- **Sonra (After):** Ulaşılmak istenen durum belirtilir.
- **Köprü (Bridge):** Geçiş süreci açıklanır.

Örnek İstem:

Önce (Before): Öğrenciler bir hikâyeyi yüzeysel okuyor, ana fikri ayırt edemiyor.

Sonra (After): Öğrenciler okudukları hikâyelerin ana fikrini kolayca belirleyebiliyor ve destekleyici detayları fark edebiliyor.

Köprü (Bridge): Öğrencilerin bu kazanıma ulaşabilmesi için adım adım ilerleyen bir uygulama öner.

Birleştirilmiş İstem: Öğrenciler hikâye metinlerini yüzeysel okudukları için ana fikri ayırt edemiyor. Bu durumu değiştirmek istiyoruz. Öğrencilerin metnin ana fikrini tanıyıp destekleyici detayları belirleyebilmeleri için adım adım bir okuma rehberi hazırla.

Köprü 1: Kademeli soru listesi:

Öğrenciler grafik okuma becerilerinde zorlanıyor. Öğrencilerin grafiklerdeki verileri okuyabiliyor ve yorumlayabiliyor olmasını hedefliyoruz. Bunun için öğrencilere önce basit sütun grafikleriyle başlayıp sonra karma grafiklere geçilen bir uygulama dizisi öner.

Köprü 2: Grup çalışması etkinliği:

Öğrenciler grafik okuma becerilerinde zorlanıyor. Öğrencilerin grafiklerdeki verileri okuyabiliyor ve yorumlayabiliyor olmasını hedefliyoruz. İkili gruplarla çalışacakları, farklı grafik türleri içeren üç aşamalı bir poster etkinliği planla.

2.5. CARE (Context - Action - Result - Example) Şablonu

CARE şablonu, bağlamsal bilgi ve somut örnekleri içeren kapsamlı istem tasarımı için kullanılır (Moran, 2023).

- **Bağlam (Context):** Yapay zekânın hangi eğitimsel durumda çalıştığını anlamasına yardımcı olur.
- **Eylem (Action):** Ona ne yapması gerektiğini açıkça belirtir.
- **Sonuç (Result):** Hedeflenen çıktının ne olması gerektiğini netleştirir.
- **Örnek (Example):** Beklenen cevabın biçimi ve içeriği hakkında örnek verir; yanlış yorumlamaların önüne geçer.

Örnek İstem:

Bağlam (Context): Öğrenciler basit elektrik devrelerini öğrenmeye çalışıyor.

Eylem (Action): Onlara devreyi sanal ortamda kurabilecekleri bir etkinlik hazırla.

Sonuç (Result): Öğrenciler devre elemanlarını tanımalı ve doğru bağlantıları yapabilmeli.

Örnek (Example): Bir uygulama senaryosu ile açıkla.

Birleştirilmiş İstem: Öğrenciler basit elektrik devrelerini öğreniyor. Onlara sanal bir platformda devre kurmayı öğretecek bir etkinlik tasarla. Bu etkinlik sonunda öğrenciler devre elemanlarını tanıyabilmeli ve doğru bağlantılar yapabilmeli. Örnek olarak bir sanal devre uygulaması senaryosu da ver.

Örnek 1: Sınıflandırma Becerisine Yönelik

Sen bir fen bilimleri öğretmenisin. 7. sınıf öğrencileriyle "Sindirim Sistemi" konusunu işliyorsun. Öğrencilerin sindirim sistemi organlarını görevlerine göre sınıflandırabilecekleri bir sınıf içi öğrenme etkinliği tasarla. Bu etkinlik sonucunda öğrencilerin "mekanik sindirim", "kimyasal sindirim" ve "besin taşınması" gibi işlev kategorilerine uygun şekilde organları gruplandırabilmeleri beklenmektedir. Örnek olarak; her organa ait görev kartlarının olduğu bir eşleştirme ya da kategorilendirme etkinliği öner.

Örnek 2: Süreç Takibi ve Sıralama

Sen bir fen bilimleri öğretmenisin. 7. sınıf öğrencileriyle "Sindirim Sistemi" konusunu işliyorsun. Öğrencilerin sindirim sürecini adım adım takip edebilecekleri bir etkileşimli öğrenme etkinliği tasarla. Etkinlik sonunda öğrencilerin, besinlerin ağızdan başlayarak anüse kadar geçtiği aşamaları doğru sırayla ifade edebilmeleri beklenmektedir. Örnek olarak; "Yiyeceğin Yolculuğu" temalı, sürükle-bırak mantığıyla çalışan ve süreci zaman çizelgesi şeklinde sunan bir dijital araç öner.

Bu kitapta ele alınan temel istem şablonları (RTF, CTF, TAG, BAB, CARE), eğitim bağlamında etkili kullanım örnekleriyle sunulmuştur. Ancak yapay zekâ destekli öğrenme tasarımı bu şablonlarla sınırlı değildir. Gide-

rek artan sayıda uygulayıcı ve araştırmacı, farklı görev türleri ve bağlamlar için özelleştirilmiş yeni şablonlar geliştirmektedir. İstem şablonları, yapay zekâdan alınacak yanıtların kalitesini ve amaca uygunluğunu doğrudan etkiler. Özellikle eğitim ortamlarında bu yapıların bilinçli ve pedagojik hedeflerle uyumlu biçimde kullanılması, öğrenme çıktılarını anlamlı biçimde desteklemektedir. Farklı şablonların sunduğu çerçeveler; öğretmenlerin, öğrencilerin ve araştırmacıların yapay zekâyı daha stratejik, yaratıcı ve etkili biçimde kullanmalarına imkân sağlar. Bu nedenle istem tasarımı yalnızca teknik bir süreç değil, aynı zamanda didaktik bir planlama sürecidir.

3. ETKİLİ İSTEM YAZMA İLKELERİ

Etkili istem tasarımında uyulması gereken temel ilkeler, çıktının kalitesini ve tutarlılığını doğrudan etkiler. Bu ilkeler hem teknik hem de pedagojik açıdan optimize edilmiş istemler yaratmak için gereklidir (Schulhoff vd., 2024; Törnberg, 2024).

Netlik İlkesi (Clarity): İstemin açık ve anlaşılır olması, belirsizliklerin giderilmesi kritik önem taşır (Patil vd., 2024). Belirsiz ifadeler, modelin istenmeyen sonuçlar üretmesine neden olabilir. Örneğin, "Matematik problemi çöz" yerine "2. derece denklem çözüm adımlarını göstererek $x^2+5x+6=0$ denklemini çöz" şeklinde spesifik talimatlar vermek daha etkilidir.

Bağlam Sağlama İlkesi (Context Provision): Yeterli bağlamsal bilgi sağlamak, modelin uygun çıktı üretmesini sağlar (Alemanno, 2025). Eğitim seviyesi, öğrenci profili, konu kapsamı gibi bağlamsal unsurlar isteme dâhil edilmelidir. Örneğin, "İlkokul 4. sınıf seviyesinde, görsel öğrenme stiline sahip öğrenciler için çarpma işlemini açıkla" şeklinde bağlam zenginleştirilebilir.

Rol Belirtme İlkesi (Role Specification): Yapay zekâ modeline belirli bir rol atamak, çıktının kalitesini artırır (Cesur ve Güneş, 2024). Rol belirtme, modelin uygun uzmanlık perspektifini benimsemesini sağlar. Örneğin, "Sen deneyimli bir fen bilgisi öğretmeni olarak..." ile başlayan istemler daha etkili sonuçlar verir.

Adım Adım Rehberlik İlkesi (Step-by-Step Guidance): Karmaşık görevleri daha küçük parçalara bölerek adım adım talimatlar vermek, başarı

oranını artırır (Hydren vd., 2025). Chain-of-thought yaklaşımı bu ilkenin temel örneğidir. Örneğin, "Önce konuyu tanıt, sonra örnekler ver, ardından alıştırma soruları hazırla" şeklinde yapılandırılmış talimatlar daha etkilidir.

Format Belirtme İlkesi (Format Indication): Çıktının formatının net bir şekilde belirtilmesi, istenen yapıda sonuçlar elde etmek için gereklidir (Liu vd., 2025). Tablo, liste, paragraf gibi format tercihleri istemde açıkça belirtilmelidir. Örneğin, "Cevabını madde işaretli liste hâlinde ver" veya "Sonucu tablo formatında düzenle" şeklinde format talimatları verilebilir.

Örnek Kullanımı İlkesi (Example Usage): Few-shot prompting tekniği ile somut örnekler vermek, modelin beklenen çıktı kalitesini anlamasını sağlar (Liu ve Wang, 2023). Örnekler hem format hem de içerik açısından rehberlik sağlar. Örneğin, "Şu örnekte olduğu gibi: [örnek verilerek] benzer bir format kullan" şeklinde yönlendirme yapılabilir.

Bu ilkeler, etkili eğitim istemlerının temelini oluşturur ve pedagojik hedeflerle uyumlu şekilde uygulanmalıdır.

3.1. İyi ve Kötü İstem Örnekleri

Etkili istem tasarımının anlaşılması için iyi ve kötü örneklerin karşılaştırılması kritik önem taşır. Bu karşılaştırmalar, istem kalitesini etkileyen faktörleri somut olarak gösterir (Törnberg, 2024).

3.1.1. Kötü Örnekler

Kötü Örnek 1: "Matematik öğret"

- Sorunlar: Belirsiz görev tanımı, bağlam eksikliği, format belirtmemesi
- Neden Kötü: Hangi matematik konusunun, hangi seviyede, nasıl öğretileceği belirsiz

Kötü Örnek 2: "Öğrenciler için bir şeyler yaz"

- **Sorunlar**: Aşırı genel ifade, hedef kitle belirsizliği, amaç tanımlaması yok
- **Neden Kötü**: Spesifik olmayan talep, ölçülebilir çıktı beklentisi yok

Kötü Örnek 3: "Fen bilgisi konusunu anlat"

- **Sorunlar**: Konu kapsamı belirsizliği, pedagojik yaklaşım eksikliği
- **Neden Kötü**: Hangi fen bilgisi konusunun, nasıl anlatılacağı belirsiz

3.1.2. İyi Örnekler

İyi Örnek 1: "Sen deneyimli bir matematik öğretmenisin. 8. sınıf öğrencileri için 'Üçgende Açılar' konusunu öğreteceksin. Konuyu şu şekilde yapılandır: 1) Temel kavramları tanıt, 2) Günlük yaşam örnekleri ver, 3) Adım adım çözüm yöntemlerini göster, 4) 3 pratik soru hazırla. Çıktıyı öğretmen kılavuzu formatında sun."

- Neden İyi: Rol belirtme, spesifik konu, hedef kitle, yapılandırılmış yaklaşım, format belirtme

İyi Örnek 2: "6. sınıf öğrencileri için "Hücre Yapısı" konusunda etkileşimli bir ders planı hazırla. Ders planı şu bölümleri içermeli: Giriş etkinliği (5 dk), Ana konunun işlenişi (25 dk), Grup çalışması (10 dk), Değerlendirme (5 dk). Her bölümde öğrenci katılımını artıracak sorular ve etkinlikler öner. Çıktıyı tablo formatında düzenle."

- **Neden İyi**: Bağlam sağlama, zaman planlaması, pedagojik yaklaşım, format belirtme

İyi Örnek 3: "11. sınıf öğrencileri için 'Osmanlı İmparatorluğu'nun Kuruluş Dönemi' konusunda analitik düşünme becerilerini geliştiren 5 soru hazırla. Sorular sebep-sonuç ilişkilerini kurmayı gerektirsin. Her soru için: a) Soru metni, b) Beklenen cevap anahtarı, c) Değerlendirme kriterleri hazırla. Bloom taksonomisinin analiz seviyesini hedefle."

- **Neden İyi**: Spesifik hedef kitle, pedagojik amaç, yapılandırılmış çıktı, ölçülebilir hedefler

Bu örnekler, istem tasarımında dikkat edilmesi gereken temel kriterleri açıkça göstermektedir (Heston ve Khun, 2023; Cesur ve Güneş, 2024).

4. UYGULAMA KUTUSU

Eğitim bağlamında yukarıda açıklanan şablonların pratik uygulamaları aşağıda sunulmuştur:

4.1. RTF Şablonu Uygulaması

Tablo 4. RTF Şablonu Uygulaması

Bileşen	Açıklama
Eğitim Konusu	Coğrafya- İklim Türleri
Rol	Sen deneyimli bir coğrafya öğretmenisin.
Görev	9. sınıf öğrencileri için Türkiye'nin iklim türlerini öğreten interaktif bir sunum hazırla.
Format	PowerPoint slayt formatında, her slayt için açıklayıcı notlar da ekle

4.2. CTF Şablonu Uygulaması

Tablo 5. CTF Şablonu Uygulaması

Bileşen	Açıklama
Eğitim Konusu:	Türkçe- Yazılı Anlatım
Bağlam (Context):	Öğrencilerim kompozisyon yazarken fikirlerini düzenlemekte zorlanıyor ve paragraflar arasında tutarlı bağlantılar kuramıyorlar.
Görev (Task):	Öğrencilerin yazılı anlatım becerilerini geliştirmek amacıyla, fikir düzenleme ve paragraf bağlantılarını güçlendiren etkinlikler içeren 4 haftalık bir yazı yazma programı hazırla.
Format (Format):	Haftalık ders planı formatında, her hafta için amaç, etkinlikler ve değerlendirme kriterlerini içeren detaylı bir program sun.

4.3. TAG Şablonu Uygulaması

Tablo 6. TAG Şablonu Uygulaması

Bileşen	Açıklama
Eğitim Konusu	Kimya- Asit ve Bazlar
Görev	Asit ve bazların günlük yaşamdaki kullanımını
Eylem	Deneysel etkinlikler tasarlayarak öğret
Hedef	Öğrencilerin teorik bilgiyi pratik hayatla ilişkilendirmesini sağla

4.4. BAB Şablonu Uygulaması

Tablo 7. BAB Şablonu Uygulaması

Bileşen	Açıklama
Eğitim Konusu	Türkçe- Yazılı Anlatım
Önce	Öğrencilerim kompozisyon yazarken fikirlerini düzenleyemiyor ve paragraflar arası bağlantı kuramıyorlar.
Sonra	Öğrencilerimin düzenli, akıcı ve mantıklı kompozisyonlar yazabilmesini istiyorum.
Köprü	Bu dönüşümü sağlayacak 4 haftalık yazı yazma becerisi geliştirme programı hazırla.

4.5. CARE Şablonu Uygulaması

Tablo 8. CARE Şablonu Uygulaması

Bileşen	Açıklama
Eğitim Konusu	Tarih- Atatürk İlkeleri
Bağlam	10. sınıf öğrencilerine Atatürk ilkelerini öğretiyorum ve bu konuyu çağdaş dünyayla ilişkilendirmek istiyorum.
Eylem	Her ilkeyi günümüz örnekleriyle açıklayarak etkileşimli bir ders tasarla.
Sonuç	Öğrencilerin Atatürk ilkelerinin güncel önemini kavrayarak bu ilkeleri modern hayata uyarlayabilmesini sağla
Örnek	Laiklik ilkesini din-devlet ilişkileri bağlamında farklı ülke örnekleriyle açıkla.

Bu uygulama örnekleri, istem tasarım şablonlarının eğitim bağlamında nasıl kullanılabileceğini göstermekte ve eğitimcilere pratik rehberlik sağlamaktadır.

5. EĞİTİMDE İSTEM UYGULAMALARI

Eğitimde istem kullanımının etkili olabilmesi, yalnızca teknolojik araçlara erişimle değil; aynı zamanda bu araçlardan nasıl faydalanılacağını bilmekle mümkündür. Öğretmenlerin ve öğrencilerin farklı öğrenme hedeflerine göre çeşitlendirilmiş istemler kullanması, öğrenme sürecinin kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda, eğitim ortamlarında kulla-

nılan istem türlerinin amaca, bağlama ve kullanıcı profiline uygun biçimde yapılandırılması büyük önem taşır.

5.1. Eğitimde Kullanılan İstem Türleri

Eğitimde kullanılan istem türleri, öğrenme hedeflerine ve pedagojik amaçlara göre farklı kategorilerde sınıflandırılabilir. Araştırmalar, eğitimde kullanılan istem türlerinin öğrenme sürecini desteklemede kritik bir rol oynadığını göstermektedir (Chen vd., 2024).

5.1.1. Bilgi Elde Etme İstemleri

Temel bilgilerin sorgulanması ve hatırlanması amacıyla kullanılır. Bu tür istemler, öğrencilerin var olan bilgilerini ortaya çıkarmak ve öğrenme durumlarını değerlendirmek için tasarlanır (Loem vd., 2023; Stamper vd., 2024).

5.1.2. Analitik İstemler

Analitik istemler daha karmaşık bilişsel süreçleri tetiklemek için kullanılır. Bu istemler, öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme ve mantıksal akıl yürütme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur (Nicula vd., 2023).

5.1.3. Yaratıcı Yazma İstemleri

Bu tür istemler öğrencilerin yaratıcılık ve ifade becerilerini geliştirmek amacıyla kullanılır. Bu istemler, öğrencilerin kendi düşüncelerini özgün bir şekilde ifade etmelerine olanak tanımaktadır (Usher ve Amzalag, 2025).

5.1.4. Rol Yapma İstemleri (Roleplay Prompts)

Rol yapma istemleri farklı perspektifleri anlama ve empati geliştirme amacıyla kullanılır. Bu tür istemler, öğrencilerin çeşitli durumları farklı açılardan değerlendirmelerine imkân sağlar (Zhang vd., 2024, Maaz vd., 2025).

5.1.5. Geri Bildirim Talep İstemleri

Öğrencilerin kendi çalışmalarını değerlendirmek ve iyileştirmek için kullanılır. Bu istemler, öz değerlendirme ve akran değerlendirme süreçlerini destekler (Peng vd., 2024; Jacobsen ve Weber, 2025).

5.1.6. Öğrencilerin Kullanabileceği İstemler

Öğrenciler, istem teknolojisini çeşitli öğrenme aktivitelerinde etkin bir şekilde kullanabilirler. Araştırmalar, öğrencilerin istem tabanlı araçlarla etkileşimlerinin öğrenme deneyimlerini önemli ölçüde zenginleştirdiğini göstermektedir (Bassner vd., 2024; Usher ve Amzalag, 2025).

Ödev hazırlama süreçlerinde öğrenciler; istem teknolojisini araştırma yapma, bilgi toplama ve içerik organize etme amacıyla kullanabilirler. Bu süreçte öğrenciler, spesifik konular hakkında derinlemesine bilgi edinebilir ve ödevlerini daha sistematik bir şekilde yapılandırabilirler (Baidoo-Anu ve Ansah, 2023; Mollick ve Mollick, 2023).

Yazma becerilerini geliştirme alanında istemler, öğrencilere yazma süreçlerinin her aşamasında destek sağlar. Öğrenciler, içerik üretme, yazılarını düzenleme ve dil bilgisi hatalarını düzeltme konularında yardım alabilirler (Luhach, 2024; Usher ve Amzalag, 2025).

Proje tabanlı araştırmalarda öğrenciler, istem teknolojisini kullanarak araştırma sorularını formüle edebilir, literatür taraması yapabilir ve bulgularını analiz edebilirler. Bu süreç, öğrencilerin araştırma metodolojilerini öğrenmelerine ve bilimsel düşünme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur (Masrurah, 2025).

Öğrenme desteği kapsamında öğrenciler, anlamadıkları konuları açıklatma, örnekler isteme ve karmaşık kavramları basitleştirme konularında istem teknolojisinden yararlanabilirler. Bu interaktif yaklaşım, öğrencilerin kendi hızlarında öğrenmelerine olanak tanır.

5.1.7. Öğretmenlerin Kullanabileceği İstemler

Öğretmenler, istem teknolojisini eğitim süreçlerini planlamak, içerik geliştirmek ve öğrenci değerlendirmesi yapmak amacıyla kullanabilirler. Araştırmalar, öğretmenlerin istem mühendisliği konusundaki yetkinliklerinin eğitim kalitesini artırdığını göstermektedir (ElSayary vd., 2025; Peikos ve Stavrou, 2025).

Ders planlaması süreçlerinde öğretmenler, istem teknolojisini öğretim hedefleri belirlemek, etkinlikler tasarlamak ve ders materyalleri hazırlamak için kullanabilirler. Bu yaklaşım, öğretmenlerin pedagojik içerik bilgilerini

istem tasarımına entegre etmelerine olanak tanır (Powell ve Courchesne, 2024; Jia vd., 2025; Peikos ve Stavrou, 2025).

Değerlendirme ve ölçme alanında öğretmenler, istem teknolojisini soru hazırlama, rubrik geliştirme ve öğrenci performansını değerlendirme amacıyla kullanabilirler. Bu süreçte öğretmenler, farklı zorluk seviyelerinde sorular oluşturabilir ve öğrenci yanıtlarını analiz edebilirler (Kuusemets vd., 2024; Kuzminykh vd., 2024).

İçerik üretimi konusunda öğretmenler, istem teknolojisini ders materyalleri oluşturma, açıklayıcı metinler yazma ve görsel içerikler tasarlama amacıyla kullanabilirler. Bu yaklaşım, öğretmenlerin farklı öğrenme stillerine uygun çeşitli materyaller üretmelerine yardımcı olur (Fontana vd., 2024).

Farklılaştırılmış öğretim kapsamında öğretmenler, istem teknolojisini farklı yetenek seviyelerindeki öğrencilere uygun içerikler hazırlamak için kullanabilirler. Bu süreçte öğretmenler, öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarını karşılayan kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri oluşturabilirler (ElSayary vd., 2025).

6. UYGULAMA ALANLARI VE ÖRNEK İSTEMLER

Eğitimde istem uygulamaları, farklı disiplinlerde çeşitli şekillerde kullanılabilir. Her alan, kendi özel ihtiyaçları ve pedagojik yaklaşımları doğrultusunda spesifik istem türleri geliştirebilir.

6.1. Matematik

Matematik eğitiminde istemler, problem çözme becerilerini geliştirmek, matematiksel düşünmeyi teşvik etmek ve kavramsal anlamayı derinleştirmek amacıyla kullanılır (Shridhar vd., 2022; Imani vd., 2023; Srivastava ve Gandhi, 2024).

RTF Şablonu Örneği

Rol: Sen deneyimli bir ortaokul matematik öğretmenisin.

Task (Görev): 8. sınıf öğrencilerine “Eşitsizlikler” konusunu kavratacak interaktif bir ders etkinliği planla.

Format: Etkinliği adım adım açıklayan bir ders akış planı ve öğrenci etkinlikleri listesi formatında ver.

Pedagojik Gerekçe: RTF şablonu, öğretmen rolünü, görev tanımını ve çıktı formatını netleştirerek öğretim hedeflerine ulaşılmasını kolaylaştırır.

CTF Şablonu Örneği

Bağlam (Context): Bir matematik sınıfında öğrenciler, cebirsel ifadeleri modellemekte zorlanıyor.

Görev (Task): Cebirsel ifadeleri anlamaya yönelik yapılandırılmış alıştırmalar hazırla.

Biçim (Format): Alıştırmaları madde madde açıkla; her birine örnek çözüm ekle.

Pedagojik Gerekçe: CTF, öğrenci zorluklarını dikkate alarak bağlam sağlar ve yapılandırılmış görevlerle kavramsal anlamayı destekler.

6.2. Fen Bilimleri

Fen eğitiminde istemler; bilimsel düşünmeyi teşvik etmek, deney tasarımını desteklemek ve fen kavramlarını günlük yaşamla ilişkilendirmek amacıyla kullanılır (Peikos ve Stavrou, 2025).

CARE Şablonu Örneği

Bağlam (Context): 10. sınıf öğrencilerine "Karbon Döngüsü"nü öğretmek istiyorsun.

Eylem (Action): Günlük yaşamla ilişkilendirilmiş bir senaryo tasarla.

Sonuç (Result): Öğrencilere, karbon döngüsünün ekolojik sistemdeki etkisini açıklayabilsin.

Örnek (Example): "Bir otomobil üretim sürecinde ortaya çıkan karbon salınımını takip eden bir hikâye yaz."

Pedagojik Gerekçe: CARE, öğrencilere hem bilişsel hem duyuşsal olarak bağ kurabilecekleri somut bağlamlar ve örnekler sunar.

TAG Şablonu Örneği

Görev (Task): Asit ve bazları öğret.

Eylem (Action): Evde yapılabilecek basit deneyler tasarla.

Hedef (Goal): Öğrencilerin günlük yaşamda karşılaştıkları maddeleri sınıflandırabilmesi.

Pedagojik Gerekçe: TAG, sonuç odaklıdır; deney ve gözlem yoluyla öğrenmeyi amaçlar.

6.3. Sosyal Bilimler

Sosyal bilimler eğitiminde istemler, eleştirel düşünmeyi geliştirmek, farklı perspektifleri anlama ve toplumsal sorunları analiz etme becerilerini desteklemek amacıyla kullanılır.

CTF Şablonu Örneği

Bağlam (Context): Lise öğrencilerine "Sanayi Devrimi"ni toplumsal etkileriyle anlatmak istiyorsun.

Görev (Task): Birinci ve üçüncü sınıf bakış açılarını içeren kısa bir diyalog yaz.

Biçim (Format): Diyalog biçiminde, her karakterin 3 repliği olacak şekilde yaz.

Pedagojik Gerekçe: CTF, empati ve çoklu perspektif gelişimini teşvik eder; yapılandırılmış görev ve format, hedeflenen becerilere hizmet eder.

BAB Şablonu Örneği

Önce (Before): Öğrenciler endüstriyel dönüşümlerin neden-sonuç ilişkisini kurmakta zorlanıyor.

Sonra (After): Öğrenciler tarihî olayları toplumsal etkileriyle birlikte yorumlayabilsin.

Köprü (Bridge): Sanayi Devrimi öncesi ve sonrası yaşam koşullarını karşılaştıran bir analiz posteri hazırlat.

Pedagojik Gerekçe: BAB, dönüşüm temelli düşünmeyi geliştirir; tarihsel bilinç ve analitik yetenekleri destekler.

6.4. Dil Eğitimi

Dil eğitiminde istemler; dil becerilerini geliştirmek, yaratıcı yazımı teşvik etmek ve kültürler arası anlayışı desteklemek amacıyla kullanılır (Han vd., 2023).

RTF Şablonu Örneği

Rol (Role): Sen ileri düzey İngilizce eğitimi veren bir öğretmensin.

Görev (Task): Öğrencilerine yaratıcı yazma becerilerini geliştirecek bir hikâye yazım etkinliği hazırla.

Biçim (Format): Talimatları ve örnek başlangıç cümlesiyle birlikte sun.

Pedagojik Gerekçe: RTF, görev talimatlarını yapılandırarak yaratıcı süreçleri yönlendirir ve öğrencilerin yazma sürecini başlatmasına yardımcı olur.

TAG Şablonu Örneği

Görev (Task): Öğrencilerin farklı metin türlerini tanımasını sağla.

Eylem (Action): Gazete yazısı, blog ve hikâye metinlerini karşılaştırmalı olarak okut.

Hedef (Goal): Metin türlerinin biçimsel ve işlevsel farklarını analiz edebilsinler.

Pedagojik Gerekçe: TAG, açık görev-eylem-hedef üçlüsüyle metin inceleme süreçlerini hedef odaklı hâle getirir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde, yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarında etkili istem tasarımının eğitsel etkileri çok yönlü biçimde ele alınmıştır. Literatürdeki kuramsal yaklaşımlar, özgün örneklerle desteklenmiş uygulamalar ve şablon temelli sistematik yapılar ışığında, istem tasarımının eğitimdeki yeri, önemi ve potansiyeli bütüncül bir şekilde değerlendirilmiştir. İstem tasarımı yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda pedagojik bir beceri olarak da ele alınmalı hem eğitimcilerin hem öğrencilerin bu alanda yetkinlik kazanmaları sağlanmalıdır (Sidorkin, 2025; Lo, 2023).

Ana Bulguların Özeti

Etkili istem tasarımının pedagojik süreçlerdeki etkisi çok yönlüdür. Hem öğretmenlerin öğretimi kişiselleştirme becerilerini artırmakta hem de öğrencilerin bilişsel derinliğini desteklemektedir.

- İyi yapılandırılmış istemler, öğrencilerin yaratıcılık, problem çözme ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirmektedir (Ashour, 2025; Choi, 2025).
- Öğretmenler, istemleri ders planlamasında, değerlendirmede ve içerik üretiminde stratejik araçlar olarak kullanabilmektedir (Heston, 2023; Sun, 2024).
- Öğrenciler, istemleri akademik yazma, proje yürütme ve öğrenme desteği gibi pek çok alanda etkin biçimde kullanmaktadır (Baidoo-Anu & Ansah, 2023).
- Şablon temelli tasarımlar (RTF, CTF, TAG, CARE) tutarlılık ve pedagojik uygunluk açısından verimli sonuçlar sunmaktadır (Čavojský vd., 2023; Griffin, 2023).
- Netlik, bağlam, rol, adım adım rehberlik, çıktı formatı ve örnekleme ilkeleri, istem başarısını belirleyen temel bileşenlerdir (Törnberg, 2024; Liu vd., 2025).

Eğitimciler İçin Öneriler

Eğitimciler için istem tasarımı hem dijital pedagojinin hem de öğrenme analitiğinin temel bir bileşeni hâline gelmiştir. Bu becerinin sistematik ve pedagojik olarak yapılandırılması, öğretim süreçlerinin niteliğini artıracaktır. Bu bağlamda, literatürdeki güncel yaklaşımlar ışığında şu adımlar önerilmektedir:

- **Pedagojik Entegrasyon:** İstem mühendisliği teknik bir beceri olmaktan çıkarılıp öğretmenlerin soru sorma stratejileriyle bütünleştirilmelidir. Öğretmenler, bu beceriyi ders planlarının bir parçası olarak görmeli ve öğretimsel hedeflere ulaşmak için bir araç olarak konumlandırmalıdır (Peikos ve Stavrou, 2025; Sun, 2024).
- **Şablonların Standartlaştırılması:** Bölüm içinde detaylandırılan RTF ve CTF gibi yapılandırılmış şablonlar, zümre öğretmenleri arasında ortak bir dil oluşturmak amacıyla standart birer çalışma protokolü olarak benimsenmelidir. Bu sayede materyal üretiminde tutarlılık ve hız sağlanabilir (Čavojský vd., 2023).
- **Süreç Odaklı Değerlendirme:** Öğrencilerin yapay zekâ ile etkileşimleri değerlendirilirken sadece nihai çıktıya değil, istem geçmişine (*prompt history*) de odaklanılmalıdır. Öğrencinin cevabı nasıl

geliştirdiği ve sorguladığı, analitik düşünme becerisinin bir göstergesi olarak değerlendirme rubriklerine eklenmelidir (Jacobsen ve Weber, 2025).

- **Kişiselleştirilmiş Materyal Üretimi:** Farklı öğrenme hızlarına sahip sınıflarda, yapay zekâ istemleri kullanılarak aynı içeriğin farklı zorluk seviyelerindeki varyasyonları (iskelesi kurulmuş metinler) hızlıca üretilmeli ve kapsayıcı eğitim desteklenmelidir (ElSayary vd., 2025).

Öğrenciler İçin Öneriler

Öğrencilerin istem tasarım becerisi kazanması, sadece yapay zekâyı kullanmakla kalmayıp onu anlamlandırarak öğrenmelerini derinleştirmelerini sağlar. Bu beceri, öz düzenleme ve dijital düşünme açısından kritik bir araçtır (Sidorkin, 2025). Öğrencilere yönelik öneriler şunlardır:

- **Diyalog Temelli Öğrenme:** Öğrenciler, tek seferde cevap alıp çıkmak yerine, "zincirleme düşünme" (*chain-of-thought*) yaklaşımıyla yapay zekâyı bir tartışma arkadaşı veya Sokratik bir rakip olarak kullanmaya teşvik edilmelidir. Bu, konuyu derinlemesine kavramalarını sağlar (Tilak vd., 2025; Zhang vd., 2024).
- **Eleştirel Doğrulama (Fact-Checking):** Etkili bir istem yazmak kadar, gelen cevabı doğrulamak da sürecin bir parçasıdır. Öğrenciler, yapay zekâ çıktılarındaki olası halüsinasyonları tespit etmek ve belirsizlikleri yönetmek için çapraz sorgulama yapma alışkanlığı kazanmalıdır (Walter, 2024).
- **Bilişsel Yükü Yönetme:** Proje ve ödev süreçlerinde öğrenciler, istem mühendisliğini sadece içerik ürettirmek için değil; karmaşık bilgileri özetlemek, yapılandırmak ve organize etmek amacıyla kullanarak bilişsel yüklerini hafifletmelidir (Usher ve Amzalag, 2025).

Araştırmacılar İçin İstem Önerileri

İstem tasarımı bir araştırma alanı hâline gelmiş ve eğitsel etkililiği çeşitli açılardan incelenmeye başlanmıştır. Alanda yapılacak nitelikli çalışmalar, öğretim teknolojilerine dair daha sağlam çıkarımlar yapılmasını sağlayacaktır. Gelecek araştırmalar için şunlar önerilebilir:

- **Boylamsal Etki Analizi:** İstem mühendisliği eğitiminin öğrencilerin problem çözme ve yaratıcılık becerileri üzerindeki etkisi, kısa

süreli deneysel çalışmalar yerine, bir akademik dönemi kapsayan uzun vadeli (boylamsal) çalışmalarla incelenmelidir (Chen vd., 2024).

- **İstem Kalitesi ve Başarı İlişkisi:** Hangi istem türünün (örneğin; rol yapma vs. analitik istemler) hangi disiplinlerde (örneğin; fen bilimleri vs. sosyal bilimler) daha yüksek akademik başarı sağladığını ortaya koyan karşılaştırmalı analizlere ihtiyaç duyulmaktadır (Lo, 2023).
- **Kültürel ve Dilsel Adaptasyon:** Literatürde yaygın olan İngilizce temelli şablonların Türkçenin dil yapısına ve Türk eğitim sisteminin müfredat mantığına uygunluğu test edilmeli; yerel bağlama özgü yeni istem modelleri geliştirilmelidir.
- **İnsan-Yapay Zekâ İş Birliği Modelleri:** Tamamen otomatize süreçler yerine, öğretmenin döngüde kaldığı (*human-in-the-loop*) en verimli iş birliği modellerini tanımlayan durum çalışmaları yapılmalıdır (Mollick ve Mollick, 2023).

İstem Tasarımının Eğitimdeki Önemi Üzerine Genel Değerlendirme

Eğitimde istem tasarımı, yalnızca yapay zekâ araçlarıyla teknik bir etkileşim kurma süreci değil; aynı zamanda öğretimsel süreçlerin yeniden yapılandırılmasını sağlayan stratejik bir dijital pedagoji yetkinliğidir. Bu çalışmada ortaya konulan bulgular, istem mühendisliğinin "doğru soruyu sorma" sanatını teknolojik bir zemine taşıdığını ve bu becerinin, öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerini (eleştirel, yaratıcı ve analitik) tetikleyen bir kaldıraç görevi gördüğünü göstermektedir (Otero vd., 2024; Sidorkin, 2025).

Geleneksel eğitimdeki "bilgi aktarımı" odaklı yaklaşım, istem tasarımı sayesinde "bilgi inşası ve sorgulama" odaklı bir yapıya evrilmektedir. Artık öğretmenin rolü, sadece içeriği sunmak değil; yapay zekânın sunduğu geniş bilgi havuzunu öğrencinin ihtiyacına göre filtreleyecek, şekillendirecek ve kişiselleştirecek didaktik mimarlığı üstlenmektir. Dolayısıyla etkili bir istem, teknik bir komut satırı olmanın ötesinde, öğrenme hedeflerine ulaşmak için kurgulanmış bir öğretim planıdır. Sonuç olarak, yapay zekâ des-

tekli eğitimin başarısı, teknolojinin gelişmişliğinden ziyade, eğitimcilerin ve öğrencilerin bu teknolojiyi yönlendiren istemleri ne kadar bilinçli, amaç odaklı ve pedagojik bir derinlikle tasarladıklarına bağlı olacaktır. Didaktik yönü güçlü istemler, yapay zekâ ile gerçekleştirilen öğrenme deneyimlerini yüzeysel bir bilgi alışverişinden kurtarıp derinlikli, anlamlı ve sürdürülebilir bir öğrenme yolculuğuna dönüştürecektir.

KAYNAKLAR

Alemanno, A., Carmone, M., & Priore, L. (2025). Prompting for healthcare professionals: Enhancing clinical decision-making with artificial intelligence. *Infermieristica Journal*, *4*(1), 33-39. https://doi.org/10.36253/if-3198

Amatriain, X. (2024). *Prompt design and engineering: Introduction and advanced methods*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.14423

Ashour, H. A. (2025). Promoting student learning activities leveraging generative AI chatbots: A competency-based guided approach. *Journal of Computer Sciences and Informatics*, *2*(1), 34-34. https://doi.org/10.5455/JCSI.20241014121654

Baidoo-Anu, D., & Ansah, L. O. (2023). Education in the era of generative artificial intelligence (AI): Understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning. *Journal of AI*, *7*(1), 52-62. https://doi.org/10.61969/jai.1337500

Bassner, P., Frankford, E., & Krusche, S. (2024). Iris: An AI-driven virtual tutor for computer science education. In *Proceedings of the 2024 on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1* (pp. 394-400). ACM. https://doi.org/10.1145/3649217.3653543

Bowen, N. E., & Todd, R. W. (2025). Enhancing ChatGPT-based writing research through effective prompt use. *Teaching English with Technology*, *25*(1). https://doi.org/10.56297/vaca6841/OZFH1876/SFKW4394

Brown, T., Mann, B., Ryder, N., Subbiah, M., Kaplan, J., Dhariwal, P., ... & Amodei, D. (2020). Language models are few-shot learners. *Advances in Neural Information Processing Systems*, *33*, 1877-1901. https://doi.org/10.48550/arXiv.2005.14165

Čavojský, M., Bugár, G., Kormaník, T., & Hasin, M. (2023, October). Exploring the capabilities and possible applications of large language models for education. In *2023 21st International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)* (pp. 91-98). IEEE. https://doi.org/10.1109/ICETA61311.2023.10344166

Cesur, T., & Güneş, Y. C. (2024). Optimizing diagnostic performance of ChatGPT: The impact of prompt engineering on thoracic radiology cases. *Cureus*, *16*(5). http://doi.org/10.7759/cureus.60009

Chen, E., Wang, D., Xu, L., Cao, C., Fang, X., & Lin, J. (2024). *A systematic review on prompt engineering in large language models for K-12 STEM education*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.11123

Choi, Y. H. (2025). A study on the development of a prompt-based instructional model grounded in question literacy: Focusing on strategies for utilizing generative AI in junior college design education. *Design Research*, *10*(2), 800-809. https://doi.org/10.46248/kidrs.2025.2.800

Dong, Q., Li, L., Dai, D., Zheng, C., Ma, J., Li, R., ... & Sui, Z. (2022). *A survey on in-context learning*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2301.00234

EasyAIBeginner. (2023). *B.A.B. framework for ChatGPT: The ultimate prompt formula*. https://easyaibeginner.com/bab-framework-for-chatgpt/

ElSayary, A., Kuhail, M. A., & Hojeij, Z. (2025). Examining the role of prompt engineering in utilizing generative AI tools for lesson planning: Insights from teachers' experiences and perceptions. *Human Behavior and Emerging Technologies*, *2025*(1), 9986139. https://doi.org/10.1155/hbe2/9986139

Fontana, A., Sinatti, G., Cicchinelli, S., Santini, S., Caputo, V., Letteri, I., ... & Balsano, C. (2024, November). Automatic generation of learning material for residential students in ED: Prompt engineering and evaluation. In *2024 21st International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)* (pp. 1-8). IEEE. https://doi.org/10.1109/ITHET61869.2024.10837651

Griffin, D. (2023). *AI quick tips #120: The prompt framework T.A.G. (Task, Action, Goal)*. Thoughts Brewing. https://thoughtsbrewing.com/blog/ai-quick-tips-120-prompt-framework-t.a.g

Gu, J., Han, Z., Chen, S., Beirami, A., He, B., Zhang, G., ... & Torr, P. (2023). *A systematic survey of prompt engineering on vision-language foundation models*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.12980

Han, J., Yoo, H., Kim, Y., Myung, J., Kim, M., Lim, H., ... & Oh, A. (2023, July). RECIPE: How to integrate ChatGPT into EFL writing education. In *Proceedings of the Tenth ACM Conference on Learning @ Scale* (pp. 416-420). ACM. https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.11583

Heston, T. F. (2023). *Prompt engineering for students of medicine and their teachers*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2308.11628

Heston, T. F., & Khun, C. (2023). Prompt engineering in medical education. *International Medical Education*, *2*(3), 198-205. https://doi.org/10.3390/ime2030019

Hutson, J., & Cotroneo, P. (2023). Generative AI tools in art education: Exploring prompt engineering and iterative processes for enhanced creativity. *Metaverse*, *4*(1). https://doi.org/10.54517/m.v4i1.2164

Hydren, J. R., Brown, A. C., Capdevila, J. P., Ahlstrom, J. M., Flores Quiroz, F., & Hurtado Martínez, J. A. (2025). Stepwise AI prompting for multiple myeloma imaging classification. *Journal of Clinical Oncology*, *43*(16_suppl), e13707. https://doi.org/10.1200/JCO.2025.43.16_suppl.e13707

Imani, S., Du, L., & Shrivastava, H. (2023). *MathPrompter: Mathematical reasoning using large language models*. arXiv. https://doi.org/10.18653/v1/2023.acl-industry.4

Jacobsen, L. J., & Weber, K. E. (2025). The promises and pitfalls of large language models as feedback providers: A study of prompt engineering and the quality of AI-driven feedback. *AI*, *6*(2), 35. https://doi.org/10.3390/ai6020035

Jia, L., Qi, C., Wei, Y., Sun, H., & Yang, X. (2025). *Fine-tuning large language models for educational support: Leveraging Gagne's nine events of instruction for lesson planning*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2503.09276

Kim, D. (2025). An exploratory study on competency development effects of generative AI prompt engineering education. Journal of Core Competency Education Research, 10(1), 79-102. https://doi.org/10.52616/JCCER.2025.10.1.79

Kuusemets, L., Parve, K., Ain, K., & Kraav, T. (2024). Assessing AI-generated (GPT-4) versus human created MCQs in mathematics education: A comparative inquiry into vector topics. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, *12*(6), 1538-1558. https://doi.org/10.46328/ijemst.4440

Kuzminykh, I., Nawaz, T., Shenzhang, S., Ghita, B., Raphael, J., & Xiao, H. (2024). *Personalised feedback framework for online education programmes using generative AI*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2410.11904

Lee, J., & Suh, S. (2024). AI technology integrated education model for empowering fashion design ideation. *Sustainability*, *16*(17), 7262. https://doi.org/10.3390/su16177262

Liu, H., & Wang, Y. (2023). *Towards informative few-shot prompt with maximum information gain for in-context learning*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.08923

Liu, Y., Xu, J., Zhang, L. L., Chen, Q., Feng, X., Chen, Y., ... & Cheng, P. (2025). *Beyond prompt content: Enhancing LLM performance via content-format integrated prompt optimization*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.04295

Lo, L. S. (2023). The art and science of prompt engineering: A new literacy in the information age. *Internet Reference Services Quarterly*, *27*(4), 203–210. https://doi.org/10.1080/10875301.2023.2227621

Loem, M., Kaneko, M., Takase, S., & Okazaki, N. (2023). *Exploring effectiveness of GPT-3 in grammatical error correction: A study on performance and controllability in prompt-based methods*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2305.18156

Luhach, S. (2024, September). An exploratory study of AI assisted feedback and formative assessment of writing skills. In *2024 International Conference on Artificial Intelligence and Emerging Technology (Global AI Summit)* (pp. 1277-1281). IEEE. https://doi.org/10.1109/GlobalAISummit62156.2024.10947841

Maaz, S., Palaganas, J. C., Palaganas, G., & Bajwa, M. (2025). A guide to prompt design: Foundations and applications for healthcare simulationists. *Frontiers in Medicine*, *11*, 1504532. https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1504532

Malhotra, A., Buller, M., Modi, K., Pajazetovic, K., & Wijesinghe, D. S. (2025). Blueprint for constructing an AI-based patient simulation to enhance the integration of foundational and clinical sciences in didactic immunology in a US Doctor of Pharmacy program: A step-by-step prompt engineering and coding toolkit. *Pharmacy*, *13*(2), 36. https://doi.org/10.3390/pharmacy13020036

Masrurah, E. (2025). The effect of problem oriented project based learning (POPBL) model assisted by artificial intelligence (AI) on creative thinking skills and collaboration skills of MA students. *BIOEDUKASI: Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, *23*(2), 143-155.

Mollick, E., & Mollick, L. (2023). *Assigning AI: Seven approaches for students, with prompts*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2306.10052

Moran, K. (2023, September 17). *Careful prompting for generative AI: 3 guidelines*. Nielsen Norman Group. https://www.nngroup.com/articles/careful-prompts/

Ng, C., & Fung, Y. (2024). *Educational personalized learning path planning with large language models*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2407.11773

Nicula, B., Dascalu, M., Arner, T., Balyan, R., & McNamara, D. S. (2023). Automated assessment of comprehension strategies from self-explanations using LLMs. *Information*, *14*(10), 567. https://doi.org/10.3390/info14100567

Otero, C. F. A., Pineda, C. L., García, J. C. G., Jerez, A. D. R., & Barreto, M. L. T. (2024). Design and implementation of a game-based activity to promote learning of prompt engineering. *Gamification and Augmented Reality*, *2*, 75. https://doi.org/10.56294/gr2024.75

Patil, R., Heston, T. F., & Bhuse, V. (2024). Prompt engineering in healthcare. *Electronics*, *13*(15), 2961. https://doi.org/10.3390/electronics13152961

Peikos, G., & Stavrou, D. (2025). ChatGPT for science lesson planning: An exploratory study based on pedagogical content knowledge. *Education Sciences*, *15*(3), 338. https://doi.org/10.3390/educsci15030338

Peng, B., Wang, X., & Xu, L. (2024, September). "TILSE" framework for RAG-based AIGC feedback prompts: A modular and personalized intelligent feedback generation method. In *Proceedings of the 2024 International Symposium on Artificial Intelligence for Education* (pp. 398-403). ACM. https://doi.org/10.1145/3700297.3700365

Powell, W., & Courchesne, S. (2024). Opportunities and risks involved in using ChatGPT to create first grade science lesson plans. *PLOS ONE*, *19*(6), e0305337. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0305337

Ramnath, K., Zhou, K., Guan, S., Mishra, S. S., Qi, X., Shen, Z., ... & Cheong, L. L. (2025). *A systematic survey of automatic prompt optimization techniques*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2502.16923

Schulhoff, S., Ilie, M., Balepur, N., Kahadze, K., Liu, A., Si, C., ... & Resnik, P. (2024). *The prompt report: A systematic survey of prompt engineering techniques*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.06608

Shridhar, K., Macina, J., El-Assady, M., Sinha, T., Kapur, M., & Sachan, M. (2022). *Automatic generation of Socratic subquestions for teaching math word problems*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.12835

Sidorkin, A. M. (2025). *AI integration blueprint: Transforming higher education for the age of inte*lligence. AI-EDU Arxiv. https://doi.org/10.36851/ai-edu.vi.5126

Srivastava, S. S., & Gandhi, A. (2024). *MathDivide: Improved mathematical reasoning by large language models*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.13004

Stamper, J., Xiao, R., & Hou, X. (2024, July). Enhancing LLM-based feedback: Insights from intelligent tutoring systems and the learning sciences. In *International Conference on Artificial Intelligence in Education* (pp. 32-43). Cham: Springer Nature Switzerland. https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.04645

Sun, G. H. (2024). Prompt engineering for nurse educators. *Nurse Educator*, *49*(6), 293-299. https://doi.org/10.1097/nne.0000000000001705

Tilak, S., Brown, B., Madanyan, H., Washington, G., Collier, J., Ragnedda, R., ... & Kennedy, K. F. (2025). AI as a Socratic opponent: Comparative network analyses from a college psychology course. *Journal of Sociocybernetics*, *20*(1), 41-68. https://doi.org/10.26754/ojs_jos/jos.2025111783

Toney-Wails, A., Schoeberl, C., & Dunham, J. (2024). AI on AI: Exploring the utility of GPT as an expert annotator of AI publications. *arXiv preprint arXiv:2403.09097*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2403.09097

Törnberg, P. (2024). *Best practices for text annotation with large language models*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.05129

Usher, M., & Amzalag, M. (2025). From prompt to polished: Exploring student–chatbot interactions for academic writing assistance. *Education Sciences*, *15*(3), 329. https://doi.org/10.3390/educsci15030329

Viswanathan, P. (2025). Prompt engineering for conversational AI systems: A systematic review of techniques and applications. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*. https://doi.org/10.32628/cseit25111276

Walter, Y. (2024). Embracing the future of artificial intelligence in the classroom: The relevance of AI literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 21*(1), 1-17. https://doi.org/10.1186/s41239-024-00448-3

You, Y., & Zhang, Y. (2025). Developing AI literacies and negotiating professional identities: A study of pre-service English teachers in a ChatGPT-facilitated pedagogy. *Journal of China Computer-Assisted Language Learning*. https://doi.org/10.1515/jccall-2025-0007

Zhang, L., Lin, J., Kuang, Z., Xu, S., & Hu, X. (2024). *SPL: A Socratic playground for learning powered by large language model*. arXiv. https://doi.org/10.48550/arXiv.2406.13919

YAZAR VE EDİTÖR BİYOGRAFİLERİ

EDİTÖRLER

Dr. Şahin Bayzan
Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
E-posta: sahin.bayzan@btk.gov.tr

Dr. Şahin Bayzan, 2000–2008 yılları arasında Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde akademik görev yapmıştır. Şubat 2008'den bu yana Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunda (BTK) bilişim uzmanı olarak görev yapmakta, aynı zamanda Güvenli İnternet Merkezi Koordinatörlüğünü yürütmektedir. Lisans eğitimini Yakın Doğu Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde, yüksek lisansını Pamukkale Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği alanında, doktorasını ise Kocaeli Üniversitesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi alanında tamamlamıştır. Ayrıca Kırıkkale Üniversitesi Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi ile Gazi Üniversitesi Spor Yöneticiliği bölümlerinden lisans, Ankara Üniversitesi Adalet Meslek Yüksekokulundan ise ön lisans derecesine sahiptir. Hâlen Ankara Sosyal Bilimler Üniversitesinde Bilişim ve Teknoloji Hukuku alanında yüksek lisans, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Sosyoloji Bölümünde ise lisans eğitimine devam etmektedir. Akademik ve mesleki çalışmalarını dijital okuryazarlık, dijital vatandaşlık, medya okuryazarlığı, bilgi okuryazarlığı, yapay zekâ ve yapay zekâ okuryazarlığı; güvenli internet, internet güvenliği, bilgi güvenliği, dijital güvenlik ve siber güvenlik; bilişim suçları ve bilişim hukuku; siber zorbalık, dijital şiddet, dijital mahremiyet, çevrimiçi gizlilik ve dijital sağlık; sosyal medya, sosyal ağlar, dijital oyunlar, dijital oyun bağımlılığı, davranışsal bağımlılıklar ve dijital ebeveynlik alanlarında sürdürmektedir. İnternetin bilinçli, güvenli ve etkin kullanımına yönelik olarak Türkiye genelinde 500'ün üzerinde eğitim ve farkındalık semineri gerçekleştirmiştir. Çocukların, gençlerin, ebeveynlerin, eğitimcilerin ve farklı toplum kesimlerinin dijital ortamları daha bilinçli ve güvenli kullanmalarına yönelik çok sayıda eğitim, farkındalık ve bilinçlendirme çalışmasında görev almıştır. Türkiye'de güvenli internet alanındaki politika, hizmet ve kurumsal yapıların geliştirilmesine yönelik çalışmalarda uzun yıllardır görev alan Bayzan, 2011 yılında hizmete sunulan Güvenli

İnternet Hizmetinin oluşturulması ve geliştirilmesi süreçlerinde koordinatör olarak görev yapmış; Türkiye Güvenli İnternet Merkezinin kurulması ve geliştirilmesine katkı sağlamıştır. Yürüttüğü eğitim, farkındalık ve kurumsal çalışmalarla güvenli internet kültürünün Türkiye'de yaygınlaşmasına önemli katkılarda bulunmuştur. Bayzan, mesleki çalışmalarının yanı sıra akademik faaliyetlerini de sürdürmekte ve Gazi Üniversitesinde misafir öğretim üyesi olarak ders vermektedir.

Dr. Abdulkerim Gün

Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
E-posta: abdulkerim.gun@btk.gov.tr

Abdulkerim Gün, İstanbul Üniversitesi İşletme Bölümü mezunudur. Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri yüksek lisansını bankacılık sektöründe iş doyumu üzerine, doktora derecesini ise kamuda istihdam edilen engellilerin yaşam memnuniyeti üzerine yaptığı çalışmalarla tamamlamıştır. Sosyal politika, dezavantajlı gruplar, dijital bağımlılık, çevrim içi mahremiyet, internet güvenliği ve dijital oyunlar alanlarında akademik çalışmalar yürütmektedir. Hâlen Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumunda Kurum Başkan Yardımcısı olarak görev yapmakta; Gazi Üniversitesinde misafir öğretim üyesi olarak çalışma yaşamı ve insan kaynakları yönetimi dersini vermektedir.

Prof. Dr. Halil İbrahim Bülbül

Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü
E-posta: bhalil@gazi.edu.tr

Halil İbrahim Bülbül, Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi BÖTE Bölümü öğretim üyesidir. Araştırmaları bilişim sistemleri, eğitim teknolojileri, e-öğrenme, uzaktan eğitim, eğitim yazılımı tasarımı, makine öğrenmesi, veri madenciliği, bilgi güvenliği, siber güvenlik ve yenilenebilir enerji sistemleri gibi alanlara odaklanmaktadır. Bu konularda çok sayıda kitap, makale ve ulusal/uluslararası konferans deneyimine sahiptir. Devlet ve özel sektör destekli birçok projeyi yürütmüş; TÜBİTAK, Sanayi Bakanlığı, KOSGEB ve Ulusal Ajans gibi kurumlarda hakemlik ve panel üyelikleri yapmaktadır. Hâlen Gazi Üniversitesinde öğretim üyesi, YÖK Uzaktan Eğitim Komisyonu üyesi ve Hoca Ahmet Yesevi Üniversitesi TÜRTEP Başkanı'dır.

YAZARLAR

Doç. Dr. Ayşe Asiltürk

Trabzon Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü
E-Posta: ayseasilturk@trabzon.edu.tr

Ayşe Asiltürk, lisans, yüksek lisans ve doktora eğitimlerini Selçuk Üniversitesi İşletme alanında tamamlamıştır. Devlet ve vakıf üniversitelerinde görev yaptıktan sonra 2021'den bu yana Trabzon Üniversitesi Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümünde öğretim üyesidir. Yönetim ve organizasyon, insan kaynakları, örgütsel davranış, teknolojik girişimcilik ve dijital dönüşüm alanlarında dersler yürütmektedir. Çeşitli sektörlerde 16 tez yönetmiş olup araştırmaları 2018'den bu yana işletmelerde dijital dönüşüm, dijital iş modelleri ve Endüstri 4.0 bağlamında insan kaynakları yönetiminin geliştirilmesine odaklanmaktadır.

Doç. Dr. Faruk Dursun

Sakarya Üniversitesi-İşletme Fakültesi Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü
E-posta: farukdursun@sakarya.edu.tr

Faruk Dursun Sakarya Üniversitesi İşletme Fakültesi Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümünde görev yapmaktadır. Doktorası İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Enformatik Bölümündendir. Lisans düzeyinde nesneye dayalı modelleme ve programlama, veritabanı yönetim sistemleri, siber güvenlik, web madenciliği, yönetim bilişim sistemleri derslerini yürütmektedir. Yüksek lisans düzeyinde ise işletmelerde veri güvenliği, e-ticaret ve bulut bilişim derslerini yürütmektedir. Grafik tasarımda yapay zekâ, siber hijyen, yeşil bilişim, dijital kaynakların tipografik incelemeleri, siber aylaklık gibi farklı konularda uluslararası makaleleri bulunmaktadır. Ayrıca ulusal ve uluslararası bildirilerinin yanı sıra uluslararası yayınevleri tarafından yayımlanan editör olduğu kitaplar ve kitap bölümleri de bulunmaktadır.

Dr. Öğr. Üyesi Volkan Davut Mengi

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi İletişim Fakültesi Çizgi Film ve Animasyon Bölümü
E-posta: volkan.mengi@msgsu.edu.tr

Lisansını "University for the Creative Arts"ta Grafik Tasarım alanında, yüksek lisansını "London Metropolitan University"de Digital Film and Animation programında tamamladı. İngiltere'de klasik gitar cemiyetlerinde yer alarak yarışmalarda derece aldı ve Sir John Cass School of Art'ta gitar yapımı eğitimi gördü. İspanya ve Polonya'da animasyon atölyeleri düzenledi.

Macar devlet bursuyla başladığı doktorasını Hungarian University of Fine Arts'ta bilgisayar oyunları üzerine tamamladı. Almanya, Avusturya, Çekya, İngiltere ve Macaristan'da sergilere katıldı. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Çizgi Film ve Animasyon Bölümünde öğretim üyesidir.

Dr. Öğretim Üyesi Orhon Can Dağtekin

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Finansal Bilimler Fakültesi Finans ve Bankacılık Bölümü
E-posta: d.orhon@hbv.edu.tr

Orhon Can Dağtekin, lisansını Bilkent Üniversitesi İktisat, yüksek lisansını "University of Essex"te Finans Mühendisliği ve Risk Yönetimi alanında tamamlamış; 2019'da Gazi Üniversitesinde makroekonomide güven ve kripto paralar üzerine doktora derecesi almıştır. 2012'de Gazi Üniversitesinde araştırma görevlisi olarak başlayan kariyerini, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Finans ve Bankacılık Bölümünde doktor öğretim üyesi olarak sürdürmektedir. Çalışmaları makro iktisat, davranışsal iktisat, dijitalleşme, blok zincir ve yapay zekânın ekonomik etkilerine odaklanmaktadır. Bu alanlarda seminerler vermekte; makro iktisat, bilişim teknolojileri ve kripto varlıklar üzerine dersler yürütmektedir.

Dr. Öğretim Üyesi Bilge Aslan Altan

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Eğitim Bilimleri Bölümü
E-posta: bilgeaslan@mu.edu.tr

Bilge Aslan Altan, Orta Doğu Teknik Üniversitesi İngiliz Dili Eğitimi Bölümünden lisans derecesini almış, yüksek lisans ve doktora eğitimini Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Programları ve Öğretim Ana Bilim Dalında tamamlamıştır. Hâlen aynı ana bilim dalında doktor öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Öğretmen yetiştirme, program geliştirme, öğretim teknolojileri ve dijital pedagojiler alanlarında akademik çalışmalar yürütmektedir. Ulusal ve uluslararası düzeyde çeşitli projelerde yer almış, yapay zekâ destekli öğrenme ortamları ve öğretmen eğitimi konularında yayınlar yapmıştır.

Doç. Dr. Güler Göçen Kabaran

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Bölümü
E-Posta: gulergocen@mu.edu.tr

Güler Göçen Kabaran, 1989 yılında Ankara'da doğmuştur. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara'da tamamlamıştır. Lisans eğitimini Gazi Üni-

versitesi Fizik Öğretmenliği programında tamamlamıştır. 2012 yılında Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesinde araştırma görevlisi olarak akademik kariyerine başlamış ve hâlen aynı üniversitede doçent doktor ünvanıyla görev yapmaktadır. Yüksek lisans ve doktora derecelerini Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Programları ve Öğretim Anabilim Dalında tamamlamıştır. Akademik ilgi alanları arasında program geliştirme ve değerlendirme, dijital öyküleme, dijital materyal tasarımı, hizmet içi eğitim, yapay zekâ destekli eğitim gibi konular yer almakta olup, bu konularda çeşitli ulusal ve uluslararası yayınları bulunmaktadır.

Prof. Dr. Evrim Genç Kumtepe

Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Açık ve Uzaktan Öğrenme Bölümü
E-Posta: egkumtepe@anadolu.edu.tr

Dr. Evrim Genç Kumtepe, Ankara Üniversitesi Ziraat Mühendisliği lisansının ardından devlet bursuyla gittiği Florida Eyalet Üniversitesinde Fen Bilgisi Eğitimi alanında yüksek lisans ve doktora, ayrıca Ölçme ve İstatistik Programında yan dal derecesi tamamlamıştır. 2006'dan bu yana Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Açık ve Uzaktan Öğrenme Bölümünde öğretim üyesi ve bölüm başkanıdır. Çalışmaları uzaktan fen eğitimi, sanal laboratuvar uygulamaları ve açık-uzaktan öğrenmede ölçme-değerlendirme alanlarında yoğunlaşmakta; bu konularda ulusal ve uluslararası yayınlar üretmektedir.

Öğr. Gör. Halis Aykut Coşgun

Yozgat Bozok Üniversitesi İstatistik Bölümü
E-Posta: h.aykut.cosgun@bozok.edu.tr

Halis Aykut Coşgun, 2011'de Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Matematik lisansını, 2015'te Erciyes Üniversitesi Matematik yüksek lisansını tamamlamıştır. 2020'den bu yana Anadolu Üniversitesi Uzaktan Eğitim Anabilim Dalında doktora çalışmalarını sürdürmektedir. 2020'de Yozgat Bozok Üniversitesi Bilgisayar Teknolojileri Bölümünde öğretim elemanı olarak göreve başlamış; 2025'te açılan İstatistik Bölümüne bölüm başkanı olarak atanmıştır. Üniversitede ilk kez öğrenci alacak Büyük Veri Analistliği Programını 2025–2026 dönemi için hazırlamıştır. İlgi alanları temel ve sosyal bilimler, bilgisayar bilimleri, veri bilimi ve bu disiplinlerin kesişimindeki multidisipliner çalışmalardır.

Bilim Uzmanı Kemal Faruk Bakır
Millî Eğitim Bakanlığı
E-Posta: kemalfarukbakir@gmail.com

Yazar, Gaziantep Üniversitesi Sınıf Öğretmenliği Programını 2020'de dereceyle tamamlamış, aynı yıl başladığı yüksek lisansını 2023'te tezini başarıyla savunarak tamamlamıştır. Lisansüstü sürecinde uluslararası geçerliliğe sahip yapay zekâ eğitimlerini tamamlayarak yapay zekâ uzmanı ünvanı almıştır. Eğitimde yapay zekâ odağında ulusal ve uluslararası yayınlar yapmakta, kamuoyuna yönelik eğitimler ve webinarlar düzenlemektedir. Oxford Üniversitesi Eğitim Fakültesi Yapay Zekâ Topluluğunun aktif üyesi olup BTK Akademide yapay zekânın sosyolojik boyutuna ilişkin eğitimler vermekte ve KamuYZ çatısı altındaki EğitimYZ çalışma grubuna liderlik etmektedir.

Dr. Öğretim Üyesi Yunus Özdemir
Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Bölümü, Öğretim Teknolojileri
E-posta: yunusozdemir@ibu.edu.tr

Yunus Özdemir, lisans ve yüksek lisans eğitimlerini Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi BÖTE Anabilim Dalında tamamlamış; artırılmış gerçeklik destekli mobil uygulamaların öğrencilerin uzamsal becerilerine etkisini inceleyen doktora tezini 2024'te tamamlamıştır. 2019–2025 arasında üniversitenin Uzaktan Eğitim Merkezinde öğretim görevlisi ve müdür yardımcısı olarak görev yapmış, Mart 2025 itibarıyla Eğitim Fakültesinde doktor öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Akademik ilgi alanları yapay zekâ, büyük dil modelleri, artırılmış/sanal gerçeklik, uzaktan eğitim, veri madenciliği ve dijital öğretim materyalleridir.

Öğr. Gör. Ali Batuhan Yıldız
Mersin Üniversitesi Mut Meslek Yüksekokulu Bilgisayar Programcılığı
E-posta: batuhanyildiz@mersin.edu.tr

Eğitim teknolojileri alanında uzmanlaşan yazar, lisans ve yüksek lisans eğitimini Mersin Üniversitesinde tamamlamıştır. TÜBİTAK ve Erasmus+ projelerinde yürütücü ve araştırmacı roller üstlenmiş; TEKNOFEST Eğitim Teknolojileri Yarışması'nda jüri ve değerlendirme kurulunda görev almıştır. Doğuş Üniversitesinde öğretim görevlisi olarak çeşitli dönemlerde görev yapmış olan yazar, hâlen Mersin Üniversitesi Mut Meslek Yüksekokulu Bil-

gisayar Programcılığı Programında akademik çalışmalarını sürdürmektedir. Araştırma alanları arasında eğitimde yapay zekâ, makine öğrenmesi tabanlı duygu analizi ve kuantum teknolojilerinin eğitim süreçlerine entegrasyonu bulunmaktadır.

Öğr. Gör. Sevinç Parlak

Doğuş Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Web Tasarımı ve Kodlama Programı
E-posta: sparlak@dogus.edu.tr

Sevinç Parlak; lisans eğitimini Marmara Üniversitesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümünde, yüksek lisans eğitimini ise Trabzon Üniversitesi Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümünde tamamlamıştır. Doğuş Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Web Tasarımı ve Kodlama Programında öğretim görevlisi olarak görev yapmaktadır. Eğitim teknolojileri, algoritma ve programlama, web tasarımı, kullanıcı deneyimi ve dijital medya alanlarında dersler vermekte; öğrencilerin dijital üretim becerilerini geliştirmeye yönelik projelerde aktif rol almaktadır. Teknoloji destekli öğretim süreçlerinin geliştirilmesi üzerine çalışmalar yürütmektedir.

Öğr. Gör. Dr. Özkan Özbay

Artvin Çoruh Üniversitesi Uzaktan Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezi
E-posta: ozkanozbay@artvin.edu.tr

Özkan Özbay, 2021'den bu yana Artvin Çoruh Üniversitesi Uzaktan Eğitim Uygulama ve Araştırma Merkezinde öğretim görevlisidir. Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi mezunu olup, 2015'te Başkent Üniversitesinde yüksek lisansını, 2024'te Hacettepe Üniversitesi BÖTE alanında doktorasını tamamlamıştır. Daha önce Jandarma Astsubay MYO (2011–2016) ve Jandarma ve Sahil Güvenlik Akademisinde (2016–2021) görev yapmıştır. Akademik ilgi alanları yapay zekâ, veri madenciliği, dijital eğitim ortamları, öğretim teknolojileri ve uzaktan eğitim uygulamalarıdır.

Dr. Sevim Yağız

Haliç Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı
E-posta: sevim.yagiz@halic.edu.tr

Sevim Yağız, lisans eğitimini Marmara Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinde tamamlamıştır. Doktora eğitimini İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tıp Tarihi ve Etik Doktora Programında "Oral ve transoral

robotik cerrahi müdahalelerde etik sorunlar: Bir gömülü teori araştırması" başlıklı tez çalışması ile tamamlamıştır. Dr. Yağız; hasta hakları, klinik etik, tıp hukuku, tıbbi cihaz ve klinik araştırma düzenlemeleri, tıp tarihi gibi alanlarda akademik çalışmalar yapmaktadır. Hâlen Haliç Üniversitesi Tıp Fakültesinde öğretim üyesi ve Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı Başkanı olarak görev yapmaktadır. Tıp tarihi ve etik, tıp hukuku, sağlık hukuku, klinik etik, hasta-hekim ilişkisi derslerini vermektedir.

Öğr. Gör. Dr. Yasemin Öztürk

Necmettin Erbakan Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü İlk ve Acil Yardım Programı
E-posta: ozturkyasemi_n@hotmail.com

Yasemin Öztürk, Ankara Üniversitesi Ebelik Bölümü mezunudur. Gazi Üniversitesinde Halk Sağlığı, Eskişehir Osmangazi Üniversitesinde Kadın Hastalıkları ve Doğum Hemşireliği alanlarında yüksek lisanslarını; 2023'te Ebelik Anabilim Dalında alt üriner sistem enfeksiyonlarına yönelik davranışsal eğilim ölçeği geliştirme konulu doktora tezini tamamlamıştır. 2008–2021 yıllarında Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesinde çeşitli kliniklerde ebe ve hemşire olarak görev yapmıştır; 2021'den bu yana Necmettin Erbakan Üniversitesi İlk ve Acil Yardım Programında öğretim görevlisidir. İlgi alanları ebelik, kadın sağlığı, halk sağlığı, jinekoloji, obstetri, yenidoğan, dijitalleşme, simülasyon ve yapay zekâ uygulamalarıdır.

Öğr. Gör. Dr. Yeliz Öztürk

Hitit Üniversitesi İskilip Meslek Yüksekokulu Tasarım Bölümü İç Mekân Tasarımı Programı
E-posta: yeliz1241@hotmail.com

Yeliz Öztürk, 2011'de Hacettepe Üniversitesi İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümünden mezun olmuş, 2014'te Gazi Üniversitesi Mobilya ve Dekorasyon Eğitiminde yüksek lisansını, 2025'te Ağaçişleri Endüstri Mühendisliği alanında doktorasını tamamlamıştır. 2015'ten bu yana Hitit Üniversitesi İskilip MYO İç Mekân Tasarımı Programında öğretim görevlisidir. Akademik ilgi alanları; iç mekân ve mobilya tasarımı, sürdürülebilirlik, bilgisayar destekli tasarım, ahşap yapı konstrüksiyonu, dijitalleşme ve yapay zekâ uygulamalarıdır. Bu alanlarda birçok yayını ve ulusal/uluslararası sergilerde eserleri bulunmaktadır.

Doç. Dr. Erkan Çalışkan
Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
E-Posta: erkancaliskan@ohu.edu.tr

Çalışkan, Ankara Üniversitesi BÖTE lisansının ardından aynı üniversitede Eğitim Teknolojisi alanında yüksek lisans ve doktora eğitimlerini tamamlamıştır. Çalışmaları teknoloji entegrasyonu, eğitim teknolojileri ve bilişim uygulamalarına odaklanmakta; bu alanlarda ulusal ve uluslararası yayınları ile yürüttüğü projeleri bulunmaktadır. ABD'de "Western Illinois University" (2014–2015) ve "University of Nebraska Omaha"da (2023–2024) misafir öğretim üyesi olarak görev yapmış; ayrıca Polonya ve Çekya'da Erasmus+ kapsamında ders verme faaliyetlerinde bulunmuştur. Öğrenme sistemlerini destekleyen teknolojik ürün ve yazılımlarla ilgilenmektedir.

Dr. Ceren Ersoy
Gazi Üniversitesi Eğitim Politikaları Uygulama ve Araştırma Merkezi (EPAR), Ankara, Türkiye
E-posta: cerenersoy@gazi.edu.tr

Ceren Ersoy, 2010'dan bu yana Gazi Üniversitesinde akademisyen olup 2022'den itibaren Eğitim Politikaları Uygulama ve Araştırma Merkezinde görev yapmaktadır. Dokuz Eylül Üniversitesi İngilizce Öğretmenliği lisansının ardından üstün yetenekliler ve özel eğitim alanlarında yüksek lisans, Gazi Üniversitesi Özel Eğitim Doktora Programında üstün zekâlı öğrencilerin tanılanmasına odaklanan doktorasını tamamlamıştır. Çalışmaları; kapsayıcı eğitim, üstün yetenekliler eğitimi, teknoloji destekli öğretim ve eğitimde yapay zekâya odaklanmakta; proje yazımı, farklılaştırılmış öğretim ve öğretmen eğitimi konularında ulusal ve uluslararası düzeyde bilimsel katkılar sunmaktadır.

Doç. Dr. Onur Sevli
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
E-posta: onursevli@mehmetakif.edu.tr

Onur Sevli; lisans, yüksek lisans, doktora ve doçentlik derecelerini bilgisayar mühendisliği alanında almıştır. 20 yıla yakın süredir yapay zekâ alanında çalışmalar yürüten Doç. Dr. Sevli; makine öğrenmesi, derin öğrenme, sağlık alanında yapay zekâ, erken tanı ve teşhis sistemleri, bilgisayarlı görü, sorumlu yapay zekâ, kuantum yapay zekâ, metaverse gibi alanlarda bilimsel araştırmalar gerçekleştirmektedir. İlgili alanlarda yayımlanmış uluslararası

nitelikli bilimsel eserleri bulunmaktadır. Doç. Dr. Sevli; çok sayıda seminer, konferans ve söyleşilerde başta yapay zekâ teknolojileri olmak üzere, teknolojinin farklı dallarında konuşmacı olarak yer almıştır. 2011 yılından bu yana Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesinde öğretim üyesi olarak görevini sürdürmektedir.

DİZİN

A

Açık eğitim 200, 218, 367
Açıklanabilir yapay zekâ xix, 47, 149, 258, 545, 588, 595
Açık rıza 148, 154, 212, 215, 320, 392, 394, 398, 593
Adaboost xviii, 568, 570, 571, 572
Adalet x, xi, xvii, 48, 53, 97, 163, 168, 171, 175, 178, 180, 183, 184, 198, 214, 215, 233, 235, 244, 245, 246, 247, 248, 256, 261, 263, 265, 266, 309, 318, 319, 327, 356, 359, 389, 402, 403, 404, 414, 514, 527, 533, 535, 536, 593, 631
Adalet ilkesi 246, 389, 402
Adaptif öğrenme sistemleri 308
Adobe Firefly 76
Ağaçişleri xvi, 459, 462, 475, 476, 478, 479, 638
Ağ güvenlik duvarları 36
Akademik dürüstlük xiii, 72, 156, 269, 270, 287, 291, 292, 295, 509
Akıllı öğretim sistemleri xii, xiii, 144, 269, 270, 282, 283, 316, 437
Aktif cihaz 411
Aktivasyon fonksiyonları xix, 579, 580, 581, 582
Alan Turing 271, 376, 547
Algılayıcı 342
Algoritma 36, 39, 40, 50, 55, 114, 237, 261, 319, 332, 366, 386, 387, 388, 389, 394, 409, 431, 465, 476, 489, 496, 506, 553, 554, 573, 592, 637
Algoritmik adalet 53, 198, 265, 319
Algoritmik farkındalık 149, 153, 257
Algoritmik gölge xv, 381, 385, 386, 389, 414
Algoritmik karar 93, 103, 163, 233, 364, 537
Algoritmik kararlar 104, 332
Algoritmik manipülasyon xi, 191, 214, 219
Algoritmik ön yargı xiii, 269, 270, 287, 288, 291
Algoritmik önyargı 89, 101, 368, 402, 437, 534, 537
Algoritmik önyargılar ix, 103, 125, 147, 149, 153, 154, 177, 183, 261, 262, 263, 333, 366, 514, 521
Algoritmik şeffaflık xiii, 46, 322
Anonimizasyon 400
Aşırı uyum xix, 549, 566, 570, 587, 588, 594, 595
Avrupa Birliği x, 40, 102, 148, 174, 177, 178, 184, 211, 218, 308, 320, 328, 329, 362, 392, 401, 406, 411, 412, 443
Avrupa Merkez Bankası 101
Aydınlatılmış onam 398, 401
Ayrımcılık riski xiii, 309, 321
Az uyum xix, 587, 595

B

Basel düzenlemeleri 100
Bayes teoremi xviii, 560
Beyin-bilgisayar arayüzleri 592
Bilgi asimetrisi 385
Bilgi işlemsel düşünme ix, 127, 144, 145, 146
Bilgilendirilmiş onam 169, 173, 211, 246, 318, 335, 381, 394, 416
Bilgi teknolojileri iii, v, 1, 27, 35, 631
Bireyselleştirilmiş öğrenme 140, 244, 307, 312, 461, 490, 548, 603
Blok zinciri 2, 94, 95, 97, 100, 102, 116
Boosting xviii, 229, 545, 547, 567, 568, 570, 571, 572, 596, 597
Boyut indirgeme xviii, 40, 545, 550, 552, 574, 575, 576, 592, 594
BTK Akademi 58, 192, 636

Bulut bilişim 27, 29, 45, 56, 97, 102, 116, 350, 358, 460, 475, 513, 633
Büyük dil modelleri 43, 46, 61, 167, 198, 274, 280, 508, 591, 599, 600, 636
Büyük veri iii, v, vii, x, 2, 7, 25, 29, 33, 37, 38, 39, 42, 52, 58, 64, 70, 97, 102, 126, 152, 181, 191, 192, 193, 195, 196, 197, 198, 199, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 214, 215, 219, 220, 222, 227, 231, 236, 239, 242, 271, 275, 278, 308, 311, 316, 319, 349, 358, 400, 403, 429, 432, 448, 460, 466, 467, 475, 503, 513, 549, 564, 567, 570, 574, 576, 580, 581, 635
Büyük veri analitiği 97, 195, 202, 203, 207, 236, 275, 316, 475

C

Chatbot 299, 471, 497, 629
ChatGPT xii, 3, 20, 76, 111, 124, 135, 142, 156, 157, 227, 261, 269, 274, 280, 281, 283, 290, 295, 298, 300, 301, 302, 338, 358, 360, 371, 449, 452, 492, 497, 510, 601, 624, 625, 628, 629
Claude xii, 111, 112, 121, 274, 280, 283, 290, 297, 310, 591, 601
ClickUp 499, 500
Codecademy 496, 498
CodeClimate 499
CodeRabbit 501
Collingridge ikilemi 383
Copilot xii, 269, 274, 275, 283, 290, 301, 492, 493, 500
Çapraz doğrulama xix, 587, 588, 594
Çekirdek hilesi 566, 567
Çeviri uygulamaları 317
Çok disiplinli 25, 27, 33, 39, 47, 166, 221, 253, 266, 295, 311, 523, 538
Çoklu doğrusal regresyon 555

D

Dağıtık veri işleme 37
DeepCode 496
Değerlendirme iii, v, vii, xii, xiii, xvii, xviii, xix, xx, 10, 15, 68, 71, 76, 79, 88, 109, 116, 125, 134, 136, 142, 145, 146, 151, 154, 164, 165, 167, 168, 173, 175, 176, 183, 184, 193, 195, 196, 199, 200, 204, 205, 206, 208, 217, 228, 242, 244, 248, 251, 254, 262, 265, 266, 269, 276, 278, 279, 280, 283, 285, 286, 292, 294, 295, 307, 308, 315, 322, 324, 333, 341, 352, 354, 356, 357, 360, 364, 370, 381, 384, 393, 406, 412, 413, 416, 427, 435, 436, 437, 444, 457, 468, 471, 473, 490, 498, 499, 506, 513, 514, 515, 517, 519, 520, 521, 523, 524, 525, 526, 527, 530, 531, 533, 534, 535, 536, 538, 570, 574, 583, 584, 585, 600, 601, 603, 604, 605, 612, 613, 615, 617, 621, 622, 623, 635, 636
Denetimli öğrenme xviii, 527, 549, 550, 551, 554, 557, 560, 565
Denetimsiz öğrenme xviii, 354, 528, 549, 550, 554, 573, 594
Derin öğrenme xii, xiv, xvi, xix, 43, 56, 107, 127, 166, 199, 207, 269, 272, 274, 278, 298, 342, 346, 349, 350, 354, 382, 403, 404, 425, 430, 433, 448, 455, 456, 457, 459, 463, 464, 465, 467, 476, 479, 480, 482, 485, 486, 492, 506, 547, 549, 579, 580, 581, 582, 588, 589, 591, 595, 639
Derin sinir ağları xix, 349, 580, 581
Destek vektör makineleri xviii, 527, 531, 532, 545, 547, 565
Dijital dönüşüm 4, 19, 25, 29, 41, 54, 56, 58, 95, 116, 126, 163, 178, 180, 181, 182, 189, 191, 192, 201, 203, 217, 220, 224, 357, 453, 490, 525, 633
Dijitalleşme v, xvi, 3, 5, 6, 8, 9, 17, 19, 25, 27, 29, 32, 47, 55, 63, 66, 95, 98, 128, 181, 192, 201, 220, 236, 255, 382, 425, 429, 438, 447, 448, 449, 450, 451, 452, 453, 455, 456, 457, 473, 475, 513, 634, 638

Dijitalleştirme 5, 429, 456
Dijital mülkiyet 89
Dijital okuryazarlık v, 15, 16, 17, 18, 28, 32, 48, 150, 192, 221, 235, 248, 364, 447, 631
Dijital sistemler 8, 9, 31
Dijital uçurum ix, 125, 150, 219, 241, 295, 437
Dijital yurttaşlık 253, 260, 261
Dil öğrenimi xiii, 317
Doğal dil işleme xii, xiii, 40, 56, 106, 109, 111, 125, 126, 127, 128, 134, 141, 143, 149, 204, 238, 269, 271, 272, 274, 276, 278, 313, 315, 317, 322, 347, 403, 431, 437, 463, 467, 525, 547, 550, 551, 580, 582, 583
Duyarlılık 42, 48, 239, 242, 252, 254, 323, 518, 565, 586
Dünya Ekonomik Forumu 25, 26, 29, 33, 47
Dünya Sağlık Örgütü 387, 442

E

Ebelik xv, xvi, 425, 427, 428, 438, 439, 443, 445, 446, 447, 449, 451, 457, 638
Eğitim kurumları 32, 193, 220, 288, 291, 321, 435, 507, 509
Eğitim politikaları xi, xiv, 25, 29, 49, 60, 180, 233, 245, 252, 253, 255, 270, 333, 360, 363, 365, 369, 639
Eğitsel veri madenciliği xiii, 311, 312, 314
Ekonomik ix, x, 2, 14, 25, 26, 29, 32, 33, 47, 48, 50, 62, 93, 94, 95, 96, 98, 99, 100, 104, 105, 106, 114, 115, 116, 119, 176, 177, 192, 195, 209, 222, 244, 245, 251, 361, 382, 383, 407, 426, 460, 464, 475, 490, 634
Eleştirel pedagoji 259
Endüstri xvi, 1, 2, 8, 9, 10, 11, 14, 17, 18, 19, 21, 25, 57, 336, 433, 459, 462, 475, 476, 478, 479, 485, 631, 633, 638
En küçük kareler 554
Entropi 558, 559
Erişilebilirlik xi, xii, 39, 75, 105, 137, 191, 195, 209, 269, 277, 279, 295
Erken uyarı sistemleri xiii, 198, 203, 205, 307, 313, 314, 316, 527
Etik iii, v, viii, ix, x, xi, xii, xiii, xiv, xv, xvii, xix, 25, 39, 40, 41, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 53, 59, 61, 62, 67, 69, 72, 73, 76, 77, 78, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 108, 114, 115, 117, 125, 126, 127, 131, 134, 137, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 155, 160, 163, 165, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 182, 183, 184, 185, 189, 190, 191, 198, 200, 201, 203, 210, 212, 213, 214, 215, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 233, 234, 236, 238, 239, 240, 242, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 269, 270, 287, 288, 291, 292, 294, 295, 296, 307, 308, 309, 312, 313, 314, 315, 317, 318, 319, 320, 321, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 341, 352, 354, 356, 357, 359, 360, 361, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 381, 383, 384, 385, 386, 387, 389, 390, 391, 392, 394, 397, 399, 400, 401, 402, 405, 407, 409, 410, 413, 414, 415, 416, 417, 421, 422, 423, 427, 437, 440, 446, 447, 487, 503, 505, 507, 508, 509, 514, 515, 516, 520, 521, 523, 524, 533, 534, 536, 537, 588, 591, 593, 594, 595, 637, 638
Etik farkındalık 25, 41, 48, 53, 59, 61, 62, 150, 252, 341, 357, 364, 366, 368
Etik ilkeler 163, 170, 171, 172, 183, 184, 213, 246, 252, 307, 318, 330, 334, 341, 354, 366
Etik kurul 400, 401

Etik sınırlar ix, xiii, 46, 114, 170, 294, 318, 319, 320
Etik ve teknoloji 233
Evrişimli sinir ağları xix, 547, 581

F

Forecast 480, 499

G

GDPR 46, 47, 211, 218, 219, 220, 307, 308, 320, 321, 336, 339, 393, 394, 398, 414
Gebelik 425, 427, 428, 442, 443, 444
Geleceğin meslekleri 29, 32, 33, 48, 54, 57, 62, 65
Gelecek senaryoları xi, 68, 251
Gemini xii, 110, 111, 112, 123, 269, 274, 283, 290, 299, 601
Geri bildirim mekanizmaları 269, 332
Gini indeksi 559
GitHub 492, 500
GitHub Copilot 492
Gizli katman 579, 581
Gizlilik 35, 45, 52, 101, 108, 155, 170, 178, 183, 212, 215, 217, 309, 319, 359, 400, 440, 503, 593
Gizlilik ve mahremiyet 183, 319
Gradyan artırma 200, 572
Güncel pedagoji 128
Güvenlik vii, ix, xvii, 25, 28, 29, 35, 36, 40, 45, 46, 47, 48, 49, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 97, 98, 114, 116, 117, 120, 121, 125, 147, 148, 170, 176, 177, 178, 192, 211, 212, 213, 220, 221, 294, 309, 317, 320, 381, 390, 391, 393, 400, 401, 405, 406, 407, 414, 415, 426, 429, 439, 460, 493, 494, 496, 501, 503, 505, 508, 534, 593, 632, 633, 637
Güvenme hakkı 385

H

Harmanlanmış öğrenme ix, 127, 135, 136, 137, 138, 139, 160
Hasta hakları 381, 422, 638
Hasta-hekim ilişkisi xv, 381, 385, 386, 389, 394, 638
Hasta mahremiyeti xv, 381, 386, 390, 394
Hasta özerkliği 414
Havuzlama 581, 582
Helsinki Bildirgesi 401
Hesap verebilirlik x, xiii, 53, 147, 152, 154, 163, 172, 173, 175, 176, 178, 180, 182, 183, 213, 246, 256, 309, 319, 322, 328, 332, 335, 359, 402, 415, 503, 504, 533, 534, 593
Hibrit öğrenme xiii, 199, 321, 324
Hiperparametre 570, 571, 572, 580
Hiyerarşik kümeleme xviii, 553, 573, 574
Hukuki sorumluluk 319, 396, 405, 409, 410

I

İnsan-bilgisayar etkileşimi 51
İnsan denetimi 308, 309, 327, 332
İnsan kaynakları 16, 28, 32, 53, 101, 631, 633
İnsanlık onuru 384, 390
İnsan-makine etkileşimi x, 42, 163, 172, 237
İntrapartum 444
İstem mühendisliği 269, 289, 293, 295, 360, 599, 600, 602, 616, 621, 622

J

Java 36, 38, 39, 55, 56

K

Kadın sağlığı xvi, 440, 442, 443, 449, 453, 455, 638
Kapsayıcılık xi, xii, xvii, 42, 120, 125, 170, 175, 176, 180, 195, 209, 269, 277, 281, 327, 513, 533, 535, 536, 538
Kara kutu tıbbı 386
Karar ağaçları xviii, 37, 199, 312, 527, 545, 547, 557, 560, 567, 589

Karar destek sistemleri xiii, xv, 307, 309, 316, 381, 388, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 411, 413, 415, 514
Karışıklık matrisi xix, 585, 594
Kariyer 26, 28, 29, 37, 49, 53, 55, 60, 61, 64, 470, 498, 500, 548
Kaygan zemin etkisi 383
Kıt koşullar 389
Kişiselleştirilmiş öğrenme ix, x, xi, xii, xiii, xvi, xvii, 16, 68, 125, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 136, 140, 144, 151, 165, 166, 175, 177, 181, 183, 191, 193, 197, 210, 219, 221, 233, 234, 238, 239, 240, 258, 269, 275, 276, 279, 290, 292, 307, 314, 315, 438, 471, 487, 490, 496, 503, 507, 513, 522, 529, 538, 600, 601, 603, 617
Kişisel veri 182, 211, 390, 393, 394
K-katlı çapraz doğrulama 588
Klinik araştırma 400, 401, 413, 638
Klinik karar xv, 381, 386, 387, 388, 389, 394, 395, 396, 397, 398, 399, 409, 411, 414, 415, 416, 440, 441
Kuantum makine öğrenmesi xix, 591, 592, 595
Kümeleme xviii, 37, 40, 312, 314, 354, 465, 528, 545, 550, 552, 553, 554, 573, 574, 592, 594
KVKK 148, 158, 182, 187, 218, 219, 220, 307, 321, 330, 337, 393, 394, 402, 414, 420

L

Lasso regresyon xviii, 553, 555, 556
LeetCode 496, 497, 502
Likert ölçeği 76, 77
Linux 36, 55
LLM 43, 44, 45, 46, 64, 167, 511, 591, 599, 600, 601, 627, 628
LMS 311
Log kayıtları 320
Lojistik regresyon 527, 557

M

Mahremiyet x, xiii, 48, 52, 148, 163, 168, 171, 183, 211, 217, 219, 263, 288, 308, 317, 319, 359, 366, 391, 398, 400, 415, 537, 631
Mahremiyetin korunması 40, 169, 308, 390, 400, 402
Makine öğrenimi vii, xvi, 2, 7, 25, 33, 39, 40, 48, 50, 97, 106, 109, 116, 120, 146, 147, 166, 199, 208, 214, 272, 342, 362, 366, 387, 403, 425, 430, 432, 437, 443, 455, 459, 463, 464, 465, 466, 473, 474, 475, 476, 494, 506, 588
Makine öğrenmesi iii, xii, xiv, xvii, xix, 29, 37, 38, 39, 40, 50, 56, 125, 126, 127, 181, 234, 238, 260, 269, 271, 272, 274, 275, 278, 282, 313, 346, 348, 349, 350, 354, 358, 359, 363, 365, 382, 403, 448, 463, 464, 465, 466, 467, 521, 525, 526, 527, 528, 529, 531, 532, 535, 545, 546, 547, 548, 549, 552, 554, 555, 562, 573, 580, 582, 583, 584, 587, 588, 591, 592, 593, 594, 595, 632, 637, 639
Makul kişi standartı 410
Maskeleme 320
Mesleki teamül standartı 410
Metodolojik yetkinlikler vii, 10, 12
Midjourney 76, 85, 591
Mimarlık 475, 483, 638
Mood board 86
Mühendislik iii, viii, xvi, 11, 27, 32, 41, 46, 52, 57, 238, 316, 321, 416, 427, 448, 459, 460, 461, 462, 463, 473, 474, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 482, 483, 485, 486, 532, 548, 554, 639

N

Nesnelerin interneti vii, 1, 2, 7, 25, 45, 46, 47, 52, 102, 116, 351, 429, 453, 455, 460

Nitelikli kişisel veri 393
Nitel veri 67, 73, 76

O

OECD 114, 122, 159, 163, 174, 176, 177, 184, 188, 190, 219, 251, 253, 268, 327, 328, 330, 338, 343, 353, 354, 356, 377, 533, 534, 541, 593
Olumsuz olay 395, 403
Orman xviii, 485, 568, 569, 570, 589
Otomasyon 1, 7, 14, 25, 29, 40, 47, 97, 101, 116, 251, 327, 382, 386, 388, 415, 443, 508
Otomasyon yanlılığı 386
Otonom teşhis sistemleri 404, 406, 409, 411
Öğrenci takibi xiii, 134, 316, 436
Öğrenme analitiği xiii, 125, 150, 151, 166, 167, 168, 169, 170, 175, 183, 198, 199, 202, 206, 208, 209, 210, 212, 213, 215, 216, 218, 219, 220, 224, 283, 308, 311, 312, 313, 314, 323, 435, 468, 513, 522, 537
Öğrenme felsefesi 233, 234, 238
Öğrenme ortamı 138, 160, 200, 244, 256, 281, 529
Öğretmen eğitimi x, 125, 137, 148, 151, 153, 253, 282, 309, 328, 362, 365, 368, 634, 639
Özellik önemi 570, 589
Özerkliğe saygı 390
Özerklik x, xiv, 172, 173, 174, 217, 318, 325, 326, 390

P

Pedagojik iii, v, viii, xi, xiii, 11, 26, 32, 67, 68, 69, 71, 72, 76, 77, 83, 85, 86, 87, 88, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 134, 135, 136, 137, 138, 140, 141, 142, 150, 151, 152, 153, 165, 166, 168, 170, 171, 173, 181, 184, 201, 207, 208, 209, 210, 217, 218, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 240, 241, 244, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 252, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 259, 261, 263, 264, 265, 269, 270, 273, 279, 280, 285, 287, 291, 293, 296, 307, 308, 309, 312, 314, 315, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 329, 330, 331, 332, 333, 363, 364, 369, 426, 435, 437, 445, 508, 515, 520, 522, 523, 524, 526, 529, 599, 600, 601, 603, 604, 610, 611, 612, 615, 616, 617, 618, 619, 620, 621, 624
Pedagojik kalite 309
Pedagojik otorite 233, 248
Pedagojik uyum 153
Pekiştirmeli öğrenme xviii, 106, 111, 206, 528, 529, 545, 549, 552
Perceptron 342, 344, 547, 577, 597
Perinatal 439, 443, 444, 450, 453
Politika önerileri xi, xiv, 61, 118, 176, 191, 251, 309, 328, 330, 333
Program tasarımı x, 151
Proje tabanlı öğrenme ix, xv, 127, 133, 134, 135, 157, 161, 360, 366
Prompt iii, v, 74, 85, 270, 285, 297, 375, 493, 599, 601, 621, 624, 625, 626, 627, 628, 629
Prompt engineering 297, 375, 601, 625, 626, 627, 628, 629
Python 36, 37, 38, 39, 42, 52, 55, 56, 147, 497, 498, 509, 510

R

Regresyon xviii, xix, 40, 312, 314, 354, 465, 527, 529, 532, 545, 550, 552, 553, 554, 555, 556, 557, 559, 562, 563, 565, 569, 571, 572, 580, 584, 589, 594
Ridge regresyon 556
Risk değerlendirme 412
Robot ix, 14, 26, 54, 57, 93, 94, 102, 104, 105, 106, 107, 108, 120, 345, 370
ROC eğrisi xix, 586, 587
RTF şablonu xx, 604, 613, 617, 618, 620

S

Sağlık kayıtları 393, 394
Saklı önyargı 386
Sektörel dönüşüm 28
SHAP 590, 595
Sınıflandırma xviii, xix, 40, 146, 199, 246, 260, 312, 314, 354, 404, 410, 412, 416, 433, 465, 467, 519, 525, 526, 527, 545, 549, 550, 552, 553, 554, 557, 559, 560, 562, 563, 565, 566, 569, 571, 580, 582, 584, 585, 586, 591, 594, 609
Sır saklama 393
Sızma testleri 320
Siber-fiziksel sistemler 2
Siber güvenlik vii, 25, 29, 35, 36, 40, 47, 48, 49, 52, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 117, 120, 121, 192, 211, 220, 221, 320, 381, 391, 407, 414, 415, 426, 429, 632, 633
Siber güvenlik politikaları 320
Siber saldırı 101, 114, 415
Siber saldırılar 35
Sigmoid 556, 580
Softmax 580
Sohbet botu 3, 107, 200, 502
Sorgulama temelli öğrenme ix, 127, 141, 142, 143
Sorumluluk viii, x, xiii, xv, 31, 40, 49, 69, 72, 147, 148, 152, 171, 172, 173, 176, 183, 246, 247, 250, 309, 318, 319, 320, 323, 327, 329, 341, 366, 367, 368, 381, 385, 394, 396, 403, 404, 405, 406, 408, 409, 410, 414, 415, 416, 417, 446, 447, 515, 588, 590, 591, 593, 595
Sosyal yetkinlikler vii, 10, 13, 49
Sosyoloji 32, 48, 51, 52, 53, 253, 295, 369
Sourcery 499
SPSS 82
Standart sapma 82

Sürdürülebilirlik xv, 25, 31, 32, 33, 42, 47, 49, 198, 222, 356, 367, 462, 501, 538, 638
Şeffaflık xi, xiii, 44, 46, 48, 101, 107, 114, 116, 125, 147, 148, 154, 171, 172, 175, 176, 178, 180, 182, 183, 213, 215, 216, 217, 233, 246, 252, 256, 308, 309, 313, 318, 322, 323, 327, 328, 329, 332, 334, 335, 359, 381, 393, 402, 408, 416, 503, 504, 514, 533, 534, 593

T

Tedavi kusuru 397, 410
Teknik yetkinlikler vii, 10, 42, 62
Teknoloji i, ii, v, vii, xiv, 2, 10, 11, 18, 19, 26, 29, 32, 33, 36, 41, 44, 47, 48, 50, 51, 54, 56, 57, 58, 59, 61, 63, 69, 72, 73, 76, 77, 78, 83, 84, 87, 89, 95, 100, 101, 103, 114, 147, 164, 178, 180, 181, 182, 183, 189, 192, 195, 197, 216, 219, 220, 221, 222, 233, 238, 242, 245, 249, 250, 252, 253, 258, 260, 261, 262, 263, 264, 272, 273, 274, 281, 283, 290, 292, 308, 316, 321, 336, 341, 350, 356, 357, 360, 361, 363, 364, 382, 383, 392, 397, 405, 426, 427, 428, 429, 433, 435, 438, 439, 446, 450, 453, 456, 460, 462, 473, 478, 479, 482, 506, 530, 534, 538, 549, 603, 605, 637, 639
Teknolojik yeterlilik 32, 254
Tekrarlayan sinir ağları xix, 40, 350, 582
Tematik analiz 82
Temel bileşen analizi xviii, 575
Teşhis aydınlatması 410
Tıbbi cihaz 381, 387, 388, 401, 402, 406, 407, 408, 409, 411, 412, 422, 638
Topluluk öğrenme xviii, 545, 547, 567, 569, 571, 595
Traceability 319
Transformer xix, 43, 347, 582, 583, 591
Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu 422

U

Ulusal Ürün Takip Sistemi 412
UNESCO 163, 170, 174, 175, 176, 184, 189, 190, 219, 245, 253, 268, 269, 279, 304, 327, 330, 339, 343, 356, 362, 371, 379, 405, 419, 533, 543, 593
Utilitaryan yaklaşım 384
Uygulama alanları x, xii, xvii, xx, 165, 260, 341, 382, 545, 548, 553, 617
Uzak okuma xii, 269, 277, 278
Üretken yapay zekâ xii, xix, 40, 141, 163, 183, 184, 190, 269, 272, 449, 514, 583, 591, 595, 600

V

Veri ambarı vii, 42, 43, 56, 62, 202
Veri analitiği vii, 7, 49, 51, 54, 59, 97, 126, 148, 195, 201, 202, 203, 207, 220, 236, 275, 316, 426, 474, 475
Veri bilimcileri vii, 25, 37
Veri bilimi 27, 28, 37, 38, 39, 50, 55, 59, 60, 62, 64, 197, 205, 389, 498, 546, 635
Veri etiği 235, 246, 313
Veri gizliliği ix, xii, 44, 47, 103, 114, 116, 117, 125, 147, 148, 182, 200, 213, 269, 270, 287, 288, 291, 332, 334, 391, 437, 503, 505, 509, 514, 533, 534
Veri güvenliği x, xi, xiii, xv, 72, 148, 153, 154, 163, 168, 170, 182, 183, 191, 211, 218, 219, 294, 307, 308, 317, 320, 328, 329, 359, 366, 368, 381, 390, 394, 398, 400, 414, 534, 633
Veri mahremiyeti 177, 198, 247, 309, 317, 327, 333, 414
Veri minimizasyonu 182, 212, 394, 402
Veri okuryazarlığı 18, 32, 151, 153, 202, 252, 265, 537
Veri önyargısı 266, 386, 595
Veri sorumluları 393, 400, 402
Veritabanı 37, 50, 633
Visual Studio Code 492, 493, 494, 501, 502

W

Windsurf 494, 495

X

XGBoost xviii, 545, 568, 570, 572, 589

Y

Yapay sinir ağları xiv, xvi, xviii, 37, 40, 346, 349, 354, 363, 425, 430, 432, 448, 453, 475, 480, 526, 527, 531, 547, 576
Yapay zekâ iii, v, vii, viii, ix, x, xi, xii, xiii, xiv, xv, xvi, xvii, xix, 1, 25, 27, 28, 29, 31, 33, 37, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 62, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 93, 95, 97, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 113, 114, 115, 116, 121, 123, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 158, 159, 160, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 187, 188, 189, 190, 192, 198, 200, 201, 206, 227, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 242, 243, 244, 245, 246, 247, 249, 251, 252, 253, 254, 256, 258, 259, 261, 263, 264, 265, 266, 269, 270, 271, 272, 273, 274, 275, 276, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 307, 308, 309, 310, 311, 314, 315, 316, 317, 318, 321, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 329, 330, 331, 332, 333, 334, 335, 336, 337, 338, 339, 341, 342, 343, 344, 345, 350, 351,

352, 356, 357, 358, 363, 364, 365, 368, 369, 370, 376, 381, 382, 383, 385, 386, 387, 389, 390, 393, 394, 395, 397, 398, 399, 400, 401, 402, 403, 404, 405, 406, 407, 409, 410, 411, 412, 413, 414, 415, 416, 417, 420, 425, 426, 427, 428, 429, 430, 431, 432, 434, 435, 436, 437, 439, 440, 441, 442, 443, 444, 445, 446, 447, 448, 449, 450, 451, 453, 455, 457, 459, 460, 461, 462, 463, 464, 465, 467, 468, 469, 470, 471, 472, 473, 475, 476, 477, 478, 479, 480, 482, 483, 485, 487, 490, 491, 513, 514, 515, 519, 520, 521, 522, 523, 524, 525, 526, 528, 529, 530, 531, 533, 534, 535, 536, 537, 538, 541, 545, 546, 583, 588, 591, 592, 593, 595, 599, 600, 601, 602, 604, 605, 609, 610, 620, 621, 622, 623, 624, 631, 633, 634, 635, 636, 637, 638, 639, 640
Yapay zekâ destekli eğitim xv, 147, 150, 166, 173, 180, 182, 183, 184, 238, 254, 291, 292, 330, 334, 336, 425, 445, 477, 599, 600, 601, 635
Yapay zekâ destekli içerik 139, 279, 514
Yapay zekâ destekli öğrenme 132, 137, 138, 144, 145, 150, 154, 155, 167, 293, 599, 600, 601, 609, 620, 634
Yapay zekâ etiği 52, 89, 175, 181, 233, 256, 259, 327, 331, 356, 387, 401, 483
Yapay zekâ okuryazarlığı xi, xiv, 233, 251, 252, 253, 266, 330, 341, 351, 363, 364, 368, 369, 415, 427, 514, 631
Yapay zekâ sistemleri xii, xv, 131, 132, 149, 152, 265, 273, 274, 275, 280, 381, 385, 390, 393, 409, 411, 415, 431, 464, 521, 522, 538
Yapay zekâ tabanlı araçlar 431
Yarı denetimli öğrenme xviii, 549, 551
Yaşam boyu öğrenme 25, 29, 48, 57, 58, 59, 62, 341, 357, 360, 468
Yazılım dilleri 55
Yeni nesil meslekler vii, 25, 32, 50, 59
Yorumlanabilirlik xix, 545, 549, 550, 588, 589, 595