

YAPAY ZEKÂ ve İŞİN GELECEĞİ

Dr. ERDAL BEŞOLUK



YAPAY ZEKÂ ve İŞİN GELECEĞİ

Dr. ERDAL BEŞOLUK

Editör: Dr. Abdurrahman KESKİN

2025



Yapay Zekâ ve İşin Geleceği
Dr. Erdal BEŞOLUK

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek
Editör: Dr. Abdurrahman KESKİN
Kapak ve Sayfa Tasarımı: Duvar Design
Baskı: Aralık 2025
Yayıncı Sertifika No: 49837
ISBN: 978-625-8734-83-6

© Duvar Yayınları
853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir
Tel: 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com
duvarkitabevi@gmail.com

İÇİNDEKİLER

TABLolar LİSTESİ	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
GRAFİKLER LİSTESİ	VII
RESİMLER LİSTESİ	VIII
KISALTMALAR LİSTESİ	IX
ÖNSÖZ	X

BİRİNCİ BÖLÜM

ÇALIŞMA HAYATININ TARİHSEL EVRİMİ

1.1. Çalışma Kavramı ve Algısı	1
1.2. Yerleşik Hayata Geçiş ve Tarım Devrimi	4
1.3. Sanayi Toplumu ve Çalışma Yaşamı	7
1.3.1. Sanayi Devrimi ve Fabrika Sisteminin Doğuşu	7
1.3.2. Fordist Üretim Rejimi ve Kitle Üretim Dönemi	12
1.4. Post-Endüstriyel Dönem ve Esnek Üretim	17
1.4.1. Post- Fordizm ve Üretimin Yeniden Yapılanması	17
1.4.2. Sanayi Ötesi Toplum ve Çalışma Hayatı	21
1.5. Dijital Kapitalizm ve Dijital Emek	26

İKİNCİ BÖLÜM

İŞİN GELECEĞİ (FUTURE OF WORK)

2.1. Üretim Teknolojilerinin İşin Dönüşümüne Etkisi	34
2.2. İşin Dönüşümünü Etkileyen Diğer Süreçler ve Kırılmalar	39
2.2.1. Küreselleşme ve Dijitalleşen İşgücü Piyasaları	40
2.2.2. Demografik Değişimler	41
2.2.2.1. Dünya Nüfusunun Yaşlanması	41
2.2.2.2. Göç, Sanal Beyin Göçü ve Dijital Göçebelik	44
2.2.2.3. Kadınların işgücüne Katılımı	47
2.2.3. Yeşil Dönüşüm ve İklim Değişikliği	51
2.2.4. Sendikaların ve Kolektif Hakların Geleceği	54

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

YAPAY ZEKÂ VE GELİŞİM AŞAMALARI

3.1. Yapay Zekânın Tanımı	58
3.2. Yapay Zekânın Tarihsel Gelişimi	59

3.3. Yapay Zekânın Gelişim Evreleri	63
3.3.1. Kurallara Dayalı Sistemler (Rule-Based AI)	63
3.3.2. Makine Öğrenmesi (Machine Learning)	65
3.3.3. Derin Öğrenme (Deep Learning)	70
3.4. Güçlü ve Zayıf Yapay Zekâ.....	74

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

YAPAY ZEKÂ EVRİMİNDE TÜRKİYE

4.1. Türkiye'nin Yapay Zekâ Ekosistemi: SWOT Analizi	79
4.2. Kamu Politikaları ve Yasal Düzenlemeler.....	84
4.2.1. Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi ve Temel Hedefler.....	84
4.2.2. Ulusal Yapay Zekâ Stratejisinin Genel Değerlendirmesi	90
4.2.3. Yapay Zekâ Yasası.....	94
4.3. Küresel Rekabette Türkiye.....	101

BEŞİNCİ BÖLÜM

YAPAY ZEKÂNIN EMEK PİYASALARINA ETKİSİ

5.1. Yapay Zekânın İşe ve İstihdama Etkisi	109
5.1.1. Yapay Zekâ ve İşlerin Otomasyonu	109
5.1.2. Yapay Zekâ Perspektifinden Gelecek Öngörülleri.....	115
5.2. Yapay Zekâ ve Geleceğin Meslekleri.....	123
5.3. Yapay Zekânın Beceriye Etkisi	131
5.3.1. Yapay Zekâ Devriminde Değer Kazanan Beceriler.....	133
5.3.2. Yapay Zekâ Devriminde Değer Kaybeden Beceriler.....	138
5.4. Sektör Bazında Yapay Zekâ Uygulamaları ve Etkileri.....	144
5.4.1. Yapay Zekânın Sağlık Sektörüne Etkisi	145
5.4.2. İnşaat Sektöründe Yapay Zekâ Uygulamaları.....	151
5.4.3. Otomotiv Sektörü ve Elektrikli Araçlar	158
5.4.4. Tarım Sektöründe Yapay Zekâ Uygulamaları	164
5.4.5. Finans ve Bankacılık Sektörü.....	169
5.4.6. Perakende ve Lojistik Sektörü	176
5.4.7. İmalat Sektörü ve Otomasyon.....	182
SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	190
KAYNAKÇA	193

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1. Antik Yunan, Roma, Erken Hristiyanlık ve Calvinizm'de Çalışma ve Boş Zaman.....	2
Tablo 2. Sanayi Devrimi'ndeki Başlıca İcatlar	8
Tablo 3. Sanayi Ötesi Toplum: Karşılaştırmalı bir Şema	23
Tablo 4. Beyin Göçünün Tasnifi.....	46
Tablo 5. Enerji Sektöründe Yeşil İstihdama Yönelik Beklentiler (2030)	53
Tablo 6. İnternet Çağında Sendikaların Dönüşümü.....	56
Tablo 7. Uzmanların AGI'nin Ortaya Çıkış Olasılıklarına İlişkin Tahminleri .	76
Tablo 8. Türkiye'nin Yapay Zekâ Ekosistemine İlişkin SWOT Analizi	79
Tablo 9. Küresel Yapay Zekâ Strateji Haritası (2025).....	85
Tablo 10. Ulusal Yapay Zekâ Stratejisinin Güçlü ve Zayıf Yönleri.....	91
Tablo 11. Farklı Hukuki Düzenlerde Yapay Zekâ Düzenlemeleri	97
Tablo 12. Yapay Zekâya Hazırlık Endeksi	102
Tablo 13. 2025 Yılı İçin İlk 100 İçinde Yer Alan Ekonomiler veya Sınır Aşan Bölgeler Bazında En İyi İnovasyon Kümeleri.....	106
Tablo 14. Çeşitli Ülkelerde Çalışanların Yapay Zekâ ve Otomasyon Kaynaklı İkame Riskine Göre Dağılımı	118
Tablo 15. Yapay Zekâ Görev Otomasyon Oranları	125
Tablo 16. Yüksek Yapay Zekâ Entegrasyonuna Sahip Meslekler	125
Tablo 17. Orta Yapay Zekâ Entegrasyonuna Sahip Meslekler	128
Tablo 18. Düşük Yapay Zekâ Entegrasyonuna Sahip Meslekler.....	130
Tablo 19. Yapay Zekâ Maruziyet Düzeyine Göre Beceri Öngörülleri	132
Tablo 20. Yapay Zekânın Finansal Tablolara Dâhil Edilmesinin Faydaları ...	142
Tablo 21. İnşaat Sektöründe Yapay Zekânın Kullanım Alanları	152
Tablo 22. Bölgelere Göre Tarımda Yapay Zekâ ve Dijital Teknoloji Kullanım Oranları	168
Tablo 24. Avrupa'da Sektörlere göre Tahmini Otomasyon Riski (%) (Meslek Temelli Yaklaşım)	187

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Sanayi Sonrası Dönüşüm Süreci	21
Şekil 2. iPhone Marka Telefonun Üretim Serüveni	30
Şekil 3. 2025-2030 Teknolojinin İşe Tahmini Etkisi	36
Şekil 4. Otomasyon ve Türkiye Emek Talebi (2030).....	37
Şekil 5. Dijital Göçebe Çalışma Tarzının Boyutları.....	47
Şekil 6. Kadınların Yapay Zekâ Dönüşümüne Öncülük Ettiği Sektörler	49
Şekil 7. Yeşil Dönüşüm ve İşin Geleceği.....	52
Şekil 8. Yapay Zekânın Kronolojik Tarihi.....	61
Şekil 9. Yapay Zekâ Gelişim Evreleri.....	63
Şekil 10. Biçimsel Dil Tanımı	64
Şekil 11. Kurala Dayalı Sistem ve Makine Öğrenmesi	65
Şekil 12. Gözetimli ve Gözetimsiz Öğrenme	68
Şekil 13. Yapay Zekâ Bileşenleri	69
Şekil 14. Derin Öğrenme (Deep Learning)	72
Şekil 15. Yapay Zekâ Yasası Olan veya Yasa Hazırlığında Olan Ülkeler	96
Şekil 16. Yapay Zekânın Emek Piyasalarına Etkisine Yönelik Uzman Öngörülleri (2002-2023 Tahminleri)	111
Şekil 17. Yapay Zekâ Yeteneklerinin Girintili-Çıkıntılı Sınırı	112
Şekil 18. Yapay Zekâ ve HLMI/FAOL İçin Öngörülen Gerçekleşme Yılları	114
Şekil 19. Otonom Araç Etik Tercihleri	138
Şekil 20. Türkiye’de İş Gücü Becerilerinin 2030 Projeksiyonu.....	139
Şekil 21. AI Sohbet Destekli Sistem	142
Şekil 22. Yapay Zekâ Uygulamalarının Sağlık Sektöründe Yaratacağı Potansiyel Yıllık Ekonomik Değerler (2026)	146
Şekil 23. Dijital İkiz Teknolojisi	153
Şekil 24. Elektrikli Araçların Küresel Pazar Gelişim Öngörüsü.....	159
Şekil 25. Otomasyon ve Artırmanın Firma Bazında Tarım İş Gücü Payına Etkisi (2025-2030)	164
Şekil 26. Lojistik Sektöründeki Teknolojik Gelişmeler	181
Şekil 25. Endüstri 4.0 Kapsamında Akıllı ve Karanlık Fabrikaların Evrimi...	185

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1. Bin İşçi Başına Robot Kullanım Oranı	38
Grafik 2. Geleceğin İşgücü İçin Kritik Olarak Görülen Teknolojik Alanlar	39
Grafik 3. Birleşmiş Milletlere Göre Dünya Nüfus Öngörüsü.....	42
Grafik 4. Kadın ve Erkeklerde İş Kaybı ve Kazanımı (2030)	49
Grafik 5. Kaba Evlilik ve Boşanma Oranları AB, 1964-2023 (1000 kişi)	50
Grafik 6. Yapay Zekâ Kullanıcı Sayıları (Milyon Kişi)	62
Grafik 7. İnsan ve AGI İşgücü Arasındaki Ekonomik Güç Dengesi.....	77
Grafik 8. Kümülatif Yapay Zekâ Yetenek Göçü (2019-2024).....	103
Grafik 9. Avrupa ve Orta Asya Ülkelerinde Yapay Zekâ Yatırım Potansiyeli Endeksi	104
Grafik 10. İnsan-Makine Etkileşiminde Değişim: Tamalayıcılık ve İkame (2025–2030).....	117
Grafik 11. Yapay Zekâ Maruziyetine Göre İşsizlik Oranları (ABD)	123
Grafik 12. Yapay Zekânın Kullanıldığı Sektörler	144
Grafik 13. Sektörlere Göre Yapay Zekâ Teknolojilerinin Benimsenme Oranı, 2016–2024	170
Grafik 14. Otomasyon Etkisi: Kişi Başına Gözetilen Robot Sayısına Göre Emek Saati Değişimi.....	177
Grafik 15. Sektörlere Göre Otomasyonu Mümkün Olan Aktivite Oranları (%)	179
Grafik 16. Avrupa’da Sektörlere Göre Çalışanların Otomasyon Riskine Maruziyet Oranı (%) (Görev Temelli Yaklaşım)	187

RESİMLER LİSTESİ

Resim 1. Büyük Britanya'da Kömürle Çalışan Bir Buharlı Makine Örneği	9
Resim 2. Sanayi Devrimi'nde Çocuk Emegi	11
Resim 3. Fordist Üretim ve Kayan Bant Sistemi	15
Resim 4. Ford (Üstte) ve Toyota (altta) Model Arabalar	19
Resim 5. İlk İnsansı Robot Olan WABOT-I	60
Resim 6. Otonom Mobil Robotlar.....	140
Resim 7. Safety AI Tarafından Analiz Edilen Günlük Görseller.....	154
Resim 9. WLTR Duvar Robotu	154
Resim 9. Elektrikli ve İçten Yanmalı Motor Parçaları.....	160
Resim 10. Tamamen Otonom ve Elektrikli Model T-70	166
Resim 11. Amazon Kiva Robotik Sistemi	176
Resim 12. Otonom Teslimat Robotu Kiwibot.....	177

KISALTMALAR LİSTESİ

AI	Artificial Intelligence (Yapay Zekâ)
AGI	Artificial General Intelligence (Genel Yapay Zekâ)
HLMI	High-Level Machine Intelligence (Üst Düzey Makine Zekâsı)
FAOL	Full Automation of Labor (Emek Süreçlerinin Tam Otomasyonu)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı)
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TDK	Türk Dil Kurumu
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme
GSMH	Gayrisafi Milli Hâsıla
GSYH	Gayrisafi Yurt İçi Hâsıla
KOBİ	Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
STK	Sivil Toplum Kuruluşu
İK	İnsan Kaynakları
İŞKUR	Türkiye İş Kurumu
YZ	Yapay Zekâ
IoT	Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)

ÖNSÖZ

İnsanlık tarihinin en köklü dönüşümlerinden biri, üretim biçimlerinin değişimi ve bunun sonucunda ortaya çıkan yeni çalışma düzenleridir. Tarım toplumundan sanayi toplumuna, Fordist üretim rejiminden dijital kapitalizme uzanan bu süreç sadece teknoloji ve üretim araçlarını değil aynı zamanda insanın çalışma algısını, emeğin değerini ve toplumsal yapıyı da derinden etkilemiştir. Bugün ise tüm bu dönüşümlerin üzerine yeni ve çok daha radikal bir aşama eklenmektedir. Bu yeniçağın kilit aktörü yapay zekâdır. Yapay zekâ teknolojilerinin hızla gelişmesi üretimden sağlığa, finanstan tarıma kadar neredeyse tüm sektörlerde çalışma biçimlerini ve istihdamı yeniden tanımlamaya başlamıştır. Rutin görevlerin otomasyonu, karar verme süreçlerinin algoritmik sistemlere devredilmesi ve dijital emek formlarının yaygınlaşması, işin geleceğine dair büyük fırsatlar kadar yeni riskleri de beraberinde getirmektedir.

Bu kitap, çalışma hayatının tarihsel evriminden yola çıkarak, geleceğin iş dünyasını şekillendiren bu yeni teknolojik paradigmaya eleştirel ve bütüncül bir perspektifle yaklaşmayı amaçlamaktadır. Hem yapay zekânın emek piyasalarına etkisini hem de Türkiye’nin bu dönüşümdeki konumunu analiz eden yapısıyla, okuyucuya yalnızca bugünü değil yakın geleceğin toplumsal ve ekonomik dinamiklerini değerlendirme imkânı sunmaktadır.

Bu çalışmanın bölümleri, okuyucuya sistematik bir yol haritası sunacak şekilde yapılandırılmıştır. İlk bölümde çalışma hayatının tarihsel arka planı ele alınarak, tarım toplumundan sanayi ötesi topluma uzanan dönüşümün nasıl gerçekleştiği açıklanmaktadır. İkinci bölümde “işin geleceği” kavramı çok boyutlu bir çerçevede incelenmekte ve üretim teknolojilerinin, demografik değişimlerin ve küresel kırılmaların işgücü üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir. Üçüncü bölümde yapay zekânın tanımı, gelişim aşamaları ve bilişsel kapasite tartışmaları ele alınırken, dördüncü bölüm ise Türkiye’nin yapay zekâ ekosistemi, ulusal stratejileri ve küresel rekabet içerisindeki konumuna odaklanmaktadır. Son bölümde ise yapay zekânın emek piyasalarına etkisi detaylı bir şekilde incelenmektedir. Geleceğin meslekleri, beceri dönüşümü ve sektör bazında yapay zekâ uygulamalarının çalışma hayatını nasıl yeniden şekillendirdiği tartışılmaktadır.

Bu kitabın yazım serüveni boyunca varlığıyla bana güç veren sevgili aileme ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli kardeşim Dr. Abdurrahman Keskin’e en derin şükranlarımı sunarım. Lisede öğretmenlik yaptığım yıllarda, öğrencilerin yapay zekânın gelecekteki etkileri konusunda büyük ölçüde bilinçsiz olduklarını ve bu alandaki dönüşümü çoğunlukla “soyut” bir teknoloji meselesi olarak gördüklerini fark ettim. Dileğim, bu çalışmanın özellikle genç kuşakların yapay zekâ ve çalışma hayatı ilişkisini daha bilinçli değerlendirmesine mütevazı bir katkı sağlayabilmesidir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. ÇALIŞMA HAYATININ TARİHSEL EVRİMİ

İnsanlık tarihi boyunca üretim biçimlerinde yaşanan köklü dönüşümler çalışma hayatının anlamını, yapısını ve örgütlenme biçimlerini sürekli değiştirmiştir. Keza ilk olarak tarım toplumunda toprağa dayalı üretimin belirleyici olduğu ve çalışma yaşamının doğayla iç içe, mevsimsel döngülere bağlı biçimlendiği görülürken, 18. yüzyılda Sanayi Devrimleri'yle birlikte çalışma hayatı fabrika sistemi ve makineleşme etrafında yeniden şekillenmiştir. Fordist üretim rejiminin standardize ettiği iş süreçleri Post-Fordist yeniden yapılanmayla birlikte giderek esnekleşmiştir. Nihayetinde dijital kapitalizmin ortaya çıkardığı platform ekonomisi ve gig işçiliği gibi yeni atipik emek biçimlerinin yaygınlaşması, çalışmanın hem içeriğini hem de toplumsal rolünü giderek dönüştürmektedir. Bu tarihsel ve teknolojik evrim yalnızca üretim tekniklerini değil, aynı zamanda işçi-işveren ilişkilerini, çalışma koşullarını ve emeğin kurumsal yapısını da derinden etkileyerek günümüz çalışma hayatının temel dinamiklerini oluşturmuştur.

1.1. Çalışma Kavramı ve Algısı

Çalışma, insanoğlunun yaşamını devam ettirebilmesi adına son derece elzem bir olgudur. Bu olgu tarihsel süreç içerisinde insanlığın başlangıcından itibaren içinde bulunduğu çağın dinamiklerine bağlı olarak sürekli değişime uğrayarak günümüze ulaşmıştır. Çalışmaya yüklenen anlam ve değer içinde bulunduğu çağa ve topluma göre değişiklik göstermiştir. Roma ve Yunan medeniyetlerinde vurgulandığı üzere çalışmanın temelinde zahmet, acı veya yorgunluk yatmaktadır (Ören ve Yüksel, 2012: 37). Antik Yunan felsefecisi Platon'un şu sözü "*doğa, ne kunduracı yaratmıştır ne de demirci. Bu tür uğraşlar, onları uygulayan insanları, o aşağılık ücretlileri, durumları dolayısıyla siyasal hakları olmayan adsız sefilleri alçaltmaktadır*" bu dönemdeki çalışmaya olan bakış açısının en net örneklerinden birisidir (Lafargue, 1883: 42). Çalışmaya yüklenen bu negatif anlam tarım devrimi boyunca da süregelmiştir. Nitekim tarım toplumunda çalışma "aşağılık bir iş, uğraş" olarak nitelendirilmiştir. Bunun temel nedeni tarım toplumlarında çalışma hayatındaki işlerin emek yoğun işlerden oluşmasıdır. Daha çok alt sınıfın faaliyeti olarak görülen çalışma süreci, zengin ve varlıklı kesim tarafından aşağılık olarak değerlendirilmiş ve çalışmamak bir ayrıcalık olarak algılanmıştır. Bu dönemde çalışma hayatı içinde köle, esir ve serfler yer alırken, çalışma kapsamı dışındakiler asiller, aristokratlar ve feodal yönetici sınıftır (Arslan, 2018: 148)

Weber’e göre özellikle Orta Çağ Katolik anlayışında da çalışma daha düşük bir uğraş olarak görülmüştür. Ancak reform süreci ile birlikte bu anlayış değişmiştir. Protestan (özellikle Kalvinistlerde) ahlakında, çalışma bir dünyevi bir zorunluluktan öte Tanrı’nın bir buyruğuna itaat etmenin yolu olarak algılanmıştır. Bu algı, çalışmayı sadece geçim sağlama aracı olmaktan kurtarıp, ahlaki ve dini bir sorumluluk konumuna taşımıştır. Nitekim Sanayi Devrimi’nin öncülerinin İngiltere, Hollanda ve Almanya gibi Protestan/Kalvinist etkili bölgelerde ortaya çıkması tesadüf değildir. Webere göre Orta Çağ’daki dünyadan kaçıp inzivaya çekilen, gündelik yaşamın doğal niteliğine karışmayan, çalışmayı dünyevi ve boş bir uğraş olarak algılayan Hristiyan sofuluk anlayışının yıkılması ve yerine Kalvinist öğretinin konulması Sanayi Devrimi’ni ve teknolojik yenilikleri tetiklemiştir (Weber, 1905).

Tablo 1. Antik Yunan, Roma, Erken Hristiyanlık ve Kalvinizm’de Çalışma ve Boş Zaman

Dönemler	Çalışma	Boş Zaman
Antik Yunan	Olumsuz	Tefekkür kültürü
Roma Kültürü	Amaçları gerçekleştirmek için gerekli	Daha çok çalışmak için dinlenme
Erken Hristiyanlık	İnsan ihtiyaçları için gerekli	Boş zaman: Tanrının Tefekkürü
Kalvinizm	Cennete “seçilenler” arasına girebilmek için bir araç	Serbest zaman: Tembellik
Kaynak: (Bozkurt, 2012: 54)		

Sanayi Devrimi ve onu izleyen Fransız İhtilali’nden sonra çalışmaya yönelik negatif bakış açısı kısmen değişime uğramıştır. Sanayi Devrimi ile birlikte çalışma, iktisadi gelişmenin ana dinamosu olarak görülmüş ve çalışma yüceltilmiştir. Fransız İhtilali sonrası güçlenen eşit yurttaşlık bilinci emeğe verilen değerın güçlenmesine neden olmuştur (Yakın, 2019: 5). İşçi sınıfının yükselmesi ve ekonomik özgürlüğüne kavuşması çalışmaya atfedilen bakış açısını değiştirse de hala bir sorun vardır. Bu sorun işçi sınıfının başkasının emrinde ve oldukça kötü şartlar altında çalışmasıdır. Lafargue “*günde on iki saat çalışma, işte on sekizinci yüzyılın hayırseverlerinin ve ahlakçıların idealidir. Modern fabrikalar emekçi kitlelerin hapsedildiği, yalnızca erkeklerin değil, kadınların ve çocukların da on iki veya on dört saat zorunlu çalışmaya mahkûm edildiği ideal islahevleridir*” demiştir (Lafargue, 1883: 10). Çalışma kutsallaştırılsa da çalışan kutsal değildir. Çalışanın kutsallaşması ancak kendi çabası ile mümkün olabilmiştir. Bu dönüşümün temelinde bilginin en stratejik kaynak konumuna ulaşması ve günümüz dünyasında işçinin vasıf düzeyinin

artması yatmaktadır. Günümüzde çalışma, bireysel kimliğin, sosyal statünün ve ekonomik bağımsızlığın temel belirleyicisi konumundadır. Artan vasıf düzeyi ile birlikte beyaz yakalı işgücünün yükselmesi çalışmaya atfedilen değeri yükseltmiştir. Yüksek vasıflı işgücünün işi ve çalışma sürecini algılama biçimi de değişime uğramıştır. Sanayi toplumunda hayatını idame ettirebilmek için gerekli görülen iş, artık yüksek vasıflı işgücü açısından “benliği gerçekleştirme aracı” olarak algılanmaya başlanmıştır (Bozkurt, 2012: 71).

Çalışma kavramına baktığımızda bu olgunun belirleyicisi ücrettir. Keza bir bilgisayar mühendisi harcadığı emek ve çaba sonrasında gelir elde ediyorsa bu çalışma olarak adlandırılmaktadır. Öte yandan aynı mühendisin evinde sistemsel bir hata veren bilgisayarını tamir etmesi çalışma olarak adlandırılmamaktadır. Ayrıca benzer bir ayrım “hobi” kavramı üzerinden de yapılmaktadır. Aynı mühendisin evinde hobi amaçlı olarak resim yapması çalışma değildir (Ören, 2013: 17). Dolayısıyla çalışma kavramının günümüzdeki kullanımı, “*kişinin belirli bir bedel karşılığı bedensel ve/veya zihinsel işgücünün bir başkasının isteği doğrultusunda üretici güç olarak kullanılması ile ilgilidir*” (Omay, 2009). Benzer bir diğer tanım ise “*çalışma, bir bireyin başkalarına değerli mal veya hizmet sağlama amacıyla gerçekleştirdiği çaba veya faaliyettir*” şeklindedir (Provis, 2013: 129). Bu tanımlardan da anlaşılacağı üzere çalışma genellikle üretim çıktıları üzerinden tanımlanır ve ücret ile ilişkilendirilir (Luke ve diğerleri, 2023: 254). Türki Dil Kurumu ise “*emekçinin düşünce veya bedensel gücünü, bir mal veya hizmet üretim süreci üzerinde kullanması*” şeklinde iktisadi bir perspektiften çalışma tanımı yapmaktadır.

Diğer taraftan çalışmanın ekonomik yönünün yanı sıra sosyal, siyasal ve kültürel bir yönü de bulunmaktadır. Nitekim üstte değindiğimiz üzere toplumlar tarihi süreç içinde çalışmaya farklı anlamlar yüklemiştir. Ayrıca sosyolojik olarak çalışma aile, boş zaman, ahlak, kültür, inanç ve ekonomi gibi birçok boyutu içinde bulunduran bir olgudur. Çalışma kavramının sahip olduğu bu çok boyutluluk kavramın net bir tanımının yapılmasını güçleştirmektedir (Güldiken, 2015: 7-8). Yine de çalışma kavramının daha iyi anlaşılabilmesi için emek, iş ve çalışma kavramlarına bakmak gerekmektedir. Emek insanın hayatını devam ettirmesi için harcadığı enerjidir. Emek kavramı, yalnızca fiziksel değil, zihinsel gücü de kapsayan bir olgudur. Emek çalışma kavramının bir parçası olmakla birlikte onunla sınırlı değildir. “İş” kavramı ise karşılığı maddi olan (ücret, maaş gibi) faaliyetlerin bütününe kapsamaktadır. İş çalışmanın ayrılmaz bir parçası konumundadır. Çalışma ise yalnızca emek harcamak değil, aynı zamanda ekonomik, psikolojik, sosyolojik, hukuki ve siyasal yönleri olan çok boyutlu bir kavramdır. Bu yönü ile çalışma, emek ve işi kapsayan ve aynı zamanda çok daha geniş bir boyuta sahip bir süreçtir (Güldiken, 2015: 5).

1.2. Yerleşik Hayata Geçiş ve Tarım Devrimi

İnsanoğlunun avcılık, balıkçılık ve toplayıcılık temelli bir yaşam tarzı ile sürdürdüğü yaşamı çeşitli bitkileri yetiştirmeyi öğrenmesiyle yeni bir döneme geçiş yapmış ve üretmeyi öğrenmiştir. İnsan üretmeden önce ne toprağa kıymet vermiştir ne de onun sunduğu mahsuller yaşamsal bir öneme sahip olmuştur. Ancak üretimin ortaya çıkmasıyla birlikte insan, doğanın edilgen bir parçası olmaktan çıkarak onunla bilinçli bir ilişki kurmaya başlamıştır. Bu dönüşüm, insanın doğadaki kaderine boyun eğmek yerine onu dönüştürme ve iş birliği kurma gücü kazanmasına imkân vermiştir (Güldiken, 2015: 22). Neolitik Dönem (M.Ö. 7000-5500) olarak bilinen bu süreç, aynı zamanda tarım devrimi olarak da adlandırılmaktadır. Ancak bu devrim ani ve beklenmedik bir durum değil bilakis ortaya çıkışı ve sonuçları açısından oldukça uzun bir süreci kapsamıştır. Tarım Devriminde milattan önceki süreçteki temel gelişmeler şunlardır (Güran, 2009: 13-14):

- İnsanoğlunun bitkileri nasıl yetiştireceğini, hayvanları ehlileştireceğini ve çevresindeki kaynakları nasıl etkin şekilde kullanabileceğini öğrenmesi beraberinde çok daha bol ve çeşitli gıda kaynaklarına ulaşabilmesine de imkân tanıdı.
- Artan gıda kaynakları ve refah nüfus artışını hızlandırdı. Göçebe toplumlarda son derece düşük olan nüfus artış oranı (%7-15) tarım devrimi ile yerleşik hayata geçilmesiyle birlikte (%36) kayda değer bir gelişim gösterdi. Bu dönemde Nil, Fırat ve Karadeniz gibi su kaynağının ve verimli tarım arazilerinin bulunduğu alanlarda yerleşimler artış gösterdi.
- Akdeniz boyunca yerleşen ilk insan toplulukları şehirleri oluşturdu.
- Tarım toplumlarında üretimde meydana gelen artış iktisadi gelişmeyi hızlandırdı ve bölgesel olarak bir refah artışı yaşandı. Ancak küçük gruplardan oluşan avcı-toplayıcı toplumlarda daha adil olan gelir dağılımı, mülkiyet kavramının gelişmesi ve yeni sosyal sınıfların ortaya çıkmasıyla bozulmaya başladı.
- Küçük gruplardan oluşan göçebe toplum yapısından çok daha kalabalık topluluklar halinde yaşanan tarım toplumuna geçiş beraberinde ilk olarak komünal mülkiyet yapısını daha sonra ise devlet mülkiyetini veya piyasa ekonomisini geliştirdi.
- Devletlerin kuruluşu çok daha büyük savaşları ve tarımda çalışacak köle işgücünü beraberinde getirdi. Mallar, topraklar ve köle işgücü özel mülkiyet haline dönüştü.

Avcı-toplayıcı dönemde küçük gruplar halinde yaşayan insanlık uzmanlık gerektiren basit işler ile ilgilenirken, yerleşik hayata geçiş ile birlikte çalışma hayatında daha karmaşık bir iş bölümü ortaya çıkmıştır. Bu iş bölümünde yoğun kas gücü gerektiren bölümleri ise savaşların sonucunda kazanılan savaş esirleri ve köleler oluşturmuştur. Bu sistemde tarımsal ürünler köleci veya aile temelli üretim sistemi içinde üretildiği için iş ve yaşam iç içe geçmiştir. Orak, saban, değirmen gibi araçlar kullanılmış ve üretim kas gücüne dayanmıştır. Çalışma süreci doğaya bağımlı bağımlı bir hale gelmiş ve ekim, hasat ve tarla işleri yılın belli dönemlerine göre planlanmıştır. Üretimde bolluğun artması ihtiyaç fazlası üretimin de ortaya çıkmasına neden olarak ticareti geliştirmiştir. Günlük yaşam mücadelesi içinde devam eden ekonomik faaliyetlerden elde edilen ihtiyaç fazlası ürünler Takas Ekonomisi (Trampa Ekonomisi) içerisinde el değiştirmiştir. M.Ö. 3000’li yıllarda “fiyata dayalı mübadele sistemi” ortaya çıksa da henüz madeni paranın icat edilmemiş olmasından dolayı sosyolojik anlamda bir çalışma ilişkisi ortaya çıkmamıştır. Keza madeni paranın ilk kullanımı olan Bimetalizm Döneminde altın ve gümüşün aristokrat sınıfın kontrolünde bulunması yoksul kesimin yine karın tokluğuna çalışmasına neden olmuştur (Ören, 2013: 24).

Benzer bir yapı Orta Çağ Avrupa’sında feodal yapısı içerisinde de görülmektedir. Toprağın işlenmesi mülkiyet kavramını, mülkiyet kavramı sosyal sınıf sistemini geliştirmiş ve feodal sistem doğmuştur. Bu sistemde bir tarafta mülkiyet (toprak) sahibi elit sınıf (senyörler) diğer tarafa toprağı işleyen köylüler (serf) bulunmaktadır (Arslan, 2018: 148). Feodal üretim sisteminde toprağın belirli bir kısmını kendi özel çiftliğine ayıran senyörler kalan kısmını ise karın tokluğuna çalışan serflere ayırmıştır. Hukuki bir sistem olan Feodal yapı ve kölecilik sistemi arasında neredeyse hiçbir fark bulunmamaktadır. Keza senyörün kaçan serfleri bulup geri getirerek toprakta çalışmaya zorlama hakkı bulunmaktadır. Diğer bir ifade ile serflerin hem senyöre hem de toprağı şahsi olarak bağımlı ve çalışmakla yükümlüdür. Ayrıca toprak sahibi senyörün çalışma koşullarını ve üretim gelirleri üzerinde mutlak bir inisiyatifi de bulunmakta ve istediğinde sömürünün dozunu arttırabilmektedir (Öksüz, 2011: 82). Senyörlerin serfler üzerindeki otorite gücüne en güzel örnek ise belirli bir dönemde yeni evli çiftlere uygulanan ilk gece hakkıdır (Zencirkıran, 2016: 258).

Sömürü üzerine kurulu olan bu sistemin kölelik sisteminden farklı olan yönü ise köleler bireysel olarak alınıp satılabilirken, serfler toprağı bağı olduğu için toprak ile alınıp satılmışlardır. Başka bir ifade ile köleler ailesinden uzağı gönderilebilirken serfler ailecek köle konumunda oldukları için ailesinden uzağı gönderilememişlerdir (Ören ve Yüksel, 2012: 45). Orta Çağ Avrupası’ndaki çalışma yaşamı ve feodal sistemin kurulup toprak beyleri tarafından sürdürülebilirliği İncil’in öğretileri ile desteklenmiştir. Assisili Aziz Francesco,

Aziz Thomas Aquinas ve Aziz Augustine gibi dini kişilikler “gereğinden fazla olan zenginliği gûnahtır” öğretisini benimseyip yaymışlardır. Nitekim Orta Çağ’a kadar Avrupa’da bu öğretiyi benimseyip yoksulluk andı içen kişiler varlıklı tüccarlardan daha yüksek bir sosyal statüye sahip olmuşlardır. İncil’in Yeni Ahit bölümünde (Matta 16:26) “Eğer tüm dünyayı kazanıp, kendi ruhunu kaybedecekse, bunun bir insana faydası nedir?” öğretisi yer almaktadır (Durning, 1988: 76). Bu nedenle kilise karın tokluğuna çalışmaya dayalı feodal sistemin inşası ve meşrulaşmasında çok önemli bir rol oynamıştır. Hristiyanlık, dünyada eşitlik sağlanamayınca bunu “ahirette eşitlik” vaadiyle ikame etmiş ve sistem meşrulaştırılmıştır (Gendrolis, 1968: 48).

Tarım toplumlarında köylülerin toprağın olan bağımlılığı sadece Orta Çağ Avrupası’na özgü bir durum değildir. Yakın bir zamana kadar geniş arazilere ve askeri güce sahip otoriteler imparatorluklardır. İmparatorlar sahip olduğı geniş arazilerin kullanılması ve bu yerlerde güvenin ve istikrarın sağlanabilmesi adına feodal toprak beylerini kullanmışlardır. İmparatorlar üretim düzenin korunması adına toplumsal hareketliliğı kısıtlayıcı önlemler almışlardır. Bu durum köylülerin toprağı terk edebilmesini oldukça sınırlandırmıştır (Zencirkıran, 2016: 257-258). Benzer bir uygulama Osmanlı İmparatorluğu’nda görülen ve bazı yönleri ile feodal toprak sistemine benzeyen tımar sistemidir. Bu sistemde devletin toprak yasalarını uygulayan toprak beyleri sıpahilerdir. Köylüler ise feodal sistemde olduğı gibi toprağın bağı olan ve sürekli vergi ödeyen kişilerdir (Karaboğın ve Bozdoğan, 2021: 334). Bu tür toprak sistemlerinin değişik örnekleri Avrupa’dan Japonya’ya kadar dünyanın birçok farklı bölgesinde uygulanmıştır. Bunun nedeni ise para kullanımının yeterince yaygınlaşmaması ve üretim fazlası ürünlerin pazarlara taşınarak paraya çevrilmesinin ne köylü ne de devlet tarafından mümkün olmamasıdır. Toprak sistemleri devletin vergileri toplama yöntemi olarak da değerlendirilmektedir (Aydın, 2001: 66). Milattan sonraki tarım toplumlarında çalışma hayatını ana hatları ile özetlemek gerekirse (Zencirkıran, 2016: 206-261):

- Nüfusun büyük bir çoğunluğunun kırsal alanlarda yaşaması ve bunun doğal sonucu olarak tarım ve hayvancılığın ana üretim alanları olması,
- Üretimin hayatı idame ettirme amacı taşıması ve üretimin sınırlılığı,
- Yol güvenliğinin sağlanamaması ve ulaşım teknolojilerinin yetersizliğine bağılı olarak ticaretin gelişmemesi ve üretimin sadece yakın pazarlara yönelmesi,
- Kral, padişah veya imparator adına toprağı işleten bir toprak beyinin bulunması ve köylülerin toprağın bağımlı olması,
- Üretimde aile modelinin yaygınlığı,

- Çalışma disiplinin bulunmaması ve gündelik hayatta iş-dinlenme sürelerinin iç içe geçmesi,
- Aza kanaat etmeği öğütleyen dini öğretilerin ve katı otoritelerin varlığının toplumsal değişimi ve girişimciliği sınırlandırması,
- Sosyal dayanışmanın (mekanik dayanışma) ve paylaşımın ön planda olması.

Sonuç olarak, çalışma kavramsal zihinsel veya bedensel olarak saf edilen çabanın karşılığında değerli mal, hizmet veya ücret sağlama olarak tanımlandığı için Sanayi Devrimi öncesi tarım toplumlarında sosyolojik açıdan bir çalışmanın var olmadığı ifade edilmektedir (Ören ve Yüksel, 2012: 45). Bunun temel nedeni ise çalışma bir ücret veya mal elde etme amacı değil hayatı idame ettirme amacı taşımasıdır. M.Ö. 3000’li yıllardan başlayarak 17. yüzyıla kadar tarım toplumlarındaki çalışma anlayışı çok az bir değişikliğe uğramıştır. Kölecilik veya serflik düzeni içerisinde üretim bu tarihe kadar devam etmiş ve sosyolojik açıdan modern anlamda çalışma şartları sağlanmamıştır. Üretim bir efendiye bağımlı olarak kas gücüne dayalı olarak süregelmiştir (Erdem, 2004: 554). Ayrıca Orta Çağ’ın son dönemlerinde doğru gelişen pazar ekonomisine kadar feodal yapı içinde günümüz anlamında bir uzmanlaşma oluşmamıştır. Bu durum üretim fazlasının ortaya çıkmasını ve ticaretin gelişmesini sınırlandırmıştır (Alpdoğan, 2024: 6-7).

1.3. Sanayi Toplumu ve Çalışma Yaşamı

İnsanlığın yerleşik hayata geçişi devrim olarak nitelendirilse de bu durum oldukça uzun bir sürece yayılmıştır. Bilakis Sanayi Devrimi ise tarım toplumunun oluşturduğu sosyal, kültürel ve ekonomik yapılarda son derece hızlı ve köklü değişimleri meydana getirerek çalışma hayatını alabildiğine dönüştürmüştür. Bu dönüşümün arkasında zihinsel bir devrime olanak tanıyan aydınlanma düşüncesi yatmaktadır. Yüzyıllar boyunca karar mekanizmalarında dini öğretiler, metafizik ve geleneksel normlar etkili olurken, 15. yüzyıldaki Rönesans ve Reform hareketleriyle başlayan ve 18. yüzyılda yaşamın merkezine yerleşen akılcılık, zamanla bu öğelerin yerini almıştır (Zencirkıran ve diğerleri, 2018: 189). Böylece 1760’lı yıllarda başlayan Sanayi Devrimi yakın geçmişte dünyanın kaderini değiştiren en önemli olay haline gelmiştir.

1.3.1. Sanayi Devrimi ve Fabrika Sisteminin Doğuşu

1776 yılında James Watt’ın geliştirdiği buhar makinesi, üretim, taşıma ve ulaşım sistemlerinde bir devrim yaratarak Sanayi Devrimi’nin en ikonik icadı olmuştur. Buhar gücü ile çalışan bu makinenin fikir babası ise Thomas

Newcomen'dir. 1800'lerde dönemin İngiltere'sinde kömür kullanımı 10 milyon tona ulaşmıştır. Kömür talebinin karşılanabilmesi için toprağın çok daha derinlerine inilmesi gerekmiş ve derinlerine inildikçe toprak seviyesinin altında biriken suyun atılması iyice zorlaşmıştır. Newcomen buhar gücü ile çalışan bir su pompası geliştirmiştir. Ancak bu makine çok fazla yakıt tükettiği için efektif olmamıştır. James Watt'ın doğrusal (yukarı-aşağı) hareketi dairesel harekete çeviren krank ve rot sistemini geliştirerek bu su pompasını pistonlu buhar makinesine dönüştürmüştür. Buharlı motor ise tekstil üretiminde ana güç kaynağı haline gelmiş ve Sanayi Devrimi'nin başlamasına olanak tanımıştır (Güran, 2009: 141-142). Sanayi Devrimi'nin başlangıcındaki en ikonik icat olan buhar makinesinin yanı sıra, bu devrime katkı sağlayan diğer icatlar Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Sanayi Devrimi'ndeki Başlıca İcatlar

Tarih	İcat	Mucit	Tarih	İcat	Mucit
1709	Kok kömür yapımı	A.Darby	1813	Kaya delme makinesi	R.Trevithick
1720	Çelik dökümü	A.Reamur	1815	Madenci lambası	H.Davy
1740	Çelik dökümü	B.Huntsman	1844	Cevher konveyörü	J.Buddle
1750	Demir çeliğin karbon oranında muhtevasının keşfi	O.Bergman	1850'ler	Buhar kompresör	W.Barlett
1761	Hava silindirleri	J.Smeaton	1863	Kömür kesme makineleri	T.Harrison
1774	Buhar makineleri için dökme-demir silindir imali	J.Wilkinson	1886	Alüminyumun elektrolizle üretimi	T.Heroult M.Hall
1783-4	Dövme-yuvarlamada tekniği geliştirilmesi	H.Cort	1887	Altın çıkarmada siyanid projesi	J.MacArthur C.Polhem
1780'ler	Buhar çekiçleri	J.Wilkinson	1890'lar	Flotasyon tekniği	Çeşitli
1800	Yüksek basınçlı yoğunluksuz makinesi buhar	R.Trevithick	1903	Paslanmaz çelik	Çeşitli

Kaynak: (Dağlı ve Kösekahyaoglu, 2021: 54)

Bu dönemde icat edilen teknolojik buluşlar sanayinin hızla gelişmesine olanak tanımıştır. Şehirlerde artan fabrikalar kısal kesimdeki insanların iş bulma umuduyla kentlere göç etmesine neden olmuştur. Hızlı kentleşme beraberinde sosyal yapıda bir değişimi de beraberinde getirmiş ve toprak beyine bağlı karın tokluğu ile çalışan köylü artık şehirlerde mavi tulumlu işçiler haline gelmeye başlamıştır. Bu toplumsal ve teknolojik dönüşümle beraber yaşam standartları da

yavaş olsa da yükselmeye başlamış ve 1800'lerden 2000'lere kadar dünyada kişi başına düşen reel gelir 15-20 kat artış göstermiştir (Van Zanden, 2009: 1).

Sanayi Devrimi'nin ortaya çıkardığı tüm değişimlere rağmen bu sürecin bir devrim olup olmadığı konusunda literatürde farkı görüşler bulunmaktadır. J. H. Chaplan 1980'li yıllarda yaptığı değerlendirmede, sanayileşmenin yalnızca bazı sınırlı sektörlerde hız kazandığını esas gelişmenin ise uzun vadeli bir sürece yayıldığını belirtmiştir. Benzer şekilde Nef de Büyük Britanya'daki sanayileşmenin 16. yüzyılın ortalarında başladığını ve etkilerinin 19. yüzyılda belirginleştiğini savunmuştur (Nef, 1932). Öte yandan Arnold Toynbee, sanayileşmeyi bir "devrim" olarak nitelendiren ilk iktisatçı olarak öne çıkarken (Tonybee, 1908), W. Rostow da Sanayi Devrimi'ni 1783-1802 yılları arasına tarihlendirerek benzer bir devrimsel yaklaşımı benimsemiştir (Güran, 2016: 137). Görüldüğü üzere sanayi deriminin başlangıcı aşamaları ve etkilerinin hangi zaman dilimlerine ortaya çıktığı konusunda farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Feyer ise bu aşamaları İngiltere merkezli olarak şu şekilde sıralamaktadır (Zencirkıran ve diğerleri, 2018: 190):

- **Dokuma Sanayi Dalgası:**

Dokuma sanayisindeki teknik gelişmeler ve icatlar, Sanayi Devrimi'nin önünü açan temel dinamiklerden biri olmuştur. 1765-1780 yılları arasında gerçekleşen bu dönüşüm, endüstrileşmenin ilk adımlarını oluşturmuştur. Dikkat çekici olan, dönemin önemli icatlarının bilim insanlarından ziyade pratik deneyime sahip teknisyenler ve zanaatkârlar tarafından gerçekleştirilmiş olmasıdır. Richard Arkwright'ın 1769'da geliştirdiği pamuk eğirme makinesi, onu kısa sürede dönemin en büyük dokuma



Resim 1. Büyük Britanya'da Kömürlü Çalışan Bir Buharlı Makine Örneği

fabrikatörlerinden biri haline getirirken, Edmund Cartwright'ın mekanik dokuma tezgâhı ise üretim süreçlerini hızlandırmıştır. Aynı dönemde James Watt'ın buhar makinesini geliştirmesi ise sadece dokuma sektörünü değil, genel anlamda sanayi üretimini kökten dönüştürmüştür.

- **Demir-Çelik Dalgası:** 1800'lü yılların başında demir ve çelik üretimi, sanayi faaliyetlerinin merkezine yerleşmiştir. Özellikle makine üretiminde ana madde haline gelen demir hem üretim araçlarının inşasında hem de altyapı projelerinde vazgeçilmez bir unsur olmuştur. Bu süreçte demir-çelik sanayisindeki gelişmeler, endüstriyel üretimin daha büyük ölçeklere ulaşmasını ve otomasyonun yaygınlaşmasını sağlamıştır.
- **Ulaştırma Dalgası:** 1825 yılında başlayan ulaştırma devrimi, üretim ile pazar arasındaki mesafeyi önemli ölçüde kısaltmıştır. George Stephenson'ın lokomotif üzerine yaptığı çalışmalar sonucunda, 1830'lardan itibaren ilk trenler faaliyete geçmiş ve aynı dönemde buharlı gemiler deniz taşımacılığında kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişmeler, sadece ürünlerin değil insan gücünün ve teknolojik bilginin de daha hızlı aktarılmasına imkân tanımıştır. Böylece sanayi toplumunun geniş bir coğrafyaya yayılmasını kolaylaştırmıştır.
- **Kimya Endüstrisi Dalgası:** 1850'li yıllarda kimya biliminin sistematik hale gelmesiyle birlikte, bu alandaki bilgiler ilk kez endüstriyel üretimin temelini oluşturmuştur. Justus von Liebig'in geliştirdiği yapay gübreleme yöntemi, tarımda verimliliği artırarak modern tarım tekniklerinin uygulanmasını sağlamıştır. Bu dönemde bilim ve teknik birbirine daha fazla yakınlaşmış ve mühendislik eğitimi veren teknik yüksekokullar sayesinde hem nitelikli insan gücü yetiştirilmiş hem de laboratuvar ortamlarında yapılan keşifler sanayiye entegre edilmiştir.
- **Elektrik Endüstrisi Dalgası:** 1830'lu ve 1840'lı yıllarda geliştirilen telefon ve telgraf gibi iletişim araçları, 19. yüzyılın sonlarına doğru kuvvetli akım teknolojisiyle birleşerek kapsamlı bir elektrik endüstrisinin temelini atmıştır. Elektrik enerjisinin sanayide kullanılmaya başlanması, üretim süreçlerinde büyük bir dönüşüm yaratmıştır. Bu gelişmeler ulaşım, iletişim ve aydınlatma gibi birçok alanda radikal değişimlere yol açmıştır ve Sanayi Devrimi'nin yeni bir evreye geçmesini mümkün kılmıştır.
- **Benzin Motoru ve Otomotiv Çağı:** 1889'da Paris'te açılan ilk otomobil sergisi ve ardından 1894'te düzenlenen ilk uluslararası otomobil yarışı, motorlu taşıtların yaygınlaşmasının habercisi olmuştur. 1903 yılında Henry Ford'un kurduğu otomobil fabrikası, üretim sürecine seri üretim modelini entegre ederek bu sektörde bir devrim yaratmıştır. ABD bu alanda öncü rol üstlenmiş özellikle içten yanmalı motor teknolojisinin gelişimiyle birlikte ulaşımın bireyselleşmesi ve hızlanması sağlanmıştır.

1800’lü yılların ilk çeyreğinde Avrupa’da hızlı bir kentleşme süreci başlamış ve nüfusu 100 bini aşan birçok kent kurulmuştur. Kırsal kesimden iş bulma umuduyla kentlere doğru bir göç dalgası başlamış ancak kentlerdeki iş olanakları emek arzını karşılamakta başarısız olmuştur. Bunun kaçınılmaz sonucu ise kentlerde görülen ve sayıları on binlere ulaşan işsiz orduları oluşmuştur. Kentlerdeki işsizlik beraberinde açlık ve sefaleti de getirmiştir (Zencirkıran, 2016: 263-264). Bu dönemde görülen yüksek işsizlik oranları ve henüz çalışma koşullarını düzenleyen iş mevzuatlarının gelişmemesi sermayenin emek karşında mutlak bir üstünlük kurmasına olanak tanımış ve çalışma koşulları giderek kötüleşmiştir. Aileler, yoksulluk baskısı ile her türlü işte kadın çocuk demeden son derece uzun mesai süreleri ile çalışmışlardır. Nitekim Sanayi Devrimi dönemi İngiltere’inde, altı yaşındaki çocukların dahi ağır çalışma koşullarına maruz kaldığı ve günde on beş saate varan mesai süreleriyle istihdam edildiği bilinmektedir (Tokol ve Alper, 2017: 17-18). Bu insanlık dışı şartlar, dönemin çalışma anlayışını çarpıcı biçimde yansıtmaktadır. Bu dönem zarfında “çalışan için yaşamak, ölmemektir”.



Resim 2. Sanayi Devrimi’nde Çocuk Emegi

Toplumda artan tepkilerin etkisiyle, ağır ve insanlık dışı çalışma koşullarına karşı ilk yasal müdahalelerden biri olan “Fabrikalar Kanunu” yürürlüğe girmiştir. Bu yasa ile çocuk işçilerin günlük çalışma süresi on iki saatle sınırlandırılmış ve onların eğitimiyle ilgili düzenlemeler getirilmiştir. Gece çalışması da belirli kurallara bağlanarak denetim altına alınmıştır. 19. yüzyıl boyunca “Fabrikalar Kanunu”, İngiltere’de kademeli olarak geliştirilmiştir. 1883 yılında yapılan bir düzenleme ile pamuk tarlalarında çalışacak çocuklar için asgari yaş sınırı dokuza çıkarılmış ve bu yaş sınırı daha sonra tekstil atölyeleri için de geçerli hale getirilmiştir. 1842 yılında çıkarılan bir başka yasa ise on yaşından küçük çocukların ve kadınların kömür madenlerinde çalışmasını tamamen yasaklamıştır. Bu düzenlemeler, endüstriyel kapitalizmin doğurduğu ağır emek sömürüsüne karşı atılan ilk adımlardır (Von Plener, 1873: 1-3).

Sanayi Devrimi'nin beraberinde getirdiği yeni üretim paradigması çalışma hayatını derinden etkilemiştir. Çalışma, hayatı idame ettirme düşüncesi olmaktan çıkmış ve düzenli olarak istihdam edilerek karşılığında ücret kazanma olguna dönüşmüştür. Bu yeni üretim sisteminin merkezinde ise içinde zamanla binlerce kişinin çalıştığı fabrikalar yer almıştır. Richard Arkwright'ın 1771'de kurduğu Cromford Fabrikası genellikle Sanayi Devrimi'nin ilk fabrikalarından sayılmaktadır. Bu fabrikada başlangıçta 300 civarında işçi çalıştırılmıştır. Buhar gücünün yaygınlaşması ile birlikte gelişen ulaşım teknolojileri küçük çaplı olan fabrikaların şehir dışına taşınabilmesine ve devasa üretim birimlerine dönüşmesine imkân tanımıştır. Bu tür büyük fabrikalar özellikle demir gibi sermaye yoğun sektörlerde 1800'lerin başlarından itibaren ortaya çıkmaya başlamıştır (Mokyr, 2001: 5-7).

Fabrikaların yaygınlaşması beraberinde bu sistemin işlemesi için düzenli bir şekilde çalışacak, belirli bir işte uzmanlaşacak ve çalışma disiplinine sahip bir çalışan tipini de doğurmuştur. Tarımdan kopan çalışanlar sanayileşmenin ilk yıllarında fabrikalara uyum sağlama konusunda sorun yaşa da ilerleyen yıllarda uyum sağlayarak işçi sınıfına dönüşmüştür (Zencirkıran ve diğerleri, 2018: 191). İçinde makinelerin kullanıldığı ve büyük sermayelerin akıtıldığı yeni üretim sistemi olan fabrikalarda rasyonalite temel değer olarak benimsenmiş ve bu anlayış çalışma hayatını tarım devrimine göre tamamen değiştirmiştir. İnsanlar artık ev ve iş arasında mekik dokuyan tekdüze bir yaşam biçimine sahip olan, çalışma süreçleri keyfiligi ortadan kaldıran yasal sözleşmeler ile düzenlenen, disiplinli, belirli bir konuda uzmanlaşmış, mesai, tatil ve çalışma yeri gibi olguları benimsemiş, düşük ücrete razı işçi sınıfında evrilmiştir (Bektaş ve Oraklıbel, 2021: 5; Zencirkıran, 2016: 266).

1.3.2. Fordist Üretim Rejimi ve Kitle Üretim Dönemi

Fordizm 20. yüzyılın ortalarında Amerikan imalat sanayinin temelini oluşturan, kitle üretimi ve kitle tüketimi arasındaki bağı temsil eden bir üretim yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Watson, 2019: 2). Fordist yapılanma iş örgütlenmesi açısından Taylorist modelden bağımsız değildir. Amerikalı iktisatçı ve mühendis Frederick Winslow Taylor 1911 yılında “Bilimsel Yönetim İlkeleri” adlı kitabını yayımlayarak Taylorizm’i veya diğer adıyla bilimsel yönetimin ilkelerini ortaya koymuştur. Taylorizm’in yönetim organizasyonunun temelinde zaman ve mekân etütleri yer almıştır. Çalışma yaşamında zamanın etkin kullanılmasına yönelik üretimin planlaması çalışanın kaytarmasını engelleyerek son düzlemde işletmenin karını maksimize etmeyi amaçlamıştır. Doğrudan üretim örgütlenmesi olan Taylorizm, çalışma hayatında üretim sürecinin her anını kronometrik olarak planlayarak standartlaştırmıştır. Taylor’un “insanın doğal

içgüdüsü ve eğilimi kolayca kaçırmaktır” sözü işçiye olan bakış açısını özetlemektedir. Taylor’a göre işçi tembel ve bilimsel temelli bir üretim yöntemi geliştiremeyecek kadar aptaldır. Bu sebeple sadece kendisine söyleneni derhal ve soru sormadan yapmalıdır (Litter, 1978: 118). Keza Taylor bilimsel yönetimi üç temel ilke çerçevesinde şekillendirmiştir (Selçuk, 2011: 4131):

- İşin mümkün olduğunca parçalara ayrılması (a general principle of maximum fragmentation); bu aşama iş için gerekli vasıf düzeyini en aza indirmeyi amaçlamıştır. İş parçalara ayrıldıkça basitleşmiş ve becerisizleşmiştir.
- Planlama ile uygulamanın ayrılması ilkesi (the divorce of planning and doing); Taylor planlama sürecinin işçiden tamamen ayrılması gerektiğini savunmuştur. Ona göre işçinin kendi yaptığı işi kavrama kapasitesi yetersizdir ve planlama yetkisi yalnızca yönetime bırakılmalıdır. İşli planyan yönetim işçiye ne yapacağını direktler halinde vermelidir.
- Doğrudan ve dolaylı emek ayrımı (the divorce of ‘direct’ and ‘indirect’ labour); bu ilke, işçinin işi kendi yöntemleriyle organize etmesini ve planlamasını içeren tüm dolaylı faaliyetlerin ortadan kaldırılmasını öngörmektedir. Böylece işçinin yalnızca doğrudan üretime yönelik görevlerle ilgilenmesi sağlanmaktadır.

Taylor’un üretim yöntemini Hanry Ford geliştirerek kendi fabrikalarında uygulamıştır. Taylor her ne kadar zaman etütleri ile üretimi kronometrik olarak tasarlasa da işçilerin üretim sırasında ürünleri bir yerden başka bir yere taşınması, iş süreçleri arasında bekleme süreleri, iş sıralamasının düzensiz olması ve alet ve makinelerin uygun yerde konumlandırılmaması gibi süreçler hala zaman kaybına neden olmuştur. Fordist üretimde bu gibi durumların önüne geçilmesi ve üretimin maksimize edilmesi için kayan bant sistemi üzerine kurulu bir montaj hattı kullanılmıştır. Fordist üretim yapısı montaj hatlarında tekrarlayan, oldukça basit görevleri yerine getiren iyi ücretli çalışanları, karmaşık ama büyük ölçüde standart ürünler üretmek için kullanmıştır. Bu sistem kitle üretimi ve kitle tüketimi üzerine kurulu ve ucuz mal üretmeyi başarmıştır. Keza uygun fiyatlı olarak yapılan kitle üretimi aynı zamanda bu ürünlerin kârlı olması için ihtiyaç duyduğu tüketici sınıfını da oluşturmuştur (Casteel, 2011: 5). Antonio Gramsci, “Amerikanizm ve Fordizm” başlıklı notlarında, Fordist üretim anlayışını yalnızca ekonomik bir model değil, aynı zamanda yeni bir insan ve işçi tipinin inşasına yönelik tarihte benzeri görülmemiş kolektif bir toplumsal dönüşüm projesi olarak değerlendirmiştir. Gramsci’ye göre Amerika’nın Avrupa’dan farklı olarak feodal geçmişe sahip olmaması, üretken olmayan aristokrasi, tüccar sınıfı ya da din adamları gibi burjuva gelişimini engelleyen sınıfsal yapıların bulunmaması,

Fordist iş disiplininin bu ülkede daha kolay yerleşmesini sağlamıştır. Bu bağlamda ‘Amerikanizm’ ideolojisi, Fordist emeğin disipline edilmesi sürecinde Avrupa’ya kıyasla daha avantajlı bir zemin sunmuştur. 1980’lere kadar dünya genelinde ekonomik olduğu kadar kültürel olarak da Fordist akıl ve Amerikan politikası paralel ilerlemiş ve modern kapitalist toplumların yapılarını derinden etkilemiştir (Sadioğlu ve Altay, 2020: 330). Keza 1945’lere kadar birçok sorunla boğuşan Fordist üretim 2. Dünya Savaşından 1973’e kadar amerikan hegemonyası altında egemen üretim rejimi olmuştur. Bu üretim rejiminin ana özellikleri şunlardır (Saklı, 2007: 5-6):

- **Kitle Üretimi ve Tüketimi:** Fordist sistemde üretim, bireysel müşteriler yerine kitle tüketimine yöneliktir. Bu yaklaşım, kitlesel üretimin sürdürülebilmesi için gerekli olan geniş çaplı talebin organize edilmesini ve desteklenmesini öngörmüştür.
- **Ürünlerde Standartlaşma:** Kitle tüketim profiline uygun olarak üretilen mallar, yüksek düzeyde standartlaştırılmıştır. Bu, üretim sürecinin ölçek ekonomisine dayalı olarak işlemesini sağlamıştır.
- **Üretim Sürecinde Katılık:** Üretim hatları kayan bant sistemi üzerine kurulu sabit ve değişime kapalı yapılar üzerine kurulmuştur. Üretim hattı yalnızca belirlenmiş standart ürünü üretecek biçimde konumlandırılmıştır. Bu nedenle üretim esneklikten uzaktır.
- **Teknoloji Odaklı İş Örgütlenmesi:** Yeni teknolojiler, rutin işleri makinelerle devretmek ve verimliliği artırmak amacıyla üretim süreçlerine entegre edilmiştir. İş gücü, mümkün olduğunca bu teknolojik sistemlerle yeniden yapılandırılmıştır.
- **Yarı Nitelikli Emek Kullanımı:** Seri üretimde görev alacak işçiler, belli görevleri yerine getirecek şekilde eğitilmiş, kolayca ikame edilebilen ve maliyeti düşük işgücünden oluşmuştur.
- **Keynesçi Müdahale ve Talep Yönetimi:** Fordist model, kitlesel talebin sürekliliğini sağlamak için kamu müdahalesini gerekli görmüştür. Refah devleti politikaları aracılığıyla iç talep canlı tutulmaya çalışılmıştır.
- **İmalat Sanayinin Merkeziliği:** Katma değer üretiminde belirleyici olan sektör imalat sanayidir. Diğer sektörler bu merkezi yapıya eklemlenmiş ve ikincil konuma itilmiştir.
- **Toplumsal Hegemonya ve Denetim:** Fordizm yalnızca ekonomik değil aynı zamanda toplumsal yaşamı düzenleyici bir sistemdir. Bireylerin tüketim davranışları, çalışma biçimleri ve gündelik yaşamları sistemin normlarına göre şekillendirilmiştir.

- **Tüketim Odaklı Yaşam:** Bireylere gelir sağlamanın yanında bu gelirin nasıl kullanılacağı da öğretilmiştir. Böylece üretim-tüketim döngüsü içinde belirli bir yaşam tarzı inşa edilmiştir.

Fordizm, kapitalist emek sürecinin özgün bir biçimi olarak, kitle üretimi mantığıyla standartlaştırılmış malların üretimine dayanan, teknik ve toplumsal iş bölümünün belirli bir yapılanmasını ifade etmiştir. Bu sistem, arz odaklı bir mantıkla ölçek ekonomisi üzerine temellendirilmiş ve üretimin kesintisiz ve büyük hacimlerde gerçekleştirilmesi gerektiği anlayışıyla organize edilmiştir. Ölçek ekonomisi “çıktı başına ortalama maliyetin düşmesi” olarak tanımlanmaktadır (Yıldırım, 1995: 70). Nitekim bu sistemde önemli olan, ürünün kalitesi ya da özgünlüğü değil, maliyeti düşürüp ucuza sunmaktır. Dolayısıyla Fordist üretim paradigması, pazarda söz sahibi egemen birkaç büyük firmanın yer aldığı ve girişin zor olduğu oligopol piyasa şartlarında faaliyet gösteren bir sistemdir (Coriat, 1992: 123). Keza yeni bir firmanın pazara girip rekabet şartlarında varlığını sürdürebilmesi için ölçek ekonomisiyle üretilen düşük maliyetli üretim ile başa çıkabilmesi gerekmektedir.

Fordist üretim Keynesyen iktisadi model ile mükemmel bir uyum içerisinde organize edilmiştir. Nitekim Fordist üretim modelinin sürdürülebilirliği, artan işgücü verimliliğine karşılık gelen yeterli düzeyde tüketici talebinin oluşturulmasına bağlıdır. Aksi takdirde, üretim ile tüketim arasındaki dengenin bozulması durumunda kapitalist sistemde “gerçekleşme krizi” (realization crisis) olarak tanımlanan yapısal bir bunalıma yol açması kaçınılmaz olacaktır.¹ Bu nedenle, 20. yüzyılın ortalarında uygulamaya konan en önemli kurumsal ve politik yeniliklerden biri, Keynesyen müdahaleci devlet modelinin geliştirilmesi



Resim 3. Fordist Üretim ve Kayan Bant Sistemi

¹ Nitekim Fordist üretim bu durumu yaşayarak 1970 sonrası yeniden bir yapılanmaya gidecektir. Bu konuya daha sonraki başlıklarda değinilecektir.

olmuştur. Bu model, yalnızca makroekonomik düzeyde toplam talebi yönlendirmekle kalmamış aynı zamanda sendikalar, işverenler ve devlet arasında korporatist bir uzlaşma mekanizması oluşturarak çıkar çatışmalarını dengeleyen bir yapı da inşa etmiştir. Böylece, Fordist üretimin iç pazara dayalı genişleme mantığı desteklenmiş, yüksek gümrük duvarları ve dış ticaret kısıtlamaları yoluyla iç piyasada kitlesel üretimi karşılayacak bir tüketim zemini oluşturulmuştur (Altvater, 1992: 20). Fordist dönemde devlet hem toplam talebi yönetmek hem de sosyal refahı yaygınlaştırmak üzere Keynesyen ilkeler doğrultusunda yapılandırılmış, böylece üretim ile tüketim arasındaki döngü kamusal müdahale ile desteklenmiştir. Bu devlet modelinin iki temel amacı vardır: İlki, büyük ölçekli ve sermaye yoğun yatırımlar yapan Fordist firmaların kapasitelerini sürekli ve yüksek düzeyde kullanabilmesini sağlayacak biçimde toplam talebi yönetmektir. İkincisi ise kitlesel tüketim kalıplarını toplum geneline yaygınlaştırarak, üretimden doğan refahın geniş halk kesimleri tarafından paylaşılmasını mümkün kılmaktır. Bu yaklaşım, ticareti dışa açık değil, iç talep temelli bir ekonomik genişlemeyi esas aldığı için Fordist üretim modeli ile Keynesyen ekonomi politikaları tamamlayıcı bir ilişki içinde olmuştur (Jessop, 1992: 45).

Fordist dönemde kitleler halinde üretilen ürünlerin iç piyasada yeterli ürün talebini karşılanabilmesi işçi sınıfının alım gücünün yüksek olmasına bağlıdır. Dünya Savaşı sonrası büyüme modeli ücretlerde düzenli bir atışı öngörmüştür. Üretkenlikte meydana gelen artış 1960'lı yıllarda Amerika'da azalmaya başlasa da Batı Avrupa'da 1970'lere ve Japonya'da 1970'lerin sonlarına kadar azalmamış ve işçi ücretleri artmaya devam etmiştir. Artan ücretler çalışan sınıfa görece bir refahın ve satın alma gücünün sağlanmasına fırsat tanımıştır (Roobeeek, 1987: 138).

Diğer taraftan çalışma hayatında işçi tekdüze iş süreçlerinin içine sıkıştırılarak vasıf düzeyi düşürülmüştür. Montaj hattında sabit bir şekilde çalışan işçinin temel görevi yaratıcılık gerektirmeyen ve sürekli aynı hareketlerin tekrarlandığı basit görevleri yerine getirmek olmuştur. Bu süreç işçinin mesleki yetkinlik ve gelişim kazanmasının önündeki en büyük engeli oluşturarak onu “yarı-vasıflı” bir hale getirmiştir. Fordist üretin yapılanmasının işleri en ufak parçasına kadar ayırması ve standartlaştırması işçinin ürettiği ürünle ve üretim süreci ile olan bağıyı zayıflatarak işçinin işe karşı yabancılaşmasına neden olmuştur. Keza esneklik kavramı, başlangıçta Fordist üretim modelinin emek üzerindeki katı, mekanik ve baskıcı yapısına bir tepki olarak ortaya çıkmış ve işçinin yabancılaştığı, rutinleşmiş çalışma düzenine karşı bir alternatif sunma iddiasıyla genellikle iyimser bir bakışla değerlendirilmiştir. Bu bağlamda, Post-Fordist söylem içinde “esnek uzmanlık” kimi yaklaşımlar tarafından emeğin özgürleşmesi ve yabancılaşmanın aşılması açısından bir çözüm olarak görülmüştür (Koçak, 2015).

1.4. Post-Endüstriyel Dönem ve Esnek Üretim

1970’li yılların ortalarından itibaren, Fordist üretim rejiminin karşı karşıya kaldığı krizler ve sürdürülemez üretim yapısı, sanayi toplumunun temel özelliklerini sorgulanır hale getirmiştir. Emek-yoğun, standartlaşmış ve merkezizetçi üretim modelleri yerini daha esnek, çok merkezli ve teknolojiye dayalı yapılara bırakmaya başlamıştır. Bu dönüşüm sadece üretim süreçlerini değil, aynı zamanda çalışma biçimlerini, işgücü yapısını ve endüstri ilişkilerini de köklü biçimde etkilemiştir. Bu bağlamda, Post-Fordizm olarak adlandırılan yeni üretim anlayışı, sanayi sonrası toplumun temel dinamiklerini şekillendirmede belirleyici olmuştur. Aşağıdaki bölümde, Post-Fordist dönemle birlikte üretimin nasıl yeniden yapılandığı ve bu dönüşümün çalışma hayatı üzerindeki etkileri ele alınmaktadır.

1.4.1. Post- Fordizm ve Üretimin Yeniden Yapılanması

Fordist sistemin krizini derinleştiren ve imalat sanayinin yeniden yapılandırılmasında etkili olan en temel nedenlerden birisi, gelişmiş ülkelerdeki imalat sektöründe yaşanan verimlilik düşüşüdür. 1963-1972 yılları arasında dünya genelinde ortalama büyüme hızı %4,7 seviyesindeyken, bu oran 1973-1981 döneminde %2,8’e kadar gerilemiştir. Söz konusu dönemde imalat sanayindeki durum ise daha çarpıcıdır. Gelişmiş ekonomilerde imalat sektörün yarattığı katma değerın büyüme oranı, 1964’te 7,3 düzeyinden 1977’de %3,0’a düşmüştür. Yine gelişmiş ekonomilerde 1963-73 ortalaması 5,2 olan katma değerın büyüme oranı 1973- 1982 arasında 2,1’e kadar gerilemiştir (UNIDO, 1982: 7). Gelişmiş ülkelerde imalat sanayinde yaşanan verimlilik düşüşüne ek olarak, Doğu Asya kaynaklı rekabet baskısının artması ve işçi sendikalarının refah düzeylerindeki gerilemeyi kabullenmekte isteksiz davranmaları, bu ülkelerin ekonomik politikalarında köklü değişimleri zorunlu kılmıştır. Bu gelişmeler karşısında sanayi burjuvazisi, düşen verimlilik oranlarına tepki olarak üretim maliyetlerini düşürmeye ve ticaret açıkları ile işsizlik kaynaklı korumacı eğilimleri dengelemeye yönelik stratejiler geliştirmeye yönelmiştir. Bu bağlamda, üretimin örgütlenme biçimi sorgulanmış ve imalat sanayi yeniden yapılandırma sürecine girmiştir (Aydın, 1999: 18). Post-Fordist yeniden yapılanma olarak adlandırılan bu süreç, özellikle kalkınma sürecini nispeten tamamlamış gelişmiş ülkelerin üretim yapılarında belirgin bir şekilde hissedilmiştir. Bu ülkelerde, katma değeri düşük, tabii kaynaklara ve ucuz işgücüne dayalı üretimden uzaklaşmış ve bunun yerine ileri teknolojiye dayalı, yüksek beceri gerektiren, bilgi yoğun sektörlere yönelim gerçekleşmiştir. Bu yapısal dönüşümle birlikte imalat sanayinin gayri safi yurt içi hasıla (GSYİH) içindeki payı giderek azalmıştır. Keza üretimin ağırlık merkezi 1980 sonrasında sanayi sektöründen hizmetler ve iletişim gibi daha esnek ve yenilikçi alanlara kaymıştır. Post-Fordist yeniden yapılanma yalnızca sektörel bir değişimi değil, aynı zamanda emeğin

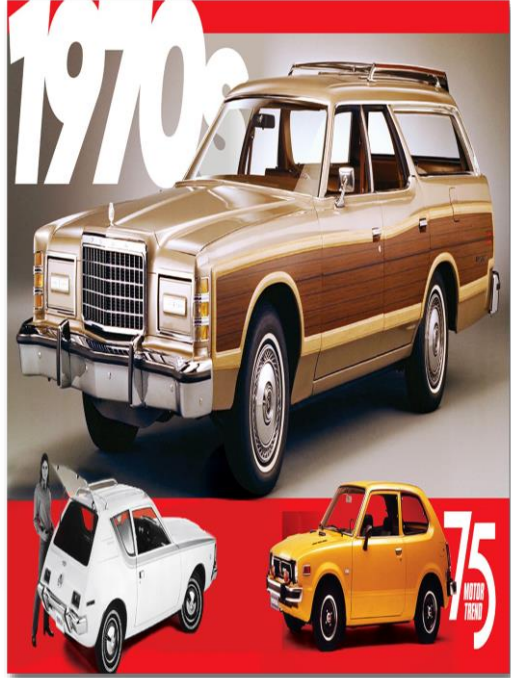
niteliği, üretim faktörlerinin önceliği ve küresel değer zincirlerindeki konumu açısından da önemli bir paradigma değişimini temsil etmektedir (Altay ve Turhan, 2002: 81).

Fordist üretim yapılanması kitle üretimi ve tüketimi üzerine kurulu olduğu için istikrarlı pazarlara ihtiyaç duymuştur. Nitekim Keynesyen iktisat politikaları bu pazarları genişleterek Fordist üretimin devamlılığı için gerekli koşulları sağlamıştır. Ancak yerel piyasaların doyma noktasına ulaşması, teknolojinin ucuzlamasına bağlı olarak orta ve küçük çaplı firmaların ölçek ekonomisiyle üretim yapan büyük firmalar ile rekabet edebilir hale gelmesi ve giderek şiddetlenen uluslararası rekabet baskısı, Fordizmin içinde bulunduğu krizi iyice derinleştirmiştir. Nitekim artan rekabet tüketici için alternatif ürünleri sağlamış ve tüketici tercihleri giderek çeşitlenmiştir. Kitle üretimi yapan Fordist üretiminin hantal yapısı değişen tüketici taleplerini karşılamada başarısız olmuştur (Bozkurt, 2012: 125). 1970’li yıllarda Japon otomotiv endüstrisinin yükselişi, Fordist üretim rejiminin krizini derinleştiren önemli dışsal faktörlerden birini oluşturmuştur. Japon otomotiv endüstrisi (özellikle Toyota) pazara daha küçük, az yakıt tüketen ve tüketici tercihleri doğrultusunda esnek biçimde üretilen araçlar sunarak ABD merkezli Fordist kitle üretimine dayalı otomotiv sanayisine ciddi bir rekabet baskısı uygulamıştır. Keza bu dönemde ortaya çıkan petrol krizleri sonrası yakıt fiyatlarının artması küçük ve az yakan Toyota tarzı arabaların daha fazla tercih edilmesine sebep olmuştur. Fordist sistemin yüksek ölçekli, standartlaştırılmış ve esnek olmayan üretim anlayışı, tüketici talebindeki çeşitlenmeye karşılık verememiştir. Buna karşın Japon üretim modeli, “tam zamanında üretim” (just-in-time), çok işlevli işgücü kullanımı ve kalite kontrol sistemleriyle hem verimliliği artırmış hem de maliyetleri düşürmüştür. Bu üretim anlayışı, yalnızca enerji krizleriyle sarsılan ABD otomotiv sektörünün rekabet gücünü azaltmakla kalmamış, aynı zamanda Fordist sistemin üretim katılıklarını da görünür kılarak Fordist yapılanmayı yeniden dönüşüme zorlamıştır (Glyn, 1990). Bu dönüşümün altındaki sihirli sözcük ise “esnek üretim” kavramıdır.

Fordist üretim yapısının esnekleşmesiyle birlikte, dev fabrikalara dayalı kitlesel üretim çözülmüş ve daha küçük ölçekli üretim birimlerine ayrılmıştır. Bilgisayar ve iletişim teknolojileri sayesinde dünyanın birçok yerine yayılan üretim süreci tek bir merkezden kontrol edilebilir ve gerektiğinde üretim tekrar yapılandırılabilir bir hale gelmiştir (Zencirkıran ve diğerleri, 2018: 98). Fordist yapılanma kitle üretimini bırakarak yalın üretim modeline geçiş yapmıştır. Yalın üretim modeli müşteri taleplerine hızlı ve esnek yanıt vermeyi amaçlayan Japon tarzı kaban sistemini kullanan stoksuz

üretim sistemidir. Kaban sistemi Japon üretim süreci için geliştirilen bir stok kontrol sistemidir. Bu sistem, Fordist kitlesel üretimin aksine, esnek ve talep odaklı üretimi mümkün kılarak stok maliyetlerini azaltmıştır (Golhar ve Stam, 1991: 663-664). Yalın ve esnek üretim sistemleri, üretim sürecindeki israfı ortadan kaldırarak verimliliği ve kaliteyi artırmayı hedefleyen bütüncül bir yaklaşımdır. Bu sistemde fazla işgücü ve stok gibi gereksiz maliyet unsurları azaltılmıştır. Değişen tüketici taleplerine hızla geçiş yapabilme esnekliği, çok yönlü ve iyi eğitilmiş işgücünün varlığıyla mümkün kılınmıştır. Çalışanların sürekli eğitimi, işletmeye bağlılığı ve performansa dayalı ücretlendirme gibi uygulamalarla hem işgücü motivasyonu artırılmış hem de üretimde süreklilik sağlanmıştır. Japon kültüründen etkilenerek oluşturulan hiyerarşik engellerin azaldığı katılımcı iş kültürü bu sistemin sosyal yapısını desteklemiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde yalın üretim yalnızca bir üretim tekniği değil, aynı zamanda işyeri kültürünü de dönüştüren bir yönetim felsefesidir (Bozkurt, 2012: 131). Post-Fordist üretim rejiminin temel özellikleri şu şekilde özetlenebilir (Sadioğlu ve Altay, 2020: 331):

- Üretim ve emek organizasyonu Post-Taylorist bir yapıya geçmiştir. Bu yeni yapıda, katı hiyerarşik iş bölümü ve tekrarlayıcı görevlerin yerini daha



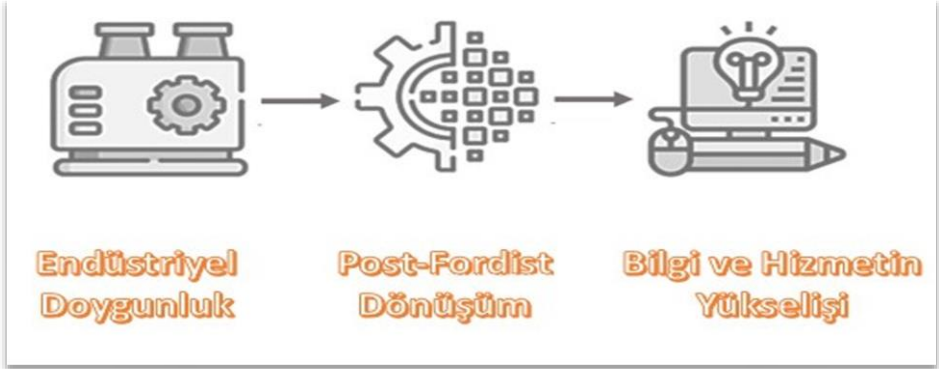
Resim 4. Ford (Üstte) ve Toyota (altta) Model Arabalar

esnek ve çok işlevli bir üretim süreci almıştır. Teknolojinin (özellikle mikro elektronikler ve bilgisayarlar) üretim sürecine entegre edilmesiyle iş süreçleri yeniden tasarlanmış ve bazı iş alanlarında işgücü ihtiyacı azalmıştır.

- Post-Fordist dönemde hizmet sektörü de sanayileşme dinamiklerine benzer biçimde yeniden örgütlenmiştir. Bankacılık, eğitim, sağlık gibi hizmet alanlarında da üretkenlik ve verimlilik artışı hedeflenmiş ve büro işleri bilgisayarlaştırılmış ve yönetsel iş süreçleri endüstriyel ölçekte düzenlenmiştir.
- Yeni teknolojik ilerlemeler sayesinde tarım sektöründe makine kullanımı ve verimlilik artmıştır. Ancak buna rağmen, tarımın ulusal gelir ve istihdam içindeki payı giderek azalmış ve kırsal kesim sanayi ve hizmet sektörlerine doğru kaymaya başlamıştır.
- Fordist dönemde üretkenliğe paralel artan ücretler Post-Fordist dönemde bu ilişkiyi yitirmiştir. Nitekim üretim artışı yaşanırken reel ücretler yerinde saymış veya azalmıştır. Bu da gelir eşitsizliğini artırmış ve refah devleti mekanizmalarını sorgulanır hale getirmiştir.
- Klasik emek ve istihdam ilişkisi çözülmeye başlayarak çalışma biçimleri esnekleşmiştir. Tam zamanlı, güvenceli işlerin yerini yarı zamanlı, sözleşmeli, geçici ve proje bazlı işler almaya başlamıştır. Bu durum toplumsal yapıda bireyselleşmeyi arttırmış ve istihdam ilişkilerinin parçalanmasına yol açmıştır.

Kadınların işgücüne artan katılımı, Post-Fordist dönemi önemli ölçüde etkilemiştir. Çünkü Taylorist ve Fordist üretim modelleri, esas olarak evin geçimini tek başına sağlayan, fiziksel güce dayalı işler yapan erkek figürü üzerine inşa edilmiştir. Oysa kadın işçilerin ihtiyaçları ve işgücüne kattıkları beceriler bu erkek odaklı modele kıyasla farklılık göstermiştir. Amerika’da sendikaların zayıflatılması, imalat sektöründeki işlerin nitelik kaybı (de-skilling) ve tüm sektörlerin yurtdışına taşınması (outsourcing) gibi değişimlerle birlikte hizmet sektöründeki yönetim ve ofis işlerinin yükselişe geçmesi, fiziksel güçten ziyade iletişim ve sosyal becerilere dayalı yeni bir işgücü yapısını oluşturmuştur. Bu dönüşüm, kadınların bu tür işlerde daha başarılı olmasına olanak tanımıştır. Özellikle insan kaynakları gibi alanlarda kadınların daha fazla yer alması, bu sektörlerdeki işe alım süreçlerinde kadın istihdamının artmasına katkı sağlamıştır. Her ne kadar kadınlar hâlâ erkeklerden daha az kazansa da Post-Fordist dönemde Amerika’da yaratılan yeni ve “iyi” işlerin, özellikle işçi sınıfı veya alt-orta sınıfa hitap eden pozisyonların, daha çok kadınlar tarafından doldurulmaya başlandığı görülmüştür (Casteel, 2011 5-13).

Şekil 1. Sanayi Sonrası Dönüşüm Süreci



Sonuç olarak, 1970’li yılların ortalarına gelindiğinde, yaklaşık otuz yıl boyunca kapitalist sistemin istikrarını sağlayan Fordist birikim modeli, dünya genelinde artan toplumsal direnişler, ekonomik daralmalar ve yapısal sorunlar nedeniyle çözülme sürecine girmiştir. Özellikle 1973 petrol kriziyle tetiklenen bu süreçte, kitlesel üretime dayalı endüstriyel yapıların esnek olmayan doğası değişen tüketici taleplerine yanıt veremez hale gelmiştir. Ayrıca teknolojik gelişmelerin hızlanması ve ucuzlaması üretim yapılarında yeniden örgütlenmenin önünü açmış, neoliberal düşüncenin Avrupa ve Amerika’da yükselişi ise bu dönüşümü ideolojik olarak meşrulaştırmıştır (Koçak, 2015). Bu gelişmelerin sonucunda, kapitalizmin uzun süredir devam eden görece dengeli genişleme dönemi sona ermiş ve sermayenin küresel ölçekte krize verdiği yanıt, 1980’lerde neoliberal politikaların yükselişiyle somutlaşmıştır. Neoliberalizm, yalnızca ekonomik değil aynı zamanda siyasal ve sosyal alanlarda da belirleyici hale gelerek, Fordist üretim ve istihdam rejiminin çözülmesini hızlandırmıştır. Böylece, üretim paradigmasındaki değişimle birlikte çalışma yaşamı da köklü bir dönüşüme uğrayarak esneklik, bireyselleşme, güvencesizlik ve hizmet sektörünün genişlemesi yeni dönemin başat özellikleri haline gelmiştir.

1.4.2. Sanayi Ötesi Toplum ve Çalışma Hayatı

II. Dünya Savaşı’nın ardından dünyanın siyasal ve ekonomik yapısı kapitalist ve komünist dünya arasında çift kutuplu olarak şekillenmiştir. İki kutubun liderliğini yapan ABD ve Sovyetler Birliği arasındaki soğuk savaş döneminde başta bilgisayar ve iletişim teknolojilerinde son derece hızlı bir ilerleme kaydedilmiş ve insanlığın “uzay çağı”na ulaştığı savunulmuştur. Bu dönemdeki teknolojik ilerlemelerin üretim biçimlerini, istihdamı, meslek yapılarını ve bilgiye erişimi etkilemesi toplumsal yapının köklü biçimde değişeceği yönündeki

öngöröleri güçlendirmiştir. Keza Daniel Bell, Yoneji Masuda ve Alvin Toffler gibi önemli fikir adamları yakın bir gelecekte toplumsal yapının tamamen değişerek yeni bir toplum modelinin inşa edileceğini savunmuşlardır (Çelik, 1998: 54). Bu tür fikrîsel öngörülerin ardında aynı zamanda üretim sürecinde emek yoğun endüstriyel mal üretiminin öneminin azalması ve akabinde stratejik unsurun bilgi üretimine dönüşmesi yatmaktadır (Bozkurt, 2012: 68). Nitekim tarım toplumunda en stratejik kaynak hammadde, sanayi toplumunda sermaye iken sanayi sonrası toplumda bilgiye dönüşmüştür (Altundere, 2016: 109).

Bell “Endüstri ötesi toplum”, “kapitalizm ötesi toplum” gibi terimlerle de adlandırılan sanayi ötesi toplumun temel özelliğini imalat sanayinin üretimdeki temel unsur olmaktan çıkması ve hizmet sektörünün ve bilgi üretiminin öneminin giderek artması şeklinde tanımlamıştır. Sanayi ötesi toplum, örgütü olan mavi yakalı işçilerin azaldığı ve yerini beyaz yakalı yüksel vasıflı bilgi işçilerin aldığı bir toplumdur (Bell, 1999). Toffler, yeni toplum modelini bir yandan teknolojik ilerlemelere dayanan, diğer yandan ise endüstriyel yapıya karşıt özellikler taşıyan çift yönlü bir dönüşüm olarak ele almıştır. Sanayi ötesi toplumda bilgiye dayalı meslekler giderek ön plana çıkarken, mühendislikten finans sektörüne, reklamcılıktan multimedya teknolojilerine kadar birçok alan önem kazanmaya başlamıştır. Bu süreçte bilgisayar ve iletişim teknolojilerinin birleşimi yalnızca iş dünyasını değil, aynı zamanda aile yapısı ve çalışma ilişkileri gibi sosyal yapıları da dönüştürmüştür. Üretimin yeniden yapılandığı bu dönemde işin organizasyonunda köklü bir değişimi beraberinde getiren ‘esnek üretim’ kavramı doğmuştur (Arslan, 2018: 154).

Tablo 3. Sanayi Ötesi Toplum: Karşılaştırmalı bir Şema

Boyutlar	Tarım Toplumu	Sanayi Toplumu	Sanayi Ötesi Toplum		
Üretim Şekli	Doğal Madenlerin İşlenmesi	Fabrika	İşleme ve Yeni İş Hizmetleri		
Ekonomik Sektör	Birincil Tarım, Madencilik, Balıkçılık, Petrol & Gaz	İkincil Mal Üretimi, Dayanıklılık, Dayanıksız, Ağır Sanayi	Üçüncül Taşımacılık Kamu hizmeti	Dörcüncül Emlak Ticaret Sigorta Finans	Beşincil Sağlık Araştırma Eğitim Dinlence
Dönüştürülen Kaynak	Doğal Güç, Rüzgâr, Su, Kaba İnsan ve Hayvan	Yaratılan Enerji, Elektrik, Yağ, Gaz, Kömür	Enformasyon, Bilgisayar ve Veri Sistemleri		
Stratejik Kaynak	Hammadde	Mali Kapital	Bilgi		
Teknoloji	El Sanatları	Makine Teknolojisi	Entelektüel Teknoloji		
Temel Nitelik	Artizan, Çiftçi, El İşçisi	Mühendis, Yarı Vasıflı	Bilim Adamı & Profesyonel Meslekler		
Metodoloji	Sağ Duyu, Sınama Yanılma	Ampirizm & Deneyim	Soyut Teori Modelleri & Simülasyonlar & Sistem Analizleri		
Zaman Perspektifi	Geçmişe Yönelik	Şu Andaki Tecrübelere Yönelik	Geleceğe Yönelik		
Dizayn	Doğaya Karşı Oyun	Fabrikalaşmış Doğaya Karşı Oyun	Kişiler Arasında Oyun		
Eksen İlke	Gelenekçilik	Ekonomik Büyüme	Teorik Bilginin Kodifikasyonu		
Kaynak: (Bell, 1976: 47)					

Tablo 3'te sanayi ötesi toplumun temel özellikleri ve önceki yapılar arasındaki karşılaştırma gösterilmiştir. Post-endüstriyel toplum kavramı; bilgi toplumu, enformasyon toplumu ve hizmet sınıflı toplum gibi benzer kavramlarla birlikte, sanayi toplumunun ardından ortaya çıkan ve ondan belirgin biçimde ayrılan yeni toplumsal yapıyı tanımlamak amacıyla kullanılmıştır. Bu yeni toplumda, sanayi toplumuna ait birçok yapı ve değer işlevini yitirmiştir. Dahası sanayi toplumunun temel özellikleri artık bu dönüşen yapıyı açıklamakta yetersiz kalmış, bunun yerine post-endüstriyel döneme özgü yeni toplumsal dinamikler

ön plana çıkmıştır. Sanayi ötesi toplumun temel özellikleri şu şekilde sıralanmıştır (Şimşek, 2002: 141):

- **Mal üretiminden hizmet sektörüne geçiş:** Sanayileşmenin hız kazanması tarım sektöründe bir daralma meydana getirmiş ve insanlar iş bulma umuduyla şehirlere akın etmiştir. Sanayileşme üretimde verimliliği ve milli geliri arttırmıştır. Artan refah ise insanları daha fazla hizmet satın almaya itmiş ve nihayetinde bu ekonomik dönüşüm sanayinin daralmasına ve hizmet sektörünün genişlemesine neden olmuştur.
- **Teknik ve profesyonel işgücünün artışı:** Teknik beceri ve uzmanlık gerektiren işlerde görülen artış beraberinde emek talebini mavi yakalı işgücünün beyaz yakaya doğru kaydırmıştır. Bilimsel, teknik ve eğitim temelli mesleklerde çalışan beyaz yakalılar, sanayi sonrası toplumun en belirleyici sosyal tabakasını oluşturmuş ve bilgiye dayalı üretim süreçlerinde kritik rol üstlenmiştir.
- **Teorik bilginin merkezi rolü:** Sanayi sonrası toplum ile sanayi toplumu arasındaki en belirgin yapısal ayrım, bilginin toplumsal işleyişte üstlendiği rol üzerinden açıklanabilir. Sanayi toplumunda üretim süreci, insan ile makine arasındaki iş birliğiyle tanımlanırken, sanayi sonrası toplumda dönüşüm, yenilik ve toplumsal denetim gibi süreçler bilgi temelli bir düzlemde şekillenmektedir. Bu durum, yeni toplumsal ilişkilerin ve kurumsal yapıların ortaya çıkmasına da zemin hazırlar. Bu yeni düzende soyut ve kuramsal bilgi, uygulamaya dönük deneysel bilgiden önce gelmekte ve özellikle politik karar alma süreçlerinde teorik bilgi, merkezi ve yönlendirici bir işlev görmektedir.
- **Teknolojik gelişmenin planlanabilir olması:** Sanayi sonrası toplum, teknolojiye ve onun getirdiği değerlere yönelik tutumunda geleceğe odaklanmış bir karakter taşımaktadır. Bu toplum yapısı, teknolojik değişimleri rastlantısal bir süreç olarak görmektense, onları yönlendirme ve denetim altına alma çabasıyla hareket etmektedir.
- **Yeni bir entelektüel teknolojinin ortaya çıkışı:** Sanayi sonrası toplum, karar alma süreçlerini bilgi temelli bir zemine oturtmayı ve bu doğrultuda yeni bir “entelektüel teknoloji” geliştirmeyi hedeflemiştir. Bu teknoloji, nesnelerin yeniden üretimini mümkün kılan sistematik bilgileri içerdiği gibi sorun çözümünde sezgiye dayalı yaklaşımların yerine bilimsel akıl yürütmeyi koymaktadır.

Çalışma hayatında hizmetler sektörünün gelişmesi ve bilgi yoğun işlerin artması beraberinde yeni bir çalışan profilini de getirmiştir. Kitle üretimi yapan fabrikalarda dar bir görev tanımında uzmanlaşan, söyleneni yapan, karar verme sürecine katılmayan ve düşünmeyen çalışan tipi artık eskide kalmış ve yerine

beyaz yakalı olarak adlandırılan yeni bir çalışan grubu ortaya çıkmıştır. Bilgi işçisi olarak adlandırılan bu yeni işçi tipi sanayi toplumundaki işçilerin aksine, üretim sürecinde yalnızca makinenin bir uzantısı olarak kalmamışlardır. Post-endüstriyel üretimde, kitleler halinde standart mallar üreten makinelerin yerini artık bilgisayarlar ve çok amaçlı kullanılabilen esnek üretim araçları almıştır. Yeni işçi tipinin bu esnek üretim araçlarını çeşitli alanlarda etkin biçimde kullanması gerekmiştir. Sanayi toplumunda üretim, çoğunlukla düşük nitelikli ya da sınırlı beceriye sahip mavi yakalı işçiler tarafından yürütülürken, sanayi ötesi toplumda çalışan bireyler iyi eğitilmiş, yüksek becerili ve uzmanlaşmış kişilerden olmuştur (Altundere, 2016: 117). Bu çalışan tipinin temel özellikleri şunlardır (Zencirkıran ve diğerleri, 2018: 197):

- İş süreçlerinin tamamı hakkında bilgi sahibi,
- Çok yönlü ve yaratıcı,
- Yeni teknolojilere hâkim ve gelişime açık,
- Söylenenin dışında inisiyatif alabilen ve karar mekanizmalarına katılabilen,
- Takım çalışmasına ve esnek çalışmaya uygun.

Artan vasıf düzeyi zamanla üretimdeki esnekliği geliştirmiş olsa da başlangıçta vasıf düzeyini arttıran üretimin yeniden yapılandırılarak esnekleşmesidir (Solo, 1985: 832-834). “Atipik istihdam biçimleri” olarak adlandırılan ve Sanayi Devrimi’nin varsaydığı klasik “tam zamanlı ve sürekli çalışma” modelinden farklılık gösteren tele-çalışma, evden çalışma ve esnek zamanlı istihdam gibi uygulamalar, özellikle bilgi temelli sektörlerde yaygınlaşmıştır. Yeni ekonominin şekillendirdiği bu iş modelleri, mavi yakalı işçi ile geleneksel işveren arasındaki ilişkileri de köklü biçimde dönüştürmüştür. Nitekim bilgi çağının yeni işgücü profili; yüksek vasıflı, bireysel sözleşmelerle çalışan, esnek ve kısmi zamanlı istihdam edilen bireylerden oluşmakta olup, bu grubun önemli bir kısmını kadınlar oluşturmaktadır. Gerek küresel ölçekte gerekse ulusal düzeyde, mikro teknolojilerin yön verdiği yapısal dönüşüm, işgücü piyasalarında nitelikli elemanlara olan talebi de belirgin biçimde artırmıştır. Ayrıca teknolojik gelişmelerin hızla ilerleyip kısa sürede geçerliliğini yitirebildiği sanayi ötesi toplumlarda, yüksek vasıflı çalışanların da sürekli olarak bilgi ve becerilerini güncellemeleri bir zorunluluk haline gelmiştir (Erdem, 2005: 553).

Sanayi toplumuna kıyasla sanayi ötesi toplumlarda esnekleşmenin artmasına paralel olarak çalışma biçimleri ve süreleri belirgin biçimde değişime uğramıştır. Esnek zamanlı istihdamın yaygınlaşması çalışma saatlerinin azaltarak çalışanların boş zamanın algısını ve önemini değiştirmiştir. Keza beyaz yakalılar açısından yalnızca iş yaşamı değil, iş dışındaki zamanlarda da yaşam kalitesini

artırma arayışı ön plana çıkmıştır. Bunun sebebi ise bilgi ve hizmet sektörlerinde çalışan işçilerin, sanayi toplumundaki işçinin sahip olduğu disiplinli ve tasarruf odaklı anlayıştan uzaklaşması ve daha çok tüketen, eğlenceye zaman ayıran ve harcamaya yönelen bir kimlik yapısına sahip olmasıdır. Böylece sanayi toplumunun tasarrufu teşvik eden yapısının yerini, tüketimi özendiren dinamikler almıştır (Zencirkıran ve diğerleri, 2018: 199).

İşin ve işçinin niteliğinde meydana gelen bu değişimler çalışma hayatında belirgin bazı sorunları da beraberinde getirmiştir. Esnekliğin işverenlere sağladığı kolaylık işverenin işçiye olan bağımlılığını daha rasyonel bir temele indirgemıştır. Emek talebinde görülen bu esneklik, özellikle yüksek gelirli sanayileşmiş ülkelerde çalışma sürelerinin kısılmasına yol açarak işçilerin kariyer fırsatlarını sınırlandırmış ve yüksek vasıflı işçiler arasında işsizliğin artmasına neden olmuştur. Artan refaha bağlı olarak üniversite düzeyi eğitim fırsatlarının gelişmesi işsizlik sürelerini artırmıştır. Geçmişte düşük vasıflı işgücü için bir tehdit olan işsizlik artık iyi bir eğitime sahip yüksek vasıflı işgücü açısından da bir tehdiye dönüşmüştür (Zencirkıran, 2016: 273). Ek olarak, işin niteliğinde meydana gelen esnek çalışma türleri sendikal örgütlenmeyi de olumsuz etkilemiştir. Sanayi toplumunda sendikalar toplumsal değişimin ve endüstri ilişkilerindeki güç dengesinin ana belirleyicisi olmuştur. Ancak sendikal örgütlenme 1970'lerdeki petrol şokları sonrası üretim yapısındaki değişime ayak uyduramamış ve sanayi sonrası topluma geçişte çok fazla güç ve etkinlik kaybetmişlerdir. Sendikaların rahatça örgütlenebildiği sanayi sektörünün ve kamu istihdamının daralması, bireyselliğin güçlü olduğu pazarlık gücü yüksek çalışan sınıfının oluşturduğu hizmet sektörünün genişlemesi, üretim yapısında meydana gelen esnek yapılanmaya ve teknolojinin ucuzlamasına bağlı olarak işletme yapılarının küçülmesi ve atipik olarak adlandırılan esnek çalışma şekillerinin yaygınlaşması gibi birçok etken sendikal hareketi olumsuz açıdan etkilemiştir. Günümüzde birçok ülkede sendikalar hala örgütlenme sorunları yaşamaya devam etmektedir (Altundere, 2016: 119-120).

1.5. Dijital Kapitalizm ve Dijital Emek

İlk kez Daniel Schiller tarafından ortaya atılan dijital kapitalizm, yaklaşık beş yüzyıllık tarihsel gelişime sahip kapitalist sistem açısından özgün bir dönemi işaret etmektedir. 1970'li yıllarda Fordist üretim tarzının yapısal bir krizle karşı karşıya kalması, kapitalist sistemi yeni çözüm arayışlarına itmiştir. Bu bağlamda Schiller dijital kapitalizmi yalnızca ekonomik evrimin doğal bir sonucu olarak değil, aynı zamanda kapitalizmin kronikleşen kriz eğilimlerine karşı geliştirilen küresel bir yeniden yapılanma stratejisi olarak değerlendirmiştir. Temelinde arz yönlü politikalar yatan bu dönüşüm, kapitalizmin sürekliliğini sağlama

çabalarının dijital teknolojiler ekseninde yeniden kurgulanmasıdır (Sevgi, 2024: 183). Keza Fordist üretim rejimi, kitlesel üretimi destekleyen talep yönlü politikalarla şekillenmiş ve kamu refah harcamaları ile yüksek ücret politikaları aracılığıyla iç talebi canlandırarak sanayi üretimini desteklemiştir. Ancak 1970’lerde yaşanan yapısal krizle birlikte bu model sürdürülemez hale gelmiş ve talep yetersizliği nedeniyle “gerçekleşme krizi” ortaya çıkmıştır. Krizden çıkış bileti olan Post-Fordist yaklaşım, devletin rolünü azaltan vergi indirimleri ve deregülasyon gibi arz yönlü politikaları benimsemiştir.

Bu dönüşümle birlikte üretim küreselleşmiş, işgücü esnekleşmiş ve pazarlar çokuluslu şirketler sayesinde birbirine bağlanmıştır. Bu yeniden yapılanma ilk önce imalat sanayi özelinde başlamıştır. İletişim, ulaşım ve depola teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde büyük fabrikalarda yapılan imalat sanayi faaliyeti parçalanarak şirketlerin üretim maliyetlerini düşürebildiği küresel pazarlara taşınmış ve bu süreç yeni bir uluslararası iş bölümünü doğurmuştur. Dijital kapitalizm ise bu arz yönlü yeniden yapılanmanın ileri bir aşamasını temsil etmiştir. Özellikle işlemci hızı ve bellek kapasitesi gibi donanımların performansındaki artışlar akıllı telefonlardan üç boyutlu baskıya ve robotik sistemlere kadar birçok yeniliğin ortaya çıkmasına olanak tanımıştır. Söz konusu gelişmeler, büyük hacimli verilerin toplanmasını ve analiz edilmesini kolaylaştırmış ve bu sayede yapay zekâ uygulamalarının geliştirilmesini mümkün kılmıştır. Nihayetinde teknolojik gelişmenin bu aşamasında insanlar ve nesneler arasında kurulan dijital ağlar üretim süreçlerine entegre edilerek küresel ölçekte kurulan yeni uluslararası iş bölümü somutlaşmıştır. Bu dönüşüm, özellikle hizmet sektöründe yer alan işlerin mekândan bağımsız olarak, uzaktan ve ulus-ötesi biçimde yürütülmesini mümkün kılarak emek piyasalarının yapısal olarak yeniden şekillenmesinde belirleyici bir rol üstlenmiştir. Keza teknolojik yenilikler hizmet işlerinin dijitalleşmesine, standartlaştırılmasına ve bölümlere ayrılarak parçalanmasına imkân tanıyarak, imalat sanayinden sonra hizmet sektöründe de dış kaynak kullanımına olanak tanımıştır (Urhan, 2022: 2588). Özetle dijital kapitalizm, üretim temelli sermaye birikimini dijitalleşme ve bilgi teknolojileriyle birleştiren yeni bir evreye işaret etmektedir.

Dijital kapitalizm, kapitalizmin tarihsel evriminde yeni bir dönemi temsil etse de Dan Schiller, dijital kapitalizmin teknolojik kökenlerini II. Dünya Savaşı’na kadar dayandırmıştır. Schiller’e göre özellikle radarlar, erken dönem bilgisayarlar ve atom bombası gibi yüksek teknoloji silahlar ile birlikte, savaşın yol açtığı lojistik bilgi işleme ihtiyacının sağladığı teknolojik birikim bu dönüşümde büyük bir rol oynamıştır. Diğer bir ifade ile savaş bir yandan yıkım getirirken diğer taraftan bilgi temelli teknolojilerin gelişimi için bir zemin oluşturmuştur. Keza 1970’lerde yaşanan yapısal kriz sonrasında kapitalist sistem,

krizden çıkış için yine bu teknolojik alt yapıyı kullanmıştır. Enformasyon teknolojilerinin yaygınlaşması, verinin yeni bir üretim faktörü olarak değerlendirilmesine yol açmıştır. Günümüzde küresel ölçekte faaliyet gösteren büyük teknoloji şirketleri, veri temelli iş modelleri aracılığıyla geleneksel ekonomik yapıları dönüştürmektedir. Dijital kapitalizm yalnızca ekonomik bir yapı değil, aynı zamanda üretim ilişkileri, emek biçimleri ve toplumsal yapılar üzerinde de köklü değişiklikler yaratmıştır (Schiller, 2023: 526-527). Bu yeni dönüşümün temel özellikleri ise şunlardır (Yılmaz, 2023: 102-103):

- Endüstriyel kapitalizme özgü doğrudan emek zamanı ve niceliksel üretkenlik ölçütlerinin yerini, bilgi ve maddi olmayan değer unsurları almış ve böylece değer üretiminde temel kaynak bilgi olmuştur.
- Sabit sermayeye gömülü bilgidен ziyade emek yoluyla üretilen bilginin ön plana çıkması, tasarım ve uygulama süreçlerinin yanı sıra üretim ve yenilik faaliyetlerinin yeniden örgütlenmesini beraberinde getirmiştir.
- Endüstriyel kapitalizmin ardışık üretim düzeni, yerini sürekli yeniliğe dayalı bir üretim rejimine bırakırken, bu dönüşüm bilişsel temellere dayalı yeni bir uluslararası iş bölümünü ortaya çıkarmıştır.
- Bu sürecin sonucunda yazılım endüstrisi ile biyoteknolojinin iç içe geçmesi, üretim ve inovasyonun sınırlarını yeniden şekillendirmiştir.

Dijital kapitalizmde internet teknolojileri son derece kilit bir role sahiptir. İnternet, erişim sağlayabilen herkesin ortak mülküdür ancak ağ ve kablo sistemlerinin kurulması uluslararası kurumlar, devletler ve büyük çokuluslu teknoloji şirketleri aracılığıyla sağlanmaktadır. Bu tür bir durumu Schiller, şirketlerin uluslararası üretim faaliyetlerinden reklamlara ve bankacılığa kadar geniş bir küresel ağ oluşturma çabası olarak görmüştür. Devletlerin bu tür bir ağ alt yapısı üzerinden birleşmeyi kabul etmesi aynı zamanda politik bir adımdır (Başlar, 2013: 779). Küresel örgütlerin ise dijital kapitalizme dolaylı katkı sağlayan politikaları “daha fazla teknoloji = daha fazla kalkınma” gibi basit bir denklem üzerinden işlemiştir. Bu amaçla başta Dünya Bankası, Birleşmiş Milletler, G8, WTO (Dünya Ticaret Örgütü), WIPO (Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü), UNDP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı) ve DOT Force (Dijital Fırsatlar Görev Gücü) gibi uluslararası örgütler dijital uçurumu kapatmaya yönelik politikalar izlemiştir. Bu politikalar, madalyonun ön yüzünde gelir dağılımı adaletini sağlamak ve dijital uçurumu kapatmak gibi hedefler içeren altyapı projeleri olarak sunulurken, diğer yüzünde dijital kapitalizme hizmet ettiği gerekçesiyle eleştirilmiştir. Çünkü bu politikaların kırsal alanlar ve düşük gelirli bölgeler yerine kârlı pazarlara odaklandığı savunulmuştur. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde telekomünikasyonun liberalleştirilmesi, yabancı şirketlerin

tekeline güçlendirmiştir. Ayrıca dijital uçurumun "kapatılması" iddiasına rağmen eşitsizlikler artmaya devam etmiştir (Pieterse, 2010: 305-308).

Dijital kapitalizm diğer taraftan küresel pazarı elinde bulunduran² çokuluslu şirketlerin öncü konumunda olduğu ve dünyayı “dijital pazara” dönüştürdüğü bir süreçtir. Nitekim ticaretin e-ticarete dönüşmesi internetin ticarileşmesi anlamına gelmektedir. 1990’ların ikinci yarısında internetin ticarileşmesiyle birlikte altyapı sağlayıcılar, web hizmet sunucuları ve e-ticaret girişimleri hızla çoğalmıştır. Dot-com patlaması sürecinde bu şirketlere büyük yatırımlar yapılmış ve bazıları borsa üzerinden önemli kazançlar elde etmiştir. Geleneksel sektörler de internet ortamına geçiş yaparak dijital ticarete uyum sağlamaya çalışmıştır. Bu süreçte reklam kampanyalarıyla kullanıcı sayısını artırmak ve buna bağlı olarak şirket değerini yükseltmek yatırımcıların temel amacı haline gelmiştir. Sonuç olarak internetin kapitalist ekonomiye eklenmesi, online alışverişin küresel ölçekte yaygınlaşmasını ve dijital ticaretin kalıcı bir ekonomik form haline gelmesini sağlamıştır (Başlar, 2013: 780). Keza 2023 itibarıyla küresel e-ticaret hacmi yaklaşık 5.9 trilyon dolar olarak gerçekleşmiş ve bu rakamın 2025 yılı sonunda 6.86 trilyon dolara ulaşması beklenmektedir (Ozdoruk, 2025).

Günümüzde üretim, tüketim, ticaret ve yönetim süreçleri, bilginin merkezde yer aldığı dijital teknolojiler etrafında yeniden yapılandırılmıştır. Bu dönüşümle birlikte mal ve hizmet üretiminde otomasyon artmış, bilgi teknolojilerinin etkin kullanımı temel bir rekabet avantajına dönüşmüştür. Ürün imalatı ve iş süreçlerinde esneklik kazanılmış, firmalar piyasa taleplerine ve teknolojik yeniliklere çok daha hızlı yanıt verebilmiştir. Ayrıca üretim ve karar alma süreçlerinin ağ tabanlı bir yapı üzerinden dağılması, hiyerarşik modellerin yerini daha yatay ve esnek yapılara bırakmasına yol açmıştır. Artık dijital platformlar üretimden ticarete, sosyal ilişkilerden yönetişime kadar birçok alanı dönüştüren temel araçlar haline gelmiştir (Gedik, 2024: 116). Bu dönüşüm aynı zamanda emeğin yapısında köklü değişikliklere yol açarak, “dijital emek” kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır. En önemli dijital emek teorisyenlerinden biri olan Christian Fuchs, dijital emeği, dijital medya (özellikle sosyal medya) platformlarının üretilmesi, kullanılması, yayılması süreçlerinde ortaya çıkan karşılığı ödenen ya da ödenmeyen emek biçimleri olarak tanımlamaktadır. Bu bağlamda, sosyal medya kullanıcılarının karşılıksız gerçekleştirdikleri etkileşimler, içerik üretimi ve veri oluşturma faaliyetleri dijital emek kapsamında değerlendirilmiştir. Ancak Fuchs’a göre dijital emek yalnızca kullanıcı etkinlikleriyle sınırlı değildir, bu kavram çok daha geniş bir ekonomik ve toplumsal bağlamda ele alınmalıdır. Sosyal medya altyapılarının kurulması ve

² Dünya ihracatının %80’i çokuluslu şirketlerin kurduğu tedarik zincirleri aracılığı ile gerçekleşmektedir.

sürdürülebilirliği için gerekli olan donanım, yazılım ve hizmet üretim süreçlerine katkı sunan tüm aktörler de dijital emek kategorisine dâhil edilmelidir. Bu çerçevede Fuchs, dijital emeğin kapsamını; Afrika'da kölelik koşullarında maden çıkaran işçilerden, Uzak Doğu'daki montaj hattı çalışanlarına, çağrı merkezi ve müşteri destek hizmetlerinde görev alan emekçilere, Silikon Vadisi'nde güvencesiz koşullarda çalışan teknoloji işçilerine, Hindistan'da yazılım geliştiren mühendis ve programcılara kadar genişletmektedir (Fuchs, 2015: 27-36).

Şekil 2. iPhone Marka Telefonun Üretim Serüveni

1-Tasarım (Kaliforniya)

Dijital emek: Yazılım mühendisliği, donanım tasarımı Kaliforniya, Dijital emek: Yazılım mühendisliği, donanım tasarımı
Fiziksel emek: Prototip üretimi

2-Litvum ve Kobalt Tedariki (Şili ve Kongo)

Fiziksel emek: Madencilik, ham madde çıkarımı

3-Bileşen Üretimi (Almanya, Tayvan, Japonya, Güney Kore)

Fiziksel emek: Barometre (Bosch/Almanya) RF anteni (Murata/Japonya) LCD ekran (Japan Display) NAND depolama (SK Hynix)
Dijital emek: A10 çip tasarımı (Apple) ve üretimi (TSMC/Tayvan) Wi-Fi işlemci (Broadcom)

4-Son Montaj (Foxconn/Çin)

Fiziksel emek: Bileşenlerin elle/robotlarla birleştirilmesi

5-Yazılım ve Sistem Entegrasyonu

Dijital emek: iOS işletim sistemi geliştirme GPS ve ses işlemci yazılımları (Qualcomm, Cirrus Logic)



Kaynak: (CHM, 2025)

Benzer şekilde Huws'da dijital emek süreçlerinin işler hale getiren fiziksel süreçleri ayrı tutmamaktadır. Yazara göre, dijital emek olarak adlandırılan süreçler, kapitalist üretim ilişkilerindeki iş bölümünün tarihsel evriminin bir parçasıdır ve "maddi olmayan emek" gibi kavramlar yanıltıcıdır. Dijital faaliyetlerin görünürdeki soyut niteliği, bunların maddi altyapıya olan bağımlılığını gizlemektedir. Aslında, dijital emek ile geleneksel emek biçimleri arasında organik bir bağ bulunmaktadır. Zira dijital üretimin tüm süreçleri, küresel ölçekteki maddi üretim ağlarına dayanmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki madencilik, imalat ve lojistik sektörlerinde gerçekleşen somut emek süreçleri olmadan, dijital emeğin varlığı mümkün değildir. Dolayısıyla, dijital emeğin yeni ve özerk bir emek biçimi olarak sunulması, kapitalist üretim ilişkilerinin bütünlüğünü gözden kaçırmak anlamına gelmektedir. Bu analiz, dijital emeğin kendine özgü dinamiklerini reddetmemekle birlikte, onu kapitalist

üretim süreçlerinin genel işleyişinden kopuk bir olgu olarak ele almanın metodolojik bir hata olduğunu ortaya koymaktadır (Huws, 2015: 176).

Başlangıçta birçok ortodoks iktisatçı, dijital devrimin kapitalizmin sorunlarını çözebilecek bir atılım olacağına ve yeni bir dönüm noktası yaratacağına inanmıştır. Dijital dönüşümün yüksek nitelikli ve yüksek ücretli işler yaratacağı ve aynı zamanda iktisadi durgunluk ile toplumsal eşitsizlikleri azaltacağı yönünde güçlü bir iyimserlik (tekno-optimizm) gelişmiştir. Ancak geçen yılların bu beklentilerin aksine farklı bir tabloyu ortaya çıkardığı görülmektedir. Keza dijitalleşme, üretim süreçlerini daha verimli hâle getirirken aynı zamanda emeği esnek, parçalı ve güvencesiz hale getirmiştir (Akçoraoğlu, 2019: 527). Dijital kapitalizm yüksek ücretli istihdam yaratmak yerine platform temelli geçici ve belirsiz çalışma biçimlerini yaygınlaştırmıştır. Dahası, sermaye dijitalleşme yoluyla daha fazla birikim sağlarken, emeğin payı azalmış, gelir uçurumu derinleşmiş ve kitlesel işsizlik kalıcı bir sorun haline gelmiştir. Bu bağlamda dijital kapitalizm, vaat edilen refahın aksine, güvencesizliğin ve eşitsizliğin daha da kurumsallaştığı bir toplumsal yapı üretmiştir.

Dijital kapitalizmin en önemli çıktılarından biri olan platform ekonomisi, son on yılda bulut altyapısı ve bilgi işlem teknolojilerinin gelişimiyle birlikte hızla yaygınlaşmıştır. Bu yeni ekonomik model, dijital araçlar aracılığıyla ekonomik mücadelenin yapısını dönüştürmüş ve çalışma ilişkilerini yeniden şekillendirmiştir. Platform ekonomisi esnekleşme ve kuralsızlaştırma politikalarının bir sonucu olarak gelişen ve güvencesizliği arttıran bir istihdam türüdür. Platform ekonomisi genel olarak üç temel kategoriye ayrılmaktadır: (1) arama motorları ve sosyal medya gibi bireysel kullanıcılara yönelik hizmet sunan platformlar, (2) Amazon ve Alibaba gibi mal ve hizmet ticaretine aracılık eden dev e-ticaret ve perakende platformları, (3) Uber veya Upwork gibi dijital emek platformlarıdır. Özellikle dijital emek platformları, farklı coğrafyalardaki işveren ve çalışanları esnek yapılar altında bir araya getirerek küresel ölçekte işgücü değişimine olanak tanımaktadır. Bu durum, çalışanlara zaman ve mekân esnekliği, işe kolay erişim gibi avantajlar sunmaktadır. Ancak bu esneklik beraberinde birçok yapısal sorunu da getirmektedir (Metin, 2022: 918-920).

Platform ekonomisi, çalışanların iş güvencesinden yoksun bırakıldığı, ücretlerin algoritmalar aracılığıyla tabanda eşitlendiği yeni bir güvencesizlik rejimi yaratmaktadır. Verinin dijital çağın “petrolü” haline gelmesiyle birlikte platformlar yalnızca iş süreçlerinden değil, topladıkları verilerden de değer üretmektedir. Bu yapılar, geleneksel enformel işleri dijital ortamda yeniden üreterek prekaryayı genişletmekte ve çalışanlara işveren sorumluluklarını yüklemektedir. Dijital platformlar teknolojiyi kullanarak günümüzde düşük ücretli ve güvencesiz bir çalışma düzeni inşa etmiştir (Gündoğdu ve diğerleri,

2024: 1772). Platform ekonomileri çalışanlarının iş ve gelir güvencesini zayıflamakta ve sosyal koruma haklarına erişimlerini sınırlandırmaktadır. Ayrıca sendikal örgütlenme, toplu pazarlık hakkı ve ayrımcılığa karşı koruma gibi temel hakların da platform çalışma ortamlarında zayıfladığı görülmektedir. Böylece, platform ekonomisinin dijital kapitalizm bağlamında sunduğu esneklik ciddi sosyal riskleri de beraberinde getirmektedir.

Dijital kapitalizmin çalışma hayatına soktuğu diğer bir kavram ise algoritmik yönetim/dijital gözetimdir (digital surveillance). Dijital emek platformlarında, çalışanların performansını denetlemenin temel aracı olarak algoritmik yönetim kullanılmaktadır. Algoritmik yönetim biçimi, işçilerin faaliyetlerini anlık verilerle izleyerek değerlendirmeye dayalıdır. Çalışanların tüm hareketleri dijital sistemler aracılığıyla kayıt altına alınmakta ve bu verilerle iş süreçleri yeniden yapılandırılmaktadır. Böylece yalnızca performans ölçümü değil, aynı zamanda çalışan davranışlarının yönlendirilmesi de sağlanmaktadır. Bu tür bir gözetim, bireylerin sürekli izlendiği hissini doğurarak kendi kendini denetleme mekanizmalarını güçlendirmekte, böylece iş yerinde daha sıkı bir kontrol rejimi oluşmaktadır (Oral, 2024: 178). Örneğin, dijital yemek platformlarından sipariş verilen bir yemeği getiren motorlu kuryenin konumunun anlık olarak takip edilmesi, hızının, molalarının ya da siparişi teslim süresinin dijital sistemlerce kaydedilmesi kuryenin kaytarmasını engellemekte ve siparişi zamanında ulaştırmasına olanak tanımaktadır.

Algoritmik denetim uygulamaları sonucunda Taylorist örgütlenmenin dijitalleştiği savunulmakta ve böylece “Dijital Taylorizm” kavramı doğmaktadır. Dijital Taylorizm, klasik Taylorizmin zaman ve hareket etütlerine dayanan iş bölümü ve denetim anlayışının dijital teknolojiler aracılığıyla yeniden yapılandırılması olarak görülmektedir. Bu sistemde standartlaşan ve parçalara ayrılan işler ve işçiler algoritma temelli uygulamalarla denetlenir ve yönetilir. Keza Amazon, dağıtım merkezlerinde çalışanların tüm hareketleri detaylı kurallarla belirlemekte ve dijital sistemlerle sürekli olarak izlenmektedir. Her görev için standart operasyon prosedürleri ve anlık geri bildirim mekanizmaları oluşturulmuştur. Bu yapı, iş süreçlerinin hem daha verimli hem de daha esnek olmasını sağlamıştır. Bu yönetim anlayışı eğitim sürelerinin birkaç saate kadar düşürülmesine ve esnek işgücünün hızlı şekilde işe adapte edilmesine de olanak tanımaktadır. Amazon, Dijital Taylorizm ile yoğun dönemlerde işgücünü hızla artırabilmekte ve tedarik zinciri taleplerini karşılamaktadır (Altenried, 2022: 43). Öte yandan Dijital Taylorizm, dijital emek platformlarında çalışanlar üzerinde yoğun bir denetim mekanizması oluşturarak ciddi baskılar yaratmaktadır. Nitekim çalışanların her hareketi sistematik olarak izlenmekte, değerlendirilmekte ve puanlanmaktadır. Bu durum iş güvencesizliği, performans

baskısı, ücretlerde belirsizlik ve iş-yaşam dengesi üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır. Ayrıca algoritmaların şeffaf olmaması çalışanların haklarını savunmalarını zorlaştırmaktadır. Sonuç olarak, Dijital Taylorizm çerçevesinde çalışanlar üzerindeki kontrol daha da katılaşırken, işçi özerkliği ve insani çalışma koşulları giderek gerilemektedir (Oral, 2024).

İKİNCİ BÖLÜM

2. İŞİN GELECEĞİ (FUTURE OF WORK)

Üretim teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler, işin doğasını ve organizasyon yapısını köklü biçimde dönüştürmektedir. Otomasyonun artması, yapay zekâ alanındaki gelişmeler, robotların artan kullanımı ve dijitalleşme gibi unsurlar yalnızca iş süreçlerini değil aynı zamanda işgücü talebini de yeniden tanımlamaktadır. Ancak işin dönüşümü, yalnızca teknolojik ilerlemelerle açıklanamayacak kadar çok katmanlı bir olgudur. Bu nedenle, teknolojik yeniliklerin ötesinde, işin yapısını ve istihdam biçimlerini etkileyen sosyo-ekonomik, çevresel ve politik kırımları da dikkate almak gerekmektedir. Aşağıda, önce işin geleceğine etki eden en önemli faktör olan teknolojiye değinilecek, ardından bu dönüşümü şekillendiren diğer yapısal dinamikler ayrıntılı biçimde ele alınacaktır.

2.1. Üretim Teknolojilerinin İşin Dönüşümüne Etkisi

Son yüzyılda çalışma hayatı kesintisiz bir dönüşüm sürecinden geçmiş ve bu dönüşüm özellikle son yıllarda belirgin biçimde hız kazanmıştır. Bu süreçteki başat itici güç ise kuşkusuz teknolojik gelişmelerdir. Teknolojideki ilerlemeler, mevcut işlerin yapısal özelliklerini derinden dönüştürmüş, birçok geleneksel mesleği ya köklü biçimde değiştirmiş ya da tamamen ortadan kaldırmıştır. Eskiden insanlar tek bir işte uzmanlaşarak tüm mesleki hayatını idame ettirebilirken, teknolojinin hızlı gelişimi ile birlikte birçok mesleğin ömrü de aynı hızla tükenmiştir (Pompa, 2015: 6). Örneğin, 2000’li yıllarda gençlerin popüler toplanma alanı olan internet kafeler teknolojinin gelişip ucuzlamasıyla birlikte kapanmaya ve internet kafe işletmeciliği de tarihe karşımaya başlamıştır. Video-kaset tamirciliği, daktilografik ve sinemalarda film rulolarını kesip birleştirme işi olan montajcılık gibi teknolojin ortaya çıkarıp aynı hızla yok ettiği birçok iş örneği mevcuttur. Teknolojinin işe etkisi kaçınılmazdır ancak bu etkinin boyutu ve işin geleceği meselesi geçmişten günümüze sürekli bir tartışma ve araştırma konusu olmuştur. 18. yüzyılda Klasik İktisat Okulunun önde gelen isimlerinden David Ricardo’nun ortaya koyduğu “teknolojik işsizlik” kavramı, 20. yüzyılda John Maynard Keynes tarafından da benimsenmiş ve sonraki dönem çalışmalarıyla bu yaklaşım güçlendirilmiştir (Cengiz ve Şahin, 2020: 162). Keynes, 20. yüzyılın henüz ortalarında, teknolojinin öngörülenden çok daha etkili olacağını ve gelecekte insanların çalışmak zorunda kalmayacağını ifade etmiştir. Keynes gelecekteki “teknolojik işsizlik” için hükümetlerin şimdiden hazırlık yapması gerektiğini savunmuştur (Tytler, 2019: 9).

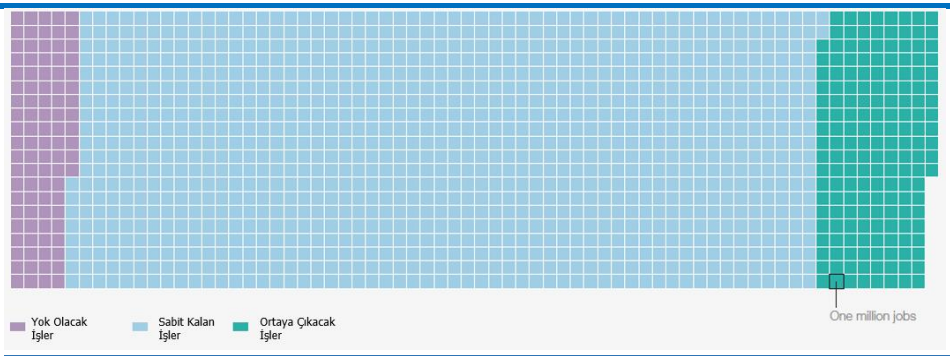
Geçmişte, çalışma olgusunun tamamen yok olmayacağına sadece işgücüne duyulan ihtiyacın ciddi oranda azalacağına yönelik öngörüler yapılmıştır. Nitekim Jacques Attali'nin de vurguladığı gibi 19. yüzyılda yılda ortalama beş bin saat çalışan işçiler, 1900 yılına gelindiğinde yılda üç bin saat civarında çalışır hâle gelmiştir. Bu sürenin, gelişmiş ülkelerde bin saate kadar düşeceği ve bireyin yaşamında çalışmaya ayrılan zamanın on beşte bire gerileyeceği öngörülmektedir (Bozkurt, 2012: 70). İnsanın çalışmaya ayırdığı süreler azalsa da tamamen emek piyasalarının dışında kalmamıştır. Keza teknolojik değişimin şu ana kadar ki serüveninde yok ettiğinden daha fazla işi beraberinde getirdiği görülmektedir. Chalmers, teknoloji ilerledikçe üretkenliğin arttığını ve yeni çalışma biçimlerinin ortaya çıkmasının kaçınılmaz olduğunu savunmuştur. Özellikle bilgi teknolojileri, yapay zekâ, robotik ve veri analitiği gibi sektörlerde önceki nesillerde var olmayan yeni işlerin ortaya çıkması muhtemel olarak görülmektedir. Bununla birlikte, Pew Araştırma Merkezi'nin 2014 yılında gerçekleştirdiği çalışmada, 1.408 uzmanın teknolojinin gelecekte işgücü üzerindeki etkisine dair görüşleri alınmış ve uzmanlar, makinelerin yok ettiğinden fazla iş yaratıp yaratamayacağı konusunda ikiye bölünmüştür. Bazı uzmanlar, neredeyse tüm insan işlerinin robotlar tarafından devralınacağı bir “iş kıyameti” senaryosunu öne sürerken, bazıları bunu kaçınılmaz değil aksine ulaşılmaya gereken bir hedef olarak görmüştür. Öte yandan, diğer uzmanlar ise gelecekte temel sorunun işsizlik değil, yaratılan tüm işler için yeterli nitelikli işgücünün bulunamaması olacağını savunmuştur (Chalmers, 2017). Diğer bir ifade ile yapay zekâ ve otomasyon, işi tamamen ortadan kaldırmak yerine işlerin niteliğini ve gerektirdiği becerileri dönüştürecektir. Özellikle tekrarlayan ve rutin işler azalırken, insan yaratıcılığı, problem çözme ve sosyal beceri gerektiren işlerin ön plana çıkacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda, geleceğin işgücü yeni becerilere uyum sağlayarak dönüşen iş alanlarında yeniden konumlanmak zorunda kalacaktır (George, 2024: 17-18).

Teknolojinin işi ve istihdamı dönüştüreceği konusunda bir fikir birliği görülmektedir. Ancak bu sürecin sonunda işin tamamen ortadan kaldırıp kaldırmayacağı konusu tartışmalıdır. İşin var olacağını savunan düşünürlere göre kitlesel işsizlik aynı zamanda ürünlere yönelik toplam talebin de yok olması anlamına geldiği için çok gerçekçi görülmemektedir. Bu durum kapitalist sistemin temel amacı olan kâr maksimizasyonu ile çeliştiğinden dolayı üretimin tamamen teknolojiye devri istenilen bir senaryo olmayacaktır. Bu çelişkiyi dengelemek adına, Jacques Attali'nin de öngördüğü gibi, çalışma saatlerinin azaltılması gibi uygulamalar gündeme gelmiş ancak bu düzenlemeler çoğunlukla işçilerin talebiyle değil, işverenin verimlilik ve kârlılık arayışının bir sonucu olarak hayata geçirilmiştir (Yuyucu, 2019: 104-105). Bugün devrimsel nitelikte

tüm işçileri üretim sürecinden dışlayacak bir teknoloji henüz cari olmadığından, insan ve teknoloji hâlen birlikte üretim sürecinde yer almaktadır. Geçmişte makinenin insanları işsiz bırakacağı için şeytanlaştırılıp kırılmaya çalışıldığı Ludizm hareketindeki anlayıştan (Koca, 2020: 4536) günümüze miras kalan kitle işsizliği konusundaki korkuların yersiz olduğu görülmüştür (Tytler, 2019: 9). Ancak gelecekte, geniş işçi kitlelerini sistem dışına çıkarabilecek teknolojilerin gelişmeyeceğini kesin bir şekilde ifade etmek de aşırı iyimserlik olacaktır.

Mikroelektronik alanındaki teknolojik ilerlemeler, bedensel emek gerektiren işlere duyulan ihtiyacı büyük ölçüde ortadan kaldırmıştır. Yakın gelecekte ise, zihinsel emeğin de giderek artan ölçüde bilgisayarlar tarafından üstlenilmesi beklenmektedir. Geçmişten günümüze teknolojik ilerlemeler bazı iş alanlarını tarihe karıştırarak yapısal işsizliği getirirse de diğer taraftan yok ettiği kadar yeni iş fırsatlarını da beraberinde getirmiştir. Ancak Dünya Ekonomik Formu (The World Economic Forum-DEF) 2023 yılı İşin Geleceği (Future of Jobs Report) raporunda sadece 2028 yılına kadar toplam işlerin %23'ünün yapısal olarak dönüşüme uğrayacağını öngörmektedir. Üretim teknolojileri bu süreçte yeni işleri ortaya çıkartacak (69 milyon) ve bazı işleri (83 milyon) yok edecektir. Bu dönüşüm beraberinde net 14 milyonluk bir iş kaybını ortaya çıkaracaktır (World Economic Forum, 2023a: 6). DEF'in 2025 yılı raporunda ise önceki olumsuz öngörü olumluya dönerek 2030 yılına kadar işlerin %22'sinin yapısal olarak dönüşüme uğrayacağı ve istihdamda 78 milyonluk bir artış yaşanacağı tahmin edilmiştir. Rapora göre gelecek beş yıl içinde 170 milyonluk iş yaratılması ve 92 milyonluk işin ortadan kalması beklenmektedir (World Economic Forum, 2025: 18). Teknolojik gelişmenin hızının ve yönünün öngörülemezliği gelecek tahminlerinin de farklılaşmasına neden olmaktadır.

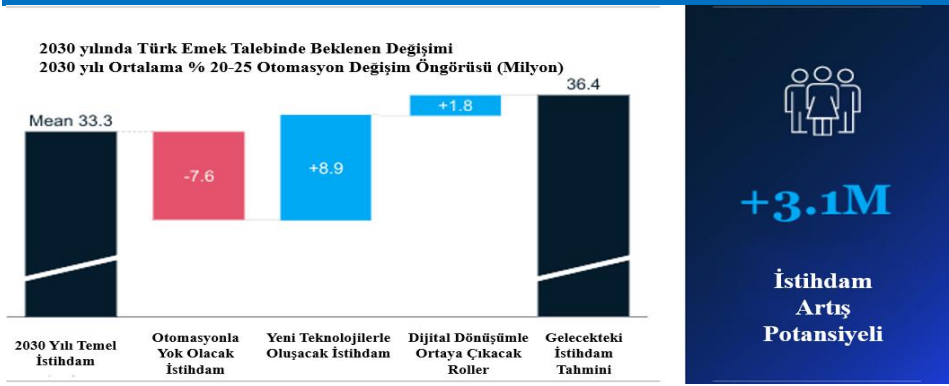
Şekil 3. 2025-2030 Teknolojinin İşe Tahmini Etkisi



Kaynak: (World Economic Forum, 2025:18)

DEF'in 2030 yılı istihdam öngörülerine benzer pozitif öngörüler Türkiye için de geçerlidir. Keza 2030 yılı itibarıyla Türkiye'de toplam istihdamın yaklaşık 33,3 milyon olması öngörülmektedir. Otomasyon nedeniyle 7,6 milyonluk iş kaybı yaşanacakken, 8,9 milyonluk yeni istihdam alanının ortaya çıkması beklenmektedir. Bu durum net 1,3 milyonluk bir istihdam artışı anlamına gelmektedir. Türkiye'deki mesleklerin yalnızca %2'si tamamen otomasyona açikken, işlerin %60'ında en az %30 oranında otomatikleştirilebilir görevler bulunmaktadır. En çok otomasyona açık olan işler, öngörülebilir fiziksel görevler ile veri toplama ve işleme faaliyetleridir. İnsan etkileşimi, yönetim becerisi ve uzmanlık gerektiren görevler ise daha az otomasyona uygundur. Ayrıca, teknolojik gelişmeler sayesinde, dijital hizmet tasarımcısı, yapay zekâ destekli sağlık teknisyeni gibi bugün henüz var olmayan teknoloji odaklı yeni meslek alanlarında 1,8 milyonluk ek istihdam fırsatının ortaya çıkması öngörülmektedir (McKinsey&Company, 2020: 5). Bu tahminler Şekil 4'de gösterilmektedir.

Şekil 4. Otomasyon ve Türkiye Emek Talebi (2030)

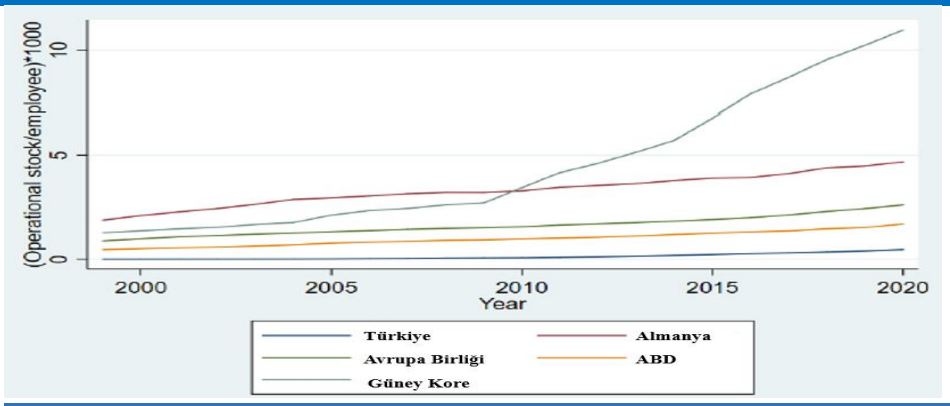


Kaynak: (McKinsey&Company, 2020: 6)

2030 yılına yönelik hem küresel hem de Türkiye özelindeki öngörüler pozitif olsa da daha uzak bir gelecekte teknolojinin istihdamı olumsuz etkileyeceğine yönelik emareler de bulunmaktadır. Keza ABD'de 1993–2007 yılları arasında artan otomasyonun istihdama etkisini ölçen bir araştırmaya göre, her 1000 işçi başına bir yeni robotun kullanılması, robotlara ortalama düzeyde maruz kalan bölgelerde istihdam oranını %0,37 puan ve ortalama ücretleri %0,73 oranında azaltmıştır (Acemoğlu ve Restrepo, 2017: 4). Acemoğlu ve Restrepo tarafından yürütülen diğer bir araştırmaya göre her bin işçi başına eklenen bir robot, istihdam-nüfus oranını yaklaşık %0,18-0,34 puan azaltmakta ve ücretleri %0,25-0,5 oranında düşürmektedir (Acemoğlu ve Restrepo, 2017: 36). Robot

kullanımının verimlilik artışı sağlasa da işgücü talebini ve ücret seviyelerini olumsuz etkileyebileceği görülmektedir. Türkiye açısından konuya yaklaştığımızda ise robot kullanım düzeyinin gelişmiş ekonomilerin gerisinde olduğu görülmektedir. Bu durum Grafik 1’de gösterilmektedir.

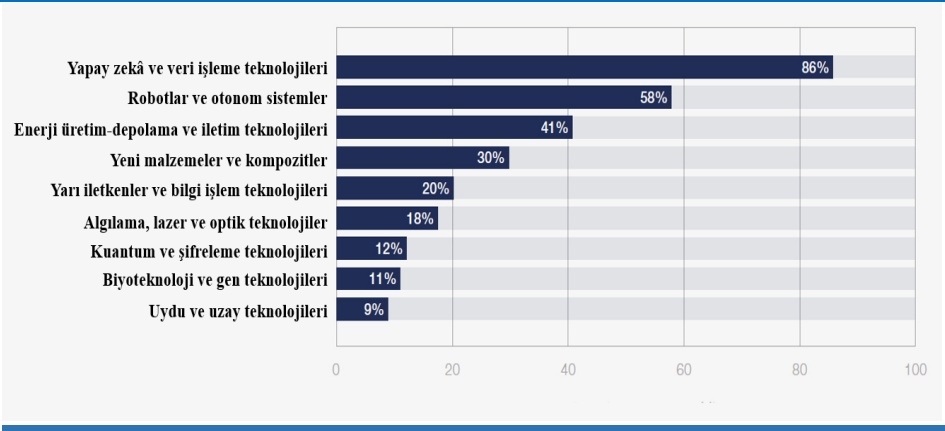
Grafik 1. Bin İşçi Başına Robot Kullanım Oranı



Kaynak: (Aytun ve diğerleri, 2023: 8)

Türkiye’nin seçili ekonomilerin gerisinde kaldığı görülse de üretimde robotlaşmanın istihdam arttırıcı bir rolünün olduğu ifade edilmektedir. Nitekim Kılıçarslan ve arkadaşlarının (2023) araştırması diğer araştırmaların aksine Türkiye’de robotlaşmanın işgücü üzerinde dışlayıcı bir etkiden ziyade sektörler arası yeniden tahsis mekanizmasını tetiklediğini ortaya koymaktadır. Bu durum hem üretim hem de üretim dışı sektörlerde istihdam artışını açıklamaktadır. Ayrıca, otomotiv sektöründeki robot kullanımının yoğunlaşması toplam robot sayısının yarısını oluşturmakta ve istihdam üzerindeki pozitif etkinin temel kaynağını teşkil etmektedir. Yine de gelecekte istihdamı etkileyen ana teknolojik trendlere baktığımızda en önemli etkenin yapay zekâ olduğu göze çarpmaktadır. Bu durum Grafik 2’de gösterilmiştir.

Grafik 2. Geleceğin İşgücü İçin Kritik Olarak Görülen Teknolojik Alanlar



Kaynak: (World Economic Forum, 2025: 11)

Her ne kadar robotik teknolojilerin üretim süreçlerini dönüştürerek istihdam üzerinde önemli etkiler yarattığı görülse de, önümüzdeki dönemde işgücü piyasalarını şekillendirecek en belirleyici unsurun yapay zekâ teknolojileri olacağı beklenmektedir. Robotlaşma, özellikle belirli sektörlerde yeniden yapılanma yoluyla istihdamı etkilerken, yapay zekâ ise daha geniş ölçekli ve çok boyutlu bir dönüşüm potansiyeli taşımaktadır. Nitekim Grafik 2’de işverenlerin teknolojiye yönelik beklentilerini gösteren grafiğe göre yapay zekânın istihdam açısından önemi %86 ile birinci sırada yer almaktadır. Bir sonraki bölümde başta yapay zekâ olmak üzere işin dönüşümünü etkileyen ana unsurlar kapsamlı bir biçimde ele alınacaktır. Bu aşamada ilk olarak teknolojinin dışında işin dönüşümünü etkileyen diğer kilit süreçlere değinmek gerekmektedir.

2.2. İşin Dönüşümünü Etkileyen Diğer Süreçler ve Kırılmalar

İşin geleceği, günümüzde yalnızca teknolojik gelişmelerle değil aynı zamanda ekonomik, sosyal, çevresel ve politik dönüşümlerle birlikte şekillenen çok boyutlu bir süreçtir. Yapay zekâ, otomasyon ve dijital platformlar gibi teknolojiler, iş yapma biçimlerini hızla dönüştürürken diğer taraftan küreselleşmenin yön değiştirmesi, demografik değişiklikler, iklim krizi, toplumsal cinsiyet eşitsizlikleri ve sendikal yapıların yeniden tanımlanması gibi unsurlar da işgücü piyasalarını derinden etkilemektedir. Artık işin geleceği, yalnızca "hangi işler kalacak?" sorusuna yanıt aramakla sınırlı değildir. Aynı zamanda "kimler, nasıl, nerede ve hangi haklarla çalışacak?" gibi temel soruları da kapsamaktadır. Bu çerçevede, işin dönüşümünü etkileyen yapısal süreçleri ve

kırılmaları anlamak, geleceğin istihdam politikalarını kurgulamak açısından kritik önemdedir. Aşağıdaki alt başlıklarda bu dönüşümün temel dinamikleri ayrıntılı biçimde ele alınmaktadır.

2.2.1. Küreselleşme ve Dijitalleşen İşgücü Piyasaları

Küreselleşme geçmişten günümüze işin dönüşümünde oldukça önemli bir etken olarak süregelmiştir. Küreselleşme sürecinin işin dönüşümüne etkisi dijitalleşme, yapay zekânın gelişimi, sınır ötesi hizmet ticareti ve dijital emek piyasalarının yaygınlaşması gibi unsurlarla birlikte yeni bir boyut kazanmıştır. Nitekim Baldwin, özellikle “telemigrasyon” ve “beyaz yaka robotlar” kavramlarıyla, dijital bir küreselleşme sürecine vurgu yapmıştır. Ona göre, yapay zekâ destekli çeviri uygulamalarıyla dil bariyerinin aşılması ve telekomünikasyon teknolojilerindeki ilerlemeler sayesinde dünya çapında düşük ücretli ama nitelikli işgücünün gelişmiş ülkelerdeki beyaz yakalı çalışanlarla doğrudan rekabeti giderek artacaktır. Diğer taraftan yapay zekâ tabanlı dijital asistanlar ve otomasyon sistemleri nitelikli işgücüne ait beyaz yaka işleri doğrudan tehdit etmekte ve insan işgücünün yerini almaktadır. Baldwin bu süreci “globalization” (küreselleşme) ve “robotics” (robotik) kelimelerinin birleşimi olan “Globotics” kavramı ile açıklamıştır (Baldwin, 2019: 2-4).

Teknoloji sayesinde yüksek ve orta gelirli ülkelerin iş piyasaları giderek daha fazla birbirine entegre olmaya devam etmektedir. Yakın geçmişte sonuçlarını gördüğümüz üzere, bu birleşme Batı’daki işgücünün eğitim avantajlarının azalmasına ve istihdam güvencesinin zayıflamasına yol açmış, işin niteliğinde ve biçiminde radikal değişiklikleri beraberinde getirmiştir. Keza genişleyen BRICS ülkeleri başta olmak üzere yükselen ekonomiler, küresel işgücü piyasalarında ciddi bir rekabet yaratmıştır. Bu durum, düşük vasıflı işlerin gelişmekte olan ülkelere kaymasına ve yüksek vasıflı işlerin dahi artık coğrafi sınırlardan bağımsız yürütülebilmesine olanak sağlamıştır (Khallas ve Kruse, 2012: 679). Günümüzde başta Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika gibi birçok yükselen ekonomide inovasyon, yüksek gelirli ülkelere kıyasla daha hızlı bir ivme yakalamıştır. Finans uzmanlarının da belirttiği üzere, bu son derece yenilikçi ve birbirine entegre yapılar Şanghay, Johannesburg ve Kuala Lumpur gibi bazı kentleri üretim ve inovasyon alanlarında küresel öncüler haline getirmiştir. Bu yeni ekonomik merkezler, yalnızca geleneksel lider ülkelerin hâkimiyetine meydan okumakla kalmamakta, aynı zamanda Asya ve Afrika gibi hızlı büyüyen pazarlara coğrafi yakınlıkları sayesinde önemli bir rekabet üstünlüğü de elde etmektedir. Nitekim 2040 yılına kadar dünyanın en büyük 10 sanayi kümesinden 6’sının geleneksel yüksek gelirli ülkeler yerine bugünün yükselen pazarlarında konumlanacağı tahmin edilmektedir (Pompa, 2015: 7).

Yapay zekâ, robotik teknolojiler, otomasyon ve akıllı algoritmalar küreselleşmenin hızını artırarak dünya ekonomilerini her zamankinden daha fazla birbirine entegre etmektedir. Bu teknolojik dönüşüm üretkenliği arttırarak aynı zamanda “çalışmanın geleceği” (future of work) bağlamında da radikal değişimlere zemin hazırlamaktadır. İyimser gelecek öngörüler, verimlilik artışına bağlı olarak bireysel çalışma süresinin kademeli olarak azalacağını savunmaktadır. Haftada üç gün ya da toplamda 20 saatlik çalışma düzenine geçileceğini ve bu durumun artan boş zaman, tatil süreleri ve esnek çalışma modelleriyle destekleneceğini ileri sürmektedir. Ancak bu iyimser tablonun gölgesinde, küreselleşmenin sunduğu bu refah artışı ve zaman zenginliği şu ana kadar eşit biçimde paylaşılmamaktadır. Yüksek gelirli bilgi çalışanları otomasyonla birlikte daha fazla serbest zaman elde ederken, düşük gelirli ve manuel işlerde çalışanlar aynı teknolojik ilerlemeler karşısında iş güvencesi kaybı ve ücret durgunluğu yaşamaktadır. Dolayısıyla, küresel ölçekte üretim birbirine giderek entegre olarak çalışma biçimleri dönüşürken, bu dönüşümün nimetlerinden faydalanabilenler ile dışarda kalanlar arasındaki eşitsizlik de derinleşmektedir (George, 2024: 24).

İş piyasalarının giderek küreselleşmesi, iş için gerekli olan beceri ihtiyacında da önemli bir dönüşümü beraberinde getirmektedir. 2030'lara gelindiğinde, orta beceri düzeyindeki işlerin azalacağı bir ekonomik yapının ortaya çıkmasıyla birlikte, yüksek becerili çalışanların pazarlık gücünü koruyacağı öngörülmektedir. Buna karşılık, düşük becerili işçilerin otomasyonun artması ve maliyet düşürme stratejilerinden daha fazla etkileneceği ifade edilmektedir (Störmer ve diğerleri, 2014: 27-28). Küreselleşme ve teknolojik yenilikler, özellikle idari ve yarı vasıflı işlerin büyük bir kısmını ortadan kaldırırken, orta beceri düzeyinde fakat farklı yetkinlikler gerektiren yeni iş alanlarının oluşmasına da zemin hazırlamaktadır. Öte yandan, yalnızca yüksek becerilere duyulan ihtiyaç değil, temel eğitim ve mesleki donanım eksikliği de yükselen ekonomiler açısından ciddi bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Özellikle Hindistan, Güney Asya ve Afrika'da 2040 yılına kadar 45 milyonluk nitelikli işgücü açığının oluşacağı tahmin edilmektedir. Tüm bu öngörüler, küresel iş piyasalarında yalnızca teknolojik değil aynı zamanda coğrafi ve yapısal düzeyde de derin değişimlerin yaşanacağını ortaya koymaktadır (Pompa, 2015: 7-8).

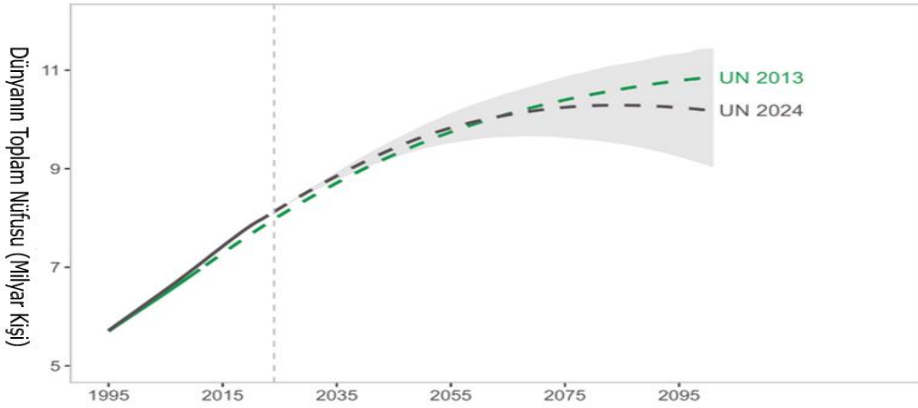
2.2.2. Demografik Değişimler

2.2.2.1. Dünya Nüfusunun Yaşlanması

Dünya nüfusunun yaşlanması, işin geleceğini şekillendiren önemli trendlerden birisidir. Günümüzde dünya işgücü arzını doğrudan etkileyen iki temel demografik dönüşüm yaşanmaktadır. Bunlardan ilki yüksek gelirli

ülkelerde doğurganlık oranlarının hızla düşmesi ve ikincisi ise yaşam süresinin uzamasıyla birlikte çalışma çağındaki nüfusun giderek yaşlanmasıdır. 1910'dan günümüze tıp alanında yaşanan bilimsel gelişmeler ortalama yaşam süresini %50 arttırarak 50'den 75 çıkarmıştır (Pompa, 2015: 9). Birleşmiş Milletler 2019'da 703 milyon olan 65 yaş üstü nüfusun 2030'a gelindiğinde 1 milyara ulaşacağını öngörmektedir (United Nations, 2020: 2). Özellikle gelişmiş ülkelerde nüfusun daha da yaşlanması beklenmektedir. Keza Japonya'da 65 yaş üstü nüfusun toplam nüfusa oranı %30'u aşmış durumdadır ve bu oran daha da artacaktır. Nüfusun hızla yaşlanması gelecekte yüksek gelirli ekonomiler açısından işgücü arzı ve sürdürülebilir ekonomik büyüme açısından ciddi riskleri doğurmaktadır. Diğer taraftan düşük gelirli ülkelerde doğum oranları yüksek olduğundan genç nüfus artmakta ve işgücü piyasasına yeni katılımlar hızlanmaktadır. Bu değişimler sonucunda, 2050 yılında küresel çalışma çağındaki nüfusun %59'unun düşük gelirli ülkelere yer alması beklenmektedir. Özellikle Hindistan ve Sahra Altı Afrika başta olmak üzere demografik avantajlara sahip bölgeler, yakın gelecekte işgücü piyasasında çalışanların yaklaşık üçte ikisini oluşturacaktır. Bu durum, işin geleceği açısından işgücü coğrafyasının değişeceği ve üretim merkezlerinin düşük gelirli ülkelere kayabileceği anlamına gelmektedir (Future of Jobs Report, 2025: 16).

Grafik 3. Birleşmiş Milletlere Göre Dünya Nüfus Öngörüsü



Kaynak: (United Nation, 2024: 3)

Demografik değişimlerin işin geleceğine diğer bir etkisi ise sektörel bazda meydana gelerek iş piyasasında belirli sektörlerin büyümesine yol açmasıdır. Nüfusun yaşlanması beraberinde sağlık hizmetlerine ve sosyal yardımlara olan talebi arttırmaktadır. Gelecekte ortalama yaşamın daha da artması bu sektörlerdeki istihdamın da genişlemesine neden olacaktır. Örneğin,

Avustralya'da son yıllarda yaratılan işlerin %25'i sağlık ve sosyal yardım sektöründe ortaya çıkmıştır (Tytler, 2019: 20).

Yapay zekâ gibi teknolojik gelişmeler, sektörel dönüşümü hızlandırarak bazı işleri yok ederken yenilerini ortaya çıkarmaktadır. Bu yapısal dönüşüm sürecinde, özellikle yaşlı ve orta yaşlı çalışanlar sektör değiştirmede ve yeni beceriler edinmede gençlere kıyasla daha fazla zorluk yaşamaktadır. Gençler ise kariyerlerinin başında olmaları nedeniyle, sektör değişimlerine daha kolay uyum sağlayabilmektedir. Bu nedenle, teknolojik dönüşüm karşısında yaşam boyu öğrenme hem genç hem de yaşlı çalışanlar için rekabet gücünü korumanın anahtarı hâline gelmektedir (Pizzinelli ve Tavares, 2025: 20). Avrupa başta olmak üzere birçok gelişmiş ülkede nüfusun yaşlanması, sosyal güvenlik sistemleri üzerinde ciddi baskılar yaratmakta ve emeklilik yaşlarının yeniden düzenlenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu durum, yaşlı bireylerin daha uzun süre işgücü içinde kalmalarını gerektirirken, iş piyasalarının daha esnek hâle gelmesini de zorunlu kılmaktadır. Böylece yaşam boyu öğrenme ve işte kalma süresinin uzaması gibi kavramlar işin yapısını dönüştürmektedir (Khallas ve Kruse, 2012: 680). Yaşam boyu öğrenmeyi zorunlu kılan diğer bir etken ise çalışma hayatındaki kariyer sürecinin uzamasıdır. Günümüzde lise mezunu olan bir kişi tahmini olarak 18-42 yaş arasında ortalama olarak en az 11 farklı işte çalışmaktadır. 42 yaşından sonra ise artan yaşam süresine bağlı olarak bu sayının daha da artması muhtemel gözükmemektedir. Bu nedenle, yaşam boyu öğrenme ve beceri geliştirme işgücünün temel bir özelliği hâline geleceği açıktır (Pompa, 2015: 10).

Emeklilik için yeterli kaynaklara ulaşabilmek adına insanlar 65 yaşın ötesinde de çalışmaya devam edecek ve çoklu kariyerler sıradan hâline gelecektir. Emek piyasalarında yaşlı nüfusun artması işçinin yanında işvereni de etkileyecektir. Deneyimli, vasıf düzeyi yüksek ve hâlâ üretken yaşlı nüfusun potansiyelinden faydalanmak isteyen işverenler daha esnek ve çeşitli kariyer planları oluşturmak zorunda kalacaktır (Davies ve diğerleri, 2011: 3). Nitekim işin giderek dijitalleşmesiyle geleneksel tam zamanlı istihdam yerini daha esnek ve kısa süreli iş ilişkilerine bırakacaktır. Bu sürecin en belirgin çıktılarından biri olan gig ekonomisi, yaşlı bireyler açısından hem fırsat hem de riskler barındırmaktadır. Emeklilik gelirlerinin yetersizliği ve uzayan yaşam süresi, birçok yaşlı bireyi geçimini sürdürürebilmek için bu tarz esnek işlere yönlendirme potansiyeli taşımaktadır. Ancak sosyal güvenceden yoksun olan bu istihdam biçimleri, yaşlı işgücünün refahı ve iş güvencesi açısından ciddi sorunlar doğurmaktadır. Yaşlı çalışanların özellikle sağlık hizmetlerine erişim ve gelir istikrarı gibi temel haklar açısından dezavantajlı bir konuma düşmesi kaçınılmaz bir sondur. Keza bu sorunlar daha şimdiden gözlemlenmeye başlanmıştır (Yasım,

2020: 53-55). Bu nedenle yaşlanan nüfusun gelecekte giderek yaygınlaşacak olan dijital ve esnek iş modellerine karşı korunması açısından sosyal güvenlik sistemlerinin yeniden yapılandırılmasını bir zorunluluğa da dönüşmektedir.

Yaşam süresinin uzaması ve emeklilik yaşının yükselmesiyle birlikte, iş yaşamında birden fazla kuşağın aynı anda çalışma hayatında yer alması da kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu durum, farklı yaş grupları arasında hem iş birliğine hem de çatışmaya açık bir çalışma zemini oluşturmaktadır. Özellikle teknolojik yetkinlik, iletişim tarzı ve iş değerleri gibi alanlarda kuşaklar arasında önemli farkların ortaya çıkması beklenmektedir. Diğer taraftan çok kuşaklı işgücü yapısı, aynı zamanda bilgi ve deneyim aktarımını mümkün kılan bir fırsat penceresi olarak da değerlendirilmektedir. Nesiller arası etkileşimi güçlendiren organizasyonel modeller hem yaşlı hem de genç çalışanların karşılıklı öğrenmesini teşvik ederek üretkenliği artırma potansiyeline sahiptir (Taşçı ve Baran, 2023: 39-40). Bu nedenle gelecekte yaşlanan nüfus ve işgücünün, organizasyonların insan kaynakları stratejilerini köklü biçimde yeniden şekillendirmeye zorlayacağı savunulmaktadır. Bu kapsamda yaşla birlikte gelen bilişsel ve motivasyonel değişimler göz önünde bulundurularak, iş tasarımları kişiselleştirilmeli ve çalışanların bilgi ve becerisine uygun esnek roller ve çalışma biçimleri geliştirilmelidir. Ayrıca geleneksel yaş temelli kabuller terk edilmeli ve bireysel farklılıkları dikkate alan uygulamalar yaygınlaştırılmalıdır. Başarılı yaşlanma için temel koşullardan biri olan kişi-çevre uyumu sağlanarak, çalışanların fiziksel ve psikolojik olarak üretken kalabilmesi desteklenmelidir. İşverenler yalnızca bireysel düzeyde değil ekip yapılarında, organizasyon kültüründe ve politikalarında da yaş çeşitliliğini teşvik eden düzenlemelere gitmelidir. Ek olarak yaşlı çalışanlara yönelik sürekli öğrenme, yeniden beceri kazanma ve geçiş kariyerleri gibi olanaklar sunulmalı ve yaş ayrımcılığını azaltan kapsayıcı uygulamalara öncelik verilmelidir (Beier ve diğerleri, 2022: 784-788).

2.2.2.2. Göç, Sanal Beyin Göçü ve Dijital Göçebelik

Demografik dönüşüm sürecinde göç olgusu, özellikle gelişmiş ekonomilerin emek piyasaları açısından gelecekte önemli bir rol üstlenecektir. Nüfusun yaşlanması, üretken işgücünün (20-64 yaş arası) toplam nüfus içindeki oranını azaltarak ekonomik büyüme hızını yavaşlatma potansiyeline sahiptir. Gelecekte işin yapısı daha esnek, teknoloji odaklı ve dijitalleşmeye açık hale gelirken, yeterli ve nitelikli işgücü arzının sağlanması hayati bir önem kazanacaktır. Bu bağlamda göç, yaşlanan nüfusun işgücü üzerindeki olumsuz etkilerini hafifletmek açısından hem ekonomik hem de sosyal bir çözüm yolu olarak öne çıkmaktadır. Özellikle istihdam odaklı göç, kısa vadede ekonomik bağımlılık oranlarını azaltarak işgücü açığını giderebilecek bir araç olarak değerlendirilmektedir (Yasım, 2020: 52). Genç yaştaki göçmenlerin sisteme hızlı

biçimde entegre olmaları, yaşlanan toplumlarda yalnızca işgücü açığını kapatmakla kalmayıp aynı zamanda yeni teknolojilere daha kolay uyum sağlayabilen bir işgücü tabanı oluşturma potansiyeli taşımaktadır. Ancak bu potansiyelin gerçekleşebilmesi, göçmenlerin ekonomik ve toplumsal entegrasyon süreçlerinin başarılı bir biçimde yönetilmesine bağlıdır. Bu nedenle göç politikalarının yalnızca demografik boşlukları doldurmayı değil, aynı zamanda geleceğin işgücü ihtiyaçlarına uygun becerilere sahip bireyleri çekmeyi hedefleyen stratejik araçlara dönüşmesi gerekmektedir. Aksi halde yaşlanan nüfusun yarattığı ekonomik baskılar ile dijitalleşen iş dünyasının gerektirdiği dönüşümler birleşerek iş piyasalarında daha derin yapısal sorunlara yol açabilecektir.

Demografik değişimlerin, göç ve dijital işgücü hareketliliği üzerindeki etkilerinin de artması beklenmektedir. Nitekim yüksek gelirli ülkeler, yaşlanan nüfusları nedeniyle yetenek açıklarını kapatmak için göçmen işgücüne giderek daha fazla bağımlı hale gelecektir (Störmer ve diğerleri, 2014: 92). Öte yandan göçmen emeğinin dijitalleşmesi, sınırlar ötesinde uzaktan çalışmayı mümkün kılmakta ve geleneksel istihdam anlayışını dönüştürmektedir (Pompa, 2015: 14). Gelişen dijital teknolojiler yalnızca çalışma biçimlerini değil, göç olgusunun kendisini de yeniden şekillendirmektedir. Artık bireyler fiziksel olarak bir ülkeyi terk etmeden, dijital platformlar aracılığıyla başka bir ülkenin işgücü piyasasına entegre olabilmektedir. Bu durum, klasik anlamda fiziksel göçten ayrılan, “kablolu dünya” senaryosuyla uyumlu neoliberal emek rejimi içinde konumlanan ve literatürde “dijital göçmen emeği” olarak tanımlanan yeni bir emek biçiminin ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır (Lindman, 2023: 7–8). Nitekim platform tabanlı işler, özellikle düşük ücretli göçmen emeği için önemli bir kaynak haline gelmiştir. Yapılan araştırmalar, platform ekonomisinin yalnızca fiziksel göçe değil, dijital olarak da göçmen emeğine dayandığını ve hatta birçok göçmenin yer değiştirmeden bu platformlara bağımlı hale geldiğini göstermektedir. Bu noktada dijital emek, mekândan bağımsız olarak sunulabildiği için platform şirketleri için sınır ötesi ucuz bir işgücü deposuna dönüşmüştür. Dijital göçmen emeği, özellikle kayıt dışı ve esnek çalışma biçimlerine yönelen bireyler açısından bir geçim stratejisi haline gelirken, bu bireylerin ekonomik sistemlere dâhil olma biçimlerinde de yapısal bir değişimi beraberinde getirerek çalışmayı dönüştürecektir (Doorn ve diğerleri, 2023: 1101-1102).

Keza daha şimdiden beyin göçü artık sadece fiziksel bir yer değiştirme değil aynı zamanda dijital araçlar yoluyla da gerçekleşebilen ve “sanal beyin göçü” olarak adlandırılan bir olgu hâline gelmiştir. Özellikle üretimin dijitalleşmesi, uzaktan çalışma modellerinin kurumsallaşması, bulut tabanlı altyapılar ve platform ekonomilerinin küreselleşmesi, yüksek vasıflı bireylerin (bilişimciler,

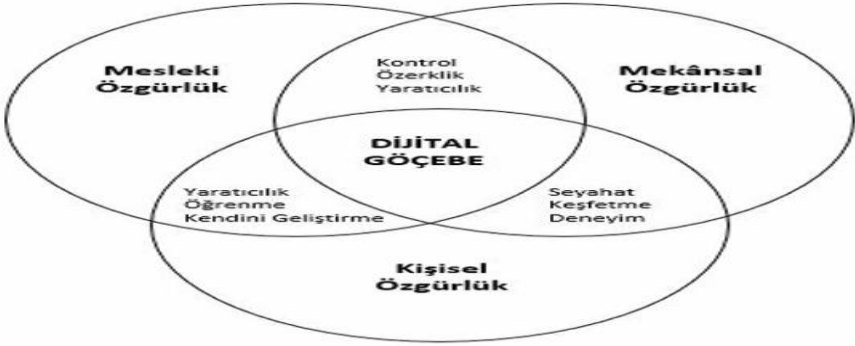
mühendisler, tasarımcılar, akademisyenler vb.) fiziksel göç etmeksizin dış piyasalara entegre olmasını mümkün kılmaktadır (Baş, 2022: 905). Nitekim yapay zekâ destekli çeviri modelleri dil bariyerinin aşılmasına ve bu süreçlerin giderek hızlanmasına olanak sağlayacaktır. Şu an için yapay zekâ destekli uygulamalar, insanın yerini tam anlamıyla alamamakta zira insanlara kıyasla kültürel değerlere, metnin tonuna, bağlama özgü nüanslara ve vurgunun inceliklerine yeterince duyarlılık gösterememektedir (Odacıoğlu, 2024: 166). Ancak dil çevirisinin de dahil olduğu yapay zekâ yazılım pazarının ekonomik boyutu bu sorunu çözeceğe benzemektedir. Nitekim 2025 yılında 126 milyar dolardan daha fazla değere sahip olan yapay zekâ yazılım pazarının 2029’da 1.3 trilyon dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Crangasu, 2024).

Tablo 4. Beyin Göçünün Tasnifi

Fiziksel Göç		Fiziksel Olmayan Göç	
İç Beyin Göçü	Dış Beyin Göçü	Gizli Beyin Göçü	Sanal Beyin Göçü
Ülke içinde yer ve/veya kurum değiştirme	Yetişilen kök ülkeden başka ülkeye gidiş	Kendi ülkesinde yabancı işyerlerinde çalışma	Kendi ülkesinde yabancılara bilgisayar/ internet vasıtasıyla beynini kiraya verme
Kaynak: (Baş, 2023: 915)			

Üretimin dijitalleşmesi yeni çalışma ilişkilerinin doğmasına da katkı sağlamıştır. Giderek küreselleşen dünyanın “küresel köylüleri”, Tsugio Makimoto ve David Manners tarafından daha 1997 yılında “dijital göçebeler” olarak tanımlanmıştır. Dijital göçebe kavramı en basit haliyle uzaktan çalışmak için teknolojiyi kullanan ve mekâna olan bağımlılığın neredeyse yok olduğu bir çalışma biçimidir (Deniz, 2019: 107). Bu tür istihdam biçimleri genellikle metin yazarlığı, veri analizi, yazılım geliştirme, grafik tasarım veya danışmanlık gibi işlerde yaygın olarak görülmektedir. Bu çalışma türü 9-5 olan klasik çalışma düzenini tamamen ortadan kaldırarak esnek çalışma saatlerini norm haline getirmiş bir yaklaşımı temsil etmektedir. Dijital göçebeliğin yaygınlaşması işçi-işveren ilişkilerinden ücretlere, çalışma yeri ve sürelerinden sosyal güvenceye kadar tüm çalışma hayatının kritik unsurlarını dönüştürmeye taliptir. Geleneksel olarak bir işverenin emri altında çalışma bu anlayışta yerini serbest ve proje bazlı çalışma modellerine bırakmaktadır. Bağımlılıkta meydana gelen dönüşümün olumsuz yönü, çalışanların istikrarlı maaş ve sosyal güvenlik garantilerini kaybetmeleri ve gelirlerini çeşitlendirmek zorunda kalmalarıdır (Macinelli, 2020: 418-429).

Şekil 5. Dijital Göçebe Çalışma Tarzının Boyutları



Kaynak: (Reichenberger, 2018: 373)

Dijital göçebelik 2019’da ortaya çıkan Covid salgını sonrasında tüm dünyada şirketlerin çalışma süreçlerini dijitalleştirmeye çalıştığı dönemden itibaren hızlanarak yaygınlaşmıştır. Özellikle ABD’de yaygın olan (tüm dijital göçebe işgücünün %47’sine sahip) bu çalışma biçimi 2024 yılında 18,1 milyona ulaşmıştır. Bu sayıda 2019’dan 2024’e kadar %147’lik bir artış yaşanmıştır (Sachiska, 2025). Dünya genelinde 35 milyon olan bu çalışan tipinin 2035 yılında son derece hızlı bir artışla 1 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Knobel, 2022).

2.2.2.3. Kadınların işgücüne Katılımı

Sanayi Devrimi ile birlikte fabrikanın ortaya çıkışı, çalışmayı ücret karşılığı yapılan düzenli bir faaliyete dönüştürmüştür. Bu dönemde emek, ağırlıklı olarak fiziksel güce dayanırken, zamanla bilgi, teknoloji ve iletişim becerilerinin ön plana çıktığı bilgi yoğun mesleklere evrilmiştir. Günümüzde birçok meslek, fiziksel güçten çok zihinsel beceri gerektirdiğinden dolayı kadınların da rahatlıkla yer alabileceği bir yapıya kavuşmuştur. Bu dönüşüm, kadınların işgücüne katılımını artıran başlıca faktörlerden biri olmuştur. Kadınların artan eğitim düzeyi ve işgücüne katılımı, işin dönüşümünde önemli bir rol oynamıştır. Kadın istihdamının artması iş-yaşam dengesi politikalarını gündeme getirmiş ve doğum izni, çocuk bakımı gibi sosyal destek sistemlerinin yeniden düzenlenmesini gerekli kılmıştır. Ayrıca kadınların geleneksel mesleklerden uzaklaşması, özellikle bakım hizmetleri alanında boşluklara yol açmıştır. Bu durum ise işgücü dağılımında cinsiyet rollerinin değişmesine neden olmuştur (Khallas ve Kruse, 2012: 681).

Gelecekte kadınların emek piyasası içinde daha fazla yer alacağına yönelik çeşitli emareler bulunmaktadır. Bunlardan ilki, kadınların yaşam süresinin erkeklere kıyasla daha uzun olmasıdır (Waldron ve Johnston, 2014). Özellikle gelişmiş ülkelerde nüfus hızla yaşlanmakta ve bu da yaşlı nüfusun daha büyük bir kısmını kadınların oluşturmaya neden olmaktadır. Bazı ekonomilerdeki yaşam süreleri kadın-erkek düzeyinde sırası ile şu şekildedir; Fransa 86-80, Belçika 84-79, Çin 80-75, ABD 81-76 Rusya 79-67, Brezilya 79-72'dir (Dattani ve Guirao, 2023). Türkiye açısından bakıldığında kadınların 60-74 yaş grubu içindeki oranı %52, 90 yaş ve üzerindeyse %69,1 olduğunu görülmektedir (TÜİK, 2024). Bu demografik yapı, yaşlılık döneminde kadınların sosyal ve ekonomik yaşama katılım potansiyelini artırmakta ve dolayısıyla emek piyasasının kadınlara daha uzun süre ihtiyaç duymasına yol açmaktadır.

Kadın işgücü oranını arttıracak diğer bir neden ise işlerdeki otomasyon oranının artmasıdır. Kadınların yoğunlaştığı meslekler (örneğin; sağlık ve sosyal hizmetler gibi) otomasyona karşı daha dayanıklı meslekler arasında yer almaktadır. Buna karşılık, erkeklerin yoğun olduğu meslekler (örneğin; makine operatörlüğü, zanaatkarlık gibi) otomasyondan daha fazla etkilenme riski taşımaktadır. 2030 yılına ait öngörüler otomasyon nedeniyle iş kaybı oranlarının kadınlarda %20, erkeklerde ise %21 olacağını ve buna karşılık yeni iş alanlarının kadınlara %20, erkeklere ise %19 oranında fırsat sunacağını öngörmektedir. Bu durum, genel olarak kadınların otomasyona daha dayanıklı sektörlerde çalışmalarından dolayı işgücü içerisindeki konumlarının görece güçlenebileceğine işaret etmektedir (Madgavkar ve diğerleri, 2019: 27-28). Bu durum Grafik 4'te gösterilmektedir.

Grafik 4. Kadın ve Erkeklerde İş Kaybı ve Kazanımı (2030)



Kaynak: (Madgavkar ve diğerleri, 2019)

Ancak dikkat edilmesi gereken bir unsur, yeni mesleklerin yaklaşık %60'ının şu ana kadar erkek egemen alanlarda ortaya çıkmış olmasıdır. Bu nedenle, kadınların bu yeni alanlara erişiminin desteklenmesi için politika düzeyinde eğitim, beceri geliştirme ve fırsat eşitliği müdahaleleri hala kritik öneme sahiptir. Keza kadınların ücretsiz bakım işleri, dijital erişim eksikliği ve STEM'de (Science, Technology, Engineering ve Mathematics) temsil azlığı gibi sorunlar, onların geleceğin işgücü piyasasında eşit koşullarda yer almasını engelleyen başlıca yapısal engeller arasında yer almaktadır.

İşin geleceğinde kadınların erkeklere kıyasla avantajlı olduğu durumlar da görülmektedir. Nitekim geçmişte kadınlar, liderlik tarzlarının "yumuşak" olduğu gerekçesiyle küçümsenmiştir. Ancak yapay zekâ ve otomasyon gibi alanlar yalnızca teknik bilgi değil aynı zamanda yaratıcılık, etik değerlendirme, empati ve insan odaklı düşünce gibi "yumuşak" becerilere de büyük ölçüde ihtiyaç duymaya başlamıştır. Bu durum kadın liderliğinin



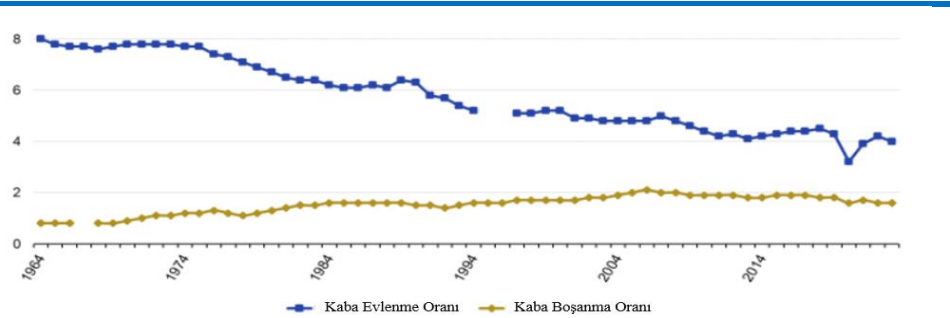
Şekil 6. Kadınların Yapay Zekâ Dönüşümüne Öncülük Ettiği Sektörler

emek piyasalarında neden giderek önem kazandığını açıklamaktadır. Kadınlar, büyük endüstrilerde yapay zekâya dayalı dönüşümlere öncülük ederek, teknolojiadaki başarının yalnızca kod yazmak ya da sistem kurmakla sınırlı

olmadığını aynı zamanda bu teknolojilerin topluma ve bireylere sorumlu biçimde hizmet etmesini sağlamanın da temel bir başarı ölçütü olduğunu ortaya koymaktadır. Gelecekte kadın liderliğinin öneminin özellikle eğitim, sağlık, finans ve teknoloji sektörlerinde giderek artacağı tahmin edilmektedir (Silicon Valley Center, 2023).

Gelişmiş ekonomilerdeki evlenme oranlarının hızla düşmesi ve boşanma oranlarındaki artış kadınların daha fazla emek piyasaları içinde yer almasına olanak tanımaktadır. Avrupa Birliği'nde kaba evlenme oranı 1964 yılında her 1.000 kişide 8 iken, bu %50'lik bir düşüşle 2023'te 4'e kadar gerilemiştir. Diğer taraftan ise kaba boşanma oranı 1964'te binde 0,8 iken, 2023'te bu oran 2'ye çıkarak iki katını aşmıştır (Eurostat, 2025). Türkiye'de kaba evlenme oranı 2024 yılında binde 6,65 iken, boşanma oranı AB ortalamasının üstüne çıkarak 2,19'a ulaşmıştır (TÜİK, 2025).

Grafik 5. Kaba Evlilik ve Boşanma Oranları AB, 1964-2023 (1000 kişi)



Kaynak: (Eurostat, Marriage and Divorce Statistics, 2025)

Evlilik yaşının yükselmesiyle ortaya çıkan sosyo-demografik değişimler, kadınların işgücüne katılımını ve kariyer yörüngelerini belirleyen çok katmanlı bir etki yaratmaktadır. Nitekim evli kadınların işgücüne katılımı boşanmış veya hiç evlilik yapmamış kadınlara oranla daha düşüktür. Ayrıca çocuk sahibi kadınlarda çocuğun bakımını üstlenmesi nedeniyle bu oran daha da düşmektedir (Gençtürk, 2022: 378). Evlilik kadınların eğitim alma fırsatlarını ve eğitime erişim için gereken boş zaman oranını azaltmaktadır. Evlenme yaşının uzaması, kadınların evlilik öncesi dönemde eğitim hayatlarını daha uzun ve kesintisiz sürdürmelerine imkân tanımaktadır. Bu durum kadınların edindikleri nitelikleri de artırarak iş piyasasına daha rekabetçi bir konuma yükselmelerini sağlamaktadır.

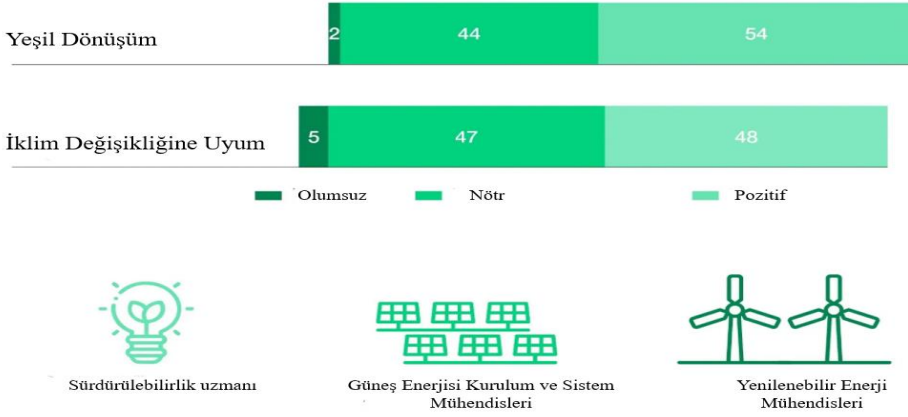
2.2.3. Yeşil Dönüşüm ve İklim Değişikliği

Son yüzyılda nüfus artışı, artan sanayileşme, ormanlık alanların yok edilmesi ve sera gazı salınım oranının artması küresel ısınmayı hızlandırmış ve insanlık küresel ısınmanın temel sorumlusu haline dönüşmüştür (Delmotte ve diğerleri, 2021: 4-5). Yeşil dönüşüm insanlığın kendi geleceğini yok etmemesi adına ekonomik faaliyetlerin çevresel sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda yeniden yapılandırılması olarak tanımlanabilmektedir. Bu dönüşüm iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi insanlığın geleceğini tehdit eden fosil yakıtlardan uzaklaşarak yenilenebilir enerji, düşük karbonlu üretim ve kaynak verimliliği temelli bir modele geçişi kapsamaktadır. Yeşil dönüşüm, çevresel sürdürülebilirliği artırma amacıyla küresel işgücünü yeniden şekillendirilmesini öngörmektedir (Söderholm, 2020: 1). Bu bağlamda yeşil dönüşümün başarısı büyük ölçüde ülkelerin sahip olduğu işgücü becerisi ve uyum sağlama kapasitesine bağlıdır. Özellikle STEM alanında (bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik) iyi yetişmiş ve becerili işgücüne sahip gelişmiş ekonomilerin bu sürece daha kolay ve daha düşük maliyetle adapte olacağı öngörülmektedir (Alexander ve diğerleri, 2024: 4-7).

Yeşil dönüşüm beraberinde “yeşil işleri” de getirmektedir. Bu işler çevresel sürdürülebilirliği güçlendiren ve sera gazı salınımının azaltan meslekleri kapsamaktadır. 2021 ile 2022 arasında yenilenebilir enerji alanında önemli bir istihdam artışı yaşanmış ve bu sektörde çalışan kişi sayısı 13,7 milyona ulaşmıştır. Bu büyümenin önümüzdeki yıllarda hızlanarak devam etmesi beklenmekte ve 2030 yılına kadar istihdamın üç katına çıkarılması hedeflenmektedir. Yenilenebilir enerji istihdamında Çin açık ara önde gelirken, küresel düzeyde en fazla istihdam sağlayan alan güneş enerjisi olmuştur. Onu sırasıyla biyoenerji, hidroelektrik, rüzgâr enerjisi ve diğer yenilenebilir enerji kaynakları izlemiştir (Oskay ve diğerleri, 2025: 408-409).

Yeşil beceriler artık yalnızca çevre odaklı mesleklerle sınırlı değil aynı zamanda ulaşımdan sağlığa, veri analizinden yönetime kadar birçok farklı alanda giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu becerilerin yaygınlaşması, dijital devrim gibi iş dünyasında köklü bir dönüşümü tetikleyecek bir potansiyele de sahiptir. Ancak bu dönüşümün ne kadar kapsamlı olacağını ve iş yapma biçimlerini nasıl değiştireceğine yönelik kesin öngörüler yapılamamaktadır (World Economic Form, 2023b). Yeşil dönüşüm ve iklim değişikliğine uyum çabalarının işgücü üzerindeki etkisi, farklı sektörlerden üst düzey yöneticilerle yapılan küresel ölçekteki görüşmelere dayanarak hazırlanan Şekil 7’de gösterilmiştir.

Şekil 7. Yeşil Dönüşüm ve İşin Geleceği



Kaynak: (World Economic Forum, 2023b)

Şekil 7'ye göre katılımcıların %54'ü yeşil dönüşümün iş yaratımı açısından olumlu sonuçlar doğuracağını düşünüyor, %44'ü nötr ve sadece %2'si olumsuz etkide bulunacağına yönelik tahminde bulunmuştur. Benzer şekilde iklim değişikliğine uyum kapsamındaki adımların iş yaratımına etkisini %48'i olumlu, %47'si nötr ve %5'i ise olumsuz olarak değerlendirmiştir.

Yeşil yatırımların fosil yakıt yatırımlarına kıyasla daha fazla istihdam yaratma potansiyeline sahip olduğu öngörülmektedir. Örneğin, 1 milyon dolarlık bina enerji verimliliği yatırımı, aynı miktardaki fosil yakıt yatırımından ortalama 2.8 kat daha fazla iş yaratmaktadır. Benzer şekilde fosil yakıtlara kıyasla güneş enerjisi yatırımları 1.5 kat, rüzgar enerjisi 1.2 kat ve jeotermal ise 1.7 kat daha fazla istihdam sağlamaktadır. Doğa temelli çözümler arasında yer alan ekosistem restorasyonu ise, petrol ve gaz üretimine kıyasla 3.7 kat daha fazla iş olanağı sunmaktadır. Bunun temel nedenlerinden birisi yeşil sektörlerin daha fazla işgücü gerektirmesidir. Nitekim güneş paneli kurulumu ya da binaların yalıtımı gibi işlerin otomasyona uğrama oranı düşüktür. Buna karşın fosil yakıt sektörü daha yüksek oranda otomasyona sahiptir ve dolayısıyla daha az iş yaratmaktadır (Jaeger ve diğerleri, 2021: 1-14).

Tablo 5. Enerji Sektöründe Yeşil İstihdama Yönelik Beklentiler (2030)

İstihdam Sağlanacak Alanlar	2022-2030 Arası Beklenen Ek İstihdam Artışı (Kişi Bazında)
Verimlilik	3.2 Milyon
Araçlar	2.6 Milyon
Güç Jeneratörü	2.3 Milyon
Şebekeler	1.6 Milyon
Biyokütle	1.2 Milyon
Kullanıma Hazır Yenilenebilir Enerji	1 Milyon
Yenilikçi Teknolojiler	0.9 Milyon
Önemli Mineraller (Kobalt, Lityum vs.)	0.2 Milyon
Toplam	10.3 Milyon

Kaynak: (Kıratoğlu ve Bayraktar, 2024: 110)

Öte yandan yeşil işlerin kahverengi işler³ üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğine yönelik öngörüler de bulunmaktadır. Her yeni bir yeşil iş için yaklaşık 2 kahverengi işin kaybedildiği ve bu kaybın bazı durumlarda 2.2'ye kadar çıkabildiği görülmektedir. Bu durum, yeşil dönüşümün net istihdam artışı yaratma potansiyelinin sorgulanmasına neden olmaktadır. Ayrıca bazı araştırmacılar, yeşil işlerin yüksek maliyetleri nedeniyle ekonomik verimliliğe zarar verebileceğini savunmaktadır. Bu çerçevede, yeşil işler her ne kadar çevresel hedeflere hizmet etse de kısa vadede kahverengi işler üzerinde istihdam kaybı yaratabilecek riskleri bünyesinde barındırmaktadır (Başol, 2018: 78). Yeşil işlerin istihdam üzerindeki negatif etkileri yalnızca maliyet artışlarıyla sınırlı değildir. Nitekim yenilenebilir enerji yatırımları, diğer enerji sektörlerini dışlayarak bu alanlardaki istihdam olanaklarını daraltabilecek bir potansiyele de sahiptir. Ayrıca enerji yoğun sektörlerdeki karşılaştırmalı üstünlüklerin kaybedilmesi durumunda istihdam kaybı yaşanması muhtemeldir. Ek olarak, yeşil sektörün gerektirdiği yüksek bilgi ve beceri düzeyi nedeniyle, özellikle genç ve düşük nitelikli işgücünün bu dönüşümden olumsuz etkilenmesi beklenmektedir (Ağpak ve Özçiçek, 2018: 125). Bu nedenle, geçiş sürecinin adil bir şekilde yönetilmesi, işini kaybeden işçilere yönelik yeniden eğitim programları ve sosyal güvenlik ağlarının güçlendirilmesi kritik önem taşımaktadır. Ancak teknolojiye özgü yaklaşımlar, politika araçlarının etkileşimleri ve öğrenme süreçlerinin zaman alması gibi nedenler yeşil dönüşümün istihdamı azaltmaması için gereken politikaları karmaşık ve uygulanması güç bir hale getirmektedir (Söderholm, 2020: 9-10).

³ Kahverengi işler, fosil yakıtlara ve klasik üretim biçimine dayalı işlerdir.

Yeşil dönüşüm, benzer şekilde cinsiyet eşitliği açısından da hem sorunlar hem de fırsatlar barındırmaktadır. Nitekim günümüzde yeşil işlerin üçte ikisinden fazlası erkekler tarafından üstlenilmekte, bu da kadınların bu büyüyen istihdam alanında yeterince temsil edilmediğini ortaya koymaktadır. Bu eşitsizlikte, özellikle STEM alanlarında süregelen cinsiyet farkları ile kadınların yönetim ve fiziksel güç gerektiren işlerde düşük temsil oranı etkili olmaktadır. Diğer taraftan yeşil işler kadınlar açısından bazı fırsatları da sunmaktadır. Keza bu alandaki ücret farkları, geleneksel sektörlerle kıyasla daha düşüktür. Yeşil işlerde kadınların erkeklere kıyasla ortalama %12 daha fazla kazandığına yönelik örnekler bulunmaktadır. Bu da yeşil istihdamın kadınlar için finansal açıdan daha cazip olabileceğini göstermektedir (Alexander ve diğerleri, 2024: 10-15). Türkiye açısından bakıldığında, 2030 yılına kadar yeşil sektörlerin genişleyeceği ve istihdamı olumlu yönde etkileyeceği öngörülmektedir. Türkiye’de 2030 yılına kadar yeşil dönüşümle birlikte yıllık 10-45 milyar TL arasında ek bir gelir ve tahmini 300.000 kişilik ilave istihdam yaratılması beklenmektedir (Kıratoğlu ve Bayraktar, 2024: 112).

2.2.4. Sendikaların ve Kolektif Hakların Geleceği

Sendikalar, II. Dünya Savaşı’ndan 1970’lere kadar olan dönemde, üretim ve iktisat politikalarının da desteğiyle geniş işçi kitlelerini temsil etmiş ve toplu sözleşmeler aracılığıyla önemli kazanımlar elde etmiştir. Bu süreç, sendikaların kapitalist demokrasilerde hem ekonomik hem de politik açıdan güçlü aktörler haline geldiği “örgütlü kapitalizm” çağı olarak tanımlanmıştır. Aynı zamanda, sendikaların en etkili ve güçlü oldukları bu dönem literatürde “altın çağ” olarak da adlandırılmıştır (Acar, 2019: 1046). Ancak 1970’lerin sonlarından itibaren sendikaların gücü önemli ölçüde zayıflamıştır. Bunun başlıca nedenleri arasında neoliberal politikaların yükselişi, üretimin ve ticaretin küreselleşmesi, işgücü piyasasında esnekleşme ve yeni endüstrilere sendikaların nüfuz edememesi yer almaktadır. Sendikaların üye sayıları birçok ülkede dramatik biçimde düşerken sendikalar gerekli örgütsel reaksiyonu verememiş ve hem kaynakları hem de toplumsal etkileri hızla zayıflamıştır (Nissim ve Simon, 2021: 2). Sendikaların bu zayıflama eğilimi, 2008 küresel krizin ardından teknolojik temelli istihdam biçimlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte daha da görünür hale gelmiş ve sendikaların gelecekte emekçilerin artan kırılganlıklarına karşı nasıl bir rol oynayacağı sorusunu yeniden gündeme taşımıştır.

Üretimin dijitalleşmesi ve otomasyonun yaygınlaşması, geleneksel çalışma biçimlerinden farklı olarak dijital emek temelli yeni istihdam modellerini ortaya çıkarmıştır. Dünyada bu dönüşümün önemli bir boyutunu oluşturan dijital emek platformları için gerekli iş hukuku düzenlemeleri henüz kapsamlı ve bağlayıcı biçimde oluşturulamamıştır. Türkiye’de de mevcut yasal çerçevelerin bu yeni çalışma biçimlerinin doğurduğu hak ihlallerine karşı etkin çözümler sunmakta

yetersiz kaldığı görülmüştür. Nitekim mevzuattaki boşluklar, dijital platformlarda çalışanların emeğinin karşılığını alamamasına, sosyal güvenceden yoksun kalmasına ve çeşitli hak ihlalleriyle karşı karşıya gelmesine zemin hazırlamıştır (İngeç, 2024: 430). Yetersiz hukuki düzenlemelerin yanında gig işçilerinin iş hukukuna mı yoksa medeni hukuka mı tabi oldukları hususu net değildir. Nitekim benzer ikilemler yalnızca Türkiye’ye özgü olmayıp, Macaristan gibi ülkelerde de ortaya çıkmaktadır. Bu belirsizlik, taraflar arasındaki sözleşme ilişkisini merkez alan yaklaşımların çalışan lehine işlemesini engellemekte ve güvencesizlik sorununu daha da derinleştirmektedir (Nissim ve Simon, 2021: 17-18). Keza gig ekonomisi kapsamında faaliyet gösteren bireyler, “bağımsız yüklenici” ya da “kendi hesabına çalışan” şeklinde tanımlandıklarından ötürü iş kanunu kapsamı dışında kalmakta ve bu da onları düşük ücret, iş güvencesizliği, örgütsüzlük ve karar alma süreçlerinden dışlanma gibi ciddi sorunlarla baş başa bırakmaktadır. Hukuki sistemin bu çalışma biçimlerine dair net bir tanım ve koruma mekanizması sunamaması, dijital platformlarda çalışanlar açısından emek sömürüsünü derinleştirmekte ve “insana yakışır iş” anlayışından uzak bir tablo ortaya koymaktadır. Bu nedenle, dijital emek bağlamında temel çalışma haklarına erişim, öncelikle istihdam statüsünün yasal olarak tanımlanması ve buna uygun düzenlemelerin yapılmasıyla mümkün hale gelebilecektir (İngeç, 2024: 430-431)

Dijital platformlar ve gig ekonomisi, sendikaların esnekleşen üretime karşı sahip olduğu yapısal sorunlarını daha da derinleştirmiştir. Bu yeni çalışma biçimleri, çoğunlukla bireysel ve geçici işler sunduğundan dolayı geleneksel sendikal örgütlenme biçimlerine uygun değildir. Çünkü platform temelli çalışma yapısı, işçilerin fiziksel olarak bir araya gelmesini engellediği için kolektif bilinç ve dayanışma da zayıflamaktadır (Nissim ve Simon, 2021: 3-4). Öte yandan Vandaele (2018) tarafından yapılan platform çalışmasında, özellikle kargo ve kurye işlerinde çalışanların dijital araçlarla kendi kendilerini örgütleyebildiklerini savunmuştur. Platform çalışanlarının akıllı telefonları aracılığıyla mesajlaşma uygulamaları ve şifreli sohbet grupları kullanarak "kitle öz-iletişim ağları" kurduklarını ve bu dijital araçların örgütlenme açısından yeni fırsatlar sunduğunu belirtmiştir (Vandaele, 2018: 15-16). Keza Türkiye’de 2022 ve 2023 yılında Tredyol platformunda çalışan esnaf kuryelerin iş bırakma eylemi platforma çalışanların örgütlenme kapasitelerine güzel bir örnektir. Platformların işçileri izole ederek dayanışma ve örgütlenme güçlerini kırdığı (bir yere kadar doğru) savunulsa da kuryelerin dağıtım noktalarında, restoranlarda ve dağıtım sırasında etkileşim içinde bulunabildiği ve ortak sorunları konusunda gündem oluşturabildiği yukarıdaki örnekte görülmüştür (Karanfil ve Ege, 2025: 46). Bu durum, sendikaların platform ekonomisine uyum sağlamak için tamamen yeni stratejiler geliştirmesi gerektirmediğini, bunun yerine mevcut örgütlenme biçimlerini dijital çağın gerekliliklerine göre dönüştürebileceğini

göstermektedir (Vandaele, 2018: 26-27). Yine de sendikaların bu yeni düzene yanıt verebilmek için gig çalışanlarına yasal destek sağlama, dijital ortamda dayanışma ağları kurma ve bu emekçileri temsil edecek yeni örgütlenme biçimleri geliştirme gibi yenilikçi stratejilere yönelmesi gerektiği de savunulmaktadır (Nissim ve Simon, 2021: 5-6).

Tablo 6. İnternet Çağında Sendikaların Dönüşümü

	İnternet Öncesi Sendikacılık	İnternet Sonrası Sendikacılık
Temel İşlev	-Toplu Pazarlık	-Bireysel Temsil ve Danışmanlık
Hizmet Türü ve Yeri	-İşyerleri -Temsilciler/Liderler Tarafından Sunulan Hizmetler -İşveren ile Yapılan Pazarlığa Dayalı Hizmetler	-İnternet -Yapay Zekâ Hizmetleri -Doğrudan Üye İşçilere Sağlanan Hizmetler
Uyuşmazlıkta İzlenecek Yöntem	-Grevler	-İnternet İletişimi -Sanal Grev (Cyber-Picketing)
	İnternet Öncesinde Üyelik	İnternet Sonrasında Üyelik
Örgütlenme Alanı	-İşyeri -İşveren Onayına Sahip Üyeler	Farklılaştırılmış Üyelik: -Üyeler, Aboneler -Web Sitesini Ziyaret Edenler -İşyerlerinde Sanal Olarak Çalışanlar
Sendika Üyesi Olmayanlar	-Sendika Üyesi Olmayanlar Toplu Pazarlıktan Faydalanabilir	-Sadece Üyelere Özel Hizmetler Sunulur
Örgüt İçi Demokrasi	-Seçilmiş Liderler ve Bürokrasi	-İnternet Oylamaları -Aktivistlerin Bağımsız Faaliyetleri
Kaynak: (Diamond ve Freeman, 2002: 592)		

Dijital kapitalizmin yükselişi üretimin giderek esnekleşmesine ve klasik işyeri sendikacılığının dönüşüme uğramasına neden olarak internet sendikacılığı (e-sendika) ve dijital grev gibi kavramların yeniden gündeme gelmesine yol açmıştır. Çalışma hayatında çevrimiçi ve çevrimdışı süreçler iç içe geçtiğinden sendikaların da gelecekte dijitalleşmesi sıradan bir süreç olarak görülmektedir (Şimşek, 2023: 43). Nitekim çalışma hayatının dijitalleşmesi üretimden işçi işveren ilişkilerine kadar her alanı etkilediği şiarından hareketle sendikaların da e-sendikaya dönüşmesi gerektiği savunulmaktadır. Bu bağlamda, e-sendika anlayışını savunanlar yeni iletişim teknolojilerinin olanaklarını kullanarak sendikaların yapısal ve işlevsel dönüşüm geçireceğini ve başta üyeleri olmak üzere diğer örgütler ve kamuoyuyla daha etkin ilişkiler kurabilme fırsatına sahip olabildiğini ileri sürmektedirler. Keza bu yaklaşım, sendikaların üyelerinin

haklarını savunmada, yeni üyeler kazanmada, dijital bilgi ağlarına erişimde ve çalışma hayatındaki değişimleri izleyip yanıt vermede daha donanımlı hale geldikleri anlamına gelmektedir (Gökalp, 2013: 72).

Şu an için sendikacılık faaliyetlerinin dijital ortama yeterince taşınamaması nedeniyle “sanal grev” fikri sendikalar tarafından makul karşılanmasa da yakın gelecekte “sanal grev” uygulaması yaygınlaşarak sendikacılığın önemli bir gerçeği haline gelecektir. Sanal grevlerde internet ortamındaki bireysel tepkilerin daha büyük kitlelere dönüşebilme ve çeşitli kampanyalar oluşturularak grevin kamuoyunda yer almasını sağlama potansiyeli taşımaktadır. Bu noktada sanal grevin belki de en önemli özelliği, farklı bölge ve ülkelerdeki çalışanları iletişim teknolojisi aracılığıyla örgütleyerek aynı yerde çalışıyormuş gibi eş zamanlı iş bırakma eylemlerine yönlendirme kapasitesidir. Bu aşamada internet sendikacılığının “siber örgütleyicilere” dönüştüğü ifade edilmektedir (Şimşek, 2023: 43). Bu yeni modeller, sendikaların sadece işyeri odaklı değil aynı zamanda daha geniş toplumsal hareketlerle entegre olmasını ve hizmet odaklı bir yaklaşım benimsemesini de gerektirmektedir.

Sonuç olarak, dijitalleşmenin iş dünyası üzerindeki dönüştürücü etkisi ve bu bağlamda sendikaların geleceği, işin geleceği tartışması açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Teknolojik ilerlemeler, çalışma biçimlerini kökten değiştirirken, özellikle dijital işçiler için yeni zorlukları da beraberinde getirmektedir. Güvencesiz çalışma koşulları, düşük ücretler ve sosyal haklardan mahrumiyet gibi meseleler dijital işçilerin karşılattığı temel problemlerin başında gelmektedir. Nitekim Avrupa genelinde yapılan araştırmalar, platform çalışanlarının karşılaştığı en yaygın sorunların başında ücret ve statü sorunlarının geldiğini göstermektedir (Piasna ve Zwysen, 2022: 39-40). Bu nedenle sendikaların bu değişen dinamiklere karşı proaktif bir duruş sergilemesi, dijitalleşmenin getirdiği olumsuz etkileri hafifletmek ve işçilerin haklarını korumak adına hayati önem taşımaktadır. Bu bağlamda sendikaların rolü, sadece geleneksel örgütlenme strateji ve modellerini sürdürmekle sınırlı kalmamalıdır. Aksine, dijital çağın sunduğu fırsatları değerlendirmeli ve yeni teknolojileri işçilere ulaştırmak, onları eğitmek ve haklarını savunmak için kullanmaları gerekmektedir. Dijitalleşme, sendikalar için bir tehdit olmaktan ziyade doğru stratejilerle ele alındığında yeni bir örgütlenme ve etki alanı yaratma potansiyeli de sunmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. YAPAY ZEKÂ VE GELİŞİM AŞAMALARI

3.1. Yapay Zekânın Tanımı

İnsan benzeri düşünme kapasitesine sahip makineler fikrinden hareketle, 20. yüzyılın ortalarından itibaren ortaya çıkan yapay zekâ düşüncesi gelişimini neredeyse kesintisiz bir şekilde sürdürmüştür (Yıldız ve Taşhan, 2023: 1). Bu kavramın anlaşılabilmesi için ilk önce zekâ kavramının tanımlanması gerekmektedir. Ancak zekâ kavramı uzun süredir bilimsel araştırmaların ve tartışmaların odağında olmasına rağmen, üzerinde evrensel bir tanımın yapılamadığı da görülmektedir. Yine de değişik tanımların aslında ortak bir anlayışı farklı sözcüklerle ifade ettiği anlaşılmaktadır. Yapay zekâ araştırmacıları zekâyı “bir sistemin belirsiz bir ortamda duruma uygun şekilde hareket edebilmesi”, “çeşitli ortamlarda hedeflere ulaşmak için esnek davranışlar geliştirebilmesi” ve “farklı ortamlarda etkili ve verimli şekilde çalışabilmesi” şeklinde tanımlamaktadırlar (Legg ve Hunter, 2007: 17-21).

Yukarıdaki tanımlarda da görüldüğü üzere zekâ kavramına daha çok akıl yürütme ve durumu analiz edebilme üzerinden yaklaşılmaktadır. Ancak yapay zekâ kavramında zekâ ölçütünün sadece durumu analiz edebilme ve akıl yürütme ile sınırlı olmadığı ve insanın yapabileceği zihinsel aktiviteleri tamamen taklit edebilen ve hatta onu aşabilen bir olgu olduğu görülmektedir. Bu bağlamda 1955 yılında John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester ve Claude Shannon tarafından hazırlanan “Yapay Zekâ Yaz Araştırma Projesi” başlıklı metin, hem yapay zekâ kavramının ilk kez açıkça kullanıldığı hem de bu alanın bağımsız bir araştırma sahası olarak ortaya çıktığı dönüm noktalarından biridir. Bu araştırma yapay zekânın yalnızca insan zekâsının matematiksel bir modelini oluşturmayı hedefleyen dar bir çerçevede ele alınmadığını aksine çok daha geniş ve disiplinlerarası bir yaklaşım benimsediğini açıkça göstermektedir (Doğan, 2021: 790). Bu yaklaşım metinde “*bu çalışma, öğrenme dâhil zekânın her özelliğinin bir makine tarafından taklit edilebileceği fikrine dayanmaktadır. Yeter ki bu özellikler yeterince açık bir şekilde tarif edilebilsin*” şeklinde belirtilmektedir (McCarthy ve diğerleri, 2006: 12).

Diğer taraftan yapay zekânın bu kadar geniş bir perspektiften tanımlanması da eleştirilmektedir. Örneğin, geniş belleğe sahip bir bilgisayarın uzun bir metni kaydedip istenildiğinde geri getirebilmesi, “zekâ” olarak kabul edilebilir. Çünkü uzun metinleri ezberlemek ya da iki tane çok basamaklı sayıyı hızlıca çarpmak gibi işlemler, insanlar açısından ileri düzey zihinsel yetiler olarak görülür. Ancak bu yaklaşıma göre, her bilgisayar bir yapay zekâ sistemi olmaktadır. Bu ikilem, şu tanımla zarif bir şekilde çözülmektedir: “*Yapay zekâ, bilgisayarlara insanların*

şu anda daha iyi yaptığı şeyleri nasıl yaptırabileceğini inceleyen bir alandır” (Ertel, 2017: 2). Keza insan zihni zekânın yanında irade, duygusal tepkiler, bilinç ve karar verme gibi taklidi son derece zor öznel niteliklere sahiptir. İnsan zihni bu özelliklerinden dolayı makinelerden çok daha üstündür (Doğan, 2021: 791). Nitekim bir insan tanımadığı bir odaya girdiğinde çevresini saniyenin çok küçük bir payında tanıyacak ve gerekirse aynı hızla karar verip eylem planlayacak bir işleve sahiptir (Ertel, 2017: 3).

Yapay zekânın öncülerinden olan John McCarthy 1955 yılında yapay zekâyı en basit haliyle *“yapay zekâ zekiymiş gibi davranan makinelerdir”* şeklinde tanımlamıştır (Ertel, 2017: 1). McCarthy yapay zekâyı *“akıllı makineler, özellikle de akıllı bilgisayar programları yapmanın bilimi ve mühendisliği”* şeklinde algılamaktadır (McCarthy, 2004: 2). Nilsson ise *“yapay zekâyı doğal zekânın bir taklidi”* olarak değerlendirmektedir (Arslan, 2020: 76). Ancak yapay zekâ insanın zekâ ve kabiliyetinin çok üstüne çıkabilmektedir. Keza Say yapay zekâyı inceleyen bilim dalını, ister zeki olsun ister olmasın mevcut olan doğal sistemlerin yapabildiği bilişsel düzeydeki tüm faaliyetlerin yapay sistemler aracılığıyla ve üstelik çok daha yüksek bir başarı yüzdesiyle nasıl gerçekleştirilebileceğini inceleyen bilim olarak tanımlamaktadır (Sucu, 2019: 205). Yapay zekâ ise kendisini (chatGPT 2025) *“Yapay zekâ, insan benzeri bilişsel yetileri - algılama, öğrenme, akıl yürütme, karar verme ve problem çözme gibi - yazılım ve donanım sistemleri aracılığıyla gerçekleştirmeyi amaçlayan; bu süreçte yalnızca insan zekâsını taklit etmekle kalmayıp, bazı alanlarda onu aşmayı da hedefleyen çok disiplinli bir araştırma alanı”* olarak tanımlamaktadır.

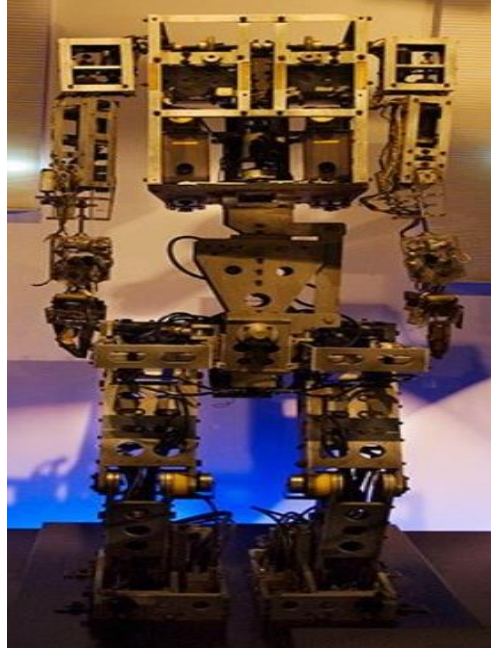
3.2. Yapay Zekânın Tarihsel Gelişimi

Tarihsel açıdan yapay zekâya dair ilk izlerin çok daha eskilere 12. yüzyıla kadar dayandırıldığı görülmektedir. Bu dönemde yaşamış olan El-Cezerî'nin su gücüyle çalışan otomatik sistemler, zamanlayıcılar, robot benzeri figürler ve kontrol mekanizmaları oluşturmuştur. Bu mekanik tasarımlar yapay zekânın ilk adımları olarak nitelendirilebilmektedir (Coşkun ve Gülleroğlu, 2021: 949). Ancak yapay zekânın bilimsel açıdan ilk mihenk taşlarından biri olarak, Gödel'in karmaşık mantık sistemlerinde bazı doğru ifadelerin asla ispatlanamayacağını ortaya koyduğu kuramsal çalışmaları gösterilmektedir. Bu bulgular, akıl yürütmenin sınırlarını işaret ettiği ve yapay zekânın mutlak bir bilgi işleyici olamayabileceğini ima ettiği için önemlidir (Ertel, 2017: 6). Yapay zekânın ilk ortaya çıkışını bazı araştırmacılar ise 1943 yılında McCulloch ve Pitts tarafından geliştirilen *“Beynin Boolean Devre Modeli”*ne dayandırmaktadır. Bu bakımdan beyindeki nöronların nasıl çalıştığını matematiksel olarak açıklamaya çalışan bu teori yapay zekâ araştırmalarının da temelini oluşturmuştur. Bu yaklaşımlar,

beynin işleyiş prensiplerini formülleştirek tanımladıkları için yapay zekânın gelişiminde kritik bir adım olarak kabul edilmektedir (Arslan, 2020: 77).

Yapay zekâyâ ilişkin ilk adımlar geçmişte Cezerî'nin mekanik tasarımlarına kadar uzansa da bu alanda gerçek anlamda bilimsel ilginin artması İkinci Dünya Savaşı sürecinde ve sonrasında gerçekleşmiştir. Savaş sırasında Alan Mathison Turing, dönemi için çığır açıcı nitelikte olan ve “Bombe” adı verilen ilk tam otomatik şifre çözme makinesini geliştirerek savaşın gidişatında belirleyici bir rol oynamıştır. Savaşın ardından Turing'in bu alandaki çalışmaları devam etmiş ve onu pek çok diğer araştırmacı izlemiştir. Turing, 1947 yılında gerçekleştirdiği bir konuşmada, bilgisayar programlarıyla yapay zekânın bir araya getirilmesinin, insan benzeri düşünebilen makinelerin geliştirilmesini mümkün kılabileceğini ifade etmiştir (Coşkun ve Gülleroğlu, 2021: 949). 1948 yılına gelindiğinde ise Claude Shannon bilgisayarların belirli algoritmalar aracılığıyla karmaşık matematiksel teoremleri ispatlayabileceğini ve satranç gibi stratejik oyunlar oynayabileceğini ileri sürmüştür (Arslan, 2020: 77).

1950 yılında Alan Turing'in kaleme aldığı “Makinaların İşleyişi ve Zekâ” başlıklı makalede, günümüzde “Turing Testi” olarak anılan teorik bir deney önerilmiştir. Bu deney bir makinenin gerçekten zeki olup olmadığını değerlendirmeyi amaçlamıştır. Testin temelinde, bir insanın bir dizi soru-cevap etkileşimi yoluyla bir makine ile etkileşime girmesi ve karşısındaki varlığın insan mı yoksa makine mi olduğunu belirlemesi yatmaktadır. Test sonucunda denegin karşısındakinin insan olduğunu düşünmesi üzerine “bir makinenin insan kadar zeki olabileceği” fikri ispatlanmıştır. Özet olarak eğer bir



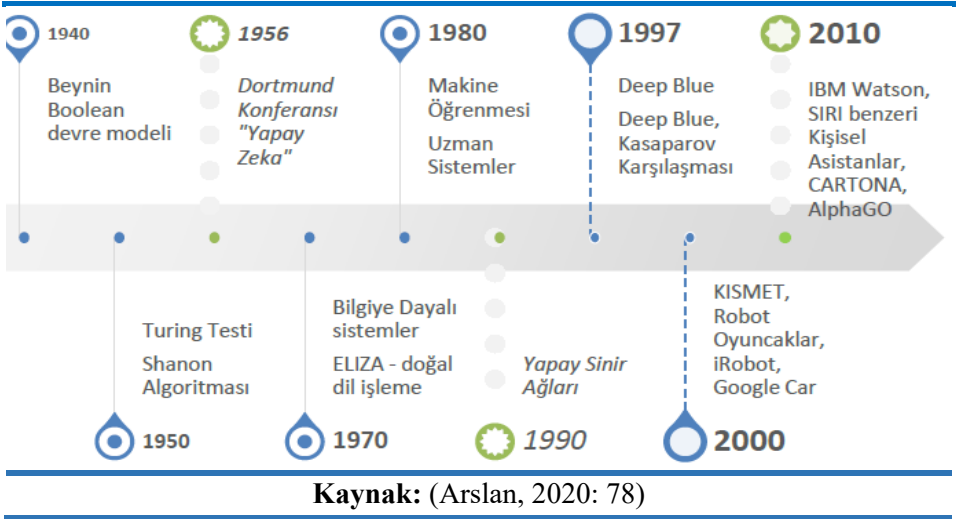
Resim 5. İlk İnsansı Robot Olan WABOT-I

insan, konuştuğu varlığın bir makine olduğunu fark edemezse bu makinenin insan gibi zeki olduğu anlamına gelmektedir. Keza “Turing Testi”, yapay zekâ araştırmalarında tarihsel olarak büyük bir dönüm noktası olmuş ve alanın teorik temellerinden biri haline gelmiştir. Günümüzde birçok araştırmacı, geliştirdikleri yapay sistemlerin zekâ düzeyini değerlendirmek için bu testi hâlâ önemli bir ölçüt

olarak kullanmakta ve makinelerin bu testi geçmesini sağlayacak yapay zekâ modelleri geliştirmeye çalışmaktadır (Artut, 2019: 768).

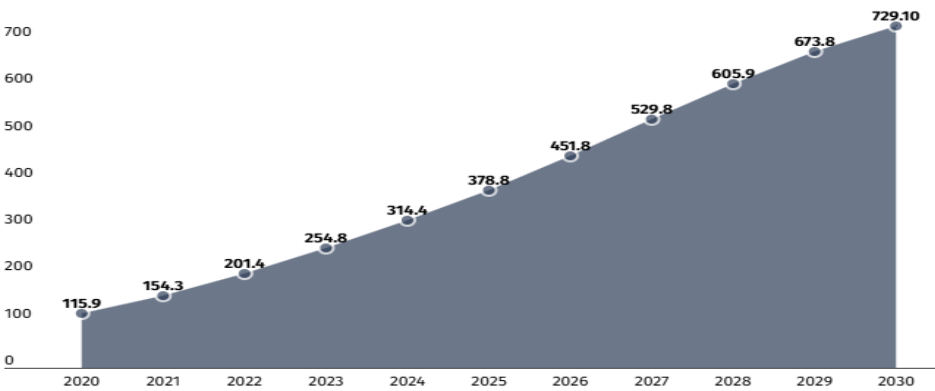
Yapay zekânın fikri babası olarak Turning gösterilse de “yapay zekâ” terimi ise ilk kez 1956 yılında Dartmouth Konferansı’nda John McCarthy tarafından kullanılmış ve bu konferans aynı zamanda bu alanda düzenlenen ilk bilimsel toplantı olarak tarihe geçmiştir (Coşkun ve Gülleroğlu, 2021: 949). Dartmouth Konferansı’nın ardından yapay zekâ alanına olan ilgi artış göstermiş ve yaklaşık on yıl süren verimli bir ilerleme dönemi yaşanmıştır. 1961’de bu ilerlemenin somut örneklerinden biri olarak, dünyanın ilk endüstriyel robotu Unimate, General Motors’un New Jersey’deki fabrikasında üretim hattına sokulmuştur (Güncan, 2025: 5). 1972 yılında ise insana benzeyen ilk akıllı robot olan WABOT-I Japonya’da geliştirilerek yapay zekâ destekli robotların ilk atalarından birisi olmuştur. Ne var ki her değişimin taşıdığı bilinmezliğin korkusu yapay zekâ alanında da yaşanmış ve 1974 ile 1980 yılları arasında yapay zekâyâ yönelik artan eleştiriler bu alandaki çalışmaları olumsuz etkilemiştir. Bu korkular yapay zekâyâ ayrılan fonların hızla düşmesine neden olmuş ve bu durum literatürde “yapay zekâ kışı” olarak adlandırılmıştır. 1980’li yıllarda ise, Japonya’nın öncülüğünde artan rekabete yanıt olarak İngiltere başta olmak üzere bazı ülkeler yeniden yapay zekâ alanına yatırım yapmaya başlamış ve böylece yapay zekâ araştırmalarında yeniden bir canlanma yaşanmıştır (Coşkun ve Gülleroğlu, 2021: 949).

Şekil 8. Yapay Zekânın Kronolojik Tarihi



2000'li yılların başında yapay zekâ ve robotik alanındaki gelişmeler günlük hayata daha fazla dahil olmaya başlamış ve bu dönemde çeşitli robot oyuncaklar piyasaya sürülmüştür. 2006'da hizmet robotları yapay zekâ araştırmalarının temel ilgi alanına dönüşmüştür. 2007 yılında görsel tanıma sistemlerinin gelişiminde büyük bir adım atılmış ve bu alanda kullanılacak geniş kapsamlı veri tabanlarının temeli de oluşturulmuştur. 2009'da yılında yapay zekânın ulaşım teknolojilerine entegrasyonunda önemli bir gelişme yaşanmış ve sürücüsüz araç projeleri üzerine çalışmalar başlamıştır. 2009'da Google, kendi kendine giden araç teknolojisinde çığır açarak Kaliforniya'da ilk otonom sürüş denemesini gerçekleştirmiştir (Ertel, 2017: 7). 2011 yılında doğal dili anlama ve hızlı yanıt verebilme yeteneğiyle geliştirilen bir yapay zekâ sistemi bir bilgi yarışmasında iki deneyimli yarışmacıyı yenebilmiştir. 2012'de Apple Siri'yi tanıtarak kişisel asistan teknolojisinde önemli bir adım atmıştır. İki yıl sonra Google, devasa bir yatırımla yapay zekâ alanında çığır açan “DeepMind’i” satın almıştır. Aynı dönemde, duyguları anlayabilen “Amelia” adlı sanal asistan geliştirilmiş ve yapay zekânın insan etkileşimindeki yetenekleri yeni bir seviyeye taşımıştır. Robotik alanda ise bulut bağlantılı sistemlerde devrim yaşanmıştır. Örneğin, turist rehberi robotlar deneyimlerini bulut üzerinden paylaşarak öğrendiği bilgileri ağda yer alan diğer robotlar ile paylaşmıştır. Böylece turist farklı bir lokasyona gittiğinde daha önceden ağda yer alan robotlar kişiselleştirilmiş hizmet sunabilmiştir. Bu sistem, öğrenmenin kolektif hale geldiği yeni bir dönemin kapılarını aralamıştır (Sucu, 2019: 206).

Grafik 6. Yapay Zekâ Kullanıcı Sayıları (Milyon Kişi)



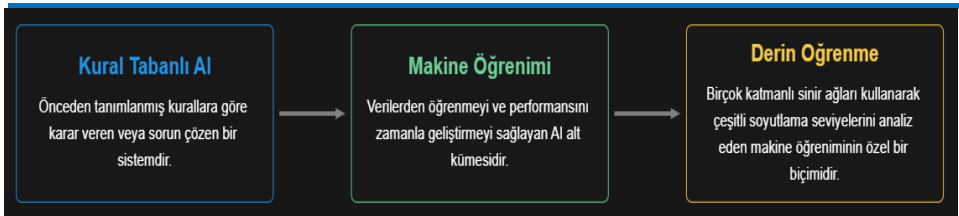
Kaynak: (Edge-ai-vision, 2025)

Doğal dil işleme teknolojisi sohbet botlarını basit ve yüzeysel yanıtlar veren sistemlerden çıkararak daha anlamlı ve kullanıcıyla etkileşim kurabilen yapılar haline getirmiştir. Bu gelişmelerin ilk örneklerinden birisi 2011’de Apple tarafından tanıtılan “Siri” olurken ardından 2014’te Amazon’un “Alexa” adlı dijital asistanı kullanıcılarla buluşmuştur (Güncan, 2025: 7). 2018’e gelindiğinde Google’ın geliştirdiği “Duplex” yapay zekâsı, telefonla kuaför randevusu alırken karşı tarafı insan olduğuna ikna edebilmiştir (Çoşkun ve Gülleroğlu, 2021: 450). Son yıllarda ise özellikle OpenAI tarafından geliştirilen ve Kasım 2022’de kullanıma sunulan “ChatGPT” geniş bir kullanıcı kitlesi tarafından dikkatle takip edilmektedir. 2023 yılında tanıtılan GPT-4 modeli ise birçok profesyonel ve akademik ölçütte insan düzeyine yakın sonuçlar verebilme yeteneğiyle öne çıkmıştır. Yapay zekânın Turing testinden bugüne kadar oldukça kapsamlı bir evrim geçirdiği ve gelişme kaydettiği görülmektedir (Güncan, 2025: 7).

3.3. Yapay Zekânın Gelişim Evreleri

Yapay zekâ sistemlerinin tarihsel gelişim aşaması temel olarak üç evrede özetlenebilir. İlk olarak, “Kurallara Dayalı Sistemler” (Rule-Based AI) önceden tanımlanmış "eğer-ise" kurallarıyla çalışan ve açıklanabilirliği yüksek olan yapılardır. Bu sistemlerin katı oluşu ve karmaşık durumları yönetememesi sonucu yerini Makine Öğrenmesi (Machine Learning) yaklaşımı almıştır. Makine öğrenmesi sistemin açık kurallar olmaksızın veri üzerinden örüntüler öğrenmesini sağlamıştır. Ancak zamanla veri miktarının ve işlem gücünün artmasıyla birlikte çok katmanlı yapay sinir ağlarına dayanan Derin Öğrenme (Deep Learning) yöntemleri geliştirilmiştir.

Şekil 9. Yapay Zekâ Gelişim Evreleri



3.3.1. Kurallara Dayalı Sistemler (Rule-Based AI)

Kurallara dayalı sistemler yapay zekânın en temel gelişim evrelerindendir. Bu sistemler belirli durumlar karşısında nasıl davranması gerektiğini önceden kendisine tanımlanmış olan kurallara göre belirlemektedirler. Örneğin bir e-postanın spam filtresi, içinde belirli kelime veya ifadeler geçen mesajları

otomatik olarak istenmeyen olarak işaretleyebilmektedir (Berberoğlu, 2023: 83). Bu sistemler, veriye dayalı öğrenme yapmaz sadece her işlem için insan tarafından yazılmış net kurallara göre işlem yürütür. Bu bakımdan bu sistemler en basit haliyle bir veri tabanı, bu veri tabanını kullanan bir yapay zekâ yorumcusu ve sürecin sınırlarını çizen bir dizi kuralların birleşimidir. Örneğin, kurallara dayalı sistemlerde üretim kuralları biçiminde tanımlanmış bir bilgi kümesi kullanılabilir. Aşağıdaki biçimsel dil örneği bu tür kuralların yapısını göstermektedir. Burada her satır, sol tarafı koşulu ve sağ tarafı ise koşul gerçekleştiğinde uygulanacak eylemi temsil etmektedir.

Şekil 10. Biçimsel Dil Tanımı

$$S \rightarrow A B A$$

$$A \rightarrow A 1$$

$$A \rightarrow 1$$

$$B \rightarrow B 0$$

$$B \rightarrow 0$$

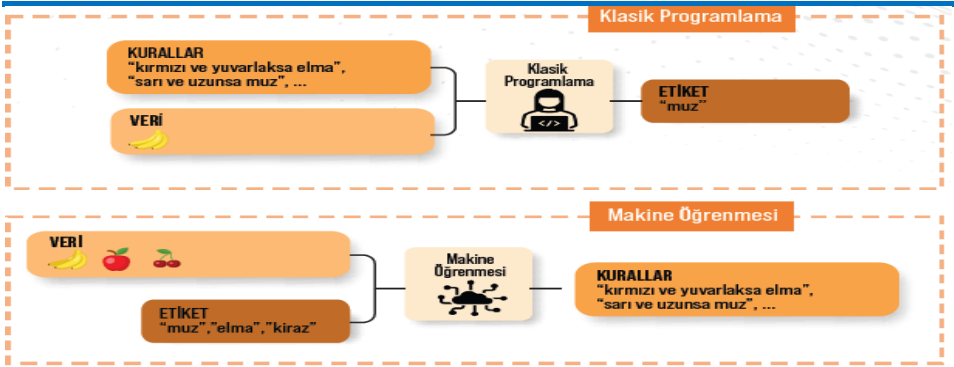
Bu kurallar veri tabanında başlangıç sembolü S ile eşleştirildiğinde, sistem adım adım yeni dizgeler üretebilir. Aynı kurallar ters yönde eşleştirilerek verilen bir dizgenin tanınması da sağlanabilir. Böylece aynı ve eğer eşleşme sağlanırsa diğer taraf uygulanır. Değerlendirme bir eşleştirme (algılama) işlemidir. Uygulama ise bir değişim ya da basit bir işlem olabilmektedir. Diğer bir örnek üzerinden kurala dayalı sistemleri incelersek; “*eğer arabanın şarj devresindeki desen dalgalı ve alternatör farklı yüklerle doğru şekilde yanıt veriyorsa, voltaj regülatörünün arızalı olma olasılığı yüksektir*” şeklindeki bir kural, araç arıza tespitinde kullanılan bir kural tabanlı sistemin parçası olabilir (Hayes-Roth, 1985: 923). Kısaca bu tür sistemler uzmanların bilgi ve deneyimlerini kurallar hâline getirerek otomatik hale getirmektedir.

Kurallara dayalı sistemlerin en büyük avantajlarından birisi şeffaf ve kolay anlaşılır olmasıdır. Nitekim bu tür bir sistemin belirli bir sonuca nasıl ulaştığı izlediği kurallar zincirini takip edilerek rahatça görülebilir. Kurallara dayalı sistemlerin kolay açıklanabilir olması bu sistemlerin özellikle tıp ve hukuk gibi alanlarda kullanılmasını kolaylaştırmakta ve sistemin kararlarına olan güveni artırmada kritik rol oynamaktadır (Olabi ve diğerleri, 2025). Nitekim kurallar sabit olduğu için sistemin verdiği sonuçlar tutarlılık göstermektedir. Bu da daha tutarlı sonuçların ortaya çıkmasına olanak tanıyarak sisteme yönelik önyargıların kırılmasına yardımcı olmaktadır. Kurallara dayalı sistemlerin diğer bir avantajı ise yeni bir kural eklemek veya mevcut birini değiştirmek için genellikle sistemin tamamını baştan yazmayı gerektirmemesidir. Bu da sistemi değişen koşullara

kolayca uyum sağlayabilir hâle getirmektedir (Gupta, 2025). Diğer bir avantaj ise bu sistemlerin belirli süreçleri otomatikleştirebilmesi ve insan emeğini azaltmasıdır. Nitekim bu tür sistemler, insanların uzmanlığının yetersiz kaldığı veya mevcut uzmanlığın tutarlı şekilde uygulanmadığı durumlarda belirli görevleri otomatikleştirmek için pratik bir çözümdür. Özellikle siber güvenlikte, insan tarafından tanımlanan kurallar bilinen tehditleri ve kötü amaçlı yazılım imzalarını tespit etmek için kullanılabilir (Sarker ve diğerleri, 2024: 9).

Diğer taraftan kurallara dayalı sistemlerin avantajları olduğu kadar dezavantajları da mevcuttur. İlk dezavantajı son derece katı sistemler olmalarıdır. Keza önceden kurallar ile belirtilmeyen bir durum karşısında sonuca ulaşamamakta ve bu beklenmedik durumlara uyum sağlayamamaktadırlar. Bir diğer dezavantaj ise basit süreçlerde işlevsel olmalarına karşın, çok kapsamlı problemler için gerekli kural sayısının katlanarak artmasıdır. Çünkü gerekli kuralların bulunmaması hâlinde oluşan belirsizliklere cevap verme kapasiteleri son derece sınırlıdır. Nitekim girdi kurallarla eşleşmezse sistem mantıklı çıktılar üretememektedir. Sistemi yönlendiren kuralların artması ise mevcut sistemin bakımını, yönetimini ve sürdürülebilirliğini güçleştirmektedir (Olabi ve diğerleri, 2025). Sonuç olarak bu katılık ve ölçeklenebilirlik sorunu, yapay zekânın kurallara dayalı sistemlerden makine öğrenmesi gibi daha esnek ve veri odaklı yaklaşımlara yönelmesine neden olmuştur.

Şekil 11. Kurala Dayalı Sistem ve Makine Öğrenmesi



Kaynak: (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2024: 2)

3.3.2. Makine Öğrenmesi (Machine Learning)

Yapay zekâ, makinelerin insanı taklit ederek öğrenme ve problem çözme gibi bilişsel işlevleri yerine getiren bir teknolojidir (Berberoğlugil, 2023: 82). Makine öğrenmesi ise yapay zekânın, kurallara dayalı sistemlerdeki gibi açıkça programlanmadan veri kümelerinden öğrenmesini sağlayan bir yöntemdir. Bu

sayede sistem, geçmiş verilerden örüntüler çıkararak gelecekteki durumları öngörebilir. Diğer bir ifadeyle, sistemler doğrudan programlanmak yerine mevcut veri setleriyle eğitilerek yeni verilere yönelik görevleri yerine getirmeyi öğrenir. Makine öğrenmesinin temelinde optimizasyon, olasılık ve istatistik gibi matematiksel alanlar yer almaktadır. Bu yaklaşım, geliştirilen modelin geçmiş verilerden öğrenerek geleceğe dair tahminlerde bulunmasını hedefler ve bu yönüyle geleneksel yazılım geliştirme yöntemlerinden ayrılır. Geleneksel yöntemler geliştiricinin kendi gözlemlerine dayandığı için sınırlı kalabilirken, makine öğrenmesi verinin sunduğu örüntüler üzerinden daha esnek ve uyarlanabilir çözümler sunabilir (Nacar ve Erdebilli, 2021: 309). Ancak modelin başarıya ulaşabilmesi için yeterli sayıda ve kalitede örnek vakanın ve girdinin bulunması gerekmektedir. Öğrenme teknikleri çoğu zaman insan bilgisini, düşünme biçimini ve doğayı anlama çabasına dayanır. Bu yönüyle, insan beyninin işleyişinden, bilgi edinme süreçlerinden ve toplumsal davranışları açıklayan kuramlardan ilham alır (Aylak ve diğerleri, 2021: 78).

1952 yılında Arthur Samuel makine öğrenmesinin öncülerinden biri olarak kabul edilen önemli bir çalışma gerçekleştirmiştir. Samuel, dama oyunu oynayabilen ve yaptığı hatalardan ders çıkararak zamanla daha iyi hamleler yapmayı öğrenen bir program geliştirmiştir. Bu program bilgisayarların kendi deneyimlerinden faydalanarak performanslarını artırbileceğini göstermiş ve karmaşık görevlerde uyum sağlayabilen sistemlerin mümkün olduğunu ortaya koymuştur. Aynı zamanda bu deneme makine öğrenmesinin pratikte nasıl uygulanabileceğine dair ilk ve etkileyici bir örnek sunmuştur (Sinap, 2024: 2). Başka bir örnek vermek gerekirse, bir öğrenciye elmalarla portakalları ayırt etmek gibi bir örüntü tanıma görevi verildiğinde öğrenci bunları hatasız bir şekilde ayırbilecektir. Bu görevde her elma ve portakal birbirinden farklı olsa da bir insan genellikle hangisinin ne olduğunu kolayca ayırt edebilecek bilişsel uzmanlığa sahiptir. Makine öğrenmesinde ise bir modele tüm elma ve portakal türlerini tek tek tanıtmak yerine, bu farkları deneyim yoluyla öğrenmesi amaçlanmaktadır. Bu yöntemde her eğitim verisi (örneğin; renk, şekil, koku gibi özellikler) doğru sınıf etiketiyle (elma ya da portakal) birlikte sunulmaktadır. Böylece sistem, sınıflar içinde farklılık gösteren özellikleri ayırt etmeyi ve aynı zamanda da ortak özellikleri tanımayı kendiliğinden öğrenebilecektir. Bu modelin en önemi başarısı daha önce hiç görmediği bir elmayı ya da portakalı tanıyabiliyor olmasıdır. Diğer bir değişle model daha önce hiç karşılaşmadığı veriler karşısında dahi doğru sonuçlar üretebilmesidir (Naqa ve Murphy, 2015: 4).

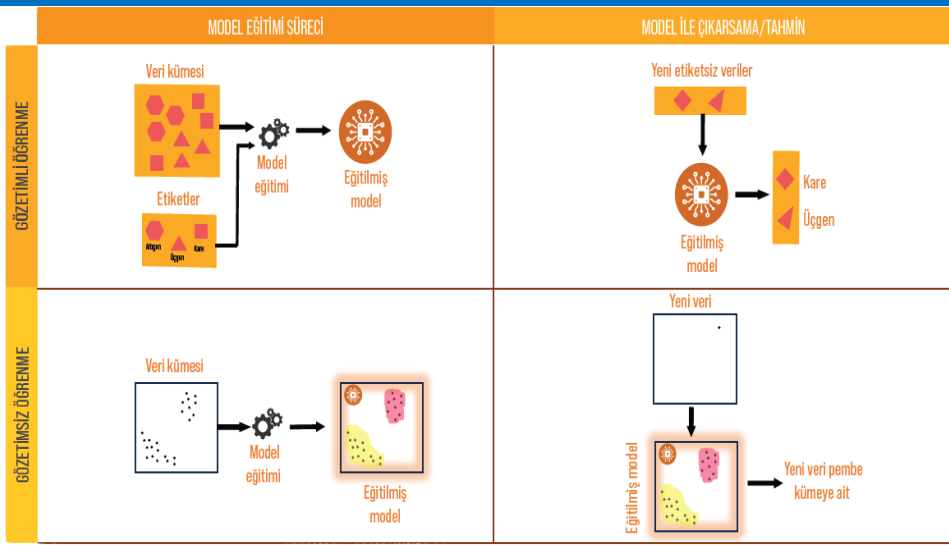
Makine öğrenmesi stratejileri genel olarak denetimli (supervised learning), denetimsiz (unsupervised learning) ve pekiştirmeli öğrenme (reinforcement learning) şeklinde üç başlık altında sınıflandırılmaktadır (Aylak ve diğerleri,

2021: 78). Denetimli öğrenme, makine öğrenmesinin temel yaklaşımlarından biridir ve sınıflandırma ile tahmin gibi görevlerde kullanılır. Bu yöntemde girdiler ve bunlara karşılık gelen doğru çıktıları içeren etiketlenmiş veri setleriyle algoritmalar eğitilir ve böylece model, zamanla istenilen çıktıları üretmeyi öğrenir (Sinap, 2024: 3). Denetimsiz öğrenme ise etiketlenmemiş verilerle çalışır ve verinin iç yapısındaki desenleri, benzerlikleri ya da ilişkileri ortaya çıkarmayı amaçlar. Bu yaklaşımda algoritmaya önceden tanımlanmış bir hedef sunulmamaktadır. Aksine sistem verileri gruplandırmak, anormallikleri tespit etmek ve boyut indirgeme yapmak gibi görevlerle verinin anlamlı yönlerini keşfetmeye yöneltilmektedir (Sinap, 2024: 10). Pekiştirmeli öğrenme ise bir modelin/ajanın⁴, çevresiyle etkileşime girerek deneme-yanılma yoluyla en doğru eylem dizisini öğrenmesini sağlamaktadır. Ajan, gerçekleştirdiği her eylemin sonucunda ödül veya ceza alır ve bu geri bildirimler aracılığıyla uzun vadede maksimum kazanç sağlayacak stratejiler geliştirmeyi öğrenir. Bu yöntem genellikle oyunlar, robotik hareketler ya da karar verme süreçleri gibi ardışık ve dinamik ortamlarda tercih edilmektedir (Olabi ve diğerleri, 2025).

Diğer taraftan makine öğrenmesini gözetimli ve gözetimsiz öğrenme altında iki başlık özelinde toplayarak basite indirgeyen ayrımlar da bulunmaktadır (Nacar ve Erdebili, 2021: 309; Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2024: 4). Gözetimli öğrenme, etiketlenmiş veri setleriyle çalışan ve adeta bir “öğretmen” rehberliğinde modelin eğitildiği bir yaklaşımdır. Bu yöntemde sistem, giriş verileri ile bunlara karşılık gelen doğru çıktılar arasındaki ilişkiyi öğrenerek yeni veriler için tahmin yapmaktadır. Buna karşılık gözetimsiz öğrenmede sistem verilerde herhangi bir etiket olmaksızın gizli kalıpları ve yapıları kendi başına keşfetmeye çalışmaktadır. Bu yöntem, verileri benzer özelliklerine göre gruplandırarak içsel ilişkileri ortaya koymayı hedeflemektedir. Gözetimli öğrenme genellikle sınıflandırma ve tahmin görevlerinde kullanılırken, gözetimsiz öğrenme ise kümeleme ve desen tanıma gibi keşifsel analizlerde etkili sonuçlar vermektedir. Her iki yaklaşım da yapay sinir ağları gibi modellerde farklı öğrenme stratejileri ve parametre ayarlarıyla uygulanabilmektedir (Sathya ve Abraham, 2013: 35).

⁴ Makine öğrenmesinde "ajan", çevresini algılayıp ona göre hareket eden ve bu hareketlerinin sonucunda ödül ya da ceza alarak öğrenen sistem ya da yazılım demektir.

Şekil 12. Gözetimli ve Gözetimsiz Öğrenme



Kaynak: (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2024: 4)

Makine öğrenmesi, özellikle büyük veri girişi gerektiğinden klasik programlamanın (kurallara dayalı sistemler) yetersiz olduğu desen tanıma, doğal dil işleme, bilgisayarla görme, öneri sistemleri, biyomedikal analizler ve finansal modelleme gibi çok çeşitli alanlarda başarıyla uygulanmaktadır. Bu teknolojinin temel avantajı, insan uzmanlığı ile açık kuralların tanımlanmasının zor olduğu karmaşık problemlerde verilerdeki örüntüleri ve ilişkileri otomatik olarak keşfedebilmesidir. Örneğin, makine öğrenmesi algoritmaları, karmaşık ilişki yapılarını öğrenme yeteneği sayesinde geçmiş verileri analiz ederek geleceğe yönelik tahminlerde bulunabilmekte (Keskin, 2025: 1708) ve belirli alanlarda insan performansını aşabilmektedir. Bu yönüyle bu modeller bilinmeyen yapıları ortaya çıkarabilmekte ve yeni koşullara uyum sağlayacak esnek çözümler üretebilmektedir. Gerek denetimli gerek denetimsiz öğrenme yöntemleri aracılığıyla, çok boyutlu ve heterojen veri kümeleri üzerinde etkili sonuçlar elde edilmekte ve bu da onu modern bilgi işlem yaklaşımları arasında ön plana çıkarmaktadır (Sarker ve diğerleri, 2024: 2-10). Ayrıca, modelleme sürecinin çoğu zaman veriye dayalı olması, alan bilgisinin sınırlı olduğu durumlarda dahi yüksek performanslı sistemler geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Kural tabanlı sistemlerden farklı olarak, makine öğrenmesi algoritmaları zamanla performanslarını iyileştirme yeteneğine de sahiptir (Olabi ve diğerleri, 2025).

Diğer taraftan makine öğrenmesi modelleri, esnek olmaları ve büyük veri setlerinden öğrenebilme yetenekleri sayesinde güçlü tahminçiler olsalar da bu

esneklik aynı zamanda yüksek hesaplama maliyeti ve veri bağımlılığı gibi temel problemleri de beraberinde getirmektedir (Thompson ve diğerleri, 2022: 4; Carbone, 2022: 969). Bu modellerin performansı, büyük ölçüde eğitim verilerinin kalitesine ve dağılımına bağlıdır. Verilerdeki yanlışlıklar veya eksiklikler modelin genelleme yeteneğini ciddi şekilde zayıflatabilmekte ve hatalı öngörüler yapmasına neden olabilmektedir (Olabi ve diğerleri, 2025). Özellikle modeller eğitildikleri veri kümesinin dışında kalan durumlarla karşılaştıklarında güvenilir tahminler üretmekte zorlanmaktadır. Çünkü bu tür senaryolar modelin öğrendiği bilgilere dayalı bir çıkarım yapmasını değil veri dışında kalan bir alana yönelik tahminde bulunmasını gerektirmektedir (Carbone, 2022: 971). Ayrıca, makine öğrenmesi algoritmalarının artan karmaşıklığı, bu modelleri yorumlamayı zorlaştıran ve "kara kutu" olarak nitelendirilmelerine neden olan bir şeffaflık eksikliği yaratmaktadır (Naqa ve Murphy, 2015: 9). Nitekim bu durum başta tıp olmak üzere yüksek riskli alanlarda modelin karar süreçlerine olan güveni azaltarak hesap verebilirliği engellemektedir (Olabi ve diğerleri, 2025). Bu sınırlamalar, artan hesaplama gücü ve büyük veri erişimiyle birleştiğinde makine öğrenmesinin bir alt dalı olan derin öğrenme yöntemlerinin gelişmesine zemin hazırlamıştır.

Şekil 13. Yapay Zekâ Bileşenleri



Kaynak: (Nacar ve Erdebili, 2021: 308)

Şekil 13’de görüldüğü gibi, derin öğrenme makine öğrenmesinin bir alt alanı olarak konumlandırılmaktadır. Makine öğrenmesinin karmaşık veri yapılarında başarıyı artırmak için elle özellik belirleme gereksinimi ve sınırlı genelleme yeteneği, daha derin ve katmanlı yapılara sahip derin öğrenme yöntemlerinin gelişmesine zemin hazırlamıştır.

3.3.3. Derin Öğrenme (Deep Learning)

2000’li yılların başı, özellikle sinir ağları ve derin öğrenme algoritmalarının geliştirilmesi ve uygulanması açısından yapay zekâ alanında önemli ilerlemelerin yaşandığı dönemdir. Sinir ağları fikri 1950’lerden beri araştırma konusudur. Ancak 2000’li yıllarda büyük veri kümelerinin erişilebilir hale gelmesi, hesaplama kapasitesindeki artış ve daha gelişmiş tekniklerin ortaya çıkması, görüntü tanıma, doğal dil işleme ve oyun oynama gibi görevlerde benzeri görülmemiş başarılar elde edilmesine olanak tanımıştır. Bu dönem, birden fazla katman içeren düğümlerden (veya nöronlardan) oluşan yapıyla büyük veri kümelerinden karmaşık desenleri ve temsilleri öğrenme yeteneğine sahip olan derin öğrenmenin ortaya çıkışına imkân tanımıştır (Olabiye, 2025).

Tarihsel açıdan bakıldığında derin öğrenmenin temelleri 1986’da Geoffrey Hinton, David Rumelhart ve Ronald Williams’ın çok katmanlı sinir ağlarını etkili biçimde eğitmesine dayanmaktadır. Bu çalışma, söz konusu ağların karmaşık desenleri tanıma konusunda güçlü bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur. 1997’de IBM’in geliştirdiği “Deep Blue” adlı bilgisayarın dünya satranç şampiyonu Garry Kasparov’u mağlup etmesi, yapay zekânın stratejik karar verme alanındaki gücünü gözler önüne sermiştir. 2006’da Jeff Dean ve Andrew Ng tarafından geliştirilen “Google TensorFlow” kütüphanesi, makine öğrenmesi modellerinin tasarımı ve uygulanması için kapsamlı bir altyapı sağlamıştır. 2011 yılında ise IBM’in “Watson” sistemi, Jeopardy! yarışmasındaki başarısıyla doğal dil işleme alanında çığır açan bir örnek olmuştur (Sinap, 2024: 23). Ancak alanın asıl ivme kazandığı dönem, 2010’lu yıllarda büyük veri setlerinin erişilebilir hale gelmesi ve grafik işlem birimlerinin (GPU) yaygınlaşmasıyla başlamıştır. Bu dönemde derin öğrenme algoritmalarının geleneksel CPU’lar yerine grafik işlemcilerinde (GPU) çalıştırılmaya başlanması, yapay zekâ alanında devrim yaratmıştır (Thompson ve diğerleri, 2022: 4). Ayrıca 2012 yılında Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever ve Geoffrey Hinton tarafından geliştirilen “AlexNet” adlı evrişimli sinir ağı (CNN), ImageNet yarışmasında gösterdiği çarpıcı başarı ile derin öğrenmenin potansiyelini somut biçimde ortaya koymuştur (Olabiye ve diğerleri, 2025). Bu gelişme, büyük teknoloji şirketlerinin ilgisini çekmiş ve başta Google, Facebook ve Microsoft gibi firmaların bu alana büyük fonlar ayırmasını sağlamıştır (LeCun ve diğerleri, 2015: 439).

Derin öğrenmeyi tanımlamadan önce basit bir metafor üzerinden açıklamak konunun daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır (Smith ve Colby, 2007: 206);

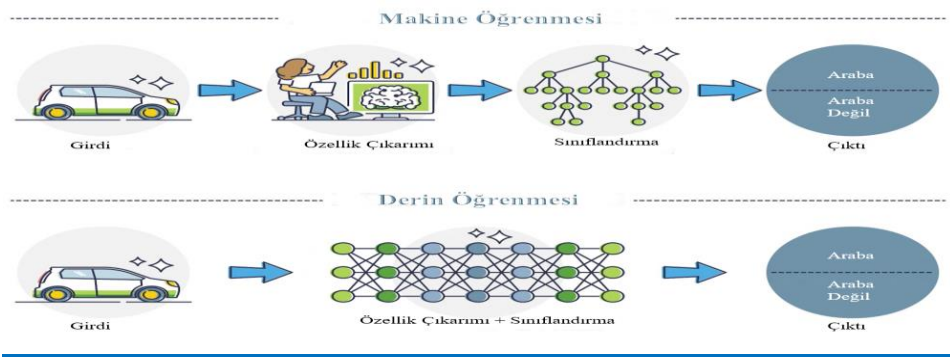
“Bir araştırmada öğrencilere belirli bir metni okumaları ve sonrasında bu metinle ilgili sorulara cevap vermeleri istenmektedir. Öğrenciler bu görevde iki farklı yaklaşım sergilemiştir. İlk grup, metindeki ana fikirleri kavramaya, bağlamı anlamaya ve içerik hakkında bütüncül bir anlayış geliştirmeye odaklanmıştır. Bu yaklaşım, yapay zekâ bağlamında derin öğrenme (deep learning) yöntemidir. Derin öğrenme modelleri, verinin altındaki karmaşık ilişkileri ve temsilleri çok katmanlı yapılar aracılığıyla otomatik olarak öğrenmekte ve bu sayede yalnızca yüzeysel bilgiyi değil, anlamlı ve genellenebilir örüntüleri de yakalamaktadır. İkinci grup ise metindeki olguları ve ayrıntıları ezberlemeye ve muhtemel sorulara doğrudan yanıt verecek bilgileri akılda tutmaya yönelmiştir. Bu yaklaşım ise yapay zekâda kural tabanlı (rule-based) öğrenmeye benzemektedir. Bu tür sistemler, önceden tanımlanmış kurallar veya açıkça belirtilmiş bilgilerle çalıştığı için yeni durumlar karşısında genelleme yapma yetenekleri sınırlıdır”.

Derin öğrenme temelde bilgiyi işlemek için birden fazla katmandan oluşan yapay sinir ağlarını kullanan bir yapay zekâ yöntemidir. Bu yöntem, verileri adım adım analiz ederek her aşamada daha soyut ve anlamlı bir temsili oluşturmaktadır. Son yıllarda bu yöntem sayesinde konuşma tanıma, görsel nesne tanıma, nesne tespiti gibi alanların yanında ilaç geliştirme ve genetik araştırmalar gibi farklı disiplinlerde önemli ilerlemeler sağlamıştır. Derin öğrenmede, büyük veri kümelerindeki karmaşık ilişkiler “geri yayılım” adı verilen bir algoritma ile öğrenilir. Bu algoritma, her katmandaki bilgiyi önceki katmandan gelen veriye göre güncelleyerek sistemin doğru şekilde öğrenmesini sağlamaktadır. Özellikle derin evrişimli (deep convolutional) sinir ağları, görüntü, video, ses ve konuşma verilerinin işlenmesinde büyük başarılar elde ederken yinelemeli sinir ağları (recurrent neural networks) ise metin ve konuşma gibi sıralı verilerin analizinde öne çıkmıştır (LeCun ve diğerleri, 2015: 436).

Bu yaklaşım, büyük miktarda etiketlenmiş veriye ve yüksek düzeyde hesaplama gücüne ihtiyaç duymasına rağmen birçok alanda çarpıcı başarılar elde etmiştir (Sinap, 2024: 23). Derin öğrenme modellerini geleneksel makine öğrenmesi tekniklerinden üstün kılan özelliği veri içerisindeki anlamlı özellikleri manuel müdahaleye gerek kalmadan doğrudan ham veriden öğrenme kapasitesine sahip olmalarıdır. Keza bu özellik onları özellikle büyük ve karmaşık veri setleriyle çalışırken son derece etkili kılmaktadır (Janiesch ve diğerleri, 2021: 688). İnsan beyninin işleyişinden esinlenen bu teknoloji, verilerdeki hiyerarşik yapıları otomatik biçimde keşfetmeyi ve her katmanda daha soyut temsiller oluşturmayı hedeflemektedir (Sinap, 2024: 22). Bu çok katmanlı yapı, daha önce insan müdahalesiyle yürütülen birçok görevin otomasyonunu mümkün kılarak teknolojik gelişmelere önemli katkılar sağlamıştır.

Derin öğrenmenin en önemli avantajlarından biri, geleneksel yöntemlerden farklı olarak verinin içindeki anlamlı temsilleri kendiliğinden öğrenebilmesidir. Bu beceri, özellik çıkarımı ihtiyacını büyük ölçüde ortadan kaldırmıştır (LeCun ve diğerleri, 2015, 436). Diğer bir ifade ile geleneksel makine öğrenmesi modellerinde başarı için genellikle uzmanlar tarafından özenle tasarlanmış özellikler gerekirken, derin öğrenme modelleri bu özellikleri kendiliğinden ve katmanlı bir şekilde çıkarabilmektedir (Janiesch ve diğerleri, 2021: 689). Örneğin, bir görüntü sınıflandırma modelinde ilk katmanlar kenar ve köşe gibi basit görsel öğeleri öğrenirken, daha derin katmanlar bu öğeleri birleştirerek göz veya yüz gibi karmaşık yapıları tanıyabilmektedir (LeCun ve diğerleri, 2015: 438). Bu otomatik öğrenme yeteneği, modellerin daha soyut ve anlamlı temsiller üretmesini sağlayarak hem insan müdahalesine duyulan ihtiyacı azaltmakta hem de modelin farklı veri kümelerine uyum yeteneğini artırmaktadır.

Şekil 14. Derin Öğrenme (Deep Learning)



Diğer taraftan derin öğrenmenin avantajları olduğu kadar dezavantajları da bulunmaktadır. Derin öğrenmenin geniş çapta benimsenmesi bazı önemli zorlukları da beraberinde getirmiştir. Bu modellerin eğitimi, büyük hacimli veri kümeleri ve yüksek hesaplama gücü gerektirdiğinden hem maliyetli hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından tartışmalı olduğu ifade edilmektedir (Thompson ve diğerleri, 2022: 1). Ayrıca, derin öğrenme modelleri genellikle “kara kutu” olarak nitelendirilmektedir. Çünkü modelin karar alma süreci insanlar tarafından kolayca anlaşılamamaktadır (Olabi ve diğerleri, 2025). Keza daha önce değindiğimiz üzere, kurallara dayalı sistemler çok daha basit olmasına karşın aldığı kararlar kurallar zincirini takip edilerek kolayca görülebildiği için daha güvenilirdir. Derin öğrenmede var olan şeffaflık eksikliği özellikle tıp, finans ve hukuk gibi yüksek riskli sektörlerde güvenilirlik ve hesap verebilirlik açısından ciddi soru işaretlerini de beraberinde getirmiştir (Sarker ve diğerleri, 2024: 2). Bununla birlikte, veri gizliliği ihlalleri ve modellerdeki potansiyel önyargılar da önemli etik sorunlar arasında yer almaktadır.

Derin öğrenme alanında ortaya çıkan bu sorunların çözümü için çeşitli yöntemler geliştirilmektedir. Açıklanabilir yapay zekâ (XAI) yaklaşımları, modellerin karar alma süreçlerini daha şeffaf ve anlaşılır kılarak özellikle kritik uygulamalarda güvenilirliği artırmayı hedeflemekte ve bu yönde çalışmalar yürütülmektedir. Örneğin, bir kredi risk modeli belirli bir müşteriye neden düşük bir kredi notu verildiğini ortaya koyarak bankanın aldığı kararı gerekçelendirmesine ve müşterinin kendi durumunu daha iyi kavramasına olanak sağlayabilmektedir. Diğer bir yöntem olan birleşik öğrenme (federated learning) yöntemi ise verilerin merkezi bir noktada toplanmasına gerek kalmadan model eğitimi yapılmasına imkân tanıyarak veri gizliliğini koruyabilmekte ve hassas bilgilerin güvenliğini sağlamaya yardımcı olabilmektedir. Çok modlu makine öğrenmesi yönteminde (multimodal machine learning) ise metin, görüntü ve ses gibi farklı veri türlerini bir araya getirerek daha kapsamlı ve zengin bir anlayış geliştirilerek karmaşık ve çok boyutlu problemleri daha etkili şekilde çözülebilmektedir (Sinap, 2024: 24-27). Bu yaklaşım yalnızca tek bir veri türüne dayanan modellerde görülebilecek eksik veya hatalı kararların önüne geçerek kararların birden fazla kanıtla desteklenmesini sağlamaktadır. Karar mekanizmasının daha sağlam bir yapıya kavuşması sürecin anlaşılabilirliğini artırarak şeffaflığına katkıda bulunmaktadır.

Sonuç olarak, derin öğrenme yapay zekâ alanında köklü bir dönüşüm meydana getirerek makinelerin geçmişte imkânsız görülen pek çok görevi gerçekleştirebilmesini mümkün kılmıştır. İnsan beyninin işleyiş mantığından ilham alınarak geliştirilen bu yöntem, verilerdeki hiyerarşik yapıları kendiliğinden öğrenebilme ve her bir katmanda giderek daha soyut özellikler

ortaya çıkarabilme kapasitesine sahiptir. Ancak yüksek hesaplama gereksinimleri ve şeffaflık sorunları bu sistemin dezavantajlarını oluşturmaktadır. Zaman ve enerji tasarrufu sağlayan bu güçlü teknolojinin potansiyelini en üst düzeyde kullanırken aynı zamanda bu sistemlerin daha adil, şeffaf ve etik kullanımını düzenleyen ilkeleri de gözetmesi gerekmektedir (Berberoğlu, 2023: 94). Keza yapay zekânın ilerleyişi ve bu teknolojiye olan güven problemleri bu sorunların ne ölçüde çözülebileceğine de bağlı olacaktır. Özellikle kritik altyapı güvenliği, sağlık hizmetlerinin geliştirilmesi ve sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin desteklenmesi gibi toplumsal açıdan yüksek fayda sağlayan alanlarda derin öğrenmenin önemi giderek artmaktadır. Bu nedenle, teknik ilerlemelerin yanında etik kuralların tanımlanması, yasal düzenlemelerin oluşturulması ve toplumsal kabul mekanizmalarının sağlıklı şekilde yönetilmesi elzemdir.

3.4. Güçlü ve Zayıf Yapay Zekâ

Yapay zekâ alanı kuruluşundan bu yana "insan gibi düşünen makineler" geliştirme hedefiyle ilerlemiş olsa da bu hedefin kapsamı ve niteliği konusunda her zaman bir ayrım söz konusu olmuştur. Nitekim bu ayrım felsefi ve teknik tartışmaların merkezinde yer alan "güçlü yapay zekâ" (strong AI) ve "zayıf yapay zekâ" (weak AI) kavramları üzerinden zuhur etmiştir. Zayıf yapay zekâ, belirli görevleri yerine getirmek veya belli problemleri çözmek için tasarlanan ve insan zekâsını yalnızca simüle eden sistemleri ifade etmektedir. Siri, Google Assistant, Alexa ve Google Translate zayıf yapay zekâ örnekleridir. Diğer taraftan güçlü yapay zekâ ise insan beyninin bilişsel kapasitesine eşdeğer hatta onu aşan, bilinç ve öz farkındalığa sahip makineleri ifade etmektedir. DeepMind - Gato, Stanford H-AGI Projesi, Brain Simulation Project (Human Brain Project, AB) ve Yapay beyin modelleri (Neuromorphic Computing) başlangıç seviyesi güçlü yapay zekâ örnekleridir. Bu projeler henüz tam anlamıyla AGI olmasa da AGI'ye geçişin başlangıç seviyesindeki örnekleri olarak değerlendirilmektedir.

Güçlü yapay zekâ konusunda John Searle'ün katkısı oldukça önemlidir. Searle uygun şekilde programlanmış bir bilgisayarın gerçekten bir zihne sahip olabileceği fikrini "güçlü yapay zekâ" yaklaşımı olarak tanımlamış ancak bu iddianın temelsiz olduğunu ileri sürmüştür. Ona göre bir bilgisayarın bir programı çalıştırması, bilinçli bir anlayışa sahip olmak için asla yeterli değildir. Bu argümanını somutlaştırmak amacıyla geliştirdiği "Çin Odası Düşünce Deneyi", yapay zekâ felsefesindeki en kritik tartışmalardan birini başlatmıştır (Searle, 1980: 417) Searle'nin deneyinde, İngilizce dışında hiçbir dil bilmeyen bir kişinin Çince karakterlerle dolu kartlar ve bir İngilizce kurallar kitabı ile kapalı bir odada bulunduğu varsayılır. Kişi kapı altından gelen Çince sorulara yalnızca yönergelere uygun şekilde yanıtlar üretir ve bu yanıtlar, Çince'yi ana dili gibi

konuşan birinin dahi ayırt edemeyeceği kadar tutarlı görünebilir. Ancak Searle'ye göre odadaki kişi sembollerin anlamını bilmemekte ve yalnızca biçimsel manipölasyon yapmaktadır. Bu analogiye göre bilgisayar Çince karakterleri işleyen kişiye ve program ise yönergeler kitabına karşılık gelmektedir. Dolayısıyla bir bilgisayar meşhur Turing Testi'ni geçse bile gerçekte “anlamadan” yalnızca sembolleri işlediği için “zihne sahip” sayılamayacaktır (Dore, 2012: 28-30; Searle, 1980: 418).

Yapay zekâ araştırmalarının erken dönemlerdeki büyük vaatleri zamanla daha pragmatik ve dar kapsamlı yaklaşımlara evrilmiştir. “Dar yapay zekâ” olarak da adlandırılan zayıf yapay zekâ, günümüzdeki teknolojik gelişmelerin neredeyse tamamını kapsamaktadır. Bu sistemler konuşma tanıma, görüntü sınıflandırma, makine çevirisi ve otonom araçlar gibi belirli görevlerde önemli başarılar elde etmiştir (Russell ve diğerleri, 2015: 105). Bu başarıların ardında, olasılıksal temsiller ve istatistiksel öğrenme yöntemlerinin benimsenmesi yatmaktadır. Ancak zayıf yapay zekânın temel felsefesi, zekânın kendisini değil zeki davranışın taklididir. Bu sistemler verilen görevlerin dışına çıkamaz ve yeni problemlerle karşılaştıklarında yeniden yapılandırılmaları veya programlanmaları gerekmektedir. Bu özellikleri onları insan benzeri genel zekâ seviyesinden temel olarak ayırmaktadır. Buna karşılık güçlü yapay zekâ veya daha modern bir ifadeyle “Yapay Genel Zekâ” (AGI) konsepti, farklı bağlamlarda çeşitli görevleri yerine getirebilen, bilgiyi bir problemten diğerine aktarabilen ve yeni durumlara uyum sağlayabilen sistemlerin geliştirilmesini hedeflemektedir (Goertzel, 2014: 1-2). Böyle bir sistemin yalnızca dar bir görev kümesine değil, çok çeşitli hedeflere ulaşabilme kapasitesine sahip olması beklenmektedir. Bu bağlamda AGI'nin ortaya çıkışı zekânın doğasına, bilinç sorununa ve makine öğrenmesinin sınırlarına dair tartışmaları yeniden alevlendirmektedir.

AGI'nin ortaya çıkışı, bazı teorisyenler tarafından "zekâ patlaması" olarak adlandırılan, makinelerin kendi zekâlarını hızla geliştireceği bir süreci tetikleyebilecektir. Bu senaryo, makinelerin kısa bir süre içinde insan zekâsını çok geride bırakacağı bir "süper zekâ" olasılığını gündeme getirmektedir. Bu nedenle AGI “hemen hemen tüm ilgi alanlarında insanların bilişsel performansını büyük ölçüde aşan herhangi bir zekâ” olarak tanımlanmaktadır (Müller ve Bostrom, 2016: 1). Müller ve Bostrom'un (2016) büyük yapay zekâ teknoloji şirketlerinde görev yapan uzmanlara, araştırmacılara ve akademisyenlere yaptığı anket çalışmasında “önümüzdeki (2 yıl / 30 yıl) içinde, çoğu meslekte insanları büyük ölçüde geride bırakacak bir makine zekâsının ortaya çıkma olasılığı nedir?” sorusunu sormuştur. Sonuçlar Tablo 7'de yer almaktadır.

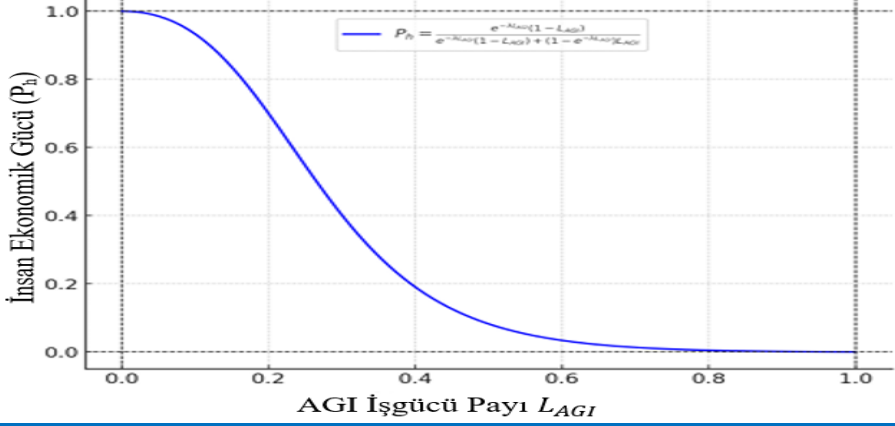
Tablo 7. Uzmanların AGI'nin Ortaya Çıkış Olasılıklarına İlişkin Tahminleri

	Ortanca (Medyan)	Ortalama (Mean)
2 Yıl içinde	10%	19%
30 Yıl içinde	75%	62%
Kaynak: (Müller ve Bostrom, 2016: 12)		

Verilere göre uzmanlar önümüzdeki 2 yıl içinde çoğu meslekte insanları önemli ölçüde geride bırakacak bir makine zekâsının ortaya çıkma olasılığını medyan olarak %10, ortalama olarak ise %19 düzeyinde değerlendirmektedir. Buna karşılık 30 yıllık bir perspektifte bu olasılık belirgin şekilde artmakta ve medyan tahmin %75, ortalama tahmin ise %62 seviyesine ulaşmaktadır. Bu bulgular kısa vadede düşük bir olasılığa işaret ederken, uzun vadede ise insan zekâsını aşan sistemlerin gelişeceğine dair uzmanlar arasında güçlü bir beklentinin bulunduğunu göstermektedir. Keza yapay zekâ uzmanları tam otomasyon için 2120'leri işaret etmektedir (Grace ve diğerleri, 2024: 3). Ayrıca uzmanlar yüksek seviyeli makine zekâsının (HLMI) insanları tüm görevlerde geçme olasılığının 45 yıl içinde %50 olduğunu (9 yıl içinde aynı öngörü %10) öngörmektedir (Grace ve diğerleri, 2018: 731).

İnsan zekâsını aşan bir sistemin icadı insanlık için hem muazzam faydaları hem de ciddi riskleri barındırmaktadır. Bu riskler, yalnızca kötücül amaçlarla tasarlanmış sistemlerden değil aynı zamanda hedefleri yanlış belirlenmiş veya beklenmedik yan etkilere neden olan iyi niyetli sistemlerden de kaynaklanabilecektir. Bu nedenle yapay zekâ güvenliği alanındaki araştırmalar, bu tür “kazaları” önlemeye odaklanması gerektiği vurgulanmaktadır (Amodei ve diğerleri, 2016: 1-2). Nitekim AGI'nın toplumsal etkileri hem ekonomik hem de varoluşsal bir boyuta sahip olacaktır. Nick Bostrom, insanlığın geleceğini tehdit eden “varoluşsal riskler” kavramını ortaya atarak, bu risklerin en büyüklerinin potansiyel gelecek teknolojileriyle ilişkili olduğunu belirtmektedir (Bostrom, 2013: 16). Keza Grafik 7’de gösterildiği üzere, AGI'nin işgücündeki payı arttıkça insanın ekonomik gücünde keskin bir düşüş yaşandığını görülmektedir. Grafik 7’de görüldüğü üzere, AGI işgücü payı düşüken insan ekonomik gücü yüksek seviyede kalmakta ancak AGI'nin işgücündeki oranı %40'ın üzerine çıktığında insanın ekonomik etkisi hızla azalmaktadır. Bu bulgu AGI'nin sadece teknolojik değil, ekonomik ve toplumsal güç dengeleri açısından da önemli bir kırılma potansiyeli taşıdığını ortaya koymaktadır.

Grafik 7. İnsan ve AGI İşgücü Arasındaki Ekonomik Güç Dengesi



Kaynak: (Stiefenhofer, 2025: 6)

Güçlü ve zayıf yapay zekâ arasındaki ayrım, yapay zekânın mevcut yetenekleri ile nihai potansiyeli arasındaki derin uçurumu gözler önüne sermektedir. Zayıf yapay zekâ belirli görevlerde insan performansını aşarak ekonomiyi ve istihdamı daha şimdiden dönüştürmeye başlamıştır. Çin’de son derece yoğun olarak kullanılan sanayi robotlarının istihdamı artırdığına dair bulgular teknolojinin yıkıcı etkilerinin yanı sıra yaratıcı ve telafi edici mekanizmalarının da olduğunu göstermektedir (Shen ve Zhang, 2024: 7). Ancak AGI’nin ortaya çıkışı, insan emeğini tamamen gereksiz kılarak mevcut sosyal ve ekonomik yapıları temelden sarsma potansiyeline sahiptir. Geçmişteki teknolojik devrimlerin aksine, AGI’nin hem bilişsel hem de fiziksel emeği tamamen ikame etme potansiyeli, insan emeğinin marjinal verimliliğini sıfıra yaklaştırarak ücretlerin çökmesine neden olabilme potansiyeli taşımaktadır (Stiefenhofer, 2025: 1).

Yapay zekânın özellikle de AGI’nin, istihdam üzerindeki etkileri en yoğun tartışılan konulardan biridir. Bu durum, ekonomik gücün AGI sermayesine sahip ülkede ve şirketlerde toplanmasına yol açarak aşırı servet yoğunlaşması ve küresel gelir eşitsizliği yaratabileceği savunulmaktadır. Ayrıca insanların ücret gelirin dayalı tüketim gücünün ortadan kalkması, firmaların ürettiklerini satamadığı bir talep krizi paradoksu da doğurabilecektir. Bu iddiaya göre üretim süreçlerinin tamamen otomasyona devredilmesi ve insan emeğinin ekonomik değerinin ortadan kalkması, kapitalist sistemin temel dinamiklerini kökten sarsma potansiyeline sahiptir. Özellikle de AGI’nin devreye girmesiyle birlikte gelir dağılımındaki uçurumun derinleşmesi ve geniş halk kesimlerinin alım gücünü yitirmesi, küresel ölçekte ciddi bir talep daralmasına yol açabilecektir. Bu

durum, teknolojik ilerlemenin ekonomik büyümeyi desteklemek yerine sistemin bir durgunluk ve kitlesel işsizlik riskini tetikleyebileceği anlamına gelmektedir (Stiefenhofer, 2025: 5) Bu duruma ek olarak, yapay zekânın otomasyon ve artırma (augmentation) etkileri arasındaki ayrım kritik önem kazanmaktadır. Otomasyon, düşük vasıflı mesleklerde istihdamı ve ücretleri olumsuz etkilerken, artırma yüksek vasıflı mesleklerde yeni işlerin ortaya çıkmasını ve ücretlerin artmasını teşvik ederek mevcut ücret eşitsizliğini daha da derinleştireceği benzetilmektedir (Marguerit, 2025: 4-5). Bu durum yüksek vasıflı çalışanlar için fırsatlar yaratırken düşük vasıflı işçiler için iş güvencesizliği riskini artırarak gelir uçurumunu daha da derinleştirme potansiyeli taşımaktadır.

Her ne kadar AGI'nin yaratacağı etkiler henüz geleceğe dair bir senaryo olsa da yapay zekânın bugünkü yansımaları özellikle büyük dil modelleri aracılığıyla işgücü piyasasında hissedilmeye başlanmıştır. Büyük dil modelleri görev bazlı beceri talebini yeniden şekillendirerek gelecekteki olası dönüşümlerin erken sinyallerini vermektedir. Başta büyük dil modelleri gibi sistemler, yetenekleriyle daha uyumlu yüksek gelirli mesleklerde daha fazla etki potansiyeline sahiptir (Eloundou ve diğerleri, 2023). Benzer biçimde yakın tarihli çalışmalar da yapay zekâ teknolojilerinin Amerika Birleşik Devletleri'nde yüksek maruziyete yol açtığını ortaya koymaktadır. Bulgular toplam istihdamın yaklaşık %34'ünün yapay zekâyâ yüksek düzeyde maruz kaldığını ve bu maruziyetin %88'inin yüksek vasıflı mesleklerde yoğunlaştığını göstermektedir. Yönetim, programlama, analiz ve içerik üretimi gibi karmaşık bilişsel beceriler gerektiren alanlar, yapay zekânın sunduğu olanaklardan daha fazla etkilenirken, manuel, rutin veya sosyal etkileşim gerektiren görevlerde maruziyetin görece daha düşük olduğu görülmektedir (Colombo ve diğerleri, 2025: 15-16). Bu durum, LLM'lerin ve genel olarak yapay zekâ teknolojilerinin yüksek beceri gerektiren iş kollarında işgücü talebini yeniden tanımlamaya başladığını göstermektedir. Nitekim programlama ve yazma becerileri büyük dil modellerinin etkisine pozitif bir maruziyet gösterirken, bilimsel düşünme ve eleştirel düşünme becerileri bu teknolojilerden daha sınırlı etkilenmektedir. Bu bulgular, gelecekte hangi becerilerin değerini koruyacağı ve hangilerinin daha az talep göreceği konusundaki mevcut varsayımların sorgulanmasına yol açmaktadır.

Sonuç olarak, yapay zekânın devrim niteliğinde etki edeceği kaçınılmaz görünen gelecek karşısında, sosyal sözleşmeyi yeniden müzakere etmek, evrensel temel gelir gibi yeni dağıtım mekanizmalarını tartışmak ve yapay zekâ güvenliği araştırmalarına öncelik vermek insanlığın bu teknolojik devrimden fayda sağlayarak çıkması açısından gerekli görülmektedir. Dolayısıyla insanlık için asıl mesele teknolojiyi yavaşlatmak değil, onun toplumsal ve ekonomik etkilerini yönetebilecek yeni kurumsal, etik ve politik mekanizmalar geliştirmektir.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. YAPAY ZEKÂ EVRİMİNDE TÜRKİYE

4.1. Türkiye'nin Yapay Zekâ Ekosistemi: SWOT Analizi

SWOT analizi bir kurumun, ülkenin veya belirli bir stratejinin içsel ve dışsal dinamiklerini sistematik biçimde değerlendirmeyi amaçlayan stratejik bir planlama yaklaşımıdır. Bu analiz iç çevreye ilişkin güçlü yönler ve zayıf yönler ile dış çevreye ilişkin fırsatlar ve tehditler olmak üzere dört temel bileşenden oluşmaktadır. Güçlü yönler rekabet avantajı sağlayan kapasite ve kaynaklarından oluşurken, zayıf yönler ise performansı olumsuz etkileyebilecek yapısal eksiklikleri ifade etmektedir. Fırsatlar çevresel koşullardaki olumlu gelişmeleri, tehditler ise mevcut ya da potansiyel riskleri tanımlamaktadır (Şenyapar, 2024: 77). Bu çerçeve bir ülkenin mevcut durumunu kapsamlı bir biçimde analiz ederek geleceğe yönelik stratejik politikalar geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Calp ve diğerleri, 2025: 73). Türkiye'nin yapay zekâ ekosistemindeki konumu da bu analitik yaklaşım kullanılarak bütüncül bir şekilde değerlendirilebilmektedir. Tablo 8'de Türkiye özelindeki SWOT analizi yer almaktadır.

Tablo 8. Türkiye'nin Yapay Zekâ Ekosistemine İlişkin SWOT Analizi

KATEGORİ	İÇERİK
Güçlü Yönler (Strengths)	• Genç ve teknolojiye yatkın nüfus • Gelişen girişimcilik ekosistemi • Savunma sanayiindeki teknolojik birikim • Stratejik coğrafi konum • Akademik program ve araştırma merkezlerinin artışı
Zayıf Yönler (Weaknesses)	• Finansman ve Ar-Ge yetersizliği • Nitelikli insan kaynağı eksikliği • Beyin göçü • Üniversite-sanayi-kamu iş birliği eksikliği • Yasal ve dijital altyapı sorunları
Fırsatlar (Opportunities)	• Dijital dönüşüm ve genişleyen pazar • Ulusal strateji ve kamu destekleri • Akademi-özel sektör iş birlikleri • Savunmadan sivil teknoloji transferi • Lojistik ve üretimde yapay zekâ otomasyonu
Tehditler (Threats)	• Küresel rekabette geri kalma riski • Teknoloji ve donanımda dışa bağımlılık • Hukuki ve etik belirsizlikler • Beyin göçü ve nitelikli işgücü kaybı • Siber güvenlik ve veri mahremiyeti riskleri • Nitelikli işgücü yetiştirmede yetersizlik ve eğitim planlamasındaki eksiklikler
Kaynak: (Serpil ve Kesim, 2024: 647; Murat ve diğerleri 2017: 198-200; Asiltürk 2024: 39-43; Calp ve diğerleri, 2025: 73-81; Ece, 2024: 35-43; Oran ve diğerleri, 2022: 12-13; İrak ve Yılmaz, 2024: 235)	
Not: Yazar tarafından tablolastırılmıştır.	

Güçlü Yönler: Türkiye'nin yapay zekâ alanındaki en önemli güçlü yönü dinamik ve genç bir nüfusa sahip olmasıdır. Eğitime ve teknolojiye yatkın bu genç nüfus, yapay zekâ teknolojilerinin geliştirilmesi ve benimsenmesi için gerekli olan insan kaynağı sermayesini oluşturmaktadır (Murat ve diğerleri, 2017: 199). Bu demografik avantaj ülkenin küreselleşmeye adapte olma yeteneğiyle birleştiğinde, uluslararası düzeyde rekabet edebilecek bir işgücü kapasitesi sunmaktadır. Özellikle yükseköğretim kurumlarında yapay zekâ ile ilgili açılan yeni programlar ve araştırma merkezleri, bu potansiyeli akademik bir temel üzerine inşa etme ve nitelikli uzmanlar yetiştirme amacını göstermektedir (Serpil ve Kesim, 2024: 647). Bu durum, Türkiye'nin yapay zekâ ekosistemini besleyecek yetenek havuzunu oluşturma konusunda güçlü bir başlangıç noktasına sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Stratejik coğrafi konumu, Türkiye'ye hem bölgesel hem de küresel pazarlarda önemli bir rekabet avantajı sağlamaktadır. Asya ve Avrupa arasında doğal bir köprü konumunda bulunması, ülkeyi yapay zekâ tabanlı ürün ve hizmetler için bölgesel bir lojistik ve ticaret merkezi hâline getirme potansiyelini güçlendirmektedir (Murat ve diğerleri, 2017: 198). Bu stratejik avantaj özellikle Türkiye'deki lojistik, finans, sağlık ve e-ticaret gibi yüksek büyüme potansiyeline sahip sektörlerde yapay zekâ uygulamalarının geliştirilmesi için verimli bir zemin oluşturmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin savunma sanayi başta olmak üzere stratejik sektörlerde edindiği teknolojik bilgi birikimi ve yüksek adaptasyon kapasitesi, bu yetkinliğin sivil alanlara aktarılması açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. Savunma teknolojilerinde elde edilen bu deneyim, özellikle yapay zekâ tabanlı endüstriyel çözümler, otonom sistemler ve veri odaklı üretim teknolojilerinin geliştirilmesinde kritik bir kaldıraç etkisi yaratmaktadır (Serpil ve Kesim, 2024: 647).

Son yıllarda Türkiye'de yapay zekâ girişimcilik ekosisteminin gösterdiği hızlı büyüme, ülkenin bu alandaki dinamizmini ve yenilikçi potansiyelini açıkça ortaya koymaktadır. 2017 yılında yalnızca 12 olan yapay zekâ girişim sayısının yedi yıl içinde yaklaşık 400'e ulaşması, bu alandaki girişimcilik kapasitesinin ve inovasyon ekosisteminin oldukça hızlı geliştiğinin göstergesidir. Çalıştay raporuna göre 2025 yılında Türkiye'deki yapay zekâ girişimlerinin sayısı bir önceki yıla kıyasla yalnızca %2,7 oranında artarak 411'e ulaşmıştır (TRAI, 2025b). Büyük ölçekli şirketlerin ve KOBİ'lerin yapay zekâ teknolojilerine yönelik ilgisinin artarak devam etmesi yatırım hacmindeki büyüme ile birleşerek pazarın olgunlaşma sürecine girdiğini desteklemektedir. Keza Avrupa'daki sayılı ekonomilere bakıldığında, Birleşik Krallık'ta girişim sayısı 334, Almanya'da 463 ve Fransa'da 135 olduğu görülmektedir (Femaleswitch, 2025). Bu dinamik ekosistem yeni iş modellerinin, yenilikçi ürünlerin ve katma değerli hizmetlerin

hızla hayata geçirilmesini kolaylaştırarak Türkiye'nin yapay zekâ alanındaki rekabetçi konumunu güçlendiren temel faktörlerden biri hâline gelmektedir (Asiltürk, 2024: 40-43).

Zayıf Yönler: Türkiye'nin yapay zekâ ekosistemindeki en kritik zayıflıklardan biri, finansal kaynakların ve Ar-Ge harcamalarının yetersiz olmasıdır. Bu bağlamda yüksek teknoloji geliştirme süreçlerinin gerektirdiği yüksek yatırım maliyetleri hem kamu hem de özel sektör için önemli bir engel teşkil etmektedir (Murat ve diğerleri, 2017: 200). Ekonomik dalgalanmalar ve finansal yetersizlik uzun vadeli ve riskli yapay zekâ projelerine sermaye akışını sınırlandırmakta ve bu durum ise Türkiye'nin küresel rekabet gücünü olumsuz etkilemektedir. Keza KOBİ'lerin yalnızca %5'inin yapay zekâ uygulamalarına başlamış olması finansal engellerin ve kaynak yetersizliğinin ne denli yaygın bir sorun olduğunu ortaya koymaktadır (Asiltürk, 2024: 40).

Nitelikli insan kaynağı eksikliği ve “beyin göçü” olgusu, Türkiye'nin yapay zekâ alanındaki en belirgin zayıf yönlerden bir diğeri olarak öne çıkmaktadır. Türkiye yapay zekâ alanında uzmanlaşmış yetenekleri hem yetiştirme hem de elde tutma konusunda ciddi güçlüklerle karşılaşmaktadır (Murat ve diğerleri, 2017: 200). Yüksek potansiyele sahip uzmanların ve akademisyenlerin daha iyi çalışma koşulları, araştırma olanakları ve kariyer fırsatları için yurt dışına yönelmesi, Türkiye'nin yetenek havuzunu daraltmakta ve bilgi birikiminin sürdürülebilirliğini olumsuz etkilemektedir. Bu durum, yapay zekâ teknolojilerinin doğru, verimli ve stratejik biçimde kullanılması için gerekli olan ileri düzey beceri ve uzmanlık eksikliğini derinleştirmektedir. Dolayısıyla, mevcut teknolojik kapasitenin etkin biçimde değerlendirilememesine neden olmaktadır (Calp ve diğerleri, 2025: 81).

Türkiye'nin yapay zekâ ekosistemini zayıflatan bir diğer önemli faktör ise kurumsal ve yapısal eksikliklerdir. Üniversiteler, özel sektör ve kamu kurumları arasındaki iş birliği ve koordinasyonun yetersiz olması, teorik bilginin pratik uygulamalara, ticarileşebilir ürünlere ve katma değerli hizmetlere dönüşme sürecini ciddi şekilde yavaşlatmaktadır (Murat ve diğerleri, 2017: 200). Yapay zekâ tabanlı inovasyonun sürdürülebilir şekilde gelişebilmesi için araştırma merkezleri, teknoloji transfer ofisleri, teknoparklar ve özel sektör arasında daha güçlü bir iş birliği mekanizmasının kurulması kritik öneme sahiptir. Ancak mevcut durumda bu etkileşim sınırlı düzeyde kalmakta ve akademiye üretilen bilgi, sanayiye ve girişimcilik ekosistemine yeterince hızlı ve etkili biçimde aktarılmamaktadır. Bu durum hem ürün geliştirme süreçlerini yavaşlatmakta hem de küresel pazarda rekabetçi olabilecek yerli teknolojilerin ortaya çıkışını sınırlandırmaktadır (Serpil ve Kesim, 2024: 647). Yapay zekâ teknolojilerinin kullanımı ve geliştirilmesi için gerekli olan dijital altyapı eksiklikleri ve bu

alandaki politikaların yetersizliği de önemli bir zayıflıktır (Asiltürk, 2024: 40). Yapay zekânın etik ve hukuki çerçevesini belirleyecek yasal düzenlemelerin henüz olgunlaşmamış olması⁵, hem geliştiriciler hem de kullanıcılar için bir belirsizlik ortamı yaratarak inovasyonun önünde bir engel teşkil etmektedir.

Fırsatlar: Türkiye'nin içinde bulunduğu dijital dönüşüm süreci, yapay zekâ teknolojileri açısından bazı önemli fırsatlar da sunmaktadır. Özellikle sağlık, lojistik, tarım ve finans gibi stratejik sektörlerde dijitalleşmenin hız kazanması, yapay zekâ uygulamaları için geniş bir pazar ve verimli bir uygulama alanı yaratmaktadır (Asiltürk, 2024: 39; Ece, 2024: 35). Bu sektörlerde verimliliği artırma, operasyonel maliyetleri düşürme ve yenilikçi hizmet modelleri geliştirme potansiyeli yapay zekâ tabanlı çözümlere yönelik talebi önemli ölçüde yükselteceğe benzemektedir. Ayrıca pandemi sonrası dönemde tedarik zincirlerinde esneklik ve çeşitlilik arayışlarının artması, Türkiye'yi bölgesel bir üretim ve lojistik merkezi olarak öne çıkarmakta ve üretim süreçlerinde yapay zekâ otomasyonu ve akıllı sistemlerin kullanımına yönelik önemli bir fırsat penceresi de açmaktadır (Oran, 2022: 12-13)

Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi (2021-2025) gibi devlet destekli politikaların ve yol haritalarının varlığı, Türkiye'nin bu ekosisteminin gelişimini destekleyecek en önemli fırsatlardan birisini oluşturmaktadır. Bu strateji kamu kaynaklarının yapay zekâ alanına yönlendirilmesini sağlamakta, özel sektör için bir teşvik unsuru oluşturmakta ve yatırımcılar için öngörülebilir bir ortam yaratmaya çalışmaktadır (Asiltürk, 2024: 39). Stratejinin GSYİH'ye %5 katkı ve istihdam hedefinin 50.000 kişiye çıkarılması gibi somut amaçlar belirlemesi, bu alandaki kamu kararlılığını göstermektedir (Dijital Dönüşüm Ofisi, 2025). Bu politikaların belirlenmesi yapay zekâ alanında düzenli ve planlı bir ilerleme temeli için önemli bir gelişmedir.

Akademi ve iş dünyası arasındaki ilişki zayıf olsa da akademik alanda atılan stratejik adımlar, Türkiye'nin yapay zekâ ekosisteminde önemli bir fırsat alanına dönüşebilme potansiyeli taşımaktadır. Yükseköğretim kurumları bünyesinde açılan yapay zekâ odaklı lisans ve lisansüstü programların, araştırma merkezlerinin ve laboratuvarların sayısındaki artış ülkenin gelecekteki nitelikli insan kaynağı ihtiyacını karşılama potansiyelini güçlendirmektedir (Serpil ve Kesim, 2024: 647). Üniversiteler ile özel sektör arasındaki iş birliklerinin gelişmesi, akademik bilgi ve araştırma çıktılarının ticarileşme sürecini hızlandırarak yenilikçi ürün ve hizmetlerin ortaya çıkmasını

⁵ Yapa zekâ ile ilgili gerekli mevzuatların oluşturulması küresel ölçekli bir sorun olup, henüz gerekli adımların küresel çapta istenilen düzeyde atılamamış olduğu görülmektedir (BKZ: <https://www.theguardian.com/technology/2025/feb/07/ai-is-developing-fast-but-regulators-must-be-faster?utm>)

kolaylaştırabilecektir. Ayrıca yaratıcı girişimciler, yapay zekâ uzmanları ve girişimcilik ekosistemi arasındaki etkileşimin artması, açık inovasyon süreçlerini teşvik ederek yeni değer önerilerinin geliştirilmesini ve katma değeri yüksek teknolojik çıktılar elde edilmesini mümkün kılmaktadır (Calp ve diğerleri, 2025: 81).

Tehditler: Türkiye'nin yapay zekâ ekosistemi için en büyük tehditlerden biri, küresel rekabete karşı kırılgan olmasıdır. Özellikle küresel teknoloji rekabetinde ABD ve Çin gibi ülkelerin sahip olduğu ezici üstünlük orta gelirli ülkeler açısından ciddi bir dezavantaj oluşturmaktadır. Bu ülkelerin yapay zekâ alanındaki devasa Ar-Ge bütçeleri, gelişmiş teknolojik altyapıları ve geniş veri havuzları Türkiye gibi orta gelirli ülkeler için teknoloji bağımlılığı riskini artırmaktadır (Asiltürk, 2024: 40). Temel yapay zekâ platformları, algoritmalar ve donanımlar konusundaki dışa bağımlılık hem ekonomik hem de stratejik açıdan önemli bir kırılganlık nedenidir. Bu durum Türkiye'nin kendine özgü yapay zekâ çözümlerini geliştirmesini zorlaştırmakta ve küresel pazarda rekabet etme kapasitesini sınırlandıran kritik bir tehdit olarak öne çıkmaktadır.

Yapay zekâ teknolojilerinin etik ve hukuki boyutlarına ilişkin küresel ve ulusal düzeydeki belirsizlikler, Türkiye açısından önemli bir tehdit unsuru oluşturmaktadır. Veri gizliliği, mahremiyet, algoritmik ayrımcılık, karar süreçlerindeki şeffaflık eksikliği ve hesap verebilirlik gibi konularda net bir yasal çerçevenin henüz oluşturulamamış olması hem geliştiriciler hem de kullanıcılar açısından riskli bir uygulama ortamı yaratmaktadır (Ece, 2024: 43; Calp ve diğerleri, 2025: 81). Bu hukuki boşluk yapay zekâ teknolojilerinin kötüye kullanılma potansiyelini artırmakta ve toplumsal güveni zayıflatmaktadır. Özellikle yapay zekânın karar alma süreçlerinde kullanıldığı durumlarda sorumluluğun kime ait olacağı konusundaki belirsizlikler, bu teknolojilerin yaygınlaşmasının önündeki en büyük engellerden biri olarak öne çıkmaktadır. Dolayısıyla kapsamlı bir düzenleyici çerçevenin oluşturulması, yapay zekâ tabanlı teknolojilerin güvenli, etik ve sürdürülebilir biçimde kullanılabilmesi ve toplumsal faydasının etkin bir şekilde değerlendirilebilmesi açısından kritik bir gereklilik hâline gelmektedir. Ayrıca yapay zekâ sistemlerinin siber saldırılara ve veri hırsızlığına karşı savunmasız olması hem ulusal güvenlik hem de bireysel mahremiyet açısından ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bu risklerin etkin şekilde yönetilememesi, yapay zekânın sunduğu fırsatların gölgede kalmasına ve potansiyelinin tam olarak değerlendirilememesine yol açabilecektir.

Yapay zekâ alanında yetişmiş nitelikli işgücünün daha iyi kariyer ve araştırma olanakları sunan ülkeleri tercih ederek yurt dışına yönelmesi, Türkiye'deki yetkin insan kaynağının daralmasına neden olmaktadır. Bu durum, yerli inovasyon kapasitesini olumsuz etkileyerek yeni teknolojilerin geliştirilme hızını

yavaşlatmaktadır. Keza nitelikli beyin göçünün artması, ulusal ekosistemde bilgi birikiminin sürekliliğini zayıflatmakta ve araştırma-geliştirme faaliyetlerinin verimliliğini sınırlamaktadır. Nitelikli insan kaynağındaki bu azalma, Türkiye'nin küresel yapay zekâ rekabetinde geri kalma riskini giderek arttırmaktadır (Murat ve diğerleri, 2017: 200).

Yapay zekânın sosyo-ekonomik etkileri de önemli tehditler barındırmaktadır. Daha önce değindiğimiz üzere, Türkiye açısından otomasyonun 2030 yılında 1,8 milyonluk ek istihdam yaratacağı tahmin edilmektedir (McKinsey&Company, 2020: 5). Ancak otomasyonun ve akıllı sistemlerin yaygınlaşması, özellikle rutin ve tekrarlayan görevleri içeren mesleklerde yüksek işsizlik riski oluşturma potansiyeli taşımaktadır (İrak ve Yılmaz, 2024: 235). Bu durum, gelir dağılımını ve toplumsal düzeni olumsuz yönde etkileme potansiyeline sahiptir. Ayrıca, Türkiye'de gelecekte yapay zekâ teknolojileriyle yüksek düzeyde otomasyona uğraması öngörülen bazı mesleklerle yönelik lise ve üniversite düzeyindeki eğitim faaliyetlerinin hala devam etmesi işgücü planlaması açısından önemli bir sorun oluşturmaktadır. Özellikle muhasebe ve temel veri girişi gibi finansal hizmetler, çağrı merkezi müşteri temsilciliği ve lojistik süreç operasyonları gibi alanlar, OECD raporlarına göre yüksek otomasyon maruziyetine sahip meslekler arasında yer almaktadır (Arntz ve diğerleri, 2016: 14).

Genel Değerlendirme ve Sonuç: Türkiye'nin yapay zekâ ekosistemi genç ve teknolojiye yatkın nüfus, girişimcilik potansiyeli, stratejik konum ve savunma sanayiindeki teknolojik birikim gibi unsurlar sayesinde önemli fırsatlar barındırmaktadır. Ancak finansal kaynak yetersizliği, düşük Ar-Ge yatırımları, nitelikli insan kaynağı eksikliği ve yüksek beyin göçü bu potansiyelin tam anlamıyla değerlendirilebilmesini sınırlamaktadır. Dijital dönüşüm, devletin stratejik planları ve akademik girişimler Türkiye için ciddi fırsatlar sunarken diğer taraftan küresel rekabette geri kalma riski, donanım ve algoritmalarda dışa bağımlılık, yasal düzenleme eksiklikleri ve işgücü piyasasında yaratabileceği sosyo-ekonomik etkiler ve eğitim planlamasının yetersizliği önemli tehditler oluşturmaktadır. Tüm bu unsurlar bir arada değerlendirildiğinde, Türkiye'nin yapay zekâ devrimine kısmen hazır olduğu ancak mevcut potansiyelini gerçekleştirmek için insan kaynağı, finansal yatırımlar ve düzenleyici çerçeveler açısından daha kapsamlı stratejilere ihtiyaç duyduğu görülmektedir.

4.2. Kamu Politikaları ve Yasal Düzenlemeler

4.2.1. Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi ve Temel Hedefler

Günümüzde yapay zekâ teknolojilerinin hızlı gelişimi, veri güvenliği, etik ilkeler, insan hakları, şeffaflık ve hesap verebilirlik gibi konularda ciddi hukuki ve toplumsal tartışmaları beraberinde getirmiştir. Bu durum birçok ülkeyi

kapsamlı yapay zekâ düzenlemeleri ve ulusal stratejiler oluşturmaya yönlendirmiştir. Keza bu konuda en kapsamlı ve bağlayıcı yasal düzenleme olan “AI Act” adıyla 2024 yılında Avrupa Birliği tarafından oluşturulmuştur. Ayrıca ABD, Çin, Kanada, Singapur, Japonya ve Güney Kore gibi ülkeler de kendi stratejilerini yayımlayarak yapay zekâ alanındaki düzenlemelerde önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Aşağıdaki tabloda ulusal yapay zekâ stratejilerini yayınlamış ülkelerin detaylı listesi gösterilmektedir.

Tablo 9. Küresel Yapay Zekâ Strateji Haritası (2025)

Ülke	Strateji Adı	Yıl	Ülke	Strateji Adı	Yıl
ABD	National AI R&D Strategic Plan	2016-2023	İsveç	Swedish National AI Strategy	2018
Birleşik Krallık	National AI Strategy	2021	Kanada	Pan-Canadian AI Strategy	2017
Çin	Next Generation AI Plan	2017	Japonya	AI Technology Strategy	2017
Singapur	National AI Strategy	2019	Fransa	AI for Humanity	2018
Almanya	National AI Strategy	2018	İtalya	Italian AI Strategy	2021
İspanya	National AI Strategy	2018	Hollanda	Dutch AI Strategy	2021
Avrupa Birliği	Coordinated Plan on AI	2021	Norveç	National AI Strategy	2020
Polonya	National Policy for AI	2020	Finlandiya	Age of AI Strategy	2017
BAE	UAE Strategy for AI	2017	S. Arabistan	National AI Strategy	2020
Hindistan	National Strategy for AI	2018	Güney Kore	AI R&D Strategy	2019
Tayvan	Taiwan AI Action Plan	2019	Malezya	National AI Roadmap	2021
Brezilya	Brazilian AI Strategy	2021	Meksika	National AI Strategy	2021
Kenya	Kenya National AI Strategy	2022	Tunus	National AI Strategy	2022
Mısır	Egypt National AI Strategy	2021	Kolombiya	AI National Strategy	2021
G. Afrika	AI Policy Framework	2022	Y. Zelanda	National AI Strategy	2022
Türkiye	Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi (UYZS)	2021–2025	İsrail	National AI Policy Framework	2022

Kaynak: Yazar tarafından tablolştırılmıştır.

Türkiye'nin dijital dönüşüm hedefleri ve teknoloji alanındaki ulusal hamlesi çerçevesinde geliştirilen Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi (UYZS), ülkenin bu alandaki gelecek planlarını şekillendiren temel bir yol haritası niteliği taşımaktadır. Bu kapsamlı stratejinin temelinde refah seviyesi yüksek bir Türkiye

için sürdürülebilir bir yapay zekâ ekosistemi kurarak küresel ölçekte değer yaratma vizyonu bulunmaktadır. Nitekim bu vurgu UYZS metninde "*müreffeh bir Türkiye için çevik ve sürdürülebilir yapay zekâ ekosistemiyle küresel ölçekte değer üretmek*" olarak geçmektedir (UYZS, 2021: 7). Bu vizyon Türkiye'nin yalnızca teknoloji tüketen bir ülke olmaktan çıkıp yapay zekâ alanında yenilikçi çözümler üreten, ekonomik ve toplumsal refahını artıran ve küresel rekabette öne çıkan bir aktör olma hedefini ortaya koymaktadır. Strateji, bu geniş vizyonu gerçekleştirmek amacıyla altı temel stratejik öncelik belirlemiştir. Bu öncelik alanları yapay zekâ uzmanı yetiştirme ve istihdam imkânlarını genişletme, araştırma geliştirme faaliyetlerini destekleyerek girişimcilik ve yenilikçilik kültürünü güçlendirme, kaliteli veri kaynaklarına ve teknik altyapı imkânlarına erişimi yaygınlaştırma, sosyo-ekonomik uyum sürecini hızlandıracak yasal ve düzenleyici çerçeveleri oluşturma, uluslararası iş birliği ağlarını genişletme ve yapısal dönüşümle birlikte işgücünün adaptasyonunu hızlandırma şeklinde sıralanmaktadır (UYZS, 2021: 8-9). Bu hedefler yapay zekâ ekosisteminin bütüncül bir yaklaşımla, insan kaynağından altyapıya yasal çerçeveden ekonomik entegrasyona kadar her yönüyle geliştirilmesini amaçlamaktadır. UYZS belgesinde, strateji uygulama döneminin sonu olan 2025 yılı için ulaşılması öngörülen üst seviye hedefler şu şekilde sıralanmıştır (UYZS, 2021: 10):

- Yapay zekâ alanının GSYH'ye katkısı %5'e yükseltilecektir.
- Yapay zekâ alanında istihdam 50.000 kişiye çıkarılacaktır.
- Merkezi ve yerel yönetim kamu kurum ve kuruluşlarında yapay zekâ alanında istihdam 1.000 kişiye çıkarılacaktır.
- Yapay zekâ alanında lisansüstü düzeyde mezun sayısı 10.000 kişiye çıkarılacaktır.
- Yerel ekosistemin geliştirdiği yapay zekâ uygulamalarının kamu alımlarında önceliklendirilerek ticarileştirilmesi desteklenecektir.
- Uluslararası kuruluşların güvenilir ve sorumlu yapay zekâ ile sınır ötesi veri paylaşımı alanındaki düzenleme çalışmalarına ve standartlaşma süreçlerine aktif olarak katkı verilecektir.
- Uluslararası yapay zekâ endekslerindeki sıralamalarda Türkiye'nin ilk 20 ülke arasında yer alması sağlanacaktır.

Stratejinin en temel sütunlarından birini "*yapay zekâ uzmanlarını yetiştirmek ve alanda istihdamı artırmak*" önceliği oluşturmaktadır (UYZS, 2021: 64). UYZS nitelikli insan kaynağının yapay zekâ ekosisteminin sürdürülebilirliği açısından kritik bir unsur olduğunu vurgulamaktadır. Bu doğrultuda 2025 yılına kadar yapay zekâ alanındaki toplam istihdamın 50.000 kişiye çıkarılması

hedeflenmektedir. Ayrıca kamu kurum ve kuruluşlarında 1.000 yapay zekâ uzmanının istihdam edilmesi, yapay zekâ alanında lisansüstü mezun sayısının 10.000 kişiye ulaştırılması, yapay zekâ üzerine çalışan akademisyen sayısının 5.000'e çıkarılması ve sosyal ve teknik alanlarda yürütülen lisansüstü tez sayısının en az 1.000'e yükseltilmesi gibi somut hedefler de belirlenmiştir (UYZS, 2021: 66). Strateji sadece yükseköğretim düzeyinde değil aynı zamanda yükseköğretim öncesi gençlerin de algoritmik düşünme ve kodlama becerileriyle donatılmasını hedeflemektedir. Bu amaçla Millî Eğitim Bakanlığı (MEB) ve STK iş birliğinde yürütülen "Deneyap Türkiye" gibi projelerle genç yeteneklerin erken yaşta keşfedilmesi ve eğitilmesi amaçlanmaktadır (UYZS, 2021: 45). Ayrıca "1 Milyon İstihdam" projesi gibi geniş kapsamlı programlar aracılığıyla mevcut işgücünün yapay zekâ yetkinliklerinin artırılması ve kariyer değiştirmek isteyen profesyonellere yeni fırsatlar sunulması da stratejinin diğer bir parçasını oluşturmaktadır (UYZS, 2021: 41). Bu bütüncül yaklaşım Türkiye'nin yapay zekâ alanında ihtiyaç duyduğu beşerî sermayeyi hem nicelik hem de nitelik olarak güçlendirmeyi amaçlamaktadır.

İkinci olarak "*araştırma, girişimcilik ve yenilikçiliği desteklemek*" önceliği, Türkiye'nin yapay zekâ alanında sadece bir uygulayıcı değil aynı zamanda bir üretici olmasını da hedeflemektedir (UYZS, 2021: 67). Bu amaçla strateji yapay zekâ alanındaki Ar-Ge harcamalarının toplam Ar-Ge harcamaları içindeki payının en az %15'e çıkarılmasını ve yapay zekâ alanındaki girişim sayısının 1.000'e yükseltilmesi gibi somut hedefler belirlemiştir. Bunun yanı sıra geliştirilen yapay zekâ çözümlerinin kamu alımlarında önceliklendirilerek ticarileştirilmesinin desteklenmesi, kamu kurumları ve şirketlerden yapay zekâ teknolojileri alanında faaliyet gösterecek en az 5 filiz işletmenin (spin-off) çıkarılması, doğal dil işleme alanında en az bir küresel girişim oluşturulması ve görüntü işleme başta olmak üzere yapay zekâ teknolojileri kapsamında en az 10 rekabet öncesi iş birliği projesinin başlatılması da stratejinin somut hedefleri arasında yer almaktadır (UYZS, 2021: 69). Bu hedefe yönelik olarak kamu destek mekanizmalarının yapay zekâ teknolojilerinin geliştirilmesine ve ticarileştirilmesine odaklanacak şekilde yeniden yapılandırılması öngörülmektedir. Özellikle TÜBİTAK gibi kurumların sağladığı desteklerin, KOBİ'ler ve bireysel girişimciler için daha erişilebilir hale getirilmesi planlanmıştır (UYZS, 2021: 46). UYZS yapay zekâ odaklı girişim sermayesi fonlarının hacminin büyütülmesini ve bu fonların Türkiye'ye yatırım yapmasını teşvik edecek düzenlemelerin hayata geçirilmesini de önemli bir adım olarak görmektedir. Ayrıca belirli sektörler veya teknolojilere özgü "tematik kümeler ve mükemmeliyet merkezleri" kurularak disiplinler arası Ar-Ge projelerinin teşvik edilmesi ve bu merkezlerin uluslararası standartlarda faaliyet göstermesi

hedeflenmiştir (UYZS, 2021: 69). Bu merkezler, akademi ile sanayi arasındaki iş birliğini güçlendirerek teorik bilginin hızla ürüne ve hizmete dönüşmesini sağlayacak bir köprü görevi görecektir. Ek olarak, yapay zekâ alanında en az 20 tematik ve ödüllü yarışma düzenlenmesi, “akıllı şehir uygulamaları” kapsamında en az 250 belediyenin yapay zekâ teknolojilerini aktif olarak kullanmaya başlaması ve “güvenilir yapay zekâ damgası” alan en az 100 yapay zekâ uygulamasının geliştirilmesi de stratejinin diğer somut hedefleri arasında yer almaktadır (UYZS, 2021: 81).

Yapay zekâ ekosisteminin can damarı olan veri ve altyapı “kaliteli veriye ve teknik altyapıya erişim imkânlarını genişletmek” başlığı altında stratejik bir öncelik olarak ele alınmıştır (UYZS, 2021: 70). Strateji yapay zekâ uygulamalarının geliştirilmesi için gerekli olan yüksek başarımlı hesaplama altyapılarına ve zengin veri kümelerine erişimin kolaylaştırılmasını temel hedeflerden biri olarak belirlemiştir. Bu kapsamda kamu kurumları ve üniversitelerin mevcut hesaplama altyapılarının ortak kullanıma açılması ve Türkiye'nin EuroHPC Ortak Girişimi üyeliği gibi uluslararası olanaklardan etkin biçimde yararlanılması planlanmaktadır. Veri alanında ise “kamu veri alanı” kurularak kurumlar arası güvenli veri paylaşımının sağlanması ve “Açık Veri Portalı” (veri.gov.tr) aracılığıyla anonimleştirilmiş kamu verilerinin araştırmacı ve girişimcilere açılması hedeflenmektedir. Ayrıca bu stratejik öncelik kapsamında somut hedefler belirlenmiş olup ortaklaştırılmış yüksek başarımlı hesaplama altyapılarına erişim sağlayan kamu kurumu ve işletme sayısının en az 200’e çıkarılması, kamu veri alanına en az 50 kurumun dâhil edilmesi, en az 10 sektörel bulut platformunun kurulması, “Türkiye Açık Kaynak Platformu” kapsamında en az 1.000 yapay zekâ proje geliştiricisine ulaşılması ve Açık Veri Portalı üzerinden en az 1.000 açık veri kümesinin paylaşılması planlanmaktadır (UYZS, 2021, 49-71). Bu adımlar veri silolarının ortadan kaldırılmasını, açık kaynak kodlu yazılım kütüphanelerinin desteklenmesini ve hem kamu hem de özel sektördeki yapay zekâ projelerinin daha hızlı ve düşük maliyetle hayata geçirilmesini amaçlamaktadır.

Stratejinin küresel boyutu, “uluslararası düzeyde iş birlikleri güçlendirmek” başlığı altında vurgulanmaktadır (UYZS, 2021: 75). Türkiye'nin yapay zekâ alanındaki küresel gelişmelerin gerisinde kalmaması aksine bu gelişmelere yön veren bir aktör olması hedeflenmektedir. Bu amaçla OECD, G20 ve Avrupa Konseyi gibi platformlarda “güvenilir ve sorumlu yapay zekâ” ile “verinin güven içinde serbest dolaşımı” gibi konularda yürütülen politika geliştirme süreçlerine aktif katılım sağlanması büyük önem taşımaktadır (UYZS, 2021: 58). Strateji kapsamında Türkiye'nin bu platformlarda sadece bir katılımcı değil bununla beraber kendi ulusal öncelikleri ve etik değerleri doğrultusunda politika öneren

bir ülke konumuna gelmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca Avrupa Birliği’nin Ufuk Avrupa ve Dijital Avrupa gibi çok yıllık finansal ereve programlarına katılımın teşvik edilmesi ve bu programlar aracılığıyla Türk araştırmacı ve girişimcilerin uluslararası projelerde yer almasının desteklenmesi hedeflenmektedir. Bu iş birlikleri hem teknoloji ve bilgi transferini hızlandıracak hem de Türkiye’nin gelecekteki yapay zekâ ekosisteminin küresel ağlara entegrasyonunu sağlayacaktır. Ayrıca bu stratejik öncelik çerçevesinde ulusal düzeyde de çeşitli hedefler belirlenmiştir. Nitekim düzenleme deney alanından en az 20 girişimin faydalanması, yapay zekâ alanında en az 10 sosyo-teknik araştırma projesinin y r t lmesi, her yıl beyin göçü ve tersine beyin göçü üzerine raporlar yayımlanması, her yıl eğitim ve işgücü dinamiklerini inceleyen araştırmaların hazırlanması ve tanıtım ile bilgilendirme amaçlı dijital içeriklerden her yıl en az 1 milyon kişinin faydalanmasının sağlanması gibi somut hedefler belirlemiştir (UYZS, 2021:75).

Son olarak, UYZS en önemli başlıklarından olan “yapısal ve işgücü dönüşümünü hızlandırmak” önceliği, yapay zekâ teknolojilerinin getireceği yapısal dönüşüme ülkenin uyum sağlama kapasitesini artırmayı amaçlamaktadır. Yapay zekânın mevcut meslekleri, işleri ve becerileri kökten değiştireceği gerçeğinden yola çıkarak, strateji hem kamu hem de özel sektörde yapısal bir dönüşümün gerekliliğini öngörmektedir. Keza bu öngörüden hareketle ilk olarak, kamu kurumlarının yapay zekâ teknolojilerini etkin bir şekilde kullanabilmesi için "Kamu Yapay Zekâ Ekosistemi" ve ortak teknik altyapılar oluşturulması planlanmaktadır (UYZS, 2021: 77). Bu platformlar, kurumların yapay zekâ projelerini daha verimli bir şekilde yönetmelerini ve tecrübe paylaşımını kolaylaştırmayı hedeflemektedir. Ayrıca işletmelerin yapay zekâyı benimseme süreçlerini kolaylaştırmak için “Güvenilir Yapay Zekâ Damgası” gibi yaklaşımların test edilmesi ve referans modellerin oluşturulması öngörülmektedir. İş gücü piyasasının dönüşümüne yönelik olarak ise, yapay zekânın ortaya çıkardığı yeni meslek dallarına yönelik sektörel analizler yapılması ve bu doğrultuda mesleki standartlar ile sertifikasyon mekanizmalarının geliştirilmesi hedeflenmiştir (UYZS, 2021: 79-80). Bu yaklaşım mevcut işgücünün yeni beceriler kazanarak istihdamda kalmasını sağlarken, eğitim sisteminin de geleceğin mesleklerine uygun nitelikte mezunlar vermesini amaçlamaktadır.

UYZS yapay zekâ teknolojilerinin işgücü piyasası üzerindeki etkilerini yönetmek ve olası olumsuz sonuçları minimize etmek amaçıyla kapsamlı hedefler belirlediği görülmektedir. Keza yapay zekânın mesleklerin dönüşümü ve istihdam yapısında yaratacağı değişimlere karşı önlem olarak öncelikle “On Birinci Kalkınma Planı” ve “Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Kurulu

Kararları” doğrultusunda öncelikli sektörel uygulama alanlarının belirlenmesi öngörülmektedir. Bu doğrultuda yapay zekânın mevcut meslekler ve işgücü dinamikleri üzerindeki etkilerini anlamak amacıyla yeni meslek dallarına yönelik sektörel analizler yürütüleceği vurgulanmaktadır. Ayrıca dönüşen meslekler için mesleki tanımlar, bu mesleklerde ihtiyaç duyulacak yetkinlik sertifikaları ve akreditasyon mekanizmaları geliştirilecektir. UYZS işgücünün yapay zekâ teknolojilerine uyumunu desteklemek için işverenlerin vergi indirimleri ve hibe programlarıyla teşvik edilmesini de hedeflemektedir. Yapay zekânın iş ve meslekleri dönüştürmesiyle ortaya çıkacak yeni becerilere olan talebi karşılamak için hızlandırılmış eğitim programları ve sertifikasyon süreçleri hayata geçirilecektir. Ayrıca, yapay zekânın işgücü piyasasında istihdamı daraltabileceği sektörlerde etkilenecek bireylerin yeni beceriler kazanmalarına ve yeniden istihdam edilmelerine yönelik özel destek programları uygulanacağı ifade edilmektedir. Bunlara ek olarak UYZS’de yapay zekâ sistemlerinin kullanımıyla birlikte iş sağlığı ve güvenliği standartlarının değişmesi nedeniyle, bu alana özgü eğitim ve farkındalık programları düzenlenecek ve sektör üst yönetimleri ile işe alım birimlerine yönelik yapay zekâ teknolojileri, veri tabanlı karar alma ve otomasyon uygulamalarına dair eğitimler sağlanacağı belirtilmektedir. Son olarak ise işçi ve işveren örgütleri arasında sosyal diyalog mekanizmaları oluşturularak yapay zekânın mesleklerin dönüşümü ve istihdam üzerindeki etkilerinin kolektif bir yaklaşımla yönetilmesi hedeflenmektedir (UYZS, 2021: 77-80).

UYZS istihdam kapsamında ölçülebilir hedefler de belirlemektedir. Keza istihdam, kapasite geliştirme ve uygulama ekosistemini güçlendirme hedefleri öncelikli bir stratejik alan olarak ele alınarak, merkezi ve yerel yönetimlerde yapay zekâ alanında istihdamın 1.000 kişiye çıkarılması planlanmaktadır. Ayrıca istihdam ve farkındalık boyutunda ise, yapay zekâ olgunluk modeli ile proje yönetim rehberlerinin en az 150 kurum ve kuruluşta uygulanması, merkezi ve yerel yönetimlerde görev yapan en az 50.000 çalışanın farkındalık eğitimlerini tamamlaması ve Yenilik ve Dijital Dönüşüm Merkezlerinde yürütülen uygulamalı eğitimlerden en az 350.000 kişinin faydalanması hedeflenmektedir (UYZS, 2021: 81).

4.2.2. Ulusal Yapay Zekâ Stratejisinin Genel Değerlendirmesi

Türkiye’nin 2021 yılında yayımladığı UYZS ülkenin teknolojik dönüşüm sürecine yön vermek amacıyla kapsamlı hedefler ve politika önerileri ortaya koymaktadır. Ancak stratejinin uygulanabilirliği ve belirlenen hedeflerin yeterliliği konusunda akademik çevrelerde ve politika yapıcılar arasında ciddi görüş ayrılıkları da bulunmaktadır. Bir yandan UYZS insan kaynağı geliştirme,

küresel rekabetçilik ve yapay zekâ ekosistemini güçlendirme gibi iddialı vizyoner hedefleriyle öne çıkarken öbür yandan mevcut ekonomik, kurumsal ve altyapısal sınırlılıkların bu hedeflerin gerçekleşmesini zorlaştırdığı konusunda eleştirilmektedir. Ayrıca stratejide öngörülen somut kazanımlar ile Türkiye'nin güncel kapasitesi arasındaki uyumsuzluk stratejinin başarısına yönelik tartışmaların diğer bir yönünü oluşturmaktadır. UYZS desteklendiği ve eleştirildiği noktalar alttaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 10. Ulusal Yapay Zekâ Stratejisinin Güçlü ve Zayıf Yönleri

Kategori	Başlık	Açıklama
GÜÇLÜ YÖNLER	Bütüncül Yaklaşım	Yapay zekâyı yalnızca teknolojik bir olgu olarak değil; beşerî, sosyal ve ekonomik boyutlarıyla ele alması.
	İnsan Kaynağına Odaklanma	Yapay zekâ uzmanı yetiştirme ve istihdamı artırmaya yönelik güçlü hedefler.
	Katılımcı Hazırlık Süreci	Üniversiteler, özel sektör, STK'lar ve kamu kurumlarının iş birliğiyle stratejinin hazırlanması.
	Küresel Vizyon	Müreffeh bir Türkiye için çevik ve sürdürülebilir yapay zekâ ekosistemiyle küresel ölçekte değer üretmek hedefi.
	Kurumsal Altyapı ve Politik Uyum	Üst politika belgeleriyle uyumlu ve kurumsal olarak güçlü bir koordinasyon oluşturması.
ZAYIF YÖNLER	Hedef-Kapasite Uyumsuzluğu	Türkiye'nin mevcut kapasitesi ile yerine getirilemeyecek yüksek hedeflerin belirlenmesi.
	Yapısal Engeller	Stratejinin Türkiye'nin temel sosyoekonomik sorunlarını göz ardı etmesi.
	Altyapı Yetersizlikleri	Veri, donanım ve yetenek altyapısı stratejinin hedeflerini karşılayacak seviyede olmaması.
	Veri Yönetişimi Eksikliği	Veri güvenliği, mahremiyet ve birlikte çalışabilirlik alanında yüzeysel yaklaşım.
	Sektörel Kapsam Eksikliği	Yüksek yapay zekâ maruziyetine sahip sektörlerle yönelik bir planlamanın eksikliği.
	İşgücü Dönüşümü Planlaması	Yapay zekâ nedeniyle işgücünde yaşanacak değişiklikler için somut çözüm önerilerinin yetersizliği.
Kaynak: Yazar tarafından tablolaştırılmıştır.		

UYZS Güçlü Yönleri: Türkiye'nin 2021 yılında yayımladığı UYZS, ülkenin teknolojik dönüşüm yolculuğunda kapsamlı ve çok paydaşlı bir yaklaşımı benimsemesi açısından önemli bir politika dokümanıdır. Stratejinin en dikkat çekici güçlü yönlerinden birisi olarak, yapay zekâ ekosistemini sadece teknolojik bir mesele olarak değil aynı zamanda beşerî, ekonomik ve sosyal boyutları olan bütüncül bir yapı olarak ele almasıdır. Ayrıca strateji yapay zekâ uzmanlarını

yetiştirmek ve alanda istihdamı artırmak gibi iddialı bir hedefle yola çıkararak, teknolojik ilerlemenin temelinde nitelikli insan kaynağının yattığını kabul etmektedir (UYZS, 2021: 64). Bu hedef yalnızca üniversitelerde yeni yapay zekâ mühendisliği bölümlerinin açılmasını değil aynı zamanda mevcut işgücünün dönüşümünü ve yaşam boyu öğrenme prensiplerini de içermektedir. Bu yaklaşım, stratejinin sadece elit bir teknoloji üretimi hedeflemediğini buna ek olarak toplumsal tabana yayılacak bir yetkinlik artışını amaçladığını göstermektedir. Stratejinin hazırlık sürecinde üniversiteler, özel sektör, sivil toplum kuruluşları ve kamu kurumları ile iş birliği içinde yürütölmesi, belgenin teorik bir çerçevede kalmayıp sahanın gerçek ihtiyaçları ve beklentileri doğrultusunda şekillendirilmeye çalışıldığını göstermektedir (Doğın Çalışkan, 2023: 152-153). Bu katılımcı model, stratejinin uygulanabilirliğini, yapay zekâ öğreniminin tabana yayılmasını ve paydaşlar tarafından sahiplenilmesini artıracak kritik bir unsurdur.

Stratejinin “*müreffeh bir Türkiye için çevik ve sürdüröllebilir yapay zekâ ekosistemiyle küresel ölçekte değer üretmek*” vizyonu, Türkiye'nin sadece iç pazara yönelik değil aynı zamanda küresel rekabette de iddialı bir oyuncu olma niyetini açıkça ortaya koymaktadır (UYZS, 2021: 7). Bu vizyon, ülkenin teknoloji tüketen bir konumdan üreten bir konuma geçme hedefini destekler niteliktedir. Stratejinin, On Birinci Kalkınma Planı gibi üst politika belgeleriyle uyumlu olması ve Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi (DDO) gibi yeni ve dinamik bir kurumun koordinasyonunda hazırlanması, politikaların hayata geçirilmesi için gerekli olan kurumsal ve idari altyapı ihtiyacının da dikkate alındığını göstermektedir. Keza DDO bünyesindeki Büyük Veri ve Yapay Zekâ Daire Başkanlığı'nın bu strateji kapsamında daha etkili olması beklenmektedir (Avaner ve Çelik, 2021: 15).

UYZS Zayıf Yönleri: UYZS kapsamlı hedefler ortaya koymasına rağmen Türkiye'nin mevcut siyasi, ekonomik ve yapısal gerçeklikleriyle ne ölçüde örtüştüğü konusunda ciddi eleştiriler almaktadır. Stratejinin en temel zayıflığı olarak, belirlenen iddialı hedefler ile ülkenin mevcut kapasitesi arasındaki uyumsuzluk gösterilmektedir. Keza UYZS'nin GSYH'ye katkısının 2025 sonunda %5'e yükseltileceğı gibi somut bir hedef konulmuştur (UYZS, 2021: 10). Ancak bu hedefin %1 civarında kaldığı görölmemektedir (TRAI, 2025c). Bazı yazarlar bu stratejiyi gerçek durumu gizleyen ve olduğundan daha iyi gösteren bir “Potemkin AI”⁶ olarak dahi nitelendirmektedir. Bu görüşler Türkiye'nin yüzleştiğı kurumsal çürüme, ekonomik yavaşlama ve beyin göçü gibi temel

⁶ Dışarıdan gelişmiş gibi görölünen ama arka planda ya hiç çalışmayan ya da çok sınırlı işlevselliğe sahip yapay zekâ çözümleri.

sorunların göz ardı edilerek uygulanması güç hedeflerin belirlendiğini savunmaktadır. Özellikle veri yönetimi, donanım kapasitesi ve nitelikli insan kaynağı eksikliklerinin stratejinin hedeflerine ulaşmasını engelleyen temel yapısal engeller olduğu belirtilmektedir. Ayrıca Türkiye'nin veri, donanım ve yetenek altyapısı stratejide hedeflenen dönüşümü karşılayacak düzeyde olmadığı için de eleştirilmektedir (Can, 2023: 357-358). Özellikle yapısal engeller, stratejinin uygulanabilirliğinin önündeki en büyük tehditler gibi görülmektedir. Örneğin, strateji yapay zekâ uzmanı yetiştirmeyi hedeflerken, ülkedeki nitelikli insan kaynağının ve özellikle genç ve eğitilmiş nüfusun, ekonomik istikrarsızlıklar nedeniyle yurt dışına göç etme eğilimi göz ardı edilmektedir (Can, 2023: 368). Bu durumu “havuzu doldurmaya çalışırken dibindeki delikleri görmezden gelmek” olarak yorumlamak çok da yanlış olmayacaktır.

Stratejinin bir diğer önemli eksikliği, veri ve altyapı konularındaki yüzeysel yaklaşımıdır. Strateji kaliteli veriye erişimin önemini vurgulasa da Türkiye'deki veri yönetimi, mahremiyet ve güvenlik konularındaki mevcut yasal ve etik tartışmalara yeterince derinlemesine inmemekte ve bu konulara yönelik etkili bir çözüm sunmamaktadır. Keza stratejinin veri yönetimi, birlikte çalışabilirlik ve erişim gibi konuların vurgulandığını ancak sürdürülebilirlik, güven inşası ve girişimcilik gibi alanların yeterince ele alınmadığı görülmektedir. Bu durum yine teknik altyapı hedeflerinin sosyal ve yasal altyapıdan kopuk ele alındığı izlenimini vermektedir. Nitekim Türkiye'nin planlama konusunda tecrübeli olmasına rağmen yapay zekâ stratejisi oluşturmada gelişmiş ülkelerin gerisinde kaldığı ve bu alanda hızlı başarı elde etmek için ulusal önceliklerin ve planlamanın daha net, somut ve uygulanabilir biçimde belirlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Ulaşan, 2020: 118).

Yapay zekânın geleceği konusunda en önemli çekinceleri ve tartışmaları içeren alanlardan birisi de istihdam piyasalarıdır. UYZS genel olarak eğitim, sağlık, imalat sanayi, savunma ve tarım sektörlerini öncelikli olarak addetmekte ve bu sektörlerle yönelik stratejiler belirlemektedir (Ulaşan, 2023: 120). Ancak geleceğe yönelik öngörüler, yapay zekânın özellikle hizmet sektörü (büro hizmetleri, çağrı merkezleri, posta hizmetleri), lojistik, taşımacılık ve otomotiv gibi alanlarda etkin bir şekilde kullanılacağını ortaya koymaktadır. Bu sektörlerde istihdamın yapısı, gerekli beceriler ve iş tanımları önemli ölçüde değişime uğrayacaktır. Dolayısıyla UYZS'nin bu tür yüksek düzeyde yapay zekâ maruziyetine sahip sektörleri stratejik planlamalarında yeterince dikkate almaması, politika çerçevesi açısından önemli bir eksiklik olarak değerlendirilebilir. Ayrıca işgücü piyasasının, yapay zekâ teknolojilerini kullanacak, uygulayacak ve özümseyecek biçimde yeniden düzenlenmesi en kritik adımlardan biri olarak görülmektedir. Raporda bu konu yalnızca temel bir

düzeyde ele alınmış, üretim altyapısına entegrasyon hedeflenmiş ancak işgücü dönüşümüne yönelik somut yol haritaları geliştirilmemiştir. Bugünün sanayi işçisi ile geleceğin işçisi arasında beceri düzeyi açısından büyük farklılıklar olacağı açıktır. Buna rağmen UYZS’de modern işçinin artan bilgi ve beceri düzeyinin ücretlere ve gelir dağılımına nasıl yansıtılacağına ilişkin bir değerlendirme yapılmamış, otomasyon sonucu işgücünden kopacak çalışanların yeniden istihdamına dair çözüm yolları da ortaya konulmamıştır (Çalışkan, 2023: 157). Keza yapay zekânın hizmetler, lojistik, taşımacılık ve otomotiv gibi yoğun maruziyet gösteren sektörlerde istihdamı dönüştüreceği dikkate alındığında, UYZS’nin bu alanlara yönelik strateji geliştirmemesi önemli bir politika boşluğu yaratmaktadır. Sonuç olarak, işgücü piyasasının bu süreçte uyum sağlayabilmesi için kamu, özel sektör ve üniversite iş birlikleriyle yürütülecek ortak projelere ve kapsamlı beceri dönüşüm programlarına acil ihtiyacı bulunmaktadır.

4.2.3. Yapay Zekâ Yasası

Yapay zekâ teknolojileri günümüzde küresel ölçekte ekonomik, sosyal ve kültürel alanlarda dönüştürücü bir etki yaratmaktadır. Hızla gelişip yaygınlaşan bu alan, beraberinde etik, hukuki ve toplumsal sorunları da gündeme taşımaktadır. Dolayısıyla yapay zekânın düzenlenmesi artık kaçınılmaz bir gereklilik haline dönüşmektedir. Türkiye UYZS ile bu alanda bir yol haritası ortaya koymuş olsa da hâlâ kapsamlı ve bağlayıcı bir yapay zekâ yasasına sahip değildir. Mevzuattaki bu boşluk, teknolojinin sorumlu biçimde geliştirilmesi ve kullanılmasına yönelik önemli riskler barındırmaktadır. Ortaya çıkabilecek olumsuz etkilerin önlenmesi için kapsamlı bir yasal çerçevenin oluşturulması şarttır. Ancak böyle bir düzenlemenin önünde de bazı temel zorluklar da bulunmaktadır. Bu zorluklar şöyle sıralanabilmektedir (Kumarı, 2025: 217-218):

Veri Gizliliği ve Güvenliği: Yapay zekâ sistemleri işleyişleri gereği büyük ve karmaşık veri kümeleri üzerinde çalışmaktadır. Bu verilerin önemli bir kısmı kişisel veya hassas bilgileri içerdiğinden dolayı veri mahremiyeti, güvenliği ve rızaya dayalı kullanım ciddi bir sorun hâline gelmektedir. GDPR (AB) ve CCPA (ABD) gibi mevcut veri koruma düzenlemeleri bireylere “unutulma hakkı”, “açık rıza alma zorunluluğu” ve “veri minimizasyonu” gibi haklar tanısa da yapay zekâ modellerinin sınırları aşan veri işleme kabiliyetleri bu düzenlemelerin uygulanabilirliğini giderek zorlaştırmaktadır. Özellikle otomatik karar verme süreçlerinde (kredi onayı, işe alım, sigorta vb.) bireylerin haklarının korunması ve yapay zekânın aldığı kararların şeffaflaştırılması için güçlü bir yasal çerçeveye ihtiyaç duyulmaktadır.

Algoritmik Önyargı ve Ayrımcılık: Yapay zekâ sistemleri eğitildikleri verilerde bulunan toplumsal cinsiyet, etnik ya da sosyo-ekonomik önyargıları

öğrenebilmektedir. Örneğin, Amazon'un 2014 yılında geliştirdiği yapay zekâ tabanlı işe alım aracı geçmiş verilerden kaynaklanan kalıplar nedeniyle kadın adaylara karşı ayrımcı davranmış ve özgeçmişlerde “kadın” kelimesi geçtiğinde adayları olumsuz değerlendirmiştir. Ayrıca yalnızca kadınların okuduğu okullardan mezun olanları da dezavantajlı duruma düşürmüştür (BNBC, 2018). Benzer şekilde ABD’de kullanılan “PredPol” (şimdiki adıyla Geolitica) adlı öngörüselsel polislik yazılımı geçmiş suç verilerinden öğrenerek polis devriyelerinin yoğun olduğu mahalleleri sürekli “yüksek riskli” bölge olarak işaretlemiş ve çoğunlukla etnik azınlıkların yaşadığı bölgelerin daha fazla polis müdahalesine maruz kalmasına neden olmuştur. Bu tür sorunların önüne geçebilmek için düzenleyici kurumların bağımsız denetim mekanizmalarını işletmesi, etki değerlendirme raporlarını zorunlu kılması ve algoritmik karar verme süreçlerinde şeffaflığı sağlaması büyük önem taşımaktadır.

Hesap Verebilirlik ve Hukuki Sorumluluk: Yapay zekâ sistemlerinin özerk öğrenme ve kendi kendine karar alma özellikleri sorumluluğun kimde olduğunu belirlemeyi zorlaştırmaktadır. Geleneksel ürün sorumluluğu (product liability) yasaları, genellikle geliştirici veya üreticiyi sorumlu tutsa da yapay zekânın dinamik ve öngörülemeyen yapısı nedeniyle bu yaklaşım yetersiz kalmaktadır. Avrupa Parlamentosu yüksek riskli yapay zekâ sistemleri için “katı sorumluluk” ilkesi getirilmesini ve mağdurların kusur ispatı olmadan tazminat alabilmesini önermektedir. Bu bağlamda yapay zekâyâ tüzel kişilik tanınıp tanınmayacağı da ayrıca tartışılmaktadır. Böylece belirli riskler doğrudan “yapay zekâ sistemi” üzerinden hukuken yönetilebilir hâle gelecektir.

Fikri Mülkiyet Hakları ve Yapay Zekâ Üretimli İçerikler: Yapay zekâ müzik, resim, yazı, kod ve hukuki belgeler gibi orijinal içerikler üretebilme kapasitesiyle mevcut fikri mülkiyet sistemlerini zorlamaktadır. ABD’de 2022 yılında Thaler v. ile US Copyright Office arasındaki davada, mahkeme yapay zekâ tarafından üretilen sanat eserlerinin mevcut telif hakkı yasalarına göre korunamayacağına karar vermiştir. Buna karşılık Birleşik Krallık ve Japonya gibi bazı ülkeler yapay zekâ tarafından üretilen eserler için özel fikri mülkiyet düzenlemeleri hazırlamaktadır. Küresel ölçekte ise yapay zekânın üretkenlik kapasitesi ile insan merkezli fikri mülkiyet anlayışı arasındaki çatışma yeni hukuki düzenlemelerin gerekliliğini göstermektedir.

Uluslararası Düzenleme Zorlukları: Yapay zekâ doğası gereği küresel bir ekosistemdir. Ancak AB, ABD, Çin ve diğer bölgelerin düzenlemeleri arasında ciddi farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar uygulamada çakışmalara, veri paylaşımında kısıtlamalara ve teknoloji şirketleri için uyum maliyetlerinin artmasına yol açmaktadır. Uluslararası kuruluşlar (OECD, G20, UNESCO) ortak

standartlar oluşturmaya çalışsa da küresel yapay zekâ düzenlemeleri hâlâ parçalı bir yapı sergilemektedir.

şekil 15. Yapay Zekâ Yasası Olan veya Yasa Hazırlığında Olan lkeler



Kaynak: (IAPP, 2025)

Uluslararası yapay zekâ düzenlemeleri genellikle insan hakları, şeffaflık, hesap verebilirlik, adalet, eşitlik ve veri güvenliği gibi temel öncelikler etrafında şekillenmektedir. AB'nin Yapay Zekâ Yasası (AI Act), yapay zekâ sistemlerini potansiyel risk seviyelerine göre dört farklı kategoriye ayırarak düzenlemektedir. Buna göre kabul edilemez risk taşıyan ve temel haklara açıkça tehdit oluşturan sistemler tamamen yasaklanmaktadır. Yüksek risk kategorisine giren uygulamalar ise sağlık, adalet, işe alım, eğitim ve kamu güvenliği gibi kritik alanlarda kullanılan sistemleri kapsamaktadır ve bu sistemlerin çok katı uyumluluk, denetim ve sertifikasyon gerekliliklerini karşılaması zorunludur. Sınırlı risk seviyesindeki sistemler (rneğin, yapay zekâ tabanlı sohbet robotları (chatbotlar)) şeffaflık ve kullanıcı bilgilendirme yükümlülüklerine tabi olsa da daha az kısıtlamaya sahiptir. Son olarak ise asgari risk düzeyindeki uygulamalar (yapay zekâ destekli video oyunları veya spam filtreleri) için yasal zorunluluklar bulunmamaktadır. Bu tür uygulamalar gönüllü etik kurallara dayalı olarak faaliyet göstermektedir (Kumari, 2025: 218; Regulation (EU) 2024/1689, 2024: 2). Bu yaklaşım, yapay zekânın potansiyel zararlarını minimize etmeyi ve insan merkezli bir yapay zekâ gelişimini teşvik etmeyi hedeflemektedir. Özellikle insan hakları nceliği AB düzenlemelerinin merkezinde yer almakta ve bu sistemlerinin temel hak ve özgürlükleri ihlal etmemesi için şeffaflık ve hesap verebilirlik mekanizmaları öngörülmektedir.

ABD'nin Yapay Zekâ Haklar Bildirgesi (AI Bill of Rights) yapay zekâ sistemlerinin insan hakları üzerindeki etkilerine odaklanarak, vatandaşların

güvenli ve etkili sistemlere erişimini, algoritmik ayrımcılıktan korunmasını, veri gizliliğini ve insan denetimini vurgulamaktadır (OSTP, 2022: 5-6). Bu bildirge bağlayıcı bir yasa olmaktan ziyade yapay zekânın sorumlu gelişimine rehberlik eden ilkeler bütünü görünümündedir (OSTP, 2022: 2). Ayrıca ABD'de Algoritmik Hesap Verebilirlik Yasası gibi sektörel ve kendi kendini düzenleyici yaklaşımlar da bulunmaktadır (Kumarı, 2025: 218). Çin ise kendi düzenlemelerinde devlet odaklı ve güvenlik merkezli bir model benimsemiştir. Generatif yapay zekâ düzenlemeleri içerik denetimi, veri koruma ve fikri mülkiyet gibi konulara odaklanırken aynı zamanda inovasyonu teşvik etmeyi de amaçlamaktadır. Çin'in yaklaşımı yapay zekâ sistemlerinin ulusal güvenlik ve sosyal istikrar üzerindeki potansiyel etkilerini kontrol altında tutmayı önceliklendirmektedir (Zhang, 2025: 4-5). Avrupa Konseyi'nin yapay zekâ broşürü de yapay zekânın insan hakları, demokrasi ve hukukun üstünlüğü üzerindeki etkilerine dikkat çekerek uluslararası standartların belirlenmesinin önemini vurgulamaktadır (Council of Europe, 2020: 3). Bu uluslararası düzenlemeler yapay zekânın etik, güvenli ve sorumlu bir şekilde geliştirilmesi için farklı yasal ve kurumsal mekanizmalar sunmaktadır. Karşılaştırmalı olarak bakıldığında, AB'nin risk bazlı ve kapsamlı yasal çerçevesi, ABD'nin sektörel ve ilke bazlı yaklaşımı ile Çin'in devlet kontrolünde ve inovasyon odaklı stratejisi arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır.

Tablo 11. Farklı Hukuki Düzenlerde Yapay Zekâ Düzenlemeleri

Ülke / Bölge	Düzenleyici Yaklaşım	Temel Düzenlemeler / Araçlar	Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
Avrupa Birliği	Risk Bazlı Yaklaşım	• AI Act (2021) • GDPR entegrasyonu • Yüksek riskli sistemler için sert uyumluluk yükümlülükleri	• Dünyadaki ilk kapsamlı ve yapılandırılmış YZ yasası • YZ uygulamalarını kabul edilemez, yüksek, sınırlı, minimal risk seviyelerine göre sınıflandırır • Tüketici haklarını, veri güvenliğini ve etik standartları güçlendirir • Uluslararası düzeyde standart belirleyicisi konumunda	• Yüksek uyumluluk maliyetleri inovasyonu yavaşlatabilir • Risk sınıflandırması subjektif olabilmekte • KOBİ'ler için yüksek maliyetli uyum gereklilikleri rekabeti zorlaştırabilir
		• Algorithmic Accountability Act (2022, tasarı)	• Esnek düzenleme modeli sayesinde inovasyonu teşvik eder	• Tek bir kapsamlı AI yasası yok → parçalı ve dağınık yapı

ABD	Sektörel ve Özdenetim Yaklaşımı	• FTC AI Rehberleri • NIST AI Risk Yönetimi Çerçevesi • 2023 Başkanlık Kararnamesi	• Özel sektör liderliğinde hızlı adaptasyon sağlar • NIST'in YZ Risk Management Framework ile riskleri standartlaştırma çabası	• Uyumluluk çoğunlukla gönüllülük esasına dayalı → düşük denetim gücü • Federal ve eyalet düzeyinde düzenleme karmaşası var
Çin	Devlet Kontrollü ve Güvenlik Odaklı Yaklaşım	• PIPL (2021) – Veri gizliliği • Derin Sentez Teknolojisi Yönetmeliği (2023) • Algoritma Şeffaflığı Kuralları (2021) • Devlet destekli YZ şirketleri (Huawei, Tencent, Baidu)	• Devlet kontrolü sayesinde yüksek uyumluluk ve hızlı uygulama • YZ tabanlı gözetim, yüz tanıma ve kamu güvenliği uygulamalarında küresel liderlik • YZ altyapısında stratejik yatırımlar	• Yoğun devlet kontrolü → inovasyon özgürlüğünü sınırlandırıyor • İnsan hakları ve mahremiyet ihlali riskleri çok yüksek • YZ sistemlerinin şeffaflığı zayıf, toplumsal denetim mekanizmaları yok
Hindistan	Gelişmekte Olan Hibrit Yaklaşım	• Digital Personal Data Protection Act (DPDPA, 2023) • NITI Aayog Responsible AI Guidelines (2021) • Digital India Act (Tasarı, 2024) (Henüz Yürürlükte Değil)	• Dengeli bir model: inovasyonu desteklerken etik YZ ilkelerini geliştirme çabası mevcut • Kamu hizmetlerinde YZ kullanımını teşvik ediyor (sağlık, eğitim vb.) • YZ girişimlerini destekleyen esnek bir ekosistem hedefleniyor	• Henüz kapsamlı bir YZ yasası yok → belirsizlik mevcut • Uyumluluk mekanizmaları zayıf ve büyük ölçüde gönüllülüğe dayalı • Veri koruma rejimi henüz uygulamada yeterince oturmuş değil
Kaynak: (Kumari, 2025: 218-222)				

Diğer ülkelerdeki düzenlemelere kıyasla, Türkiye'de yapay zekâ sistemlerinin denetimi, sertifikasyonu ve uyumluluğunu sağlayacak kurumsal mekanizmaların eksikliği dikkat çekmektedir. Örneğin, AB'nin düzenlemesi yüksek riskli sistemler için bağımsız denetim ve uygunluk değerlendirmeleri öngörürken (Regulation (EU) 2024/1689, 2024: 6), Türkiye'de bu tür mekanizmaların henüz yeterince gelişmediği görülmektedir. Bu durum yapay zekânın sorumlu bir şekilde geliştirilmesi ve kullanılması konusunda belirsizliklere yol açmakta ve uluslararası standartlara uyum sağlama konusunda da zorluklara neden

olmaktadır. ABD Ulusal Telekomünikasyon ve Bilgi İdaresinin (NTIA) yapay zekâ hesap verebilirlik raporu da bu sistemlerinin yaşam döngüsü boyunca hesap verebilirliğin sağlanmasının son derece önemli olduğunu vurgulamaktadır (NTIA, 2024: 9). Türkiye'nin bu alandaki eksiklikleri yapay zekânın potansiyel faydalarından tam olarak yararlanmasını engellerken aynı zamanda olası risklere karşı savunmasız da bırakmaktadır.

Türkiye'nin bir yapay zekâ yasası çıkarması gerekliliği mevcut hukuki çerçevenin yetersizliği, insan haklarının etkin korunamaması, algoritmik şeffaflık eksikliği ve uluslararası standartlarla uyum ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Hâlihazırda yürürlükte olan Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK), Basın Kanunu, Türk Ceza Kanunu ve Anayasa gibi genel düzenlemeler yapay zekâ teknolojilerinin doğurduğu özgün riskleri kapsamaktan uzaktır. Özellikle algoritmik şeffaflık sorunu, yapay zekâ sistemlerinin hangi verilerle çalıştığı, nasıl karar verdiği ve hangi kriterlere göre sonuç ürettiği konusunda ciddi bir belirsizlik yaratmaktadır. Bu durum hem hesap verebilirlik mekanizmalarını hem de bireylerin hak arama özgürlüğünü zorlaştırmaktadır. Yapay zekâ teknolojileri ifade özgürlüğü, özel hayatın gizliliği, eşitlik ve ayrımcılık yasağı gibi temel insan hakları üzerinde doğrudan riskler oluşturmaktadır. Türkiye'nin de taraf olduğu “Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi” ve “Medeni ve Siyasal Haklar Sözleşmesi” uluslararası yükümlülükler çerçevesinde temel hakları koruma sorumluluğuna sahip olsa da bu sözleşmeler yapay zekânın karmaşık ve dinamik doğasına özgü düzenlemeleri kapsamadığından yetersiz kalmaktadır. Bunun yanı sıra küresel ölçekte AB'nin Yapay Zekâ Yasası başta olmak üzere OECD, UNESCO, G20 gibi kurumların geliştirdiği etik, şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkeleri giderek standart hâline gelmektedir. Türkiye'nin bu standartlarla uyumlu bir yapay zekâ yasası geliştirmemesi hem uluslararası ticarete veri paylaşımı hem de teknolojik iş birlikleri açısından dezavantaj yaratacaktır. Dolayısıyla Türkiye'nin çıkaracağı yapay zekâ yasasının algoritmik şeffaflığı sağlaması düzenli denetimler, zorunlu açıklamalar ve hesap verebilirlik mekanizmaları içermesi gerekmektedir (Yönt, 2024a: 10-11).

Bununla birlikte yapay zekâ alanında yalnızca temel hakların korunması değil aynı zamanda ticari faaliyetlerin güvence altına alınması ve uluslararası rekabet gücünün artırılması da özel bir yasal çerçeveyi zorunlu kılmaktadır. Keza yalnızca GATT, TRIPS veya Elektronik Ticaret Kanunu gibi genel düzenlemelere dayanmak yapay zekânın özgün risklerini ve karmaşık doğasını karşılamada yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle geliştirici, dağıtıcı ve kullanıcılar arasında sorumluluk paylaşımını açıkça tanımlayan bir hukuki çerçevenin kurulması ve telif, patent ve ticari sırların korunmasına ilişkin net hükümler getirilmesi büyük önem taşımaktadır. Böyle bir düzenleme yalnızca yerli

inovasyonu desteklemekle kalmayacak, aynı zamanda uluslararası yatırımcılar için hukuki öngörülebilirliği artırarak Türkiye'nin küresel Ar-Ge iş birliklerinde daha güçlü bir aktör olmasına katkı sağlayacaktır. Ek olarak fikri mülkiyet korumasının güçlendirilmesi, çokuluslu şirketlerin Türkiye ile ortak projelerde yer alma isteğini artıracak ve teknoloji transferi süreçlerinde belirsizlikleri azaltarak ülkenin rekabet gücünü yükseltecektir. Dolayısıyla Türkiye'nin çıkaracağı yapay zekâ yasası hem iç hukuki boşlukları dolduracak hem de küresel ölçekte iş birliği ve yatırım olanaklarını genişletecek stratejik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır (Yönt, 2024b: 13).

Türkiye'nin yapay zekâ düzenlemeleri konusunda atması gereken adımlar uluslararası uygulamaları dikkate alarak şekillendirilmelidir. İlk olarak, AB AI Act'ten ilham alarak risk bazlı bir sınıflandırma sistemi benimsenebilir ve risk seviyesine göre gerekli sınırlamalar belirlenebilir. Bu sistem yapay zekâ uygulamalarını potansiyel risk seviyelerine göre kategorize ettiği için her kategoriye farklı uyumluluk gereklilikleri belirlenebilecektir. Yüksek riskli sistemler için sıkı denetim, şeffaflık ve hesap verebilirlik mekanizmaları zorunlu hale getirilmelidir. Diğer taraftan Türkiye'nin AI Act'ı doğrudan benimsemesi durumunda çeşitli zorluklar ile karşılaşması kuvvetle muhtemeldir. Keza bu düzenlemenin kapsamlı ve teknik açıdan ayrıntılı yapısı Türkiye'nin mevcut akademik kapasitesi, araştırma altyapısı ve uzman insan kaynağının sınırlılıkları nedeniyle uygulanmasında güçlükler doğurabilecektir. Ayrıca yabancı yatırımcıların ve özellikle Avrupa dışı şirketlerin uyum süreçlerinde yaşayacağı belirsizlikler Türkiye'nin inovasyon ekosistemi üzerinde olumsuz etkilere yol açabilme ihtimali taşımaktadır. Bu yasanın AB içinde dahi inovasyonu yavaşlatma riski tartışılırken, gelişmekte olan bir ülke konumundaki Türkiye'de bu etkinin daha da belirginleşmesi olasıdır. Dolayısıyla Türkiye'nin AB AI Act'ini doğrudan kopyalamak yerine kendi ulusal önceliklerini dikkate alarak uyarlaması ve bu süreçte araştırma merkezlerini, özel sektör iş birliklerini ve devlet desteğini güçlendirmesi gerektiği savunulmaktadır (Pantserev ve Oztas, 2024: 137-139).

İkinci olarak Türkiye ABD AI Bill of Rights'taki gibi insan hakları temelli bir yaklaşım geliştirmesi gerekmektedir (Yönt, 2024a: 11). Bu adım yapay zekâ sistemlerinin tasarımından dağıtımına kadar tüm süreçlerde insan haklarının korunmasını önceliklendiren ilkelerin ulusal yasalara entegre edilmesini gerektirecektir. Böylece başta KVKK olmak üzere Basın Kanunu, Türk Ceza Kanunu ve Anayasadaki eksiklikler giderilebilecektir. Üçüncü olarak, Çin'in inovasyon teşvikleri örnek alınabilir. Ancak aşırı devlet kontrolünden kaçınılmalıdır. Keza bu durum inovasyonun yavaşlamasına, sektörel yatırımların azalmasına ve ulusal girişimlerin rekabet güçlerinin kırılmasına neden

olabilecektir. Son olarak, bağımsız bir yapay zekâ denetim kurumu oluşturulması gerekmektedir. Böyle bir kurumun varlığı yapay zekâ sistemlerinin etik, güvenli ve yasalara uygunluğunu denetleyerek potansiyel riskleri minimize edecektir.

4.3. Küresel Rekabette Türkiye

Yapay zekâ araştırmaları ve yatırımları, günümüzde küresel ölçekte stratejik öneme sahip bir rekabet alanı hâline gelmiştir. Bu bağlamda ABD ile Çin diğer pek çok ekonomik alanda olduğu gibi yapay zekâ ekosisteminde de başat aktörler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte Rusya, Türkiye, Japonya, Güney Kore, Birleşik Krallık, Almanya, Finlandiya, İtalya, İsveç, Polonya, Kanada, Malezya, Birleşik Arap Emirlikleri, Hindistan, Tayvan, Singapur ve Meksika gibi birçok ülke de ulusal stratejiler geliştirerek ve milyarlarca dolarlık yatırımlar yaparak bu alanda önemli adımlar atmaya başlamışlardır. Özellikle Rusya, Türkiye, Almanya, Fransa, Birleşik Krallık, İsrail, Finlandiya, Hindistan, Güney Kore ve Japonya'nın son dönemde kritik teknolojik atılımlar gerçekleştirdiği ve yapay zekâyâ ilişkin stratejik hedefler ortaya koyduğu görülmektedir (Yıldız, 2022: 7). Dolayısıyla bu ülkeler hem mevcut projeleri hem de uzun vadeli vizyonlarıyla uluslararası yapay zekâ rekabetinde etkin aktörler arasında konumlanmaya başlamaktadır.

Yapay zekânın henüz gelişme ve uygulama aşamasında olması, küresel yapay zekâ rekabetinin de dinamik olmasına neden olmaktadır. Örneğin, ABD'nin en iyi yapay zekâ modellerini üretmede lider olmasına karşın Çin'in performans farkını hızla kapattığı bilinmektedir. 2024 yılında ABD merkezli kurumlar 40 önemli yapay zekâ modeli üretirken, Çin 15 model üretmiştir. Ancak MMLU ve HumanEval gibi temel kıyaslamalardaki performans farkları neredeyse ortadan kalkmıştır (Maslej ve diğerleri, 2025: 4). Küresel rekabetteki bu esneklik, Türkiye gibi ülkelerin yapay zekâ alanında gerekli adımları atması, stratejik yatırımlar yapması, nitelikli insan kaynağını güçlendirmesi, Ar-Ge kapasitesini artırması ve dijital altyapısını geliştirmesi hâlinde küresel ölçekte daha güçlü bir konuma gelmesine imkân yaratmaktadır. Ancak Türkiye bu alanda önemli adımlar atmakla birlikte küresel liderler ve benzer gelişmekte olan ülkelerle karşılaştırıldığında karmaşık bir tablo sunmaktadır. Üretken yapay zekânın Türkiye ekonomisine potansiyel katkısının yaygın bir benimseme senaryosunda yıllık GSYİH'nin %5'ine ulaşabileceği öngörülmektedir. Bu oran yaklaşık 1,2-1,4 trilyon Türk Lirası (50-60 milyar USD) gibi önemli bir ekonomik değere karşılık gelmektedir (Implement Consulting Group, 2024: 3). Bu potansiyelin gerçekleştirilmesi Türkiye'nin mevcut yapay zekâ altyapısını, yetenek havuzunu ve inovasyon kapasitesini güçlendirmesine bağlıdır. Ancak Türkiye yapay zekâ için uygun bir işletme ortamına sahip olmasına rağmen

özellikle Ar-Ge, ticarileşme ve yapay zekâ ile ilgili beceriler gibi inovasyon sürücülerinde küresel liderlerin gerisinde kalmaktadır (Implement Consulting Group, 2024: 4).

Tablo 12. Yapay Zekâya Hazırlık Endeksi

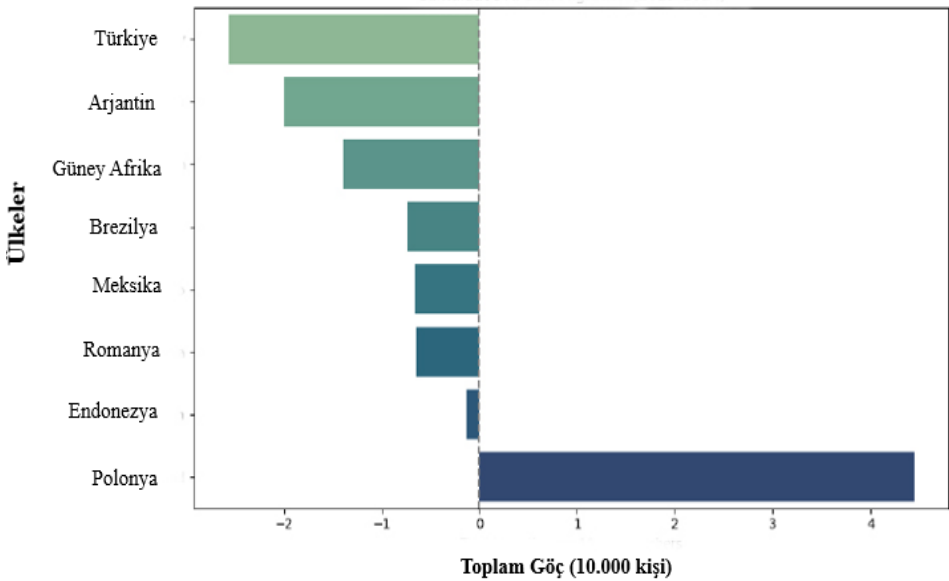
Ülkeler	Değer	Ülkeler	Değer
Türkiye	0.54	Çin	0.64
ABD	0.77	Brezilya	0.5
Singapur	0.8	Polonya	0.6
Almanya	0.75	Hindistan	0.64
Güney Kore	0.73	Güney Afrika	0.5
Kaynak: (Uluslararası Para Fonu (IMF), AI Preparedness Index, 2025)			

Küresel yapay zekâ hazırlık durumu incelendiğinde, ABD'nin teknoloji sektörü liderliğiyle öne çıktığı ancak Singapur'un hükümet ve veri altyapısı açısından daha yüksek puanlar aldığı görülmektedir (Nettel ve diğerleri, 2024: 8). Türkiye gibi orta gelirli ekonomiler ise temel yönetim mekanizmalarını güçlendirerek arayı kapatma eğilimindedir. Tablo 12 incelendiğinde Türkiye'nin yapay zekâ hazırlığı açısından yüksek gelirli ekonomilerin yanı sıra Çin ve Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerin gerisinde yer almaktadır. Tabloya göre gelişmiş ekonomilerin gelişmekte olan ülkelere kıyasla yapay zekâ devrimine daha hazır oldukları görülmektedir. Diğer taraftan Ukrayna, Kosta Rika, Moldova ve Özbekistan gibi ülkelerin ulusal yapay zekâ stratejileri geliştirme, etik ilkeler benimseme ve veri yönetişimini güçlendirme gibi alanlarda önemli ilerlemeler kaydettiği görülmektedir (Nettel ve diğerleri, 2024: 10). Türkiye'nin de bu temel alanlara odaklanarak yapay zekâ hazırlık seviyesini artırma potansiyeli bulunmaktadır.

Türkiye'nin yapay zekâ ekosistemi, demografik yapı, işgücü, eğitim ve yatırım gibi çeşitli boyutlarda incelendiğinde, benzer gelişmekte olan ülkelerle paralellikler ve farklılıklar göstermektedir. Amerika Birleşik Devletleri yapay zekâ alanında liderliğini sürdürme ve bu alanda küresel bir inovasyon merkezi olma hedefiyle hareket etmektedir. Bulgaristan dijital dönüşüm süreçlerini hızlandırarak yapay zekâ uygulamalarını özellikle sanayi, sağlık ve eğitim sektörlerinde yaygınlaştırmayı amaçlamaktadır. Çin'in stratejik vizyonu ise 2030 yılına kadar yapay zekâda dünya liderliğini elde etmektir. Polonya ekonomik büyümeyi desteklemek amacıyla yenilikçi bir yapay zekâ ekosistemi oluşturmayı hedeflerken, Türkiye ise nitelikli insan kaynağını geliştirmek ve teknoloji üretme kapasitesini artırmak suretiyle küresel rekabet gücünü yükseltmeyi önceliklendirmektedir (Polat, 2025: 430). Ancak Türkiye'nin genç ve dinamik

nüfusu yapay zekâ alanında önemli bir potansiyel sunsa da bu potansiyelin nitelikli bir işgücüne dönüştürülmesi için eğitim altyapısının güçlendirilmesi gerekmektedir. Keza başta ABD olmak üzere gelişmiş ekonomilerde hemen hemen her endüstride yapay zekâ ile ilgili mesleki becerilere olan talebin arttığı görülmektedir (Maslej ve diğerleri, 2023: 3). Türkiye’de de benzer bir eğilim gözlenmekle birlikte, yetenek arzı ve talebi arasındaki uyumsuzluk önemli bir problem olarak göze çarpmaktadır. Ayrıca mevcut işgücünü eğitmenin yanında yüksek vasıflı işgücünü etkin kullanılması ve kaybedilmemesi de önemlidir. Ne var ki Türkiye’de beyin göçü oranları ekonomik açıdan benzer ülkeler ile kıyaslandığında çok daha yüksektir. Bu durum Grafik 8’de gösterilmiştir.

Grafik 8. Kümülatif Yapay Zekâ Yetenek Göçü (2019-2024)



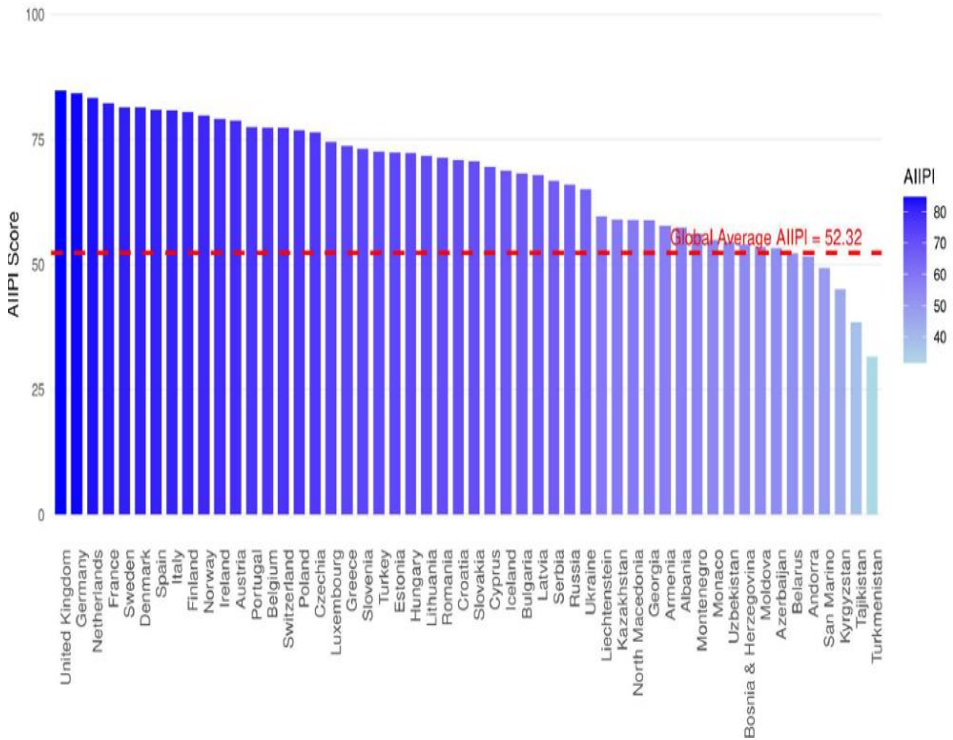
Kaynak: (Aslantaş ve Bağcı, 2025:125)

Grafikte Türkiye’ye ait değerin negatif olduğu görülmektedir. Bu durum Türkiye’nin 2019–2024 arasında yapay zekâ alanında yüksek vasıf düzeyine sahip kişiler açısından net bir “beyin göçü” yaşadığını ortaya koymaktadır. Diğer bir ifade ile Türkiye, yapay zekâ uzmanlarını yetiştirmesine rağmen onları başka ülkelere kaptırmakta ve bu da ülke içinde nitelikli insan kaynağı havuzunun daralmasına yol açmaktadır. Bu durum Türkiye’nin yapay zekâ ekosisteminde sürdürülebilir büyümesini zorlaştırmakta ve hem araştırma hem de sanayi uygulamaları açısından dışa bağımlılığını arttırma riski taşımaktadır. Ayrıca negatif göç eğilimi Türkiye’de uzmanların kariyer gelişimi, ekonomik fırsatlar

veya araştırma altyapısı bakımından beklentilerinin karşılanmadığına da işaret etmektedir.

Yapay zekâ, günümüzün en kritik teknolojik alanlarından biri olarak ekonomik büyüme, rekabetçilik ve yenilikçilik üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Bu bağlamda yapay zekâyâ yapılan yatırımlar yalnızca beyin göçünün engellenmesini değil aynı zamanda ülkelerin küresel ölçekteki konumunun da belirleyicisi konumundaki bir faktör haline gelmiştir. Yüksek yatırım potansiyeline sahip ülkeler hem nitelikli insan kaynağını çekebilmekte hem de yenilikçi girişimlerin ve araştırma ekosistemlerinin gelişmesine uygun bir ortam yaratabilmektedir. Dolayısıyla yapay zekâ ve yatırım arasındaki ilişki ülkelerin uzun vadeli kalkınma stratejilerinin merkezinde yer almakta ve teknolojik dönüşümün sürdürülebilirliği açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Grafik 9. Avrupa ve Orta Asya Ülkelerinde Yapay Zekâ Yatırım Potansiyeli Endeksi



Kaynak: (Addo ve diğerleri, 2025: 21)

Grafik 9, Avrupa ve Orta Asya ülkelerinin yapay zekâ yatırım potansiyelini karşılaştırmalı olarak ortaya koymaktadır. Yatay eksenle ülkeler dikey eksenle ise Yapay Zekâ Yatırım Potansiyeli Endeksi (AIPI) skorları gösterilmiştir. Kırmızı kesikli çizgi ise küresel ortalama olan 52,32 seviyesini işaret ederek ülkelerin bu ortalamanın üzerinde ya da altında konumlanmalarını görselleştirmektedir. Bu bağlamda grafik yapay zekâ alanında hangi ülkelerin güçlü bir yatırım çekim merkezi olduğunu hangilerinin ise görece daha zayıf bir konumda bulunduğunu karşılaştırma imkânı sunmaktadır. Grafik 9 incelendiğinde, Birleşik Krallık, İsviçre, Hollanda, Fransa ve Almanya gibi ülkelerin yüksek skorlarla öne çıktığı ve Avrupa'nın yapay zekâ yatırımları açısından bölgesel ve küresel ölçekte cazibe merkezine dönüştüğü görülmektedir. Orta sıralarda yer alan ülkeler küresel ortalamanın üzerinde olmakla birlikte yatırım çekme kapasiteleri nispeten sınırlıdır. Türkiye'nin konumu ise ortalama seviyenin üzerinde konumlanmakta ve bu da belirli bir potansiyel barındırdığını göstermektedir.

Yapay zekâ alanındaki uluslararası iş birlikleri ve yönetim mekanizmaları da Türkiye için önemli bir gelişim alanı sunmaktadır. Türkiye'nin küresel yapay zekâ yönetiminde hızlanma yaşandığı ve ulusal düzenleyici girişimlerin arttığı görülmektedir (Zeng ve diğerleri, 2025: 5). Türkiye'nin bu küresel çabalara aktif katılımı, uluslararası standartlara uyum sağlaması ve bölgesel iş birliklerini güçlendirmesi, yapay zekâ ekosisteminin gelişimine katkı sağlayacaktır. Özellikle yapay zekâ etiği ve güvenliği konularında uluslararası iş birlikleri, Türkiye'nin bu alandaki uzmanlığını artırmasına ve küresel normların belirlenmesinde rol oynamasına olanak tanıyabilir. Ayrıca Türkiye'nin yapay zekâ alanındaki uluslararası iş birliği potansiyeli yalnızca teknolojik kapasitesinden değil aynı zamanda askeri alandaki konumundan da önemli ölçüde beslenmektedir. Özellikle silahlı insansız hava aracı (SİHA) ve insansız hava aracı (İHA) teknolojilerindeki başarısı Libya, Suriye ve Dağlık Karabağ gibi çeşitli çatışma sahalarında stratejik bir üstünlük sağlayarak Türkiye'nin bu alandaki etkinliğini görünür kılmıştır. BAYKAR, Askerî Elektronik Sanayi (ASELSAN), Türk Havacılık ve Uzay Sanayii (TUSAŞ), Roket Sanayii ve Ticaret (ROKETSAN) ve Hava Elektronik Sanayii (HAVELSAN) gibi savunma odaklı teknoloji şirketlerinin hem dayanıklı hem rekabetçi yapısı Türkiye'yi özellikle Orta Doğu bağlamında yapay zekâ temelli askeri teknolojilerde öncü aktörlerden biri hâline getirmektedir. Ayrıca Ukrayna ve Etiyopya gibi ülkelerle geliştirilen savunma teknolojisi iş birlikleri Türkiye'nin yalnızca bölgesel değil küresel ölçekte de yapay zekâ temelli savunma ekosistemine entegre olma kapasitesini ortaya koymaktadır. Bu askeri güç ve savunma diplomasisi Türkiye'nin yapay zekâ alanındaki uluslararası ortaklıklarını geliştirmesi için

stratejik bir avantaj yaratmakta ve iş birliği yoluyla kapasitesini daha da güçlendirmesi gerektiğine işaret etmektedir (Can, 2023: 358).

Yapay zekâ araştırmalarında uluslararası ortak yazarlık oranları, Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Kanada, Almanya, Birleşik Krallık ve Avustralya arasında yoğunlaşmaktadır (Zeng ve diğerleri, 2025: 41). Türkiye'nin de akademik alanda uluslararası iş birliklerini teşvik etmesi, araştırma kalitesini ve görünürlüğünü artıracaktır. Bu, aynı zamanda yapay zekâ yeteneklerinin geliştirilmesi ve bilgi transferi açısından da kritik öneme sahiptir. Yapay zekâ yeteneklerinin geliştirilmesi sadece teknik becerileri değil beraberinde etik ve toplumsal sorumluluk bilincini de kapsamalıdır. Bu sayede Türkiye yapay zekâ teknolojilerini ekonomik büyümenin yanında toplumsal fayda ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda da kullanabilecektir. Ancak yapay zekâ konusundaki akademik çalışmalar ve bu çalışmaların uygulamaya geçirilmesi konusunda Türkiye'de bir tezatlık görülmektedir. Nitekim OECD verileri, Türkiye'de yapay zekâ alanındaki akademik çalışmaların artış eğiliminde olduğunu göstermektedir. Ancak yapay zekâ projelerinin geliştirilmesi bakımından değerlendirildiğinde, Türkiye'nin Avrupa ülkeleri ve ABD gibi ileri düzey ekosistemlere sahip ülkelerin oldukça gerisinde konumlandığı görülmektedir. Bu ülkelerde yürütülen toplam 1 milyon 100 bini aşkın proje içerisinde Türkiye'nin payının yüzde 1'in dahi altında kaldığı belirlenmiştir (Asiltürk, 2024: 41). Bu durum Türkiye'nin akademik açıdan gelişiminin pratiğe dönüşmediğinin ve küresel olarak geride kaldığının açık bir göstergesidir.

Tablo 13. 2025 Yılı İçin İlk 100 İçinde Yer Alan Ekonomiler veya Sınır Aşan Bölgeler Bazında En İyi İnovasyon Kümeleri

Sıra	Küme Adı	Ekonomi / Bölge	En Çok Başvuru Yapan Firma	En Önde Gelen Kuruluş / Üniversite
1	Shenzhen–Hong Kong–Guangzhou	CN / HK	Huawei	Sun Yat Sen Üniversitesi
2	Tokyo–Yokohama	JP	Mitsubishi Electric	Tokyo Üniversitesi
3	San Jose–San Francisco	US	Google	Stanford Üniversitesi
4	Beijing	CN	BOE Technology	Tsinghua Üniversitesi
5	Seoul	KR	Samsung Electronics	Seul Ulusal Üniversitesi
6	Londra	GB	Nicoventures Trading	University College London
12	Paris	FR	Safran Aircraft Engines	Sorbonne Üniversitesi
16	Singapur	SG / MY	National University of Singapore	National University of Singapore
21	Bengaluru	IN	Samsung Electronics	IISc Bangalore

27	Münih	DE	BMW	Münih Teknik Üniversitesi
32	Stockholm	SE	LM Ericsson	Karolinska Enstitüsü
40	Zürich	CH	ETH Zürich	ETH Zürich
41	Taipei-Hsinchu	TW*	MediaTek	National Taiwan University
45	Barselona	ES	Hewlett-Packard	Barselona Üniversitesi
48	Moskova	RU	Samsung Electronics	Lomonosov Moskova Devlet Üniversitesi
49	São Paulo	BR	Braskem	São Paulo Üniversitesi
57	İstanbul	TR	Arçelik	İstanbul Teknik Üniversitesi
60	Helsinki	FI	Nokia	Helsinki Üniversitesi
63	Tahran	IR	Abdollahad Mohammad	Tahran Üniversitesi
67	Dublin	IE	Eaton Intelligent Power	University College Dublin
74	Viyana	AT	JT International	Viyana Tıp Üniversitesi
86	Kuala Lumpur	MY	MIMOS Berhad	Universiti Malaya
89	Varşova	PL	Samsung Electronics	Varşova Teknoloji Üniversitesi
Kaynak: (Global Innovation Index 2025: 6)				

Küresel ölçekte inovasyon ekosistemleri yalnızca tekil şirket veya üniversitelerin değil aynı coğrafyada yoğunlaşan aktörlerin birlikte oluşturduğu kümelenmeler sayesinde güç kazanmaktadır. Bu kümeler, çokuluslu şirketler, yerel girişimler ve öncü üniversitelerin ortak etkileşimiyle yenilikçi kapasiteyi artırmakta ve ülkelerin ekonomik rekabet gücünü doğrudan etkilemektedir. Tablo 13'teki "sınır aşan bölgeler" kavramı ise bu kümelerin bazen birden fazla ülkeye veya idari bölgeye yayıldığını, dolayısıyla uluslararası bir yenilik alanı oluşturduğunu ifade etmektedir. Tabloda Türkiye 57. sırada İstanbul inovasyon kümesi ile yer almaktadır. Bu kümede öne çıkan şirket Arçelik, öncü akademik kurum ise İstanbul Teknik Üniversitesi'dir. İstanbul'un sıralamada yer alması, Türkiye'nin küresel inovasyon ekosisteminde görünür bir aktör olduğunu göstermektedir. Ancak OECD verilerine göre 1 milyon 100 bini aşkın proje içinde Türkiye'nin payının %1'in altında kalması bu varlığın henüz yeterli düzeyde çıktıya dönüşmediği anlamına gelmektedir. Türkiye'nin küresel ölçekte inovasyon üretiminde geride kalmasının başlıca nedenleri arasında Ar-Ge yatırımlarının yetersizliği, üniversite-sanayi iş birliğinin sınırlı olması, teknoloji tabanlı girişimlerin ölçeklenme sorunları, nitelikli insan kaynağının beyin göçü veya düşük teşvikler nedeniyle ekosistemde tutulamaması ve finansman mekanizmalarının gelişmemiş olması yer almaktadır. Ayrıca büyük şirketlerin

inovasyon liderliği konusunda yeterince agresif davranmaması ve kamu politikalarının uzun vadeli stratejik çerçeveye oturmaması da proje üretim kapasitesini zayıflatmaktadır. Bu nedenle İstanbul'un sıralamada yer alması önemli bir başlangıç olsa da proje hacmi ve küresel etki yaratma açısından Türkiye'nin potansiyelini tam olarak hayata geçiremediği görölmektedir.

İnovasyon kümelerinin etkili sonuçlar üretebilmesi, yalnızca coğrafi yakınlıkla değil, güçlü kurumsal ve ekonomik bağlantılarla mümkündür. Bu tür ekosistemlerin gelişmesi için üniversiteler, araştırma merkezleri ve mesleki eğitim kurumlarıyla desteklenen sağlam bir bilgi ve Ar-Ge altyapısına ihtiyaç vardır. Yeni girişimlerin doğması ve büyümesi ise yerel sermaye kaynaklarının, yatırımcıların ve finansal kurumların sürece dâhil edilmesine bağılıdır. Kamu politikalarının uzun vadeli bir perspektifle tasarlanması, idari engellerin en aza indirilmesi ve aktörler arası koordinasyonun sağlanması da kümelerin rekabet gücünü doğrudan etkilemektedir. Ayrıca nitelikli işgücünün bölgede tutulması ve yetenek havuzunun genişletilmesi, yenilik üretim kapasitesini belirleyen temel unsurlardan biridir. Bu unsurlar bir araya gelmediğinde kümeler görünür olsa bile küresel ölçekte sınırlı etki yaratmakta ve sürdürülebilir bir inovasyon dinamizmi oluşturmamaktadır (Porter, 1998: 84-90).

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. YAPAY ZEKÂNIN EMEK PİYASALARINA ETKİSİ

5.1. Yapay Zekânın İşe ve İstihdama Etkisi

5.1.1. Yapay Zekâ ve İşlerin Otomasyonu

Tarih boyunca teknolojik gelişmeler çalışma hayatını defalarca dönüştürmüş, iş için gerekli becerileri ve üretim yapılarını yeniden şekillendirmiştir. Sanayi Devrimi ile birlikte üretim yöntemleri modernleşmiş, otomasyon artmış ve imalat sektöründe bazı iş alanları yok olurken yenileri ortaya çıkmıştır. 20. yüzyılda üretim ve otomasyon teknolojilerinde görülen hızlı gelişmeler özellikle imalatla seri üretimi hızlandırmış ve bazı rutin görevlerde makinelerin insanın yerini almasına neden olmuştur. Günümüzde ise insan-makine ilişkisini emek piyasaları bağlamında şekillendiren en önemli araç olan yapay zekâ teknolojilerinin yükselişi, bir yandan işin geleceğine yönelik hem büyük bir umut hem de derin bir endişe kaynağına dönüşmüştür (Makela ve Stephany, 2025: 4). Yapay zekânın insan emeğini tamamlayıcı mı yoksa ikame edici mi olduğu konusu bir süredir literatürü meşgul etmektedir. Yapay zekâ ve otomasyonun insan emeğinin yerini alma ihtimali beraberinde bazı temel endişeleri de ortaya çıkartmaktadır. Bu konudaki ilk endişe, yapay zekâ teknolojilerinin insana kıyasla giderek daha fazla efektif ve ucuz hale gelmesidir. Bu durum teknolojinin işgücüne ikame oranını arttırarak ücretleri azaltma potansiyeli taşımaktadır. Sanayi Devrimi'nden bu yana ilerlemeler hem sermaye hem işgücü için dengeli faydalar sağlasa da son otomasyon dalgası özellikle vasıfsız çalışanların yerini alarak bazı kesimlerde reel ücretlerin gerilemesine yol açmıştır. Bu eğilimin gelecekte daha geniş kitleleri etkilemesi beklenmektedir. İkinci endişe, makinelerin insan emeğini tamamen ikame edebilecek düzeye ulaşmasıdır. Tarihsel olarak üretimde teknolojinin emek yerine ikamesinde sürekli artış yaşansa da insan emeği üretim için her zaman temel unsur olmuştur. Ancak gelişmiş yapay zekâ ve robotik teknolojilerinin tüm iş türlerini ikame etmesi durumunda emek üretim için vazgeçilmez olmaktan çıkabilme tehlikesi taşımaktadır. Emeğin kıt bir üretim faktörü olmaktan çıkması ekonomik büyümeyi hızlandırma potansiyeli taşısa da bu durum emeğe dayalı üretimin sonunu başlatabilecektir. Üçüncü ve en önemli endişe ise insan emeğinin ekonomik olarak gereksizleşmesidir. Diğer bir ifadeyle, makinelerin insanlardan daha düşük maliyetle üretim yapması ve bunun sonucunda kitlesel işsizliğin ortaya çıkarak insanların geçimlerini sağlayamaz hale gelmesidir (Korinek ve Juelfs, 2022: 2-3).

Diğer taraftan yapay zekânın insan emeğinin yerini tamamen almasının mümkün olamayacağı da savunulmaktadır. İnsan merkezli faktörler açısından

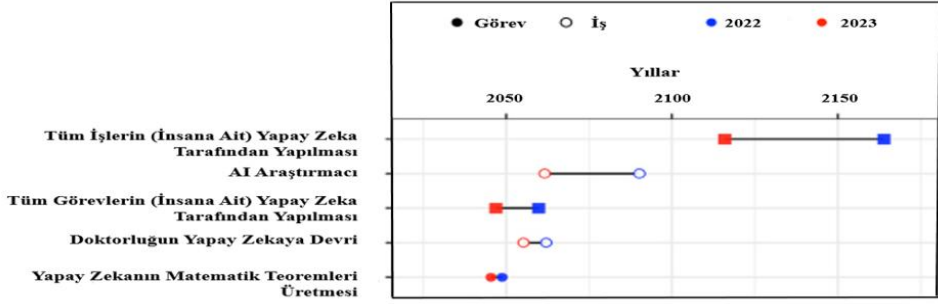
yaklaşıldığında, tüketiciler ve çalışanlar özellikle belirli mesleklerde ve hizmetlerde "gerçek" insan etkileşimine talep göstermeye devam etmeyi seçecektir. Ayrıca, makineler nesnel olarak daha üstün performans gösterse bile spor ve sanat gibi alanlarda insanların sınırlarını zorlamasını izleme ve onlarla özdeşleşme arzusu insan emeğine olan talebi sürdürebilecektir. Ek olarak yapay zekânın insan değerleri ve niyetleriyle uyumlu çalışmasını sağlamak, yalnızca insanların kendi tercihleri ve deneyimlerine dayanarak karar verebileceği bir insan perspektifi gerektirdiğinden bu durum da insan denetimini zorunlu kılacaktır. Özetle bu yaklaşıma göre yakın gelecekteki muhtemel senaryo, kayda değer fakat kısmi otomasyon dalgasıdır. Birçok iş yapay zekâ tarafından yapılsa bile tamamen işsiz bir dünya yerine insanların bu teknoloji ile birlikte çalıştığı bir düzendir. Hepsi bir tarafa kitlesel işsizliğin ekonomik eşitsizliği derinleştirerek yoksulluk, sosyal uyum kaybı ve politik istikrarsızlık gibi sonuçlara yol açabileceği ve sosyal yapının ve toplum dinamiklerinin bunu kaldıramayacağı da vurgulanmaktadır (Rymon, 2024: 7-11). Ancak yapay zekâ teknolojilerinin geliştirilmesi büyük ölçüde özel sektörün kontrolünde gerçekleştiği ve bu konuda gerekli düzenlemelerin henüz tüm dünyada yeterli bir seviyede hayata geçirilemediği göz ardı edilmemelidir. Bu durumun şirketlerin yatırım getirisi ve pazar payı gibi kısa vadeli kâr hedeflerini işsizlik, gelir eşitsizliği veya mesleklerin dönüşümü gibi uzun vadeli toplumsal etkilerin önüne koymasına neden olabileceği vurgulanmaktadır (Gasser ve Almeida, 2024: 2-3).

Yapay zekâ ekosisteminin kamu yararına hizmet etmesi için güçlü bir yönetim çerçevesi oluşturulmadığı takdirde, özel sektörün kâr odaklı yaklaşımının işgücü piyasasında derin yapısal değişimlere ve bölgesel eşitsizliklerin artmasına yol açabileceği savunulmaktadır (Mazzucato ve diğerleri 2023: 2-3). Keza, DEF 2025 raporuna göre işverenlerin %40'ı, yapay zekâ ile otomasyonun mümkün olduğu görevlerde işgücünü azaltmaya olumlu yaklaşmaktadır. Bu kaygılardan ötürü gelecekte gelirin sermaye sahipliği veya sosyal yardımlar gibi yeni yollarla dağıtılmasının zorunlu hale geleceğini de öngörülmektedir. Özellikle çalışmaya şart koşulmayan Evrensel Temel Gelir (UBI) gibi politikaların, insanların temel geçimlerini sağlamak için kritik olacağı ve eğer insan emeği ekonomik olarak gereksiz hale gelirse, toplumun refahını en üst düzeye çıkarmak için insanları çalışmaya zorlamak yerine temel bir gelirle desteklemek gerekeceği öngörülmektedir (Korinek ve Juelfs, 2022: 34).

Mevcut tartışmaları bir kenara bırakırsak, yapay zekâ alanında yapılan çeşitli araştırmalar, bu teknolojilerin yalnızca rutin ve fiziksel görevleri değil aynı zamanda geleneksel olarak yüksek vasıf gerektiren bilişsel ve yaratıcı işleri de dönüştürme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Bu dönüşüm bir yandan bazı sektörlerde yüksek işsizlik oranlarını getirecekken diğer yandan yeni iş alanlarının doğmasına ve verimliliğin artmasına imkân tanıyacağı benzenmektedir (Eloundou ve

diğerleri, 2023). Bu nedenle, yapay zekânın çalışma hayatına olan etkilerini öngörebilmek için bu teknolojilerin çift yönlü doğasını (ikame edici-tamamlayıcı) dikkatle analiz etmek ve geleceğe yönelik mümkün olduğunca tutarlı öngörülerde bulunmak gerekmektedir. Ancak yapay zekâ teknolojilerindeki sürekli ilerleme, işin geleceğine ilişkin öngörülerin de dinamik bir biçimde değişmesine yol açmaktadır. Bu bağlamda olumlu ya da olumsuz senaryoların hem içeriklerinin güncellendiği hem de öngörülen zaman ufuklarının ileri veya geri çekildiği gözlemlenmektedir. Keza Şekil 16’da Grace ve diğerlerinin (2024) yapay zekâ konusunda uzman olan 100 katılımcıya yaptıkları anket çalışmasının sonuçları gösterilmektedir. Bu anket çalışması sadece bir yıl arayla (2022-2023) aynı uzmanların görüşlerinin değişimini göstermektedir.

Şekil 16. Yapay Zekânın Emek Piyasalarına Etkisine Yönelik Uzman Öngörüler (2002-2023 Tahminleri)

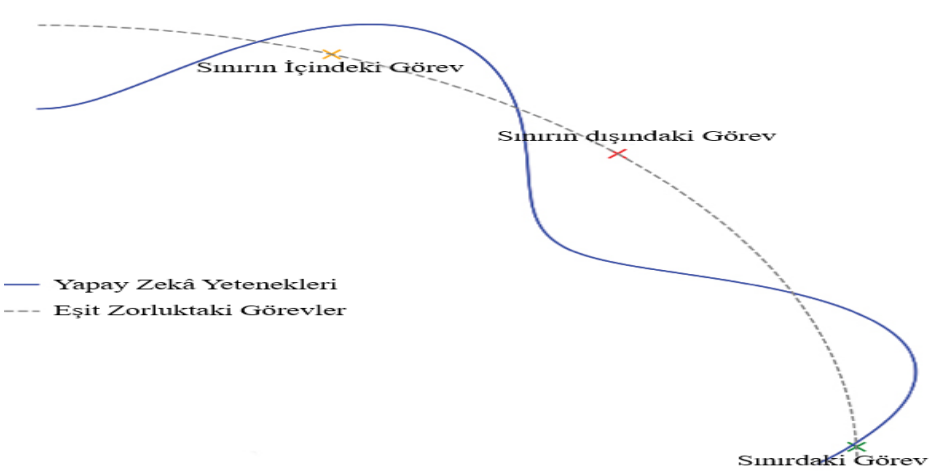


Kaynak: (Grace ve diğerleri, 2024: 3)

Şekil 16’ya bakıldığında insana ait tüm işlerin tahmini olarak 2110-2170 yılları arasında yapay zekâya devredilerek tamamen otomatikleşeceği öngörülmektedir. Uzman görüşlerinde sadece bir yıllık (2022-2023 tahminleri) fark olmasına rağmen yapay zekânın işi tamamen devralacağına yönelik öngörüler yaklaşık olarak elli yıl öne çekilmiştir. İnsana ait görevlerin ise çok daha kısa bir süre içinde yapay zekâya devri söz konusudur. Bu aşamada kafa karıştıran durum, işin aslında görevin bir alt kolu olmasıdır. Diğer bir ifade ile görev işten çok daha geniş ve karmaşıktır ancak işin devri koşundaki öngörüler daha geç tahminlidir. Keza yazarlar da bu konuya dikkat çekerek, işin yapay zekâya devrinin uzmanlar tarafından “insanın istihdam edildiği tüm alanların yapay zekâ tarafından devralınacağı” şeklinde algılandığını belirtilmiştir. Şekle geri dönersek, yüksek beceri gerektiren matematik teorileri üretmek, cerrahlık ve araştırmacılık gibi işlerin yakın gelecekte yapay zekâya tarafından yapılabileceği uzmanlar tarafından öngörülmüştür.

Yapay zekânın işgücü piyasası üzerindeki etkileri, homojen bir yapı sergilememektedir. Özellikle yüksek maaşlı ve bilişsel beceri gerektiren mesleklerin, yapay zekâ teknolojilerine daha fazla maruz kaldığı görülmektedir. ABD işgücü üzerinde yapılan bir çalışmaya göre LLM (Large Language Model - Büyük Dil Modeli) metin düzenleme, basit kodlama gibi belirli görevleri %50 daha hızlı bir şekilde yapabilmektedir. Çalışma LLM destekli yazılımlar dikkate alındığında, daha şimdiden işlerin yaklaşık %19'unun ve görevlerinin ise en az %50'sinin LLM'lere maruz kaldığını göstermektedir. Ayrıca bu çalışma matematikçiler, halkla ilişkiler uzmanları ve veri analistleri gibi mesleklerin yapay zekâ araçlarının (LLM) yetenekleriyle doğrudan örtüşen görevler içermeleri nedeniyle daha yüksek düzeyde etkiye maruz kaldığını göstermektedir (Eloundou ve diğerleri, 2023). Bu konudaki benzer bir araştırma yine yakın sonuçları ortaya koymuştur. ABD'de yapılan bir saha deneyi, danışmanların LLM kullandıklarında kontrol grubuna kıyasla görevleri %12,2 daha fazla tamamladıklarını, %25,1 daha hızlı olduklarını ve sonuç kalitesinin %40'tan fazla arttığını göstermiştir. Yapay zekânın yeteneklerinin açıkça tanımlandığı ve güçlü olduğu yaratıcı ve analitik görevlerde verimlilik artışı daha belirgin şekilde gözlenmiştir. Ancak daha karmaşık ve örtük bilgi gerektiren (yapay zekânın yetenek sınırlarının dışında kalan) görevlerde bu katkı oranı %19 düşüş yaşamıştır (Dell'Acqua, 2023: 4). Bu çalışmada dikkat çeken kısım, yapay zekâyâ verilen görevin başarısı zorluğuna değil bu görevin veya işin yapay zekânın yetenek sınırları içinde kalıp kalmadığına bağlı olmasıdır.

Şekil 17. Yapay Zekâ Yeteneklerinin Girintili-Çıkıntılı Sınırı

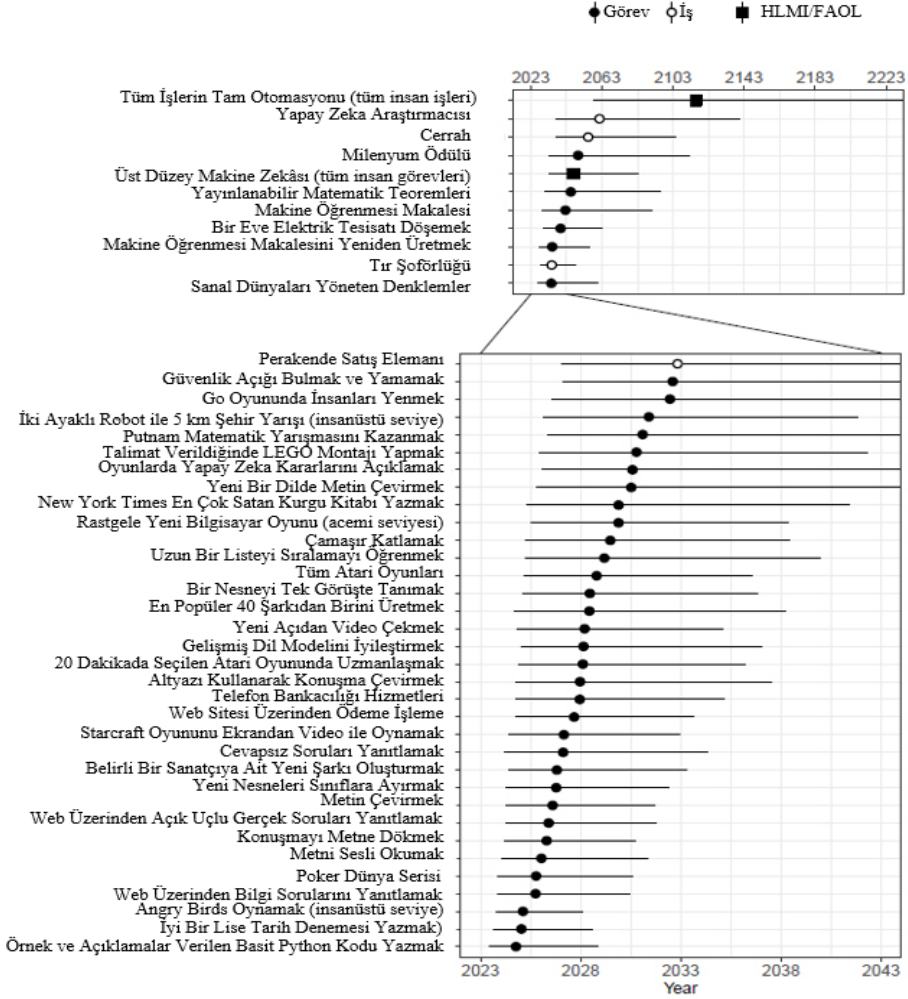


Kaynak: (Dell'Acqua ve diğerleri, 2023: 27)

Şekil 17 incelendiğinde, yapay zekânın görev performansının homojen bir ilerleme göstermediğini ve farklı görev türlerinde yetenek sınırlarının dalgalı bir yapı sergilediğini görebilmekteyiz. “Jagged Frontier of AI Capabilities” olarak adlandırılan bu kavramsal modelde, mavi çizgi yapay zekânın mevcut yetenek seviyesini temsil ederken, gri kesikli çizgi aynı zorluk seviyesindeki görevleri göstermektedir. Yapay zekâ bazı karmaşık görevleri başarıyla yerine getirebilirken daha basit görünen ancak farklı bilişsel beceriler gerektiren görevlerde zorlanabilmektedir. Daha önce de dediğimiz gibi önemli olan yapay zekâya verilen görevin zorluğu değil bu görevin veya işin yapay zekânın yetenek sınırları içinde kalıp kalmadığıdır. Dolayısıyla, işgücü piyasasında yapay zekânın etkisi, yalnızca teknolojinin genel kapasitesine değil aynı zamanda görevlerin doğasına ve bilişsel gerekliliklerine bağlı olarak değişmektedir.

Keza bu durumun önemli bir yansıması coğrafi ve bölgesel farklılıklar açısından da görülmektedir. Georgieff ve Hyee (2022), 23 OECD ülkesini kapsayan çalışmalarında, yapay zekâya maruz kalma ile istihdam artışı arasında genel bir ilişki bulamamışlardır. Bunun yerine, bilgisayar kullanımının zaten yüksek olduğu mesleklerde yapay zekâya daha fazla maruz kalmanın, daha yüksek istihdam artışıyla ilişkili olduğunu tespit etmişlerdir. Bu bulgu, dijital altyapısı ve beceri seviyesi yüksek olan ekonomilerin ve sektörlerin, yapay zekânın getirdiği verimlilik artışlarından daha fazla faydalanabileceğini göstermektedir. Diğer bir deyişle, bu sektörlerde yapay zekânın istihdam artışı üzerindeki pozitif etkisi diğerlerine nazaran daha belirgindir (Georgieff ve Hyee, 2022: 14-21). Özetle, yapay zekânın “yetenek sınırı”nın (frontier) coğrafi olarak sabit olmadığını ve ekonomik gelişmişlik, meslek kompozisyonu ve eğitim altyapısına göre bölgesel farklılıklar gösterdiğini söyleyebilmek mümkündür. Keza tarım işçileri, sporcular, inşaat işçileri ve otomotiv tamircileri gibi fiziksel beceri ve el becerisi gerektiren mesleklerin yapay zekâdan etkilenme olasılığının şimdilik daha düşük olduğu savunulmaktadır. Bunun nedeni olarak yapay zekânın mevcut yeteneklerinin bilişsel görevlerde fiziksel görevlere kıyasla daha ileri düzeyde olması gösterilmektedir. Bu durum işgücü piyasasındaki dönüşümün sektörel ve mesleki bazda farklı hızlarda ilerleyebileceği anlamına gelmektedir (Eloundou ve diğerleri, 2023).

Şekil 18. Yapay Zekâ ve HLMI/FAOL İçin Öngörülen Gerçekleşme Yılları



Kaynak: (Grace ve diğerleri, 2024: 3)

Şekil 18’de gelecekte hangi işlerin yapay zekâ tarafından yapılacağına yönelik uzman öngörülleri bulunmaktadır. Sunulan öngörüler, yapay zekânın bilişsel görevlerde fiziksel görevlere kıyasla daha kısa sürede insan seviyesinde performans sergileyeceğini ortaya koymaktadır. Kod yazma, metin üretme, konuşma tanıma ve strateji oyunlarında insan performansına ulaşma gibi yüksek bilişsel yetkinlik gerektiren görevler için tahminler 2023-2028 yılları arasında yoğunlaşmaktadır. Buna karşın, çamaşır katlama, LEGO montajı, nesneleri fiziksel olarak sınıflandırma veya ev içi elektrik tesisatı döşeme gibi motor beceri ve fiziksel koordinasyon gerektiren görevlerin tamamlanma öngörülleri daha ileri

tarihlere, bazı durumlarda 2060 sonrasına kadar uzanmaktadır. Bu farklılaşma, mevcut yapay zekâ yetkinliklerinin ağırlıklı olarak bilişsel alanlarda yoğunlaştığı tespitini desteklemektedir. Dolayısıyla işgücü piyasasında dönüşümün, bilişsel mesleklerde daha hızlı ve fiziksel beceri gerektiren mesleklerde ise daha yavaş ilerlemesi beklenmektedir. Bu durum, otomasyonun sektörel ve mesleki bazda farklı hızlarda gerçekleşeceğini ve işgücünün uyum sürecinin alanlara göre çeşitlilik göstereceğini işaret etmektedir. Ayrıca, bilişsel görevlerdeki hızlı gelişim, yüksek vasıflı işlerin dahi kısa vadede otomasyondan etkilenebileceğine işaret ederken, fiziksel görevlerdeki gecikme, bazı düşük vasıflı işlerin orta vadede görece korunabileceğini göstermektedir.

Ancak fiziksel işlerden “yüksek derecede tekrara dayalı” görevlerde yapay zekâ ve otomasyon öncelikli olarak etkisini göstereceğini ifade edilmektedir. Bu bağlamda hem bilişsel hem de fiziksel işlerde rutin niteliği ağır basan mesleklerin, teknolojik ikamenin ilk hedefi olacağı belirtilmektedir. Örneğin, veri girişi, çağrı merkezi işlemleri ve basit muhasebe gibi düşük beceri gerektiren bilişsel görevler ile üretim hattı işçiliği, paketleme ve montaj gibi fiziksel görevler standartlaşmış iş yapısı nedeniyle daha kısa vadede otomasyona uğrayacağı savunulmaktadır (Georgieff ve Hyee, 2022: 9; Eloundou ve diğerleri, 2023: 5-6). Bu durum, işgücü piyasasında mesleklerin otomasyon maruziyetinin yalnızca fiziksel-bilişsel ayrımıyla değil, aynı zamanda görevlerin tekrar düzeyi ve standardizasyon derecesiyle de yakından ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu durum (Bkz. Şekil 17) yapay zekâ yeteneklerinin girintili-çıkıntılı sınırı ile de açıklanabilmektedir. Nitekim bir görevin yapay zekâ tarafından yerine getirilme olasılığının, görevin bilişsel ya da fiziksel olmasının yanında yapay zekânın mevcut yetenek sınırlarının içinde bulunup bulunmamasına da bağlıdır. Bu bağlamda tekrara dayalı olan standartlaştırılmış fiziksel görevler, yüksek düzeyde bilişsel beceri gerektirmemelerine rağmen yapay zekânın mevcut kapasitesiyle kolayca otomasyona devredilebilecektir. Dolayısıyla, bu tür görevlerin işgücü piyasasında diğer birçok fiziksel işten daha erken bir biçimde yapay zekâyı devredilmesi olası gözükmektedir.

5.1.2. Yapay Zekâ Perspektifinden Gelecek Öngörülleri

Yapay zekâ alanındaki ilerlemelerin gelecekte işgücü piyasalarını sarsacağı ve teknolojinin geçmişte olduğu gibi gelecekte de birçok işi otomasyona uğratacağı açıktır. Yapay zekânın emek piyasaları üstündeki dönüştürücü etkisi uzmanlar tarafından hem fırsatları hem de zorlukları barındıran çift yönlü bir fenomen olarak görülmektedir. Yapay zekânın bize sunduğu gelecek şudur (Smith ve Anderson, 2014):

Olumlu Açıdan:

- Tarihsel olarak teknolojik gelişmeler bazı iş türlerini ortadan kaldırırsa da toplmada daha fazla yeni iş alanlarını da ortaya çıkıştır.
- İnsan, yapay zekânın getirdiği işlere uyum sağlayarak becerilerine uygun yeni iş alanları bulacaktır.
- Tekrara dayalı olan standartlaştırılmış fiziksel görevlerin teknoloji ile otomasyonlaşması, insanı monoton işlerden kurtararak “çalışma” kavramıyla ilişkisini daha olumlu ve toplumsal açıdan faydalı bir şekile büründürecektir.
- Sonuçta toplum olarak gelecekte ne olacağı konusundaki nihai karar insana aittir.

Olumsuz Açıdan:

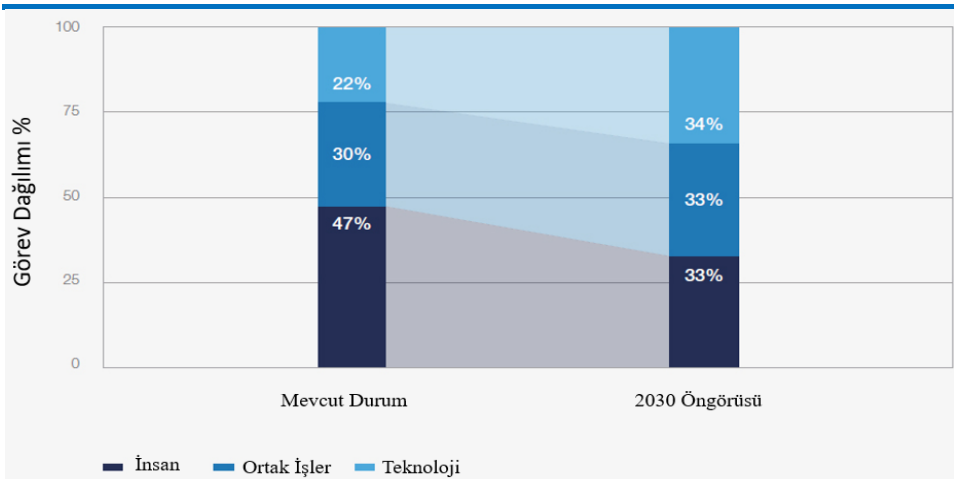
- Otomasyonun etkileri bugüne kadar çoğunlukla mavi yakalı istihdamı etkilemişken, yeni dönüşüm beyaz yakalı işleri de kökten değiştirme tehdidi taşımaktadır.
- Bazı yüksek vasıflı çalışanlar bu yeni ortamda büyük başarı elde ederken çok daha fazlası ise kalıcı işsizlikle karşı karşıya kalabilme riskiyle yüz yüzdendir.
- Mevcut eğitim sistemi bizi geleceğin işlerine yeterince hazırlamamakta, siyasi ve ekonomik kurumlarımız ise bu zor kararlarla başa çıkmakta yetersiz kalmaktadır.

Uzmanlara göre özellikle üretken yapay zekânın⁷ (generative AI) yükselişi ve vadettikleri otomasyonun kapsamını ve niteliğini temelden değiştirme potansiyeli taşımaktadır. Bazı uzmanlar yapay zekânın bu potansiyelini yeni bir sanayi dalgası olarak değerlendirmektedir. Her ne kadar kesin bir öngöründe bulunmak güç olsa da yapay zekânın gelecekte birçok işte insanın yerini alacağı kesin gibidir (Cazzaniga ve diğerleri, 2024: 2). Nitekim daha şimdiden mevcut işlerin yaklaşık üçte ikisinin sınırlı da olsa belirli bir düzeyde yapay zekâ otomasyonuna maruz kaldığı görülmektedir. Gelecekte ise üretken yapay zekânın mevcut işlerin dörtte birinin yerini alabileceği öngörülmektedir. Büyük dil modeli (LLM) tabanlı yapay zekâ sistemlerinin iş süreçlerine entegre edilmesi, birçok işin otomasyonlaşmasına yol açacaktır. Bu dil modeli uygulamaları, ABD’deki mevcut görevlerin yaklaşık %47 ile %56’sını ya tamamen otomatikleştirebilecek ya da çok daha hızlı ve verimli şekilde tamamlayabilecek bir potansiyele sahiptir (Eloundou, 2025). Küresel ölçekte ise 300 milyon tam zamanlı işin otomasyona maruz kalabileceği tahmin edilmektedir (Hatzius ve diğerleri, 2023: 1) Benzer bir

⁷ Üretken yapay zekâ (Generative AI), metin, görsel, ses veya video gibi içerikler üretebilen yapay zekâ türüdür.

araştırmaya göre uluslararası ölçekte istihdamın yaklaşık %40'ının yapay zekâya maruz kaldığı, gelişmiş ekonomilerde ise bu oranın %60'a ulaştığı görülmektedir. Gelişmiş ekonomilerde oranın yükselmesi bilişsel görevli işlerin bu ülkelerde daha yaygın olmasından kaynaklanmaktadır. Potansiyel yapay zekâ tamamlayıcılığına ilişkin bir ölçüm, işlerin yaklaşık yarısının olumsuz etkilenebileceğini ve diğer yarısının ise yapay zekâ entegrasyonu yoluyla verimlilik artışından yararlanabileceğini ortaya koymaktadır. Gelişmekte olan ekonomilerde etki oranı %40 ve düşük gelirli ülkelerde ise %26 seviyesinde olduğu tahmin edilmektedir (Cazzaniga, 2024: 2). Bu eğilimler, yalnızca istihdam oranlarını değil aynı zamanda iş süreçlerindeki görev dağılımını da köklü biçimde dönüştürmektedir. Grafik 10'da DEF'in insan ve teknoloji yoğunluğundaki değişimine yönelik 2030 yılı öngörüsü yer almaktadır.

Grafik 10. İnsan-Makine Etkileşiminde Değişim: Tamalayıcılık ve İkame (2025–2030)



Kaynak: (World Economic Forum, 2025: 26)

Dünya Ekonomik Forumu'nun öngörüsüne göre, 2023–2030 döneminde görev dağılımında önemli bir kayma yaşanacaktır. İnsan tarafından yürütülen görevlerin oranı 14 puanlık bir azalma göstererek %47'den %33'e düşeceği tahmin edilmektedir. Bu öngörü birçok işin otomasyona devredileceğinin açık bir göstergesi olarak yorumlanabilmektedir. Keza teknoloji tarafından tamamen yürütülen görevlerin oranı %22'den %34'e çıkarak 12 puan artacaktır. Ortak işler kategorisindeki artış ise (%3) insan makine iş birliğinin yaygınlaşacağına işaret etmektedir. Filippi ve arkadaşlarının (2023) çalışması, teknolojinin çeşitli ülkelerdeki çalışanların görevlerinin otomasyon veya yapay zekâ temelli

teknolojiler tarafından ikame edilme riskini son derece detaylı bir şekilde ele alınmıştır. Bu çalışma Tablo 14’de gösterilmektedir. Meslek temelli (occupation-based) yaklaşım otomasyon riskini yüksek bulurken, görev temelli (task-based) yaklaşım nispeten daha düşük otomasyon oranlarına ulaşmaktadır. Bunun nedeni görev temelli yaklaşımın aynı meslek içindeki görev çeşitliliğini dikkate alarak yalnızca otomasyona uygun olan görevleri hesaba katmasından kaynaklanmaktadır (Arntz ve diğerleri, 2016: 7).

Tablo 14. Çeşitli Ülkelerde Çalışanların Yapay Zekâ ve Otomasyon Kaynaklı İkame Riskine Göre Dağılımı

MESLEK TEMELLİ YAKLAŞIM		
Ülkeler ve Bölgeler	İşçilerin İkame Edilme Riskine Göre Dağılımı	Yazar
Asya Ülkeleri	%5 ile %28 arasında yüksek risk (İşler)	Asian Development Bank (2015)
Avustralya	%41,6 düşük risk (<30%), %18,4 orta risk (30-70%), %39,6 yüksek risk (>70%), %0,4 değerlendirilmemiş	Durrant-Whyte vd. (2015)
Avusturya	%40 yüksek risk (>70%)	Haiss vd. (2021)
Brezilya	%55,03 yüksek risk (>60%)	Albuquerque vd. (2019)
Brezilya	%22 düşük risk (<30%), %18 orta risk (30-70%), %60 yüksek risk (>70%)	Lima vd. (2021)
Kamboçya	%11 düşük risk, %32 orta risk, %57 yüksek risk	Chang ve Huynh (2016)
Çin	%35,8 risk altında (BRD), kentsel alanlarda %32,7 ve kırsal alanlarda %39,5 risk düzeyi. 2049’da yüksek yapay zekâ adaptasyonu ile 332,6 milyon, düşük adaptasyon ile 200,7 milyon işçi ikame edileceği öngörülmekte.	Zhou vd. (2020)
Avrupa	Otomasyon oranı, yaklaşık %40 seviyesinden başlayarak %60’ın üzerine kadar çıkmaktadır. Kuzey AB ülkeleri otomasyondan daha az etkilenmektedir.	Bowles (2014)
Avrupa	Norveç ortalamada en az maruz kalan ve Romanya en çok maruz kalan ülke konumunda.	Crowley vd. (2021)
Finlandiya	%32 düşük risk (<30%), %33 orta risk (30-70%), %36 yüksek risk (>70%)	Pajarinen ve Rouvinen (2014)
Finlandiya	%35 yüksek risk (>70%)	Pajarinen vd. (2015)
Almanya	%59 risk altında (BRD)	Brzeski ve Burk (2015)
Almanya	%47,2 risk altında (BRD)	Dengler ve Matthes (2018)
Macaristan	%44 yüksek risk (>70%), bunun %25’i %90’ın üzerinde ve %13’ü %95’in üzerinde.	Illéssy vd. (2021)
Endonezya	%9 düşük risk, %35 orta risk, %56 yüksek risk	Chang ve Huynh (2016)
İtalya	%30,2 düşük risk (<30%), %36,6 orta risk (31-70%), %33,2 yüksek risk (>70%)	Banno vd. (2021)

İtalya	%31,5 düşük risk (<30%), %21,2 orta risk (30-70%), %47,3 yüksek risk (>70%)	Caravella ve Menghini (2018)
Japonya	%18,977 düşük risk (<30%), %25,413 orta risk (30-70%), %55,611 yüksek risk (>70%)	David (2017)
Meksika (İşler)	%63 risk altında (RDB)	Minian ve Martinez Monroy (2018)
Norveç	%33 yüksek risk (>70%)	Pajarinen vd. (2015)
Filipinler	%18 düşük risk, %33 orta risk, %49 yüksek risk	Chang ve Huynh (2016)
Singapur	2014: %29 düşük risk (<33%), %46 orta risk (33-66%), %25 yüksek risk (>66%). 1991: %11 düşük risk (<33%), %43 orta risk (33-66%), %46 yüksek risk (>66%). Singapur AB, OECD ortalaması, İngiltere ve ABD ile karşılaştırıldığında daha iyi durumdadır.	Fuei (2017)
Slovakya	2018: %18,6 düşük risk (<30%), %24,5 orta risk (30-70%), %56,9 yüksek risk (>70%). 2013: %16,7 düşük risk (<30%), %24,2 orta risk (30-70%), %59,2 yüksek risk (>70%).	Vitáloš (2019)
Güney Afrika	%22,7 düşük risk (<30%), %22,0 orta risk (30-70%), %55,3 yüksek risk (>70%)	le Roux (2018)
Tayland	%15 düşük risk, %41 orta risk, %44 yüksek risk	Chang ve Huynh (2016)
Birleşik Krallık	%33 düşük risk (<33%), %28 orta risk (33-66%), %35 yüksek risk (>66%)	Haldane (2015)
ABD	%33 düşük risk (<30%), %10 orta risk (30-70%), %47 yüksek risk (>70%)	Frey ve Osborne (2017)
ABD (İşler)	%48 risk altında (RDB)	Yamashita ve Cummins (2021)
Vietnam	%12 düşük risk, %18 orta risk, %70 yüksek risk	Chang ve Huynh (2016)

GÖREV TEMELLİ YAKLAŞIM

Ülkeler ve Bölgeler	Otomatikleştirilebilir Faaliyetlerin Oranı	Yazar
Dünya Geneli	Arjantin %48, Avusturya %47, Avustralya %45, Bahreyn %46, Barbados %49, Bermuda %46, Brezilya %50, Kanada %47, Şili %49, Çin %51, Kolombiya %53, Kosta Rika %52, Fildişi Sahili %44, Çek Cumhuriyeti %52, Mısır %49, Etiyopya %50, Fransa %43, Almanya %48, Gana %51, Yunanistan %48, Hindistan %52, Endonezya %52, İtalya %50, Japonya %56, Kenya %52, Kuveyt %41, Malezya %51, Meksika %52, Fas %51, Mozambik %51, Hollanda %45, Nijerya %46, Norveç %42, Umman %47, Peru %53, Filipinler %48, Polonya %49, Katar %52, Rusya %50, Suudi Arabistan %46, Senegal %54, Singapur %44, Güney Afrika %41, Güney Kore %52, İspanya %48, İsveç %46, İsviçre %47, Tayvan	Manyika (2017)

	%53, Tanzanya %50, Tayland %55, Türkiye %50, BAE %47, İngiltere %43, ABD %46	
OECD Ülkeleri (İlk Veri)	Yüksek risk (>70%): Avusturya %12, Belçika %7, Kanada %9, Çek Cumhuriyeti %10, Danimarka %9, Estonya %6, Finlandiya %7, Fransa %9, Almanya %12, İrlanda %8, İtalya %10, Japonya %7, Kore %6, Hollanda %10, Norveç %10, Polonya %7, Slovak Cumhuriyeti %11, İspanya %12, İsveç %7, İngiltere %10, ABD %9	Arntz vd. (2016)
OECD Ülkeleri (İkinci Veri)	Yüksek risk (>70%): Avusturya %16,6, Belçika %14,0, Kanada %13,5, Şili %21,5, Kıbrıs %20,5, Çek Cumhuriyeti %15,5, Danimarka %10,6, Estonya %12,2, Finlandiya %7,2, Fransa %16,3, Almanya %18,4, Yunanistan %23,4, İrlanda %16,0, İsrail %16,8, İtalya %15,2, Japonya %15,0, Kore %10,4, Litvanya %21,0, Hollanda %11,4, Yeni Zelanda %10, Kuzey İrlanda %12,3, Norveç %5,7, Polonya %19,7, Rusya %12,0, Singapur %13,0, Slovak Cumhuriyeti %33,6, Slovenya %25,9, İspanya %21,8, İsveç %8,0, Türkiye %16,4, İngiltere %11,6, ABD %10,0	Nedelkoska ve Quintini (2018)
Bolivya, Şili, Kolombiya, El Salvador	Ortalama otomasyon riski, tüm ülkelerde hem kadınlar hem de erkekler için %50'nin üzerindedir. En yüksek risk El Salvador'da her iki cinsiyet için de görülürken, bunu Kolombiya izlemektedir. Kadınlar açısından üçüncü sırada Bolivya, erkekler açısından ise Şili yer almaktadır.	Egana-delSol vd. (2021)
Kanada	%60,3 düşük risk (<30%), %29,1 orta risk (30-70%), %10,6 yüksek risk (>70%)	Frenette ve Frank (2020)
Avrupa Ülkeleri	%47 ile %64 arasında risk altında (İşler -BRD)	Foster-McGregor vd. (2021)
Avrupa	En yüksek oranlar Estonya (%28), Slovenya (%25), Çekya (%24), Portekiz (%21) ve İrlanda (%21)'da. En düşük oranlar ise (%7'nin altında) Bulgaristan, Malta ve Lüksemburg'dadır.	McGuinness vd. (2021)
Avrupa Birliği ve İngiltere	AB genelinde, otomasyon açısından ortadaki işçi (medyan) %51'lik ikame riski taşımaktadır.	Pouliakas (2018)
Almanya	%40 düşük risk (<30%) bunun %8'i sıfır risk, %45 orta risk (30-70%), %15 yüksek risk (>70%) bunun %0,4'ü %100 risk	Dengler ve Matthes (2018)
İtalya	%26,4 düşük risk (<30%), %55,5 orta risk (31-70%), %18,1 yüksek risk (>70%)	Banno vd. (2021)
ABD (Meslekler)	%5'ten az tamamen otomatikleştirilebilir. Mesleklerin yaklaşık %60'ında faaliyetlerin en az %30'u otomatikleştirilebilir.	Chui vd. (2015)
ABD	Mesleklerin %5'ten azı tamamen otomatikleştirilebilir. Mevcut mesleklerin yaklaşık	Manyika (2017)

	%60'ında faaliyetlerin en az %30'u otomatikleştirilebilir. Hemen her mesleğin kısmi otomasyon potansiyeli bulunmaktadır.	
*Düşük risk <%30, orta risk %30-70, yüksek risk >%70 olarak sınıflandırılmıştır. Ancak bazı çalışmalarda farklı eşik değerler de kullanılmıştır. **BRD: Belirtilmemiş Risk Düzeyi-Risk düzeyi için çalışmanın bir skala belirtmediği anlamına gelmektedir. ***Tablo, meslek temelli ve görev temelli yaklaşımlara dayalı farklı kaynaklardan derlenmiştir. Bazı ülkelerin açıklamasında yer alan '(İşler)' ifadesi, verilerin meslek veya görev ayrımı yapılmaksızın toplam iş/aktivite birimi üzerinden hesaplandığını göstermektedir.		
Kaynak: (Filippi, Bannò ve Trento, 2023: 17-18)		

Otomasyon riskinin ölçülmesinde kullanılan meslek temelli ve görev temelli yaklaşımlar arasında kayda değer metodolojik ve amprik farklılıklar bulunmaktadır. Meslek temelli yaklaşım çerçevesinde yapılan analizler Vietnam (%70), Brezilya (%55-60), Kamboçya (%57), Endonezya (%56) ve Güney Afrika (%55,3) gibi ülkelerde yüksek düzeyde otomasyon riski tespit ederken, Birleşik Krallık (%35), Finlandiya (%35-36), Norveç (%33) ve İtalya (%33-47) gibi gelişmiş ekonomilerde görece düşük risk seviyelerine işaret etmektedir. Buna karşın görev temelli yaklaşım kapsamında gerçekleştirilen değerlendirmeler, otomatikleştirilebilir faaliyetler açısından Japonya (%56), Tayland (%55), Senegal (%54) ve Kolombiya (%53) gibi ülkeleri en yüksek otomasyon potansiyeline sahip olarak tanımlarken, Güney Afrika (%41), Kuveyt (%41), Norveç (%42) ve Fransa (%43) gibi ülkeleri bu yaklaşım içinde görece daha düşük oranlara sahip ekonomiler olarak sınıflandırmaktadır. Görev temelli yaklaşımın meslek temelli yaklaşıma kıyasla sistematik olarak daha düşük otomasyon oranları üretmesinin temel nedeni, bu metodolojinin meslekleri homojen birimler olarak değerlendirmek yerine her mesleğin içinde hem otomatikleştirilebilir hem de otomatikleştirilmesi zor görevlerin bir arada bulunduğunu kabul etmesinden kaynaklanmaktadır. Bu perspektif teknolojik ilerlemenin işlerin tamamen ortadan kaldırılması yerine, mesleklerin içeriğini dönüştüreceğini ve işçilerin daha karmaşık, yaratıcı ve sosyal etkileşim gerektiren görevlere odaklanacağını öne sürmektedir. Her iki yaklaşımın ürettiği veriler genel olarak değerlendirildiğinde ise küresel ekonominin yaklaşık yarısının otomasyon etkisi altında olduğu ve bu durumun çağdaş işgücü piyasaları açısından ciddi bir dönüşümü de beraberinde getireceği görülmektedir.

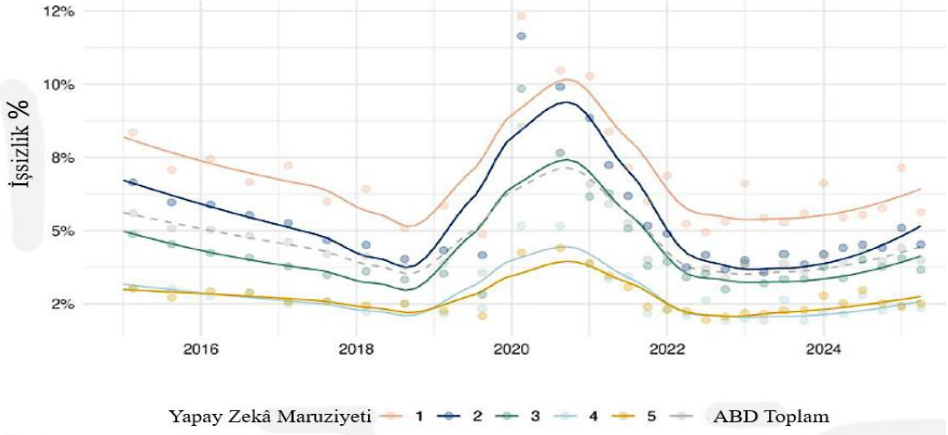
Diğer taraftan istihdam üzerindeki net etki, yerinden edilme (displacement) ve yeniden istihdam (reinstatement) arasındaki dengeye bağlıdır. Tarihsel olarak, teknolojik yeniliklerin yarattığı yeni meslekler otomasyonun neden olduğu iş kayıplarını dengelemiştir. Ancak yapay zekânın, özellikle bilişsel ve yaratıcı

görevleri otomatikleştirebilme konusunda vadettikleri bu dengenin gelecekte nasıl şekilleneceği konusunda belirsizlik yaratmaktadır. Nitekim yapay zekâ sadece ABD’de 2025’in ilk beş ayında teknolojik güncellemeler ve yapay zekâ uygulamaları nedeniyle 20.000 çalışanı işinden etmiştir (Challenger, Gray ve Christmas, 2025: 3). Bu durum, dönüşümün sancılı olabileceğini ve belirli sektörlerdeki çalışanlar için önemli zorluklar yaratabileceğini göstermektedir. Dario Amodei gibi yapay zekâ sektör liderleri, giriş seviyesi beyaz-yakalı işlerin yüzde 50’sine kadarının sadece önümüzdeki 5 yıl içinde ortadan kalkabileceğini ve işsizlik oranlarının yüzde 10-20’ye kadar yükselebileceğini öngörmektedir (Bussines Insider, 2025).

Yapay zekânın emek piyasaları üstündeki etkisi açısından en çarpıcı verilerden birisi şirketlerin henüz yapay zekâ açısından gerekli atılımları yapmamış olmasıdır. McKinsey’nin “Superagency in the Workplace” raporu, Kuzey Amerika, Avrupa, Asya-Pasifik ve Latin Amerika bölgelerinden finans, sağlık, üretim, perakende, teknoloji, enerji ve kamu hizmetleri sektörlerinde faaliyet gösteren büyük ve orta ölçekli işletmelerin üst düzey yöneticileriyle yapılan anket sonuçlarına dayanmaktadır. Bu rapora göre şirketlerin yalnızca %1’i yapay zekâ kullanımında tam potansiyele ulaşabilmiş durumdadır. %92’si ise önümüzdeki üç yıl içinde bu alandaki yatırımlarını artırmayı planladığını ifade etmektedir (Mayer ve diğerleri, 2025: 3). Henüz %1 düzeyinde olan yapay zekâ kullanım oranı, mevcut koşullarda dahi işgücü piyasalarında dönüşüm tartışmalarını gündeme getirmektedir. Bu teknolojinin işletmelerce tam kapasiteyle benimsenmesi durumunda, otomasyonun süreci etki alanını genişleterek istihdam üzerindeki baskının kısa sürede ve katlanarak artmasına zemin hazırlayacağına benzemektedir.

Yapay zekâ kaynaklı dönüşümün işgücü piyasalarında kutuplaşmayı derinleştirme riski taşıdığı da görülmektedir. Keza iyi eğitilmiş ve yüksek vasıflı çalışanların yapay zekâ ile iş birliği yaparak verimliliklerini artırma ve daha yüksek gelir elde etme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. Diğer taraftan bu teknolojilere uyum sağlayamayan veya görevleri otomasyona uğrayan çalışanlar açısından gelir kaybı ise kaçınılmaz olarak görülmektedir (Cazzaniga ve diğerleri, 2024: 4). Ancak Economic Innovation Group tarafından yapılan bir analiz yapay zekâ ve işsizlik arasındaki ilişkinin oldukça karmaşık olduğuna işaret etmektedir. Keza bu araştırmaya göre en çok yapay zekâyı maruz kalan işçilerin işsizlik oranı yükselmekle birlikte, en az maruz kalan işçilerin işsizlik oranı daha da hızlı yükselmektedir (Eckhardt ve Goldschlag, 2025: 3). Diğer bir ifade ile yapay zekâyı maruz kalma ile işsizlik oranları arasında doğru bir orantı bulunmamaktadır. Bu ilişki ABD işgücü piyasası özelinde Grafik 11’de gösterilmektedir.

Grafik 11. Yapay Zekâ Maruziyetine Göre İşsizlik Oranları (ABD)



Kaynak: (Eckhardt ve Goldschlag, 2025: 3)

Grafik 11’de maruziyet düzeyi 1 ile 5 arasında ölçeklendirilmiş olup, 1 en düşük ve 5 ise en yüksek yapay zekâ maruziyetine sahip meslekleri temsil etmektedir. Verilere göre 2022–2025 döneminde en yüksek maruziyete sahip mesleklerde işsizlik oranı artmakla birlikte, en düşük maruziyete sahip mesleklerdeki artış daha hızlı gerçekleşmiştir. Bu durum, işsizlik dinamiklerinin yalnızca maruziyet düzeyine bağlı olmadığını ayrıca eğitim, beceri ve sektör farklılıklarının da etkili olduğunu göstermektedir. Bu beceri dönüşümünün ölçeği, yapay zekâ maruziyetinin işgücü piyasasında farklı gruplar arasında eşitsizlik yaratma potansiyelini artırmaktadır. Nitekim 2025–2030 arasında yapay zekâ alanındaki hızlı ilerlemeler ile birlikte çalışanların sahip olduğu mevcut beceri setlerinin %39’unun ya dönüşeceği ya da güncelliğini kaybedeceği öngörülmektedir (World Economic Forum, 2025: 6).

5.2. Yapay Zekâ ve Geleceğin Meslekleri

Yapay zekânın işgücü piyasaları üzerindeki etkisi, teknolojik dönüşümün kaçınılmaz bir sonucu olarak hem mevcut mesleklerin ortadan kalkmasına hem de daha önce var olmayan yeni iş alanlarının doğmasına neden olan çift yönlü bir süreçtir. Nitekim tarihsel olarak teknolojik yenilikler, otomasyon yoluyla belirli görevleri ve rolleri gereksiz kılarken beraberinde yeni endüstriler ve meslekler yaratarak istihdamda net bir artış sağlamıştır (Tytler ve diğerleri, 2019: 9). Günümüzdeki yapay zekâ devrimi de bu tarihsel deseni takip etmekle birlikte, etki alanının genişliği ve dönüşümün hızı açısından önceki teknolojik dalgalardan ayrılmaktadır. Özellikle üretken yapay zekâ ve büyük dil modelleri, sadece rutin ve fiziksel görevleri değil aynı zamanda karmaşık bilişsel ve yaratıcı yetkinlikler gerektiren beyaz yaka işleri de dönüştürme potansiyeline sahiptir (Eloundou ve

diğerleri, 2023). Bu bağlamda yapay zekâ bir yandan otomasyon yoluyla işleri ikame ederken diğer yandan verimlilik artışı, yeni ürün ve hizmetlerin geliştirilmesi ve yeni uzmanlık alanlarının ortaya çıkmasıyla iş yaratıcı bir güç olarak da önemli bir rol üstlenmektedir.

Yapay zekânın yeni işler yaratmasının ardındaki temel dinamikler, teknolojinin kendisinin doğasında ve onunla etkileşime giren insan yeteneklerinin evriminde yatmaktadır. Keza yapay zekâ sistemlerinin tasarlanması, geliştirilmesi, denetlenmesi, bakımı ve entegrasyonu, yüksek düzeyde teknik uzmanlık gerektiren yeni mesleklerin doğmasına olanak tanıyacaktır. Örneğin, yapay zekâ ve makine öğrenimi uzmanları, büyük veri uzmanları ve yapay zekâ etiği ve yönetim uzmanları gibi roller gelecekte Dünya Ekonomik Formu'nun beklentileri arasına yer almaktadır (World Economic Forum, 2025: 6). Bu başlık altındaki tablolarda gelecekte ortaya çıkacak meslekler yapay zekâ mazuriyeti ve ortaya çıkma zamanı açısından kategorize ederek sunmaktadır. Bu tablolardaki meslekler Deakin üniversitesinin çalışması olan “100 Jobs of the Future” raporuna dayanmaktadır. Orijinal rapor, 11 uzman ile yapılan görüşmeler sonucunda gelecekteki iş trendlerini analiz etmiş ve 100 farklı meslek öngörmüştür. Bu öngörüler sırasında bazı mesleklerin hâlihazırda varolduğu ancak farklı isimler ile adlandırıldığı (veya çok benzer meslekler ama aynı değil) vurgulanmaktadır. Örneğin, raporda “digitech sorun gidericisi” olarak adlandırılan meslek, günümüzdeki “IT destek uzmanı” veya “sistem destek mühendisi” rollerine benzerlik gösterirken diğer taraftan “kuantum bilgisayar programcısı” gibi meslekler ise gelecekteki teknolojik gelişmelerle birlikte hayatımıza gireceği öngörülmektedir (Tytler ve diğerleri, 2019: 42-79). Aşağıdaki tablolarda işlerin mevcut durumunu veya gelecekteki potansiyelini ayırt etmek için renk skalası kullanılmamış olup, her mesleğin yapay zekâ mazuriyeti ve tahmini ortaya çıkış süresi açısından listelendirilmiştir. Toplamda 54 meslek (yüksek yapay zekâ etkisi: 31 meslek, orta yapay zekâ etkisi: 13 meslek ve düşük yapay zekâ etkisi: 10 meslek) bu kapsamda kategorize edilmiştir. Öngörüler DEF'in “Future of Jobs 2025” raporundaki tahminlere dayandırılmıştır. Üçlü sınıflandırma Tablo 15'de gösterilmektedir.

Tablo 15. Yapay Zekâ Görev Otomasyon Oranları

Kategori	Yapay Zekânın rolü	İnsanın Rolü
Yüksek Yapay Zekâ Maruziyeti	Mesleğin görevlerinin yaklaşık %70–100’ü yapay zekâ tarafından yerine getirilebilir; insan rolü denetim, etik onay ve karmaşık karar noktalarında kalır.	Stratejik kararlar, etik denetim, istisnai durumlar.
Orta Yapay Zekâ Maruziyeti	Görevlerin %30-70’sini destekler, insan-yapay zekâ iş birliği esastır.	Yaratıcılık, kişiselleştirme, sosyal beceriler.
Düşük Yapay Zekâ Maruziyeti	Görevlerin %30’undan daha azını etkiler, insan dominant rol oynar.	Empati, fiziksel beceriler, özgün yaratıcılık gibi insani öğeler.
Kaynak: (White, Lacey ve Ardanaz-Badia, 2019: 7)		
Not: Yazar tarafından tablolastırılmıştır.		

Bu meslekler için gelecek öngörülleri⁸;

- Çekirdek görevlerin yapay zekâ yetenek sınırı içinde olup olmadığı (Bkz Şekil 17. Yapay Zekâ Yeteneklerinin Girintili-Çıkıntılı Sınırı),
- Tamamlayıcı donanım ve altyapıların (robotik, sensör, veri, güvenlik vs.) mevcut durumu ve gelişimi,
- Regülasyon, kabul, maliyet, mahremiyet gibi iş akışına entegrasyon hızı açısından değerlendirilmiştir.

Tablo 16. Yüksek Yapay Zekâ Entegrasyonuna Sahip Meslekler

Meslek Adı	Süre	Açıklama
Kısa Vadeli Beklenti		
Otomasyonda Anomali Analisti	Kısa	Yapay zekâ sistemlerinde oluşan hataları ve beklenmedik sonuçları inceleyip düzeltir.
Yapay Zekâ Eğitmeni	Kısa	İnsanlara yapay zekâ sistemleriyle nasıl etkili şekilde iletişim kurulacağını öğretir.
Algoritma Yorumlayıcısı	Kısa	Yapay zekânın karmaşık kararlarını herkesin anlayabileceği biçimde açıklar.
Makine Öğrenmesi Geliştiricisi	Kısa	Kendi kendine öğrenen yapay zekâ sistemlerini tasarlar ve geliştirir.
Davranış Tahmin Analisti	Kısa	Büyük veriyle çalışarak insan davranışlarını öngören algoritmalar oluşturur.
DigiTech Sorun Gidericisi	Kısa	Ev ve iş yerlerinde kullanılan karmaşık dijital cihazlardaki teknik sorunları çözer.

⁸ Bu mesleklerin öngörülen ortaya çıkış süreleri, yapay zeka kapasitesi, altyapı olgunluğu, sektörel farklılıklar, etik/kabul faktörleri ve beceri gelişimi gibi kriterlere dayanarak tutarlı bir şekilde değerlendirilmiştir. Ancak, uzman öngörülerinin bile kısa sürelerde dramatik biçimde değişebildiği (bkz. Şekil 16) ve yapay zekâ kapasitesinin sürekli ilerlediği dikkate alındığında, bu değerlendirmeler mevcut kanıt setiyle sınırlıdır, olasılıksaldır ve zamanla güncelliğini yitirebilir.

Etik Hacker	Kısa	Yapay zekâ tabanlı güvenlik sistemlerindeki açıkları tespit eder ve sistemi güçlendirir.
Blokszincir Yetenek Analisti	Kısa	Yapay zekâ kullanarak blokszincir verilerini analiz eder ve işe alım süreçlerinde karar desteği sağlar.
Veri Emtia Simsarı	Kısa	Kurumsal ve kişisel verilerin değerini analiz eder, veri alım-satım işlemlerini yürütür.
Veri Gizliliği Stratejisti	Kısa	Yapay zekâ çağında kişisel veri güvenliğini koruyacak stratejiler geliştirir.

Orta Vadeli Beklenti

Çocuk Asistan Bot Programcısı	Orta	Çocukların güvenli oyun oynayabilmesi için tasarlanan robotları programlar.
Siborg Psikologu	Orta	Vücudunda dijital implant bulunan kişilerin psikolojik sorunlarına destek sağlar.
Dijital İmplant Tasarımcısı	Orta	İnsan vücuduna yerleştirilecek sağlık ve yaşam kalitesi artırıcı cihazları tasarlar.
Karar Destek Uzmanı	Orta	Yapay zekâ sistemleri devre dışı kaldığında insanların doğru kararlar almasına yardımcı olur.
Robot Etiğinde Uzman	Orta	Yapay zekâ ve robot teknolojilerinin etik kurallara uygun kullanılmasını sağlar.
Kişiselleştirilmiş Pazarlamacı	Orta	Kişisel verileri analiz ederek bireylere özel pazarlama stratejileri oluşturur.
Biyobaskı Mühendisi	Orta	Yapay zekâ destekli 3D yazıcılarla insan dokuları ve organları üretir.
Robot Tamircisi	Orta	Ev ve iş robotlarının bakım ve onarımını yapar.
Akıllı Toz Çobanı	Orta	Mikro sensörlerden oluşan küçük cihaz gruplarını kontrol eder ve yönetir.
Gölge Teknoloji Yöneticisi	Orta	Kurumlarda onaylanmamış yapay zekâ araçlarını güvenli şekilde sisteme entegre eder.
Sağlık Şekillendirici	Orta	Yapay zekâ ve büyük veri kullanarak kişiye özel sağlık planları geliştirir.
Adli Veri Analisti	Orta	Suç mahallerindeki dijital verileri yapay zekâ ile analiz ederek delil çıkarır.
Tahmine Dayalı Düzenleme Analisti	Orta	Gelecekteki teknolojik değişimleri yapay zekâ ile öngörür ve uygun yasal düzenlemeler önerir.
Oyunlaştırma Uzmanı	Orta	Eğitim ve sağlık gibi alanlarda yapay zekâ destekli oyunlaştırma yöntemleriyle katılımı artırır.

Uzun Vadeli Beklenti

Kuantum Bilgisayar Programcısı	Uzun	Kuantum bilgisayarlar için özel yazılım ve programlama dilleri geliştirir.
Veri Tabanlı Tıp Tanı Uzmanı	Uzun	Büyük veri analiziyle karmaşık vakalarda yapay zekâ destekli tıbbi tanı koyar.
Sanal Asistan Kişilik Tasarımcısı	Uzun	Yapay zekâ asistanlarının kişiliğini kullanıcıların tercihlerine göre şekillendirir.
Hafıza Optimize Uzmanı	Uzun	Dijital implantlar aracılığıyla insan hafızasını geliştiren sistemler tasarlar.

Sanal Cerrah	Uzun	Yapay zekâ desteğiyle uzaktan robotik ameliyatlar yapar.
Nanomedikal Mühendisi	Uzun	Hastalıkların hedefe yönelik tedavisi için yapay zekâ kontrollü nanopartiküller tasarlar.
Genetik Koçu	Uzun	Genetik analizlere dayanarak kişiye özel gen düzenleme önerileri sunar.
Veri Çiftçisi	Uzun	Büyük veri setlerinden yapay zekâ ile değerli bilgiler çıkarır.
Veri Depolama Çözümleri Tasarımcısı	Uzun	DNA tabanlı gibi gelişmiş teknolojilerle verilerin depolanma yöntemlerini geliştirir.
Veri Atığı Geri Dönüştürücüsü	Uzun	Silinecek verileri yapay zekâ ile analiz edip yeniden değerlendirir.
Freelance Sanal Düzenleyici	Uzun	Dijital ortamlardaki veri karmaşasını yapay zekâ araçlarıyla düzenler.

Kısa Vadeli: Çekirdek görevlerin çoğu yapay zekâ becerilerinin içinde (model izleme/yorumlama, kişiselleştirme ve veri yönetimi) görünmektedir. Örneğin, otomasyonda anomali analisti, yapay zekâ eğitmeni, algoritma yorumlayıcısı, kişiselleştirilmiş pazarlamacı, gölge teknoloji yöneticisi gibi roller bu alandadır. Tablodaki meslekler için gerekli altyapı (gelişmiş yazılım çözümleri, güvenilir veri yönetim sistemleri, ölçeklenebilir bulut platformları ve güçlü ağ güvenliği bileşenleri) büyük ölçüde mevcut durumdadır. Ayrıca makine öğrenmesi geliştiricisi ve veri gizliliği stratejisti gibi roller için gerekli olan büyük veri işleme kapasitesi ve mahremiyet teknolojileri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu mesleklerin büyük çoğunluğu perakende, eğitim, üretim ve pazarlama gibi sektörlerde yaygın olarak kullanılmaya uygundur. Bu nedenle çekirdek görevler, sağlık, finans ve kamu gibi daha temkinli olanlar dışındaki sektörlerde kabul edilebilir bir hızda hayata geçirilebilir.

Orta Vadeli: Çekirdek görevler karma bir dağılım göstermektedir. Analitik ve veri işleme odaklı kısımlar yapay zekâ beceri sınırının içinde yer alırken, yüksek güvenilirlik gerektiren uygulamalar ile fiziksel icra boyutu kısmen sınırın dışında kalmaktadır. Bu mesleklerin hayata geçmesi için gerekli altyapı robotik, biyoyazıcılar, kuantum donanım ve sağlık verisi standardizasyonu gibi bileşenlerden oluşmaktadır. Özellikle biyobaskı mühendisliği ve robot etiği alanlarında, biyoyumlu malzemeler, hassas sensörler ve insansı robot motor teknolojilerinin olgunlaşması kritik önemdedir. HL7 FHIR gibi standartlar yaygın olmakla birlikte, bu teknolojilerin ölçekli ve güvenli biçimde yaygınlaşması zaman alacağı benzetilmektedir. Regülasyon ve entegrasyon açısından ise klinik onay süreçleri, sorumluluk (liability) düzenlemeleri, geri ödeme mekanizmaları ve etik kılavuzların tamamlanması gerekliliği bu alanlardaki ilerlemenin orta hızda gerçekleşeceğini göstermektedir.

Uzun Vadeli: Çekirdek görevler invaziv nöro-arayüzler, nano-ölçekli otonomi ve çevreye dağılmış mikro sensör sürüleri gibi yüksek teknoloji gerektiren alanlarda yoğunlaşmakta olup, bunların büyük kısmı şuanlık yapay zekâ beceri sınırının dışında kalmaktadır. Siborg psikologu, akıllı toz çobanı, hafıza optimize uzmanı ve nanomedikal mühendisi gibi meslekler bu gruba örnektir. Gerekli altyapı güvenli implantlar, enerji ve iletişim çözümleri ile nano-imalat teknolojilerini içeren donanım ekosisteminden oluşmaktadır. Ayrıca veri tabanlı tıp tanı uzmanı ve sanal cerrah gibi rollerin hayata geçebilmesi için yüksek bant genişlikli düşük gecikmeli iletişim altyapısı (ör. 6G) ve kuantum bilgi işleme kapasitesinin gelişmiş olması gerekmektedir. Bu ekosistem dünyada henüz erken aşamadır. 2025 itibarıyla Neuralink gibi implantlar klinik denemelerde kullanılmaya başlanmış olsa da geniş ölçekli ticarileşme için çok uzun bir gelişim süreci gerekmektedir. Regülasyon ve entegrasyon açısından, mahremiyet, biyogüvenlik ve toplumsal kabul gibi yüksek bariyerler bu teknolojilerin yaygın olarak kabul görmesi için uzun süreli bir uyum sürecini zorunlu kılmaktadır.

Tablo 17. Orta Yapay Zekâ Entegrasyonuna Sahip Meslekler

Meslek Adı	Süre	Açıklama
Kısa Vadeli Beklenti		
Ekatif İmalat Mühendisi	Kısa	Üretimde yapay zekâ destekli 3D tasarım araçları kullanır ancak mühendislik ve yaratıcılık kısmı insana aittir.
Enerji ve Veri Sistemleri Kurucusu	Kısa	Akıllı enerji ve veri sistemleri kurar; teknik bilgi ve saha uygulamaları insan tarafından yürütülür.
Entegre Ev Teknoloji Simsarı	Kısa	Akıllı ev teknolojileri konusunda danışmanlık yapar; kullanıcı ihtiyaçlarını analiz eder.
Biyomimetik İnovatör	Kısa	Doğadan ilham alan teknolojiler geliştirir; yapay zekâ destekli araştırma yapsa da yaratıcılık insana bağlıdır.
Orta Vadeli Beklenti		
Yaşam Boyu Eğitim Danışmanı	Orta	Yapay zekâ ile öğrenme eğilimlerini analiz eder; kişilere uygun eğitim planları oluşturur.
Erken Çocukluk Öğretmeni	Orta	Sensör verilerinden yararlanır; ancak çocuk gelişimi ve öğretim süreçleri tamamen insani etkileşime dayanır.
Yerel Toplum Koordinatörü	Orta	Teknolojiden yararlanarak toplumsal projeleri organize eder; sosyal bağ kurma ve empati insana aittir.
Drone Deneyim Tasarımcısı	Orta	Drone teknolojisini kullanarak yaratıcı müşteri deneyimleri tasarlar.
Uzun Vadeli Beklenti		
Mechatronics Mühendisi	Uzun	Yapay zekâ öğrenme sistemleriyle çalışan robotları tasarlar; teknik tasarım ve mühendislik insana bağlıdır.
Yeni Malzemeler Mühendisi	Uzun	Yapay zekâ simülasyonlarıyla yeni malzemeler geliştirir; yenilikçilik ve bilimsel yaratıcılık insana aittir.

Füzyonist	Uzun	Farklı alanlardan bilgileri birleştirip yeni fikirler geliştirir; yaratıcılık ve liderlik insana dayanır.
İnovasyon Yöneticisi	Uzun	Yapay zekâdan trend analizi alır; stratejik kararlar ve liderlik insan becerisine bağlıdır.
Paylaşım Denetçisi	Uzun	Yapay zekâ araçlarıyla veri analiz eder; ancak değerlendirme ve danışmanlık süreçlerini insan yürütür.

Kısa Vadeli: Görevlerin bir kısmı yapay zekâ beceri sınırının içinde (analiz, planlama, otomasyon) yer almaktadır. Örneğin entegre ev teknoloji simsarı, biyomimetik inovasyon uzmanı, enerji ve veri sistemleri kurucusu ve drone deneyim tasarımcısı gibi roller mevcut analitik yazılımlar ve sensörlü sistemlerle desteklenebilecek mesleklerdir. Kurumsal yazılımlar, gelişmiş analitik araçlar ve sensörlü sistemler gibi altyapılar kullanılabilir durumdadır. Regülasyon ve entegrasyon süreci ise mesleki standartlar ile eğitim/uyum maliyetleri nedeniyle kademeli ilerleyeceğe benzemektedir. Bununla birlikte perakende ve turizm gibi uyum süreci kolay sektörlerde daha hızlı bir benimseme yaşanabilecektir.

Orta Vadeli: Veri yoğun alt görevler (yaşam boyu eğitim danışmanı, dijital anıt ve arşivci) yapay zekâ beceri sınırının içinde yer alırken, alan bilgisi, kültürel hassasiyet ve bağlamsal yargı gerektiren kısımlar (kültürlerarası yetenek kolaylaştırıcı, yerel toplum koordinatörü) daha insan odaklı kalmaktadır. Altyapı açısından, verinin doğru ve tutarlı olması, ortak arşiv kuralları ve sistemlerin uyumlu çalışması şarttır. Bu nedenle, blokzincir tabanlı doğrulama teknolojilerinin ve meta veri standartlarının gelişmesi kritik rol oynayacağına benzemektedir. Regülasyon ve entegrasyon süreci veri koruma, telif hakkı ve delil standartları gibi faktörler nedeniyle orta hızda ilerleyeceğe benzemektedir. Yönetişim kurallarının netleşmesi benimseme hızını artıracaktır.

Uzun Vadeli: Bu az sayıdaki iş için standartlaştırılabilir alt görevler zamanla yapay zekâ beceri sınırına girse de yüksek güven gerektiren ve sektörler arası koordinasyon isteyen çekirdek görevler (füzyonist, inovasyon yöneticisi vb.) hâlen sınırın dışında kalmaktadır. Altyapı geniş ölçekli veri paylaşımı ve birlikte çalışabilir bulut platformlarının olgunlaşması ile ivme kazanacaktır. Ayrıca, yeni malzemeler mühendisi gibi roller için ileri düzey malzeme bilimi simülasyonları ve üretim teknolojilerinin yaygınlaşması gerekmektedir. Regülasyon ve entegrasyon açısından, standartların ulusal ve uluslararası düzeyde uyumlaştırılması zorunludur ki, bu durum süreyi uzatacak gibi durmaktadır.

Tablo 18. Düşük Yapay Zekâ Entegrasyonuna Sahip Meslekler

Meslek Adı	Süre	Açıklama
Kısa Vadeli Beklenti		
Estetisyen (Gelecek)	Kısa	Gelişmiş biyoteknolojiyle kişiye özel güzellik ve bakım hizmetleri sunar; temel iş insan teması ve iletişimdir.
Yaşlı Sağlık Bakıcısı	Kısa	Robotlar fiziksel görevleri üstlense de yaşlı bireylere duygusal destek ve insani bakım sağlar.
Toplum Destek Uzmanı	Kısa	Sensör ve veri teknolojisinden yararlanır; ancak empati kurma ve sosyal bağ oluşturma insana bağlıdır.
Analogue Deneyim Rehberi	Kısa	İnsanların dijital bağımlılıktan uzaklaşıp doğayla yeniden bağ kurmalarına yardımcı olur.
Orta Vadeli Beklenti		
100 Yaş Danışmanı	Orta	Uzun ömürlü ve sağlıklı yaşam için psikolojik rehberlik yapar; teknoloji desteklidir ama insan odaklıdır.
Kültürlerarası Yetenek Kolaylaştırıcı	Orta	Yapay zekâ çeviri araçlarını kullanır; kültürel iletişim ve anlayış konularında insan rehberliği sunar.
Yerinden Edilmiş Kişiler Entegratörü	Orta	Göç eden veya yer değiştiren kişilerin topluma uyum sağlaması için sosyal destek verir; süreç tamamen insani niteliktedir.
Dijital Anıt ve Arşivci	Orta	Yapay zekâdan destek alarak dijital arşivler oluşturur; ancak hangi bilgilerin saklanacağına insan karar verir.
Uzun Vadeli Beklenti		
Nostaljist	Uzun	Dijital verilerden geçmiş dönemleri araştırır; nostaljik içerikleri insan yaratıcılığı ve empatisiyle tasarlar.
Kişisel Marka Yöneticisi ve İçerik Yaratıcısı	Uzun	Yapay zekâ araçlarından yararlanır; ancak özgün fikir üretimi, tarz oluşturma ve kişisel anlatım tamamen insana bağlıdır.

Kısa Vadeli: Çekirdek görevler ağırlıklı olarak yapay zekâ beceri sınırının dışında kalmaktadır. Tablodaki işler için empati, güven ilişkisi, bedensel/ince motor beceri gerektiren etkileşimler ve kültürel muhakeme gibi insani yetkinlikler ön planda olduğu görülmektedir. Örneğin yaşlı sağlık bakıcısı, toplum destek uzmanı, analog deneyim rehberi ve estetisyen (gelecek) gibi roller bu kapsamdadır. Altyapı açısından robotik ve sensör sistemleri mevcut olsa da bu roller için ihtiyaç görece düşüktür. Diğer bir ifade ile yapay zekâ bu mesleklerde destekleyici bir rolde kalacağı için altyapının mevcudiyeti işlerin yaygınlaşmasını düşük seviyede etkileyecektir. Ayrıca mevcut sohbet botları ve veri analitiği sistemleri bu işlerde yalnızca planlama veya bilgi desteği gibi sınırlı görevleri üstlenebilecektir. Regülasyon ve entegrasyon süreci etik kaygılar, güven ihtiyacı ve kullanıcı tercihlerinin insan temasını gerekli kılması nedeniyle sınırlı kalacağına benzemektedir.

Orta Vadeli: Standartlaşabilen alt görevler (planlama, raporlama, arşivleme/arama, çeviri) kısmen yapay zekâ beceri sınırına girse de çekirdeği oluşturan empati, kültürel muhakeme, saha koordinasyonu ve güven ilişkisi insan odaklı kalmaktadır. Örneğin 100 yaş danışmanı, kültürlerarası yetenek kolaylaştırıcı, yerinden edilmiş kişiler entegratörü ve dijital anıt ve arşivci gibi roller bu kapsamdadır. Altyapı yazılım, veri erişimi ve takip (izleme) araçları sayesinde yaygınlaşabilir durumdadır. Bununla birlikte çeviri ve içerik arşivleme gibi görevlerde yapay zekânın çok dilli modellerinin kullanılması iş yükünü önemli ölçüde hafifletecektir. Regülasyon ve entegrasyon kişisel veri, telif/kültürel miras ve etik hassasiyetler nedeniyle tedrici ilerleyecektir. Ayrıca kurumlar arası koordinasyon gerektirmesi süreci uzatacaktır.

Uzun Vadeli: Bu gruptaki uzun vadeli az sayıdaki işte rutin kısımlar zamanla yapay zekâ beceri sınırına girebilir. Ancak değer yaratan çekirdek öğeler etkileşim, empati ve yaratıcılık daha çok insana özgü unsurlardır. Bu nedenle yapay zekâ burada tamamlayıcı bir rol üstlenecektir. Altyapı açısından tam ikame için gelişmiş sosyal robotik ve güvenilir çok kipli (multimodal) algı teknolojileri gerekmektedir. Buna ek olarak, kişisel marka yönetimi alanında yapay zekânın stil uyumu, içerik üretim otomasyonu ve izleyici analitiğinde ilerlemesi de gerekmektedir. Ancak bu bile insana ait yaratıcı vizyonun yerini alamayacaktır. Regülasyon ve entegrasyon süreci ise etik gözetim, mesleki lisanslama ve kullanıcıların “insan teması” tercihleri nedeniyle seçici ve yavaş bir şekilde gerçekleşecektir.

5.3. Yapay Zekânın Beceriye Etkisi

Yapay zekâ devriminin ortaya çıkaracağı yeni işler yalnızca teknoloji odaklı rollerle sınırlı değildir. Nitekim gelecekte ortaya çıkması beklenen mesleklere bakıldığında, yapay zekânın insan yeteneklerini tamamlayan bir araç olarak konumlanacağı ve insan-makine iş birliğine dayalı yeni çalışma modellerinin giderek yaygınlaşacağı da öngörülmektedir. Bu yeni düzende eleştirel düşünme, yaratıcılık, duygusal zekâ ve karmaşık problem çözme gibi insana özgü becerilerin önem kazanması beklenmektedir (Tytler ve diğerleri, 2019: 5). Keza yapay zekânın ürettiği verileri ve çıktıları yorumlayabilen, stratejik kararlar alabilen ve teknolojiyi etik sınırlar içinde yönlendirebilen profesyonellere olan talep artarken, temel veri girişi, raporlama ve müşteri hizmetleri gibi ikame edilebilir becerilere olan talep ise giderek azalmaktadır (Makela ve Stephany, 2025: 26). Bu eğilim, teknolojinin tek başına değil, onu anlamlandıran ve değer yaratan insan becerileriyle birlikte geleceğin işlerini şekillendireceğini göstermektedir.

Yapay zekânın etkin kullanıldığı rollerde analitik düşünme, teknik yeterlilik, dayanıklılık ve çeviklik gibi tamamlayıcı becerilere olan talebin, yapay zekâ gerektirmeyen rollere kıyasla neredeyse iki kat daha fazla olduğu görülmektedir (Makela ve Stephany, 2025: 1). Dünya Ekonomik Forumu’nun 2025 “İşlerin Geleceği Raporu” da benzer şekilde analitik düşünme, yaratıcı düşünme ve teknoloji okuryazarlığının öneminin giderek artacağı vurgulamaktadır (World Economic Forum, 2025: 35). Bu durum, çalışanların yalnızca teknik yapay zekâ becerilerini değil aynı zamanda eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve etik gibi tamamlayıcı yeteneklerle de donatılması gerektiğini ortaya koymaktadır (Swetha ve Bhuvaneswari, 2024: 222).

Tablo 19. Yapay Zekâ Maruziyet Düzeyine Göre Beceri Öngörülleri

Maruziyet Seviyesi	Değer Kazanan Beceriler	Önem Kaybeden Beceriler
Düşük (Yapay Zekâ etkisi %30 altı)	Yapay zekâ ve büyük veri, programlama, teknoloji okuryazarlığı, yaratıcılık, analitik düşünme, liderlik ve sosyal etki, merak ve yaşam boyu öğrenme, dayanıklılık, esneklik, çeviklik, empati ve aktif dinleme gibi beceriler.	Rutin fiziksel işler, temel el becerisi gerektiren tekrarlı görevler
Orta (Yapay Zekâ etkisi %30-70)	Dijital veri analizi, sistematik düşünme, çevresel sorumluluk, motivasyon ve öz farkındalık, tasarım ve kullanıcı deneyimi, hizmet yönetimi ve müşteri ilişkileri, öğretme ve mentorluk, proje yönetimi gibi beceriler.	Standart raporlama, orta düzey veri girişi, tekrara dayalı idari işler
Yüksek (Yapay Zekâ etkisi %70 üstü)	Yapay zekâ gözetimi ve denetimi, algoritma etiği ve yapay zekâ-insan iş birliği yönetimi gibi beceriler.	Basit veri girişi, rutin muhasebe işlemleri, temel müşteri hizmetleri
Kaynak: (World Economic Forum, 2025: 37)		
Not: Yazar tarafından derlenmiş ve kategorize edilmiştir.		

Gelecekte yapay zekâ teknolojilerinin iş süreçlerine entegrasyonunun artmasıyla birlikte, düşük ve orta yapay zekâ maruziyetine sahip alanlarda yer alan analitik düşünme, yaratıcılık, karmaşık problem çözme, liderlik, dijital okuryazarlık, yapay zekâ ve büyük veri analizi ile programlama gibi becerilerin öneminin artacağı öngörülmektedir. Bu beceriler insan ve makine iş birliği çerçevesinde değer kazanmaktadır. Keza yapay zekâ büyük veri işleme ve hızlı analiz sağlarken, insan ise stratejik değerlendirme, bağlamsal yorumlama ve etik karar alma gibi alanlarda vazgeçilmez bir rol üstlenmektedir. Buna karşılık yüksek yapay zekâ maruziyetine sahip görevlerde kullanılan ve tekrara dayalı, standartlaştırılmış veya düşük yaratıcılık gerektiren beceriler (temel veri girişi, rutin muhasebe işlemleri veya standart müşteri hizmetleri) hızla önem

kaybedecektir. Bu tür işler yüksek otomasyonlaşma ihtimali nedeniyle gelecekte büyük ölçüde yapay zekâ sistemleri tarafından devralınabileceği öngörülmektedir. Benzer bir değerlendirme⁹ DEF tarafından da yapılmış olup; analitik düşünme, yaratıcılık, yapay zekâ ve büyük veri becerileri gibi alanların öneminin hızla artacağı ve buna karşılık rutin idari görevler, basit veri girişi ve tekrara dayalı işlemlerin değer kaybedeceği öngörülmektedir (World Economic Form, 2025: 37).

5.3.1. Yapay Zekâ Devriminde Değer Kazanan Beceriler

Yapay zekâ teknolojilerinin hızla gelişimi, iş dünyasında ve toplumsal yaşamda köklü dönüşümlere yol açmaktadır. Bu dönüşüm bir taraftan insan becerilerine olan talebi yeniden şekillendirerek bazı yetkinliklerin değerini artırırken diğer taraftan ise bazı becerileri arka plana itmektedir. Yapay zekânın dönüştürücü güç olduğu geleceğin iş dünyasında başarılı olabilmek için bu teknolojinin tamamlayıcısı niteliğindeki becerilerine odaklanmak kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda analitik ve eleştirel düşünme, yaratıcılık ve inovasyon, dijital okuryazarlık ve teknik yeterlilik, kişilerarası ve sosyal beceriler, problem çözme ve stratejik karar alma, ömür boyu öğrenme ve adaptasyon ile etik ve sorumluluk gibi beceriler yapay zekâ çağında giderek önem kazanması beklenen becerilerdir.

Analitik ve Eleştirel Düşünme Becerisi: Bu beceri basitçe yapay zekâ sistemlerinin ürettiği büyük veri setlerini ve karmaşık çıktıları anlamlandırma, değerlendirme ve yorumlama yeteneğini ifade etmektedir. Yapay zekâ verileri işleme ve kalıpları tanıma konusunda üstün olsa da bu verilerin bağlamını anlama, doğruluğunu sorgulama ve çıkarımların geçerliliğini değerlendirme gibi süreçler insan zekâsının vazgeçilmez unsurlarıdır. Yapay zekâ destekli sistemlere aşırı güvenmek insanların eleştirel düşünme ve analitik akıl yürütme yeteneklerini olumsuz¹⁰ etkilemektedir (Zhai ve diğerleri, 2024: 16). Örneğin, yapay zekâ destekli tanı sistemlerinin tıp alanındaki kullanımına ilişkin son dönem araştırmalar, uzmanların tanısal yetkinliklerinde zamanla gerileme yaşandığını ortaya koymaktadır. Polonya'daki dört endoskopi merkezinde gerçekleştirilen "ACCEPT" çalışmasında, yapay zekâ destekli kolonoskopi sistemini altı ay boyunca düzenli kullanan endoskopistlerin adenom tespit oranlarının (ADR), sistem kapatıldığında %28'den %22'ye kadar gerilediği saptanmıştır. Çalışma, tanı süreçlerinde yapay zekânın sağladığı hız ve doğruluk

⁹ DEF Future of Jobs Report 2025'te yer alan "Skills on the rise, 2025–2030" grafiğinde de benzer öngörüler yapılmaktadır.

¹⁰ Zhai ve arkadaşlarının bulgularına göre: Yapay zekâyâ aşırı bağımlılık, eleştirel düşünme becerilerini (%75), teknolojiye gereğinden fazla güvenme riskini (%73) ve yanlış bilgi yayılmasını (%70) düzeyinde olumsuz olarak etkilemektedir (s.16).

avantajına rağmen insanın eleştirel değerlendirme ve bağlamı anlama kapasitesinin korunmasının gerekliliğini vurgulamaktadır (Jeyaretman, 2025). Dolayısıyla yapay zekâ pek çok alanda önemli katkılar sunsa da sağlıklı ve isabetli kararlar için insanın analitik ve eleştirel düşünme becerilerinin korunması ve geliştirilmesi vazgeçilmezdir.

Yaratıcılık ve İnovasyon: Bu beceri yapay zekânın rutin ve tekrarlayan görevleri üstlenmesiyle birlikte daha da ön plana çıkan becerilerdir. Yapay zekâ, mevcut veriler ışığında yeni içerikler üretebilse de özgün fikirler geliştirme, farklı disiplinler arasında bağlantılar kurma ve beklenmedik sorunlara yaratıcı çözümler bulma yeteneği konusunda hala insana özgü olduğu ifade edilmektedir. Örneğin, “üretken yapay zekâ” modellerinin metinlerden görüntüler oluşturabilme gibi ileri seviye becerilere sahip olsa da insan düşüncesinin ve yaratıcılığının ötesine geçemediği savunulmaktadır. Bu nedenle gelecekte, yapay zekânın sağladığı araçları kullanarak yeni ürünler, hizmetler veya iş modelleri tasarlayabilen bireyler, rekabet avantajı elde edeceklerdir (Morandini ve diğerleri, 2023: 42). Bu beceri, özellikle sanatsal alanlardan bilimsel araştırmalara kadar geniş bir yelpazede değerini artıracaktır. Diğer taraftan yapay zekâ, özellikle generatif modeller aracılığıyla, yüksek düzeyde yaratıcı becerilere sahip insanlarla dahi rekabet edebilecek hatta onları geçebilecek kapasiteye ulaştığı görülmektedir. Bu durum, müzik ve diğer yaratıcı endüstrilerde çalışanlar arasında, mesleklerinin geleceğine dair ciddi çekincelere yol açmaktadır. Nitekim Avustralya ve Yeni Zelanda’daki müzik yaratıcılarının geniş katılımıyla gerçekleştirilen AI and Music ilgili raporda da vurgulandığı üzere, yaratıcı süreçlerde yapay zekânın rolü hem fırsat hem de tehdit olarak algılanmaktadır. Bu rapordaki önemli bazı bulgular şunlardır (Arpa Amcos, 2024): 2028’e kadar müzik üreticilerinin gelirlerinin %23’ü, generatif yapay zekâ modelleri nedeniyle risk altında olacağı tahmin edilmektedir. Bu durum, toplamda yaklaşık 519 milyon Avustralya Doları (AUD) tutarında bir gelir kaybına karşılık gelmektedir. Katılımcıların %54’ü, yapay zekâ teknolojisinin insan yaratıcılığını destekleyebileceğini düşünürken, %82’si ise yapay zekâ kullanımı nedeniyle geçimlerini sağlayamayacak duruma gelmekten endişe etmektedir. Günümüzde yaratıcı yapay zekâ uygulamalarının güncel durumu bile şimdiden birçok insani becerinin yapay zekâ tehdidi altında olduğunu göstermektedir. Nitekim yapa zekâ artık bir sanatçının sesini dakikalar içinde taklit edebilmekte, merhum bir şarkıcının sesleriyle yeni eserler üretilebilmekte veya gerçek bir kişiye ait olmayan tamamen yapay zekânın yorumuna kalmış bir ses sentezi ile yepyeni bir kişiliğe bürünebilmektedir. Dil modelleri saniyeler içinde yepyeni besteler yazabilecek olgunluğa ulaşmış durumdadır (Semancik, 2024). Yapay zekânın

artan yaratıcılığı gelecekte insanın bu beceriye daha fazla odaklanmaya mecbur bırakacağı benzenmektedir.

Dijital Okuryazarlık ve Teknik Yeterlilik: Bu beceriler yapay zekâ çağının temel gerekliliklerinden biridir. Dijital okuryazarlık sadece yapay zekâ araçlarını kullanabilme yeteneğini değil, aynı zamanda yapay zekâ ve büyük veri analizi prensiplerini anlama, algoritmaların nasıl çalıştığını kavrama ve programlama dillerine hâkim olma gibi daha derin teknik bilgileri de kapsamaktadır. Bu beceriler, bireylerin yapay zekâ sistemleriyle etkin bir şekilde etkileşim kurmasını, verileri analiz etmesini ve teknolojik gelişmeleri takip etmesini sağlamaktadır (Wang ve diğerleri, 2024: 1). Özellikle yapay zekâ ve büyük veri analizi alanındaki uzmanlık, şirketlerin stratejik kararlar almasında ve rekabetçi kalmasında kilit rol oynamaktadır. Örneğin Netflix'in öneri algoritmaları, kullanıcı davranışlarını analiz ederek kişiselleştirilmiş içerik sunan yapay zekâ tabanlı bir büyük veri sistemidir. Bu konuda yapılan bir çalışmada, bu algoritmaların şirketin kullanıcı bağlılığını artırmada ve abonelik iptallerini azaltmada kritik rol oynadığı ortaya konmuştur. Araştırmaya göre bu başarıda veri bilimcilerin makine öğrenmesi algoritmalarına hâkimiyetleri, programlama dillerindeki (Python, R) yetkinlikleri ve büyük veri analizi becerilerinin belirleyici olmaktadır. Bu bulgu, dijital okuryazarlık ve teknik yeterlilik becerilerinin yalnızca bireysel mesleki gelişim için değil, küresel ölçekte stratejik rekabet avantajı sağlamak için de vazgeçilmez olduğunu göstermektedir (Gomez-Urbe ve Hunt, 2015: 1-17).

Kişilerarası ve Sosyal Beceriler: Bu beceriler yapay zekânın otomatikleştiremediği insan etkileşimine dayalı olan kritik yetkinliklerdir. Ancak yapay zekâ tabanlı iletişim araçları, kişilerarası ve sosyal beceriler üzerinde hem güçlendirici hem de dönüştürücü etkiler yaratmaktadır. Örneğin, "akıllı yanıt" gibi özellikler iletişim sürecini hızlandırarak verimliliği artırmakta ve dil kullanımında daha olumlu bir tonun benimsenmesine katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte bu tür sistemlerin kullanımı, alıcı tarafında etkileşimin özgünlüğü ve samimiyeti konusunda olumsuz algılar oluşturabilmektedir. Yapay zekâ destekli müşteri hizmetleri sistemleri gelişse de, karmaşık veya hassas durumlarda insan empatisi ve problem çözme yeteneği hala vazgeçilmezdir. Nitekim güven inşası, empati geliştirme ve sosyal bağların sürdürülmesi gibi insana özgü becerilerin, teknolojik kolaylıkların ötesinde, kalıcı ve etkili ilişkiler kurmak için kritik öneme sahiptir. Oje ve Afolaranmi (2024) bir çalışmada "Replika" adlı bir sanal arkadaş uygulaması üzerinden yapay zekânın bu becerileri ne ölçüde taklit edebileceğini incelemişlerdir. Bu yapay zekâ tabanlı sanal arkadaş, kullanıcılarla kişiselleştirilmiş sohbetler kurarak duygusal destek sağlamayı ve samimiyet hissi yaratmayı amaçlamıştır. Araştırma bulgularına

göre, etkileşimlerin gerçek insani ilişkilerdeki derin empati ve karşılıklı anlayış düzeyine ulaşamadığı ve dolayısıyla duygusal bağın yüzeysel kaldığı belirtilmektedir. Ancak bazı kullanıcılar “Replika” ile güçlü duygusal bağlar kurduklarını ve yalnızlık hissinin azaldığını ifade etmiştir (Ojo ve Afolaranmi, 2024: 171-172). Bu konudaki benzer diğer çalışmalar da aynı sonuçlara ulaşmaktadır (Skjuve ve diğerleri, 2021). Bu bulgular, yapay zekânın kişilerarası ve sosyal becerileri belirli ölçüde taklit edebilse de derin empati, karşılıklı anlayış ve samimi bağ kurma gibi unsurları henüz gerçek anlamda yerine getiremediğini göstermektedir. Dolayısıyla bu becerilerin insana özgü niteliklerini korumakta olup gelecekte de yüksek değerini sürdürecektir (World Economic Forum, 2025: 35).

Problem Çözme ve Stratejik Karar Alma: Bu beceri seti yapay zekânın sunduğu verilerle desteklenen ancak nihai olarak insan muhakemesine dayanan becerilerler arasındadır. Karmaşık sistem düşüncesi ve geleceğe yönelik öngörü yeteneği bu becerilerin temelini oluşturmaktadır. Yapay zekâ karmaşık sorunlara ilişkin potansiyel çözümler üretebilmekte ve karar alma süreçlerini optimize edebilmektedir. Ancak, belirsizlik içeren durumlarda, etik ikilemlerde veya öngörülemeyen senaryolarda stratejik kararlar alma sorumluluğu insana aittir. Bu konuda yapılan bir çalışma, yapay zekâ asistanlarının kullanımının, uzmanların bilişsel becerilerini ve karar verme yeteneklerini nasıl etkileyebileceğini araştırmıştır. Çalışma, yapay zekânın bir araç olarak kullanılması gerektiğini ancak nihai karar vericinin insan olması gerektiğini göstermektedir (Macnamara ve diğerleri, 2024: 5-6). Benzer bir çalışma yapay zekâ sistemlerinin stratejik karar alma süreçlerinde belirli alanlarda güçlü analiz yetenekleri sunsa da belirsizlik içeren durumlarda oldukça yetersiz kaldığını ortaya koymaktadır. Araştırmada, girişimciler ve yatırımcılar üzerinde yapılan deneylerde yapay zekânın öngörülemeyen piyasa koşulları ve etik ikilemler karşısında optimal karar üretilmediği, bu tür durumlarda insan muhakemesinin daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Csaszar ve diğerleri, 2025: 342-343). Bu çalışmalarda da vurguladığı üzere stratejik karar alma sorumluluğunun şu anlık tamamen yapay zekâyı bırakılmasının riskli olduğunu görülmektedir.

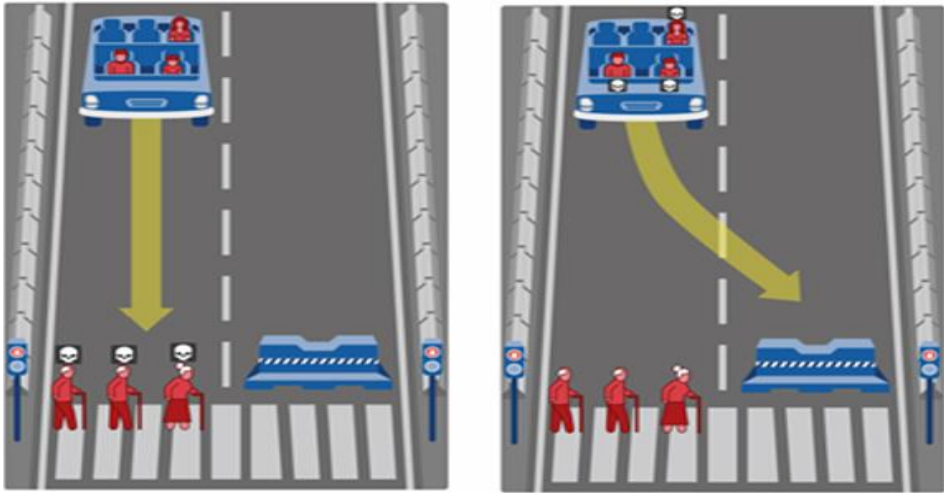
Ömür Boyu Öğrenme ve Adaptasyon: Bu beceriler yapay zekâ çağının getirdiği hızlı değişimlere uyum sağlayabilmek için kritik hale gelen becerilerdir. Çalışanların yeni teknolojilere, iş modellerine ve değişen pazar koşullarına hızla adapte olabilmesi için bu becerileri geliştirmesi gerekmektedir. Dünya Ekonomik Forumu’nun raporları, teknolojik okuryazarlıkla birlikte sürekli öğrenmenin ve adaptasyonun önemini sıklıkla vurgulamaktadır (World Economic Forum, 2025: 35). Çeşitli veriler göstermektedir ki teknik becerilerin eskime hızı geçmişe kıyasla daha da hızlanmıştır. Keza bazı araştırmalar bu sürenin artık yalnızca 2–

5 yıl aralığında olduğunu ve çalışanların önemli bir kısmının beş yıl içinde becerilerinin geçersizleşeceğini düşündüğünü ortaya koymaktadır (Nawrat, 2025). Bu nedenle çalışanların sahip oldukları teknik bilgiler yapay zekâ çağında çok daha hızlı eskiyecektir. Avrupa'daki mühendislik firmalarında yürütülen Endüstri 4.0 uyum programlarında, yapay zekâ ile yeniden tasarlanan üretim hattı yazılımlarının mühendislerin %40'ının yeniden eğitim almasını zorunlu kıldığı ve bu sürece uyum sağlayamayan çalışanların işten ayrılmak zorunda kaldığı ve adaptasyon becerisi yüksek olanların ise kariyerlerine devam edebildiği tespit edilmiştir (Romero, 2024). Bu durum, ömür boyu öğrenmenin yalnızca kişisel gelişim aracı değil, iş güvencesi ve kariyer devamlılığı için stratejik bir gereklilik olduğunu açıkça göstermektedir.

Etik ve Sorumluluk: Bu beceriler yapay zekâ sistemlerinin geliştirilmesi ve uygulanmasında giderek artan bir öneme sahiptir. Algoritma etiği, yapay zekâ gözetimi ve denetimi gibi konular, yapay zekânın toplumsal etkilerini yönetmek ve olası olumsuz sonuçları minimize etmek için gereklidir. Yapay zekâ sistemlerinin şeffaflığı, adil olması ve insan haklarına saygı göstermesi bu alandaki etik becerilerin temelini oluşturmaktadır. Bu beceriler, yapay zekânın otomatikleştiremediği insani sorumluluklar ve etik muhakeme süreçlerine dayalıdır. De Cremer'in (2023) çalışması, her ne kadar bu sistemler çok büyük veri ve güçlü hesaplamalar kullanabilse de etik açıdan doğru bir değerlendirme yapabilmelerini beklememekte ve nihai etik karar alma sorumluluğunun insanlarda kalması gerektiğini vurgulamaktadır. Örneğin, cinsiyet hakkındaki farkları hissettirmeden özetleyen yapay zekâ sistemleri ya da önyargılı kararlar veren otomatik sistemler, insan muhakemesine dair yetersizliklerini açıkça göstermektedir. Yapay zekânın tarafsız gibi görünen ama aslında önyargılı veya adaletsiz sonuçlar üretebilmesi (cinsiyet, ırk, yaş gibi hassas konularda) oldukça olasıdır. Bu durum, algoritmaların şeffaf, adil ve insan haklarına saygılı olmasının yanı sıra, bu doğrultudaki etik denetim ve karar verme süreçlerinin insan merkezli tutulmasının kritik olduğunu ortaya koymaktadır (Cremer ve Narayan, 2023: 7-9). Yapay zekâ konusundaki etik tartışmaların en bilinen örneği otonom araçların kaçınılmaz bir kaza durumunda vereceği kararı hangi etik kurallara göre belirleyeceği tartışmasıdır. Bu konuda 10 farklı dilde hazırlanmış, dünya çapında 233 ülke ve bölgeden milyonlarca kişiden toplam 40 milyon karar üzerinden bir çalışma yürütülmüştür. Araştırmada otonom araçların olası bir kaza durumunda hangi hayatları kurtaracağına dair karar verme süreçlerini incelemiştir. Bulgular, farklı kültürlerde insanların etik kararlarının değiştiğini göstermektedir. Örneğin, bazı toplumlarda gençleri yaşlılara tercih etme, bazı toplumlarda ise yayaları yolculara tercih etme eğilimi çok daha yüksektir. Bu durum, yapay zekâ sistemlerinin evrensel bir etik standarda ulaşmasının çok zor

olduğunu ve kararlarının toplumsal değerlerden, normlardan ve bağlamdan bağımsız olarak tarafsız olamayabileceğini ortaya koymaktadır (Awad ve diğerleri 2018: 61–66). Dolayısıyla, etik ve sorumluluk becerileri hâlâ insana özgü kritik yetkinlikler arasında yer almaktadır.

Şekil 19. Otonom Araç Etik Tercihleri



Kaynak: (Awad ve diğerleri, 2018: 60)

Şekil 19, otonom araçların karşılaştığı ahlaki ikilemlerde farklı senaryolara göre hangi grubun kurtarılacağına ilişkin insan tercihlerini göstermektedir. Veriler, insanların çoğunlukla daha fazla hayat kurtarmayı, insanı hayvan hayatına tercih etmeyi ve gençleri yaşlılara göre önceliklendirmeyi etik açıdan doğru bulduğunu ortaya koymaktadır.

5.3.2. Yapay Zekâ Devriminde Değer Kaybeden Beceriler

Yapay zekâ teknolojilerinin gelişmesi, işlerin otomasyonunu kolaylaştırarak işgücü piyasasında bazı becerilerin değerini azaltmakta, hatta kimi durumlarda tamamen ortadan kaldırmaktadır. Özellikle rutin, tekrarlayan ve öngörülebilir görevler yapay zekâ sistemleri tarafından çok daha hızlı, hatasız ve düşük maliyetle yerine getirilebilecek beceriler olarak görülmektedir. Bu durum insan emeğinin söz konusu alanlardaki önemini azaltmakta ve ilgili becerilere olan emek talebini giderek düşüreceğe benzemektedir. Mevcut teknolojiyle rutin ve tekrara dayalı fiziksel işler, basit veri girişi ve standart raporlama, rutin muhasebe uygulamaları ya da müşteri hizmetlerinin temel düzeydeki faaliyetleri daha

şimdiden otomasyonun doğrudan ikame edebildiği iş alanlarına örnek teşkil etmektedir. Bu alanlarda insan gücünün rolü, yalnızca gözetim ya da istisnai durumları yönetmekle sınırlı kalabilmektedir.

Şekil 20. Türkiye’de İşGücü Becerilerinin 2030 Projeksiyonu

	 Temel Beceriler	 Fiziksel Beceriler	 Yüksek Bilişsel Beceriler	 Sosyal Beceriler	 Teknolojik Beceriler
2030 Temel İstihdam (Milyon)	5.2	15.5	5.8	4.5	2.4
2030 İşgücü, Öngörülen (Milyon)	4.7	14.3	6.2	5.5	3.9
Beklenen Değişim (%)	-10	-8	7	22	63

Kaynak: (McKinsey Global Institute, 2020: 7)

Şekil 20’de Türkiye’de 2030’da becerilere göre emek talebi öngörüsü yer almaktadır. Şekil 20’ye göre temel becerilere olan talebin 5,2 milyondan 4,7 milyona düşerek %10 gerileyeceği ve fiziksel becerilere (motor güç, basit mekanik işler) olan talebin ise 15,5 milyondan 14,3 milyona inerek %8 azalacağı öngörülmektedir. Bu eğilimin ana nedeni, temel hesaplama/raporlama ve basit iletişim işlevlerinin yazılım otomasyonu ve yapay zekâ tarafından, fiziksel ve tekrarlı işlerin ise robotik, sensörlü hatlar ve otomatik depolama sistemleri tarafından daha hızlı ve hatasız biçimde üstlenilmesidir. Dolayısıyla sadece temel veya salt fiziksel yeterliklere dayanan, düşük katma değerli ve tekrarlı görevler gelecek açısından istihdam riski taşımaktadır.

Rutin ve Tekrara Dayalı Fiziksel İşler: Bu tür görevler yapay zekâ destekli robotlar ve akıllı otomasyon sistemleri tarafından giderek daha fazla üstlenilmektedir. Üretim hatlarındaki montaj, paketleme, depolama ve lojistik gibi görevler, robotik sistemlerin becerisi ve hızı sayesinde insan gücüne olan ihtiyacı azaltmaktadır. McKinsey Global Institute’un raporu da Türkiye için fiziksel ve manuel becerilere olan talebin hızla azalacağını öngörmektedir (McKinsey Global Institute, 2020: 6). Bu tür işler, genellikle düşük bilişsel çaba gerektiren ve belirli bir dizi adımı takip eden sistematik görevlerdir. Yapay zekâ bu görevleri 24/7 esasına göre, yorulmadan ve daha düşük hata payı ile gerçekleştirebilmektedir.

Örneğin Amazon 2012’den bugüne kadar dünya genelinde 750.000’den fazla robotu depo süreçlerine entegre etmiştir. Bu robotlar ürün taşıma, raf yerleşimi ve paket sıralama gibi görevlerde kullanılmış ve fiziksel iş yükünü büyük ölçüde azaltmıştır (Greenawalt, 2025). Benzer şekilde DHL ve ADA gibi lojistik firmaları da depo içinde kullanılan otonom



Resim 6. Otonom Mobil Robotlar

mobil robotlar (AMR) ve otomatik yönlendirmeli araçlar (AGV) ile ürünlerin depolanması ve depodan alınması gibi fiziksel tekrara dayalı işlerini minimize ederek insan emeğini bu süreçlerde mümkün olduğunca azaltmıştır. Oldukça çarpıcı olan bir veri ise tek bir çalışanın tablet ara yüzü üzerinden tüm robot filosunu kontrol edebiliyor olmasıdır (DHL, 2025). Benzer biçimde Foxconn, Çin’deki üretim tesislerinde 2015 yılından bu yana “Foxbot”¹¹ adını verdiği yapay zekâ destekli yaklaşık 100.000’den fazla robotu devreye almıştır. Bu otomasyon süreci sonucunda bazı fabrikalarda işgücü ihtiyacı %30’a kadar azalmış, tekrarlayan montaj görevleri büyük ölçüde makineler tarafından devralınmıştır (Giuntella ve diğerleri, 2022: 4). Rutin ve tekrara dayalı fiziksel işler kategorisinde yer alan, fiziksel yük ve monotonluk içeren görevlerin yapay zekâ entegre robot sistemleriyle nasıl çok daha verimli, hızlı ve doğru şekilde yerine getirildiğini gösteren birçok örnek bulunmaktadır.

Diğer taraftan işgücü piyasasında belirli görevlerin yapay zekâ ile otomatikleştirilmesi çalışanların karar alma süreçlerinde pasifleşmesine ve eleştirel değerlendirme becerilerinin zayıflamasına da yol açabilmektedir. Örneğin, havacılık sektöründeki bu uygulamalar bir zorunluluğun sonucudur. Nitekim otopilot olmadan uçmak için pilotun sürekli işine konsantre olması

¹¹ Foxconn’un erken dönem robotları programlanabilir otomasyonken, günümüzde kullandıkları ise yapay zekâ tabanlı otonom üretim sistemleridir.

gerekmektedir. Ancak uzun uçuşlarda sürekli dikkatten kaynaklanan zihinsel yorgunluk bir güvenlik tehdidi haline dönüşmektedir. Otomasyon kullanımı uçuşların güvenliğini ve performansını iyileştirmiştir ancak bu durum, uzun vadede hem mesleki yetkinliklerin erozyona uğramasına hem de sistem hatalarının insan müdahalesiyle zamanında fark edilememesine neden olabilmektedir (Macnamara ve diğerleri, 2024: 2). Bu nedenle pilotların otonom sistemlerin doğru çalışıp çalışmadığını denetleme, gerektiğinde devreye girme ve anormallikleri hızla fark etme becerilerinin geliştirilmesi için ek eğitim programları devreye sokulmuştur.

Sonuç olarak, otomasyon, özellikle rutin ve tekrara dayalı fiziksel işlerde insan emeğine duyulan ihtiyacı azaltarak bu tür becerilerin önemini ortadan kaldırmaktadır. Bununla birlikte, otomasyonun yaygınlaşması işgücünü tamamen devre dışı bırakmamakta aksine çalışanların rolünü dönüştürerek daha karmaşık, denetleyici ve stratejik becerilerin ön plana çıkmasına neden olmaktadır. Bu yeni dönemde, sistem izleme, hata tespiti, süreç optimizasyonu, problem çözme ve karar alma gibi yüksek düzeyli bilişsel ve teknik yetkinlikler işgücü açısından kritik hale gelmektedir (Coombs ve diğerleri, 2020: 8). Dolayısıyla, otomasyonun beceri talebinde yarattığı kaymalar, işgücü piyasasında yalnızca bir azalma değil, aynı zamanda niteliksel bir dönüşüm sürecini de beraberinde getirmektedir.

Temel Veri Girişi ve Standart Raporlama: Bu işler yapay zekâ ve otomasyonun en belirgin etkilediği alanlardan biridir. Büyük veri setlerinin manuel olarak girilmesi veya standart formatlarda raporlanması oldukça zaman alabilen ve dikkat eksikliği ile basit hatalar yapılabilen monoton bir süreçtir. Yapay zekâ destekli optik karakter tanıma (OCR) ve doğal dil işleme (NLP) teknolojileri belgelerden otomatik olarak verileri çok az hatayla çekebilme, bu verileri düzenleyebilmekte ve önceden tanımlanmış şablonlara göre raporlar oluşturabilmektedirler. Nitekim yapılan araştırmalar, yapay zekâ ikamesine açık görevler arasında yer alan temel veri girişi veya çeviri gibi alanlarda emek talebinde düşüş olduğunu göstermektedir (Makela ve Stephany, 2025: 2). Ayrıca yapay zekânın muhasebe ve finans sektöründe önemli değişikliklere yol açtığı görülmektedir.¹² Fatura işleme, defter tutma, maaş bordrosu hazırlama ve temel vergi beyannameleri gibi tekrarlayan muhasebe görevleri yapay zekâ destekli yazılımlar tarafından otomatikleştirilebilmektedir. Bu durum mali müşavir, yeminli mali müşavir ve bağımsız denetçi gibi muhasebe ve finans uzmanlarının rollerinde köklü bir dönüşüm yaratmakta ve onları yüksek katma değerli danışmanlık hizmetlerine odaklanmaya zorlamaktadır (Erkan ve Yılmazcan,

¹² Dünya Ekonomik Forumunun 2025 Yılı İşin Geleceği (The Future of Jobs 2025) raporuna göre dünyada otomasyona bağlı olarak en hızlı istihdam alanı daralan meslek gruplarındandır.

2023: 274). Dolayısıyla bu becerilere sahip bireylerin veri analizi, yorumlama, danışmanlık veya stratejik raporlama gibi daha yüksek düzeyli bilişsel beceri gerektiren yetkinliklere odaklanması gerekmektedir.

Tablo 20. Yapay Zekânın Finansal Tablolara Dâhil Edilmesinin Faydaları

Gösterge	Yapay Zekâ Öncesi	Yapay Zekâ Sonrası
Ortalama Rapor Hazırlama Süresi (saat)	50	20
Raporlama Döngüsü Başına Manuel Hata Sayısı	15	3
Raporlama Döngüsü Başına İşgücü Maliyeti (\$)	5.000	2.500
Zaman Tasarrufu (%)	–	%60
Maliyet Tasarrufu (%)	–	%50

Kaynak: (Pan ve Zhang, 2024: 161)

Tablo 20’deki veriler Pan ve Zhang’ın (2024) çalışmasında, geleneksel manuel raporlama yöntemleri ile yapay zekâ destekli raporlama süreçlerinin karşılaştırmalı analizi yoluyla elde edilmiştir. Araştırmada makine öğrenmesi, doğal dil işleme ve robotik süreç otomasyonu gibi yapay zekâ tabanlı teknolojilerin finansal raporlamada kullanımı sonucunda zaman, maliyet ve hata oranlarındaki değişimler ölçülmüştür. Araştırmadaki bulgular IBM, Deloitte ve

Microsoft gibi şirketlerin uygulama örnekleriyle desteklenmiştir. Tablo 20’deki bulgular, rapor hazırlama süresinin %60 oranında kısaldığını, manuel hata sayısının beşte bire düştüğünü ve işgücü maliyetlerinin yarı yarıya azaldığını göstermektedir. Bu sonuçlar, makine öğrenmesi, doğal dil işleme ve robotik süreç otomasyonu gibi yapay zekâ tabanlı teknolojilerin raporlama sürecindeki rutin ve tekrarlayan görevleri önemli ölçüde optimize ettiğini, daha az hata

Şekil 21. AI Sohbet Destekli Sistem



yaptığını ve zaman ve maliyet açısından önemli kazançlar sağladığını göstermektedir. Dolayısıyla, yapay zekâ destekli raporlama sistemleri yalnızca maliyet ve zaman tasarrufu sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda veri doğruluğu ve güvenilirliğini de artırarak karar alma süreçleri için daha sağlam bir temel sunmaktadır.

Basit Müşteri Hizmetleri: Bu meslekler günümüzde yapay zekâ destekli sohbet robotları (chatbotlar) ve sanal asistanlar tarafından büyük ölçüde üstlenilmektedir. Sıkça sorulan soruları yanıtlama, temel bilgi sağlama, randevu ayarlama veya sipariş takibi gibi rutin müşteri etkileşimleri, yapay zekâ algoritmaları sayesinde 7/24 kesintisiz olarak sunulabilmektedir. Yapay zekâ diyalog sistemlerine aşırı güvenin eleştirel bilişsel yetenekleri olumsuz etkilediği görülse de basit müşteri hizmetlerinde bu sistemlerin verimliliği yadsınamaz bir seviyeye ulaşmıştır (Zhai ve diğerleri, 2024: 11). İsveçli finans teknoloji şirketi Klarna, yapay zekâ destekli bir chatbot sistemini devreye alarak müşteri hizmetleri alanında radikal bir dönüşüm yaşamıştır. Klarna'nın 2024 yılında devreye aldığı yapay zekâ destekli müşteri hizmetleri asistanı, yalnızca bir ay içinde 2,3 milyon müşteri görüşmesi gerçekleştirmiş ve bu görüşmelerin üçte ikisini bir insanın dahili olmadan tamamlayabilmiştir. Sistem 700 tam zamanlı çalışanın iş yüküne denk gelen bir performans sergilemiş, işlem çözüm süresini ortalama 11 dakikadan 2 dakikaya düşürmüş ve tekrarlayan başvurularda %25 azalma sağlamıştır. Ayrıca, müşteri memnuniyeti skorunda insan temsilcilerle eş düzeyde sonuçlar elde edilerek, 2024 yılında 40 milyon dolar kâr artışı beklentisi ortaya çıkmıştır (Klarna, 2024). Müşteri hizmetlerindeki bu dönüşümler, insan müşteri temsilcilerinin rolünü daha karmaşık sorunları çözme, empati kurma, kişiselleştirilmiş destek sağlama ve kriz yönetimi gibi daha yüksek düzeyli bilişsel etkileşimlere kaydırmaktadır. Bu alandaki çalışanların, kişilerarası ve sosyal becerilerini geliştirmesi ve yapay zekânın tamamlayıcısı olarak konumlanmaları beklenmektedir. Nitekim DEF 2030 öngörüsünde de otomasyona bağlı olarak en hızlı istihdam kaybının yaşanacağı alanlar arasında kasiyerler, bilet memurları, tele-pazarlamacılar ve çağrı merkezi satış temsilcileri yer almaktadır (World Economic Form, 2025: 19).

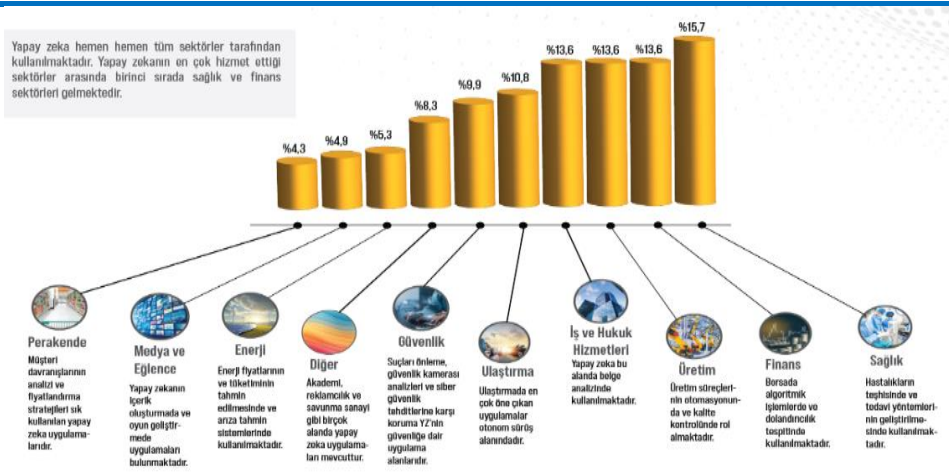
Sonuç olarak, yapay zekâ bilişsel açıdan daha az talepkar, tekrarlanabilir ve kural tabanlı görevleri otomatikleştirerek bu becerilere olan emek talebini azaltmakta ve işgücünü daha yüksek düzeyli ve insana özgü becerilere yönlendirmektedir. Bu dönüşüm, işgücünün sürekli olarak yeniden beceri kazanmasını zorunlu kılarken, eğitim sistemlerinin de analitik düşünme, yaratıcılık, problem çözme, sosyal beceriler ve yapay zekâ okuryazarlığına daha fazla odaklanmasını gerektirmektedir (Walter, 2024: 2). Böylece bireyler, yapay zekânın yarattığı değişimlere uyum sağlayarak yeni fırsatlardan yararlanabilecek,

aksi hâlde bu yetkinliklerden yoksun kalanlar işgücü piyasasında dezavantajlı konuma düşecektir. Bu nedenle işgücü piyasasında geleceğe yönelik stratejiler oluşturulurken, yapay zekânın kolaylıkla ikame edebileceği görevlerden ziyade yaratıcılık, karmaşık problem çözme, stratejik karar alma, eleştirel düşünme ve yüksek düzeyde insan etkileşimi gerektiren becerilere odaklanmak sürdürülebilir rekabet avantajı açısından önem taşımaktadır.

5.4. Sektör Bazında Yapay Zekâ Uygulamaları ve Etkileri

Yapay zekânın iş dünyasına entegrasyonu, yalnızca teknolojik bir gelişme değil diğer taraftan çalışma biçimlerini kökten değiştiren sosyo-ekonomik bir dönüşüm sürecidir. Özellikle otomasyonun tekrarlayan ve düşük beceri gerektiren görevleri insanlardan devralması, geleceğin işgücü yapısında ciddi değişiklikler yaratmaktadır. Bu durum birçok araştırmada vurgulandığı üzere, “teknolojik işsizlik” kavramını yeniden gündeme taşımıştır. Frey ve Osborne’un Oxford Üniversitesi’nde yürüttükleri araştırma, ABD’deki çalışanların yaklaşık %47’sinin önümüzdeki 20 yıl içinde yapay zekâ ve otomasyon nedeniyle iş kaybı riskiyle karşı karşıya olduğunu ortaya koymaktadır (Tekin ve Demirel, 2022). Temelde bu risk, yapay zekânın belirli görevleri insana kıyasla daha hızlı, hatasız ve düşük maliyetle yerine getirebilmesinden kaynaklanmaktadır.

Grafik 12. Yapay Zekânın Kullanıldığı Sektörler



Kaynak: (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2024: 14)

Grafik 12 yapay zekânın hangi sektörlerde en yoğun biçimde kullanıldığını göstermektedir. Buna göre sağlık (%15,7) ve finans (%15,3) sektörleri yapay zekâdan en fazla yararlanan alanlar olarak öne çıkmaktadır. Bunu sırasıyla üretim

(%13,8), iş ve hukuk hizmetleri (%10,9) ve güvenlik (%8,9) sektörleri izlemektedir. Perakende (%4,3) ve medya-eğlence (%4,9) gibi alanlarda ise yapay zekâ entegrasyonu görece sınırlıdır. Bu dağılım, yapay zekânın özellikle veri yoğun ve karar destek sistemlerinin kritik olduğu sektörlerde hızla yayıldığını göstermektedir.

5.4.1. Yapay Zekânın Sağlık Sektörüne Etkisi

Yapay zekâ destekli uygulamaların sağlık alanında yaygın şekilde kullanılmaya başlanması, gelecekte bu sektörde istihdamın yapısının ne yönde değişeceği tartışmasını da beraberinde getirmiştir. Keza sağlık alanında radyoloji gibi görüntü temelli uzmanlık alanları, yapay zekânın büyük hacimli görsel verileri analiz ederek anormallikleri saptama becerisi sayesinde bu dönüşümden etkilenecek alanların başında gelmektedir (Gomez-Gonzalez ve diğerleri, 2020: 3). Ancak dünya nüfusunun hızla artması ve yaşlanması nedeniyle, küresel sağlık sisteminin ciddi bir istihdam darboğazı ile karşı karşıya kalacağı öngörülmektedir. Yapılan öngörüler, 2030 yılına gelindiğinde yalnızca Birleşik Krallık sağlık sistemi bünyesinde emek arzı ile talebi arasındaki farkın yaklaşık 250.000 tam zamanlı eşdeğer pozisyona ulaşabileceğini ve küresel ölçekte ise özellikle gelişmekte olan ülkelerde daha belirgin olmak üzere toplamda 18 milyon sağlık çalışanı açığı yaşanacağını göstermektedir. Ayrıca toplamda 5 milyon doktor ihtiyacı olacağı da vurgulanmaktadır (WHO, 2016: 59). Tam da bu bağlamda yapay zekâ, sağlık hizmetlerinde ortaya çıkan kritik darboğazlara çözüm sunma potansiyeliyle dikkat çekmektedir. Microsoft CEO'su Satya Nadella, *“yapay zekâ çağımızın belki de en dönüştürücü teknolojisidir ve sağlık, bu teknolojinin en acil uygulama alanıdır”* demektedir. Benzer biçimde Apple CEO'su Tim Cook sağlık sektörünü hem en büyük ekonomik bileşenlerden biri hem de dönüştürücü bir iş fırsatı olarak tanımakta ve Google Health, yapay zekânın *“tıp alanını dönüştürmeye hazır olduğunu ve doktorlara hastalarına daha iyi hizmet sunmalarında güç kazandıracak”* bir araç olduğunu vurgulamaktadır (Bajwa ve diğerleri, 2021: 188).

Yapay zekânın sağlık sektörüne etkisi incelendiğinde belirli işlerin yapay zekâ tarafından devralınacağı, diğer taraftan ise yeni iş alanlarının ve meslek profillerinin ortaya çıkmasına zemin hazırlayacağı görülmektedir. Nitekim yapay zekâ sistemlerinin geliştirilmesi, doğrulanması, uygulanması ve denetlenmesi süreçlerinde farklı uzmanlık gruplarına ihtiyaç duyulacaktır. Bu kapsamda yapay zekâ geliştiricileri, doğrulayıcıları ve operasyonel personel gibi yeni mesleki kategorileri öne çıkmaktadır. Örneğin, “tıbbi veri bilimcisi” veya “dijital tıp uzmanı” gibi yeni roller, karmaşık genetik veriler ile diğer biyomedikal veri kaynaklarını analiz ederek hekimlere ve hastalara kişiselleştirilmiş danışmanlık

sunma potansiyeline sahip olduğu savunulmaktadır (Quinn ve diğerleri, 2020: 4-9). Bu duruma ek olarak, yapay zekânın insan etkileşimini bütünüyle ikame edemeyeceği alanlarda, özellikle empati ve şefkat gibi insani niteliklerin önem kazandığı mesleklerde talebin giderek artacağı öngörülmektedir. Terapistler, psikologlar ve hemşireler gibi meslekler, makinelerin yerine geçemeyeceği bu insani rollere odaklanarak değerlerini korumaya devam edeceğe benzemektedir (Tekin ve Demirel, 2022: 1602).

Özetle, yapay zekânın sağlık sektöründeki istihdam etkisi, toplu bir işsizlikten ziyade, işgücünün niteliksel dönüşümünü, bazı rollerin azalmasını, bazılarının yeniden şekillenmesini ve tamamen yeni rollerin ortaya çıkmasını beraberinde getiren bir yeniden yapılanma süreci olarak değerlendirilebilmektedir. Ancak bu tür bir öngörü için yapay zekânın sağlık sektöründeki kullanım alanlarının analiz edilerek insandan daha iyi olduğu becerilerin belirlenmesi de gerekmektedir. Nitekim gelecekteki insan ve yapay zekâ arasındaki istihdam savaşının temel berirleyicisi “beceri”dir. Yapay zekânın sağlık hizmetlerindeki uygulamaları, hastalıkların erken tanısı, teşhisi, tedavisi ve ilgili araştırma süreçlerinde devrim yaratma potansiyeli taşımaktadır. Bu başlıklar şekil 22’de gösterilmektedir.

Şekil 22. Yapay Zekâ Uygulamalarının Sağlık Sektöründe Yaratacağı Potansiyel Yıllık Ekonomik Değerler (2026)

	Robot Destekli Cerrahi	US\$ 40bn	Robotik Teknolojilerde İlerleme
	Sanal Hemşire Asistanları	US\$ 20bn	İş Gücü Açığının Artması
	İdari İş Akışı Desteği	US\$ 18bn	Mevcut Sistemlerle Daha Kolay Entegrasyon
	Dolandırıcılık Tespiti	US\$ 17bn	Giderek Karmaşıklaşan Dolandırıcılık Girişimleri
	Dozaj Hatalarının Azaltılması	US\$ 16bn	Tıbbi Hataların Yaygınlığı
	Bağlı Makineler	US\$ 14bn	Bağlı Cihazların Artışı
	Klinik Deney Katılımı	US\$ 13bn	Mevcut Veri Miktarı
	Ön Tanı	US\$ 5bn	Daha İyi Veri Yapısıyla Artan Doğruluk
	Otomatik Görüntü Tanısı	US\$ 3bn	Depolama Kapasitesi ve Artan Güven
	Siber güvenlik	US\$ 2bn	İhlallerin Artışı

Kaynak: (Jameel, 2019)

Şekil 22’de yer alan Accenture’un 2017 öngörüsüne göre yapay zekâ uygulamaları 2026 yılına kadar ABD sağlık sektöründe yıllık yaklaşık 150 milyar dolarlık ekonomik tasarruf sağlayacaktır. Bu tasarrufların en yüksek olduğu alanlar arasında robot destekli cerrahi (40 milyar \$), sanal hemşire asistanları (20 milyar \$), idari iş akışı desteği (18 milyar \$), dolandırıcılık tespiti (17 milyar \$) ve dozaj hatalarının azaltılması (16 milyar \$) bulunmaktadır. Bunun yanında bağlı makineler, klinik deney katılımı, ön tanı, otomatik görüntü tanısı ve siber güvenlik gibi alanlar da önemli ekonomik katkılar yaratmaktadır (Accenture, 2017: 3). Bu tasarruflar arasında özellikle sanal hemşire asistanları, idari iş akışı desteği, dolandırıcılık tespiti ve kısmen otomatik görüntü tanısı istihdam üzerinde doğrudan etki etme potansiyeli taşımaktadır. Zira bu alanlarda yapay zekâ, sağlık personelinin rutin görevlerini üstlenerek daha az insan kaynağı ile daha geniş kapsamlı hizmet verilmesini mümkün kılmaktadır.

Sağlık sektöründe yapay zekâ destekli uygulamaların kullanılması oldukça başarılı sonuçlar vererek geleceğe yönelik umut vadeden öngörülerde bulunabilmeyi sağlamaktadır. Tıbbi görüntüleme alanında yapay zekâ teknolojisi radyoloji, patoloji ve dermatoloji gibi uzmanlık dallarında insan performansına eşdeğer hatta kimi zaman daha üstün sonuçlar ortaya koyarak zaman alıcı ve tekrarlayan süreçleri kolayca otomatikleştirmektedir. Bunun dikkat çekici örneklerinden biri, diyabetik retinopati taraması için geliştirilen algoritmalarıdır. Bu sistemler, sınırlı sağlık personelinin bulunduğu ve çok sayıda hastanın taranmasının maliyetli olduğu ortamlarda yüksek hassasiyet ve özgüllükle çalışarak hem teşhis doğruluğunu artırmakta hem de maliyet etkin çözümler sunmaktadır. Benzer biçimde, tedavi süreçlerinde kullanılan açık kaynaklı “InnerEye” teknolojisi, radyoterapi planlamasında görüntü hazırlama süresini %90 oranında kısaltarak, hastaların hayat kurtarıcı tedavilere çok daha hızlı ulaşmasına katkı sağlamaktadır (Bajwa ve diğerleri, 2021: 191-192).

Yapay zekânın insan kapasitesini aşarak beklenmeyen sonuçları ortaya çıkardığı diğer bir örnek ise “Deep Patient” projesidir. 2015 yılında New York’ta Mount Sinai Hastanesi’ndeki bir araştırma grubu “Deep Patient” isimli makine öğrenmesi denemesi gerçekleştirmiştir. Bu denemede Deep Patient’a 700.000 hastanın veri kaydı verilerek makine öğrenmesi sağlanmıştır. Herhangi bir hastalığın neden ve hangi sebeple ortaya çıktığı konusunda eğitilmeyen sadece hastaların verilerini inceleyen bu uygulama gelecekte hastaların hangi tür hastalıklara maruz kalacağını daha önce görülmemiş bir doğrulukla öngörmüştür (Mitto ve diğerleri, 2016; TRAI, 2025a). Keza bu konuda yapılan araştırmalar da benzer sonuçlara ulaşmıştır. Mitto ve arkadaşları (2016) yaptığı bir çalışmada bu modeli 78 farklı hastalığı kapsayan 76.214 hasta üzerinde test etmişlerdir. Sonuçlar, “Deep Patient” modelinin, işlenmemiş ham sağlık verilerine veya diğer

geleneksel makine öğrenmesi yöntemlerine kıyasla hastalık tahmininde son derece başarılı olduğu sonucuna ulaşmıştır. Nitekim model özellikle şizofreni, diyabet ve çeşitli kanser türleri gibi hastalıkların tahmininde oldukça yüksek bir performans sergilemiştir. Buna benzer birçok araştırma yapay zekânın sağlık alanında insan performansını aşma potansiyeline sahip olduğunu savunmaktadır. Yapay zekânın özellikle hastalık teşhisi, tedavi seçimi ve klinik laboratuvar testlerinde daha yüksek doğruluk, daha düşük maliyet ve zaman tasarrufu sağlayabilme potansiyeline sahiptir (Alowais ve diğerleri, 2023). Keza diğer bir örnekte “IBM Watson” makine öğrenmesi, veri madenciliği ve doğal dil işleme gibi yetenekleri sayesinde hekimlerin elektronik sağlık kayıtlarını incelemelerine, hastalıklarla ilgili akademik yayınlara erişmelerine ve ilgili dokümanları analiz etmelerine yardımcı olmak amacıyla geliştirilmiştir. Hindistan’da yapılan bir çalışmada meme kanseri olan 638 hastaya “Watson Onkoloji” sistemi tarafından önerilen tedavilerin, tümör tespit kurulu tarafından belirlenen tedavilerle %90 oranında uyumlu olduğu bulunmuştur. Ayrıca veri toplama ve analiz süresinin manuel yöntemle ortalama 12–20 dakika sürdüğü ve Watson’ın ise aynı önerileri 40 saniye içinde oluşturabildiği tespit edilmiştir (Tarcen ve diğerleri, 2024: 53).

Yapay zekânın teşhis konusunda başarılı olduğu birçok örnek bulunmaktadır. Diğer bir örnek olarak, sepsis gibi kritik klinik tablolar verilebilir. Makine öğrenmesi yaklaşımları, çok sayıda klinik değişkenden yararlanarak hastane içi mortaliteyi tahmin etmede geleneksel klinik karar kurallarına kıyasla daha yüksek doğruluk sergilemiştir. Benzer biçimde, travma hastalarında hastane içi ölüm ve yoğun bakım ünitesine kabul ihtimalini öngörmek amacıyla geliştirilen kural tabanlı çıkarım metodolojisi (RIMER), lojistik regresyon ve destek vektör makineleri gibi diğer makine öğrenmesi modellerinden üstün performans göstermiştir (Shaik ve diğerleri 2023: 14).

Erken teşhis ve tanının yanında, yapay zekânın sağlık sektöründe kullanıldığı diğer alanlar ilaç üretimi ve hastalıkların tedavi sürecidir. Yapay zekânın tedavi süreçleri ve ilaç geliştirme alanında büyük bir potansiyel taşıdığı savunulmaktadır. Tıbbi araştırmalarda kullanılan büyük ve karmaşık veri setlerini analiz etme kapasitesi sayesinde yapay zekâ destekli uygulamalar yeni ilaçların keşfini hızlandırmakta ve farmasötik şirketlerin ilaç geliştirme süreçlerini daha verimli hale getirmelerine yardımcı olmaktadır. Yapay zekâ klinik deneylerin tasarım aşamasından başlayarak uygun hasta adaylarının belirlenmesi, katılımcıların organize edilmesi, verilerin toplanması ve analiz edilmesi gibi süreçlerde aktif rol oynayarak hem klinik araştırmaların doğruluğunu hem de maliyet etkinliğini artırmaktadır. Ayrıca öngörü temelli analitik teknikler aracılığıyla klinik denemelerde başarı şansını yükseltmekte, biyolojik süreçlerin

daha kesin modellerinin oluşturulmasına katkı sağlamakta ve ilaç inovasyonunu desteklemektedir (Kuwaiti ve diğerleri, 2023: 9).

Yapay zekânın kişiselleştirilmiş tıp ve ilaç keşfi süreçlerinde dönüştürücü bir rol üstlendiği görülmektedir. Çok modlu veri setlerini analiz edebilme kapasitesi sayesinde yapay zekâ, hastalıkların hcesel ve moleküler temellerini daha iyi anlamamıza imkân tanımaktadır. Bu ise özellikle kanser, nörolojik bozukluklar ve nadir hastalıklar için daha hedefli önleyici ve tedavi edici stratejilerin geliştirilmesini mümkün kılmaktadır (Bajwa ve diğerleri, 2021: 192). Bununla bağlantılı olarak, yapay zekânın klinik deneme tasarımılarını optimize edebileceği ve ilaç geliştirme süreçlerini hızlandırabileceği beklenmektedir. Örneğin, “DeepMind” tarafından geliştirilen “AlphaFold”, proteinlerin üç boyutlu yapılarını yüksek doğrulukla tahmin ederek hastalık süreçlerinin daha derinlemesine anlaşılmasını ve daha hedefli terapötiklerin geliştirilmesini sağlamıştır (Bajwa ve diğerleri, 2021: 192; Tekin ve Gurbanov, 2023: 445). Bu teknoloji, “Alzheimer” ve “parkinson” gibi nörodejeneratif hastalıkların moleküler mekanizmalarının çözülmesinde ve potansiyel ilaç hedeflerinin belirlenmesinde etkin bir biçimde kullanılmaktadır (Tekin ve Gurbanov, 2023: 455). Yapay zekânın yeni ilaç geliştirme süresini ve maliyetini önemli ölçüde azaltma potansiyeli taşıdığı da görülmektedir. Nitekim “AlphaFold”, COVID-19 pandemisi sırasında SARS-CoV-2’nin spike proteini gibi kritik viral protein yapılarını ngrerek aşı ve tedavi geliştirme süreçlerini hızlandırmıştır (Tekin ve Gurbanov, 2023: 456).

Yapay zekânın sağlık sektöründeki etkisi yalnızca tanı, tedavi ve ilaç geliştirme süreçleriyle sınırlı değildir. Aynı zamanda idari iş yükünü azaltarak sağlık hizmetlerinin verimliliğine de doğrudan katkı sağlamaktadır. Bu sistemlerin terapötik notlardan otomatik olarak yapılandırılmış veriler çıkarılabilme, geçmiş tıbbi kayıtlardan kritik bilgileri derleyebilme ve belgelenmiş hasta karşılaşmalarını organize edebilme becerileri, klinisyenler ve hemşirelerin zamanlarını yoğun bürokratik işlemler yerine doğrudan hasta bakımına ayırmalarına olanak tanımaktadır. Diğer bir ifade ile yapay zekâ uygulamaları sağlık sektöründe belirli alanlarda iş yükünü azaltmakta veya hafifletmektedir. Örneğin, sesle metin yazma teknolojileri doktorların hasta görüşmelerini daha hızlı kaydetmelerini sağlarken, robotik süreç otomasyonu (RPA) klinik kayıtların güncellenmesi, gelir döngüsü yönetimi ve talep işleme gibi rutin idari görevlerde kullanılabilmektedir (Kuwaiti ve diğerleri, 2023: 12).

Yapay zekâ, ayrıca giyilebilir cihazlar ve sensörler aracılığıyla uzaktan hasta takibini dönüştürdüğü gibi sağlık ekipmanlarının üretimi ve geliştirilmesinde de önemli bir rol üstlenmektedir. Geleneksel hasta izleme sistemleri genellikle invaziv ve hastanın günlük yaşamını kısıtlayıcı özellikler taşırken, bu

teknolojiler uzaktan hasta takibi açısından hastaların sağlık durumunu sürekli ve temassız şekilde izleme imkânı sunmaktadır (Shaik ve diğerleri, 2023: 2). Bu bağlamda geliştirilen akıllı sensörler ve giyilebilir teknolojiler, yalnızca klinik takibi kolaylaştırmakla kalmayıp aynı zamanda tıbbi cihaz üretiminde kişiselleştirilmiş çözümler geliştirilmesini de teşvik etmektedir. Örneğin, kalp atış hızı veya solunum gibi yaşamsal belirtilerdeki değişiklikleri algılayan yapay zekâ tabanlı sensörler klinisyenlerin erken müdahalede bulunmasına olanak tanımaktadır. Özellikle yoğun bakım ünitelerinde kullanılan kablosuz uzaktan izleme sistemleri, hasta güvenliğini artırarak cihazların klinik kullanım değerini de ortaya koymaktadır. Ayrıca federatif öğrenme gibi gelişmiş yapay zekâ metodolojileri, veri gizliliğini korurken her hasta için özelleştirilmiş izleme modellerinin geliştirilmesine olanak sağlamak ve tıbbi cihaz ve ekipman üreticilerinin hasta verisine dayalı yeni nesil, kişiselleştirilmiş ürünler geliştirmesini mümkün kılmaktadır (Shaik ve diğerleri, 2023: 16).

Yapay zekâ teşhis, tedavi, ilaç üretimi, erken tanı, araştırma süreçlerinde insanlara kıyasla özellikle belirli bilişsel becerilerde üstünlük göstermektedir. Yapay zekâ üstteki örneklerde olduğu gibi büyük hacimli veriyi işleme, karmaşık değişkenler arasındaki ilişkileri kısa sürede modelleme, yüksek hassasiyet ve özgüllikle anormallikleri tespit etme ve milyonlarca veriyi işleyerek öğrenme gibi becerilerde insan kapasitesini aşmaktadır. Ayrıca idari iş yükünün azaltılması ve uzaktan hasta takibi gibi birçok alanda da dönüştürücü etkiler ortaya çıkartarak sağlık sektöründeki iş yükünü hafifletmektedir. Bu nedenle tıbbi görüntüleme, erken tanı, tedavi ve klinik tahmin gibi alanlarda yapay zekânın kullanımının artması beklenmektedir. İnsanın aksine yapay zekâ sistemleri yorgunluk, dikkat dağınıklığı veya bilişsel önyargılardan etkilenmemekte ve özellikle hızlı karar verilmesi gereken kritik durumlarda bu durum bir avantaja dönüşmektedir. Dolayısıyla sağlık sektöründe istihdam bazında öngörülebilecek senaryoda yapay zekânın veri yoğun ve tekrarlayan görevlerde ön plana çıkmasını beklemek tutarlı gözükmektedir. Ancak IMF'e göre sağlık çalışanları (doktorlar, cerrahlar) yüksek yapay zekâ maruziyetine sahip olmalarına rağmen insan gözetiminin kritik önemi nedeniyle görevlerinin ikame edilmesinden ziyade tamamlanması potansiyeli çok daha yüksek olacağı öngörülmektedir (Cazzaniga ve diğerleri, 2024: 6).

Diğer taraftan sağlık sektöründe ortaya çıkacak yapay zekâ devriminin karşılaşılabilecek bazı zorluklar da bulunmaktadır. Nitekim yapay zekânın bu alandaki başarısı büyük ölçüde geniş kapsamlı ve yüksek kaliteli eğitim verilerine bağlıdır. Veri setlerinde görülen yanlılıklar, yalnızca modelin performansını düşürmekle kalmayıp aynı zamanda mevcut sağlık eşitsizliklerini daha da derinleştirme riski taşımaktadır. Bu tür sistemler, özellikle acil servislerde kritik karar anlarında hekimlere önemli ölçüde destek sağlayarak hasta sonuçlarını

iyileştirme potansiyeline sahiptir. Ancak bu modellerin “kara kutu” niteliği ve karar mekanizmalarının şeffaf olmaması beraberinde güven sorunları da yaratmaktadır (Li ve diğerleri, 2025: 2). Keza veri gizliliği, algoritmik yanlılık, şeffaflık ve hesap verebilirlik gibi konular, yapay zekâ sistemlerinin güvenli ve adil bir şekilde uygulanması için ele alınması gereken temel meselelerdir (Chustecki, 2024: 7). Özellikle "kara kutu" olarak nitelendirilen yapay zekâ modelleri, kararlarını nasıl verdiklerini açıklayamadıkları için hem klinisyenler hem de hastalar için bir güven sorunu oluşturmaktadır (Quinn ve diğerleri, 2020: 3). Bu durumun özellikle “azınlık ve marjinalleştirilmiş” topluluklarda var olan sağlık sistemine yönelik güvensizliği daha da artırabileceği düşünülmektedir (Li ve diğerleri, 2025: 3). Bu nedenle sağlık sektöründe bir yapay zekâ devrimini ve bu devrimin istihdam açısından sonuçlarını “etik ve veri gizliliği” gibi konuları aşmadan kısa sürede beklemek çok olası gözükmemektedir.

5.4.2. İnşaat Sektöründe Yapay Zekâ Uygulamaları

İnşaat sektörü yoğun fiziksel emek gerektiren yapısı, düzensiz çalışma ortamları ve proje bazlı işleyi nedeniyle yapay zekâ destekli otomasyona en düşük düzeyde maruz kalan sektörlerden birisidir. AB ve ABD özelinde, inşaat sektöründeki işlerin yalnızca %6’sının yapay zekâ otomasyonuna maruz kaldığı rapor edilmektedir (Hatzius ve diğerleri, 2023: 6). Benzer şekilde, IMF’de inşaat işçilerini “düşük yapay zekâ maruziyetli” kategoride sınıflandırmaktadır (Cazzaniga ve diğerleri, 2024: 9). İnşaat sektöründe yapay zekâ kullanımı doğrudan işgücü ikamesine yönelik olmayıp, mevcut süreçlerin iyileştirilmesi açısından dikkate değer bir katkı sağlamaktadır. Diğer bir ifade ile yapay zekânın inşaat sektöründe doğrudan istihdamı daraltmaktan ziyade süreçleri dönüştürücü ve tamamlayıcı bir rol üstlendiği görülmektedir. Öte yandan piyasa projeksiyonları, yapay zekâ teknolojilerinin sektördeki kullanımının hızla artacağını ortaya koymaktadır. Nitekim uzmanlar, önümüzdeki beş yıl boyunca (2025–2030) inşaat sektöründe yapay zekâ kullanımının her yıl ortalama %24,31 oranında büyüyeceğini öngörmektedir (Autodesk, 2025). Tablo 21’de yapay zekânın inşaat sektöründe en sık kullanım alanları gösterilmektedir.

Tablo 21.İnşaat Sektöründe Yapay Zekânın Kullanım Alanları

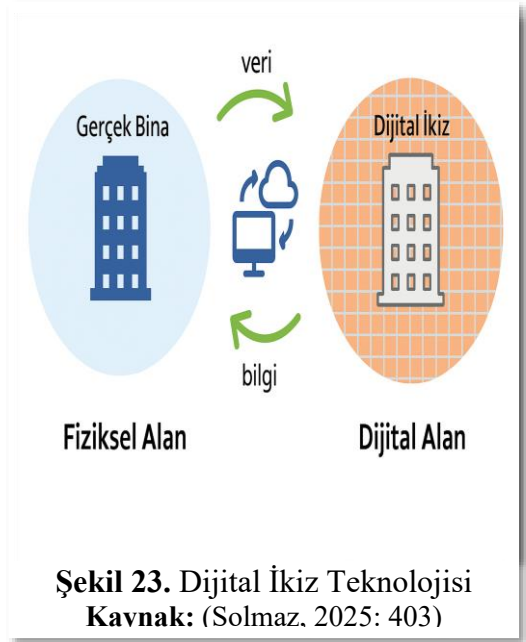
Karar destek (Decision Support)	Çatışma çözümü, risk yönetimi, proje karar alma.
Otomasyon (Automation)	Planlama, raporlama, rutin süreçlerin otomasyonu, şantiye gözetimi
Performans iyileştirme (Performance Improvement)	Maliyet hesaplarının doğruluğu, verimlilik artışı.
Optimizasyon (Optimization)	Kaynak kullanımı, zaman-maliyet optimizasyonu.
Öngörü (Predictive)	Kaza tahmini, gecikmelerin öngörülmesi, arıza riskleri.
Tahmin (Forecasting)	Bütçe, nakit akışı, proje performansı tahmini.
Değerlendirme (Evaluation)	Kalite kontrol, personel yetkinliği, uyum denetimi
Kaynak: (Adebayo ve diğerleri, 2025: 5)	
Not: Yazar tarafından tablolştırılmıştır.	

İnşaat sektörü, küresel ekonominin anahtar sektörlerinden biri olmasına rağmen uzun süredir verimlilik, güvenlik ve maliyet yönetimi gibi alanlarda yapısal sorunlarla boğuşmaktadır (Liu, 2024: 1). Endüstri 4.0 süreciyle hız kazanan dijitalleşme ve yapay zekâ teknolojilerinin gelişimi, bu sorunların çözümü için yeni fırsatlar yaratmaktadır. Makine öğrenmesi, derin öğrenme ve optimizasyon algoritmaları gibi yapay zekâ yöntemleri, inşaat sektöründe geleneksel iş akışlarını yeniden şekillendirme potansiyeline sahiptir (Ainamo ve Peltokorpi, 2024: 2). Bu bağlamda yapay zekânın karar destek sistemleri, otomasyon, performans iyileştirme, optimizasyon, öngörü, tahmin ve değerlendirme yetenekleri aracılığıyla sektöre entegre edildiği görülmektedir.

Karar Destek: Yapay zekâ, inşaat projelerinin karmaşık karar alma süreçlerinde yöneticiler ve mühendisler için güçlü bir destek mekanizması işlevi görmektedir. Özellikle risk yönetimi ve çatışma çözümü gibi alanlarda yapay zekâ algoritmaları büyük veri setlerini analiz ederek potansiyel sorunları ve bunların olası sonuçlarını öngörme kapasitesine sahip görünmektedir. Nitekim hibrit bir yapay zekâ modeli, proje gecikme risklerini tahmin etmek amacıyla kullanıldığında paydaşların proaktif önlemler almasına yardımcı olabilmektedir (Yaseen ve diğerleri, 2020: 4-5). Bu tür karar destek sistemleri, proje yöneticilerinin daha bilinçli ve veriye dayalı kararlar almasını kolaylaştırarak geleneksel olarak sezgiye ve sınırlı deneyime dayanan daha fazla hataya neden olan karar mekanizmalarının ötesine geçilebilmesine imkân tanımaktadır (Himeur ve diğerleri, 2023: 4944). Geleceğe yönelik öngörüler, yapay zekâ tabanlı karar destek sistemlerinin proje paydaşları arasındaki çatışmaların çözümünde daha etkin roller üstleneceğini göstermektedir. Örneğin, kaynak tahsisi ya da zaman çizelgesindeki değişikliklerden doğan anlaşmazlıklar, yapay zekânın farklı senaryoları simüle ederek en uygun ve adil çözümü önerdiği

platformlarda yönetilebilecektir. Dijital ikiz (DT) teknolojisi ile entegre çalışan yapay zekâ sistemleri, farklı paydaşların kararlarının proje bütünü üzerindeki etkilerini gerçek zamanlı olarak görselleştirme kapasitesiyle ortak bir anlayış zemini sağlayabilmektedir (Solmaz, 2025: 404-405). Böylelikle proje hedeflerine ulaşma süreci kolaylaşırken, insan faktöründen kaynaklanan bilişsel önyargılar ve duygusal karar verme eğilimleri de önemli ölçüde azaltılabilmektedir (Orvik, 2024: 9).

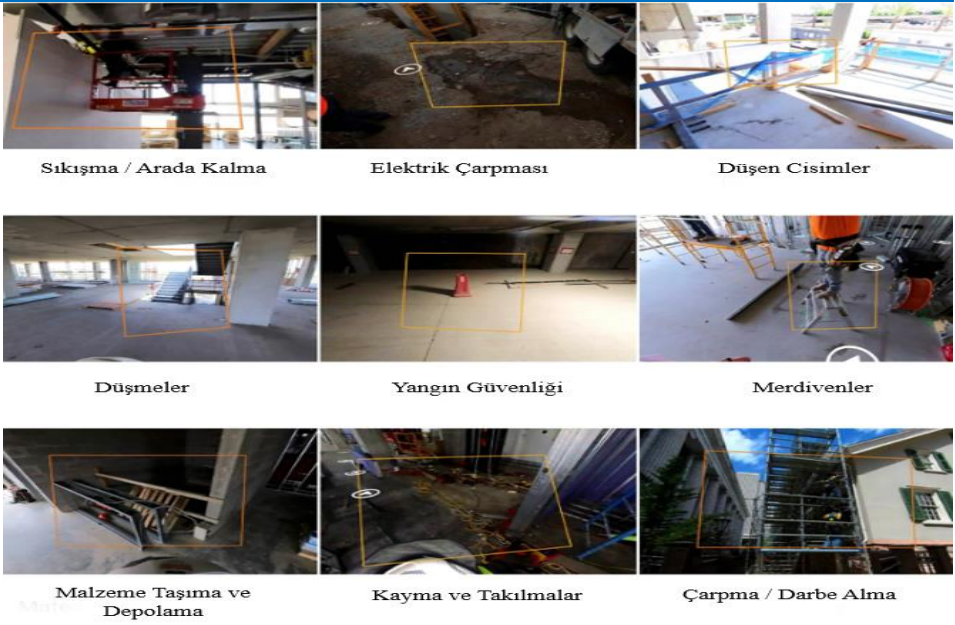
Otomasyon: İnşaat sektöründe otomasyonun sınırlı olması nedeniyle, özellikle rutin ve tekrarlayan süreçlerin yönetiminde yapay zekânın katkısı daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Planlama, raporlama ve şantiye gözetimi gibi görevler yapay zekâ destekli sistemler aracılığıyla daha hızlı ve düşük hata oranıyla gerçekleştirilebilmektedir. Yapay zekâ destekli çözümler, şantiye sahasındaki ilerlemeyi otomatik olarak izleyerek tamamlanan iş miktarını planlanan takvimle karşılaştırmakta ve yöneticilere anlık olarak durum raporları iletmektedir (Sami Ur Rehman ve diğerleri, 2022: 25). Finlandiya’da uygulanan yapay



zekâ tabanlı sistemlerle operasyonel verimlilikte dikkate değer artışlar sağlanmıştır (Ainamo ve Peltokorpi, 2024: 10). Ayrıca şantiye gözetiminde yapay zekâ temelli otomasyon iş güvenliği alanında da önemli yenilikler de sunmaktadır. Derin öğrenme algoritmalarından biri olan “YOLOv7”, şantiyede çalışan işçilerin baret, gözlük veya yelek gibi kişisel koruyucu donanımları eksiksiz kullanıp kullanmadığını gerçek zamanlı olarak tespit edebilmektedir (İslam ve diğerleri, 2024). DroneDeploy tarafından bu konuda çok daha gelişmiş bir sistem olan “Safety AI” isimli bir uygulama geliştirilmiştir. Bu yapay zekâ uygulaması, inşaat şantiyelerinden elde edilen günlük video ve görüntü verilerini analiz ederek dijital iş ilerleme modelleri oluşturmaktadır. Söz konusu sistem, ABD hükümet kuruluşu olan Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi (OSHA) tarafından belirlenen güvenlik standartlarının ihlal edildiği durumları yaklaşık %95 doğruluk oranıyla tespit edebilmektedir. Bu model, görsel dil modeli (Visual Language Model, VLM) olarak tanımlanan üretken yapay zekâ yaklaşımına

dayalı olup, uzmanların sürekli geri bildirimleri aracılığıyla düzenli olarak eğitilmekte ve geliştirilmektedir (Roseblum, 2025).

Resim 7. Safety AI Tarafından Analiz Edilen Günlük Görseller



Kaynak: (Rosenblum, 2025)

Bu tür sistemler, güvenlik ihlallerini anında belirleyerek insanların fark edemeyeceği riskleri ortadan kaldırmakta ve kaza oranlarının düşürülmesine doğrudan katkıda bulunmaktadır. Bu sistemlerin giyilebilir teknolojilerle entegrasyonu, işçilerin yorgunluk düzeylerinin veya tehlikeli bölgelere yaklaşımlarının da



Resim 8. WLTR Duvar Robotu

izlenebileceğini göstermektedir. Böylelikle daha proaktif ve bütüncül bir güvenlik yönetimi anlayışının gelişmesi gelecek adına umut vericidir (Poh ve diğerleri 2018:

10). Ayrıca otomasyon açısından sektörel bazda birçok girişimin olduğu da görülmektedir. Saha robotları, tekrarlayan veya yüksek riskli görevlerin yerine getirilmesinde inşaat sektöründe giderek daha fazla öne çıkmaktadır. Örneğin, Birleşik Krallık'ta geliştirilen WLTR duvar robotu, işgücü kıtlığı ve ağır fiziksel işlerin yol açtığı ergonomik zorlukları hafifletmek amacıyla tuğla örme işlerini otomatikleştirmektedir. Benzer şekilde araştırma ekipleri tarafından tanıtılan CONCERT gibi yeniden yapılandırılabilir ve çok amaçlı robotik platformlar, kaldırma, montaj ve farklı saha operasyonlarında anında uyum sağlayabilen esnek çözümler sunmaktadır (Amtec, 2025). Artan beceri ve işgücü eksiklikleri ile birlikte yüksek kalite standartları ve kısalan teslimat süreleri, inşaat sektöründe otomasyonun yaygınlaşmasını teşvik etmektedir (Asme, 2025). Nitekim endüstri aktörleri de bu süreci desteklemektedir. Örneğin, Samsung'un Akıllı Otomasyon Ekibi Başkanı Lee, kaynak ve kaldırma gibi ağır ve tekrarlayan görevlerin robot teknolojileriyle otomatikleştirilmesini işgücü açığının telafisi ve operasyonel verimlilik için ideal bir çözüm olarak değerlendirmektedir (ABB, 2025). Ancak literatürde vurgulandığı üzere, teknolojik ilerlemeler beceri açığını derinleştirirken, inşaat sektörünün emeğe dayalı ve çok disiplinli yapısı nedeniyle otomasyon ve beceri dönüşümü sorunlarının yaşanması muhtemeldir. Ayrıca eğitim ve yetenek geliştirme sistemlerinin bu geçişi desteklemede yetersiz kalması dönüşümün önündeki en kritik engellerden biri olarak görülmektedir (Xu ve diğerleri, 2025: 2).

Performans İyileştirme: Yapay zekâ, maliyet hesaplamalarının doğruluğunu artırarak ve genel proje verimliliğini iyileştirerek inşaat projelerinin performansında önemli bir dönüşüm potansiyeline sahiptir. Nitekim geri yayımlı sinir ağları gibi makine öğrenmesi modelleri, geçmiş projelerden elde edilen verilerden öğrenme yoluyla maliyet tahminlerini yüksek doğruluk düzeyinde gerçekleştirebilmekte ve bu sayede bütçe sapmalarını en aza indirmektedir (Liu, 2024: 5-6). Geleneksel maliyet tahmin yöntemlerinden farklı olarak, bu modeller veriye dayalı ve dinamik bir yaklaşım sunarak proje yöneticilerinin daha sağlam ve öngörülebilir finansal planlama yapmalarına katkı sağlamaktadır. Verimlilik artışı yalnızca maliyet yönetimi ile sınırlı kalmamakta aynı zamanda kaynak ve süreçlerin etkin kullanımını da kapsamaktadır. Dijital ikiz tabanlı prefabrikasyon tedarik zincirleri, üretim, nakliye ve montaj aşamalarında gerçek zamanlı veri toplayarak süreçleri izlemekte ve olası verimsizlikleri erken aşamada tespit edebilmektedir (Yevu ve diğerleri, 2023: 25). Örneğin, şantiyedeki ekipman arızaları yapay zekâ tarafından anında saptanarak ilgili birimlere uyarılar iletilmektedir. Bu proaktif yaklaşım sorunların büyümeden çözülmesini sağlayarak proje genelinde performans kayıplarını en aza indirmektedir (Solmaz, 2025: 405). Böylelikle hem zaman hem de maliyet

açısından tasarruf sağlanmakta ve inşaat projelerinin toplam verimliliği anlamlı ölçüde artırılmaktadır.

Optimizasyon: Optimizasyon, inşaat sektöründe yapay zekânın en kritik uygulama alanlarından biri olarak öne çıkmakta ve özellikle zaman-maliyet-kalite zincirinde katkı sağlamaktadır. “Parçacık sürü optimizasyonu” gibi gelişmiş algoritmalar, proje planlarını optimize ederek zaman ve maliyet hedefleri arasında en uygun dengeyi sağlayabilmektedir. Bu tür algoritmalar, binlerce farklı aktivite sıralamasını ve kaynak atama senaryosunu analiz ederek insan kapasitesinin çok ötesinde bir hız ve doğrulukla en verimli proje planlarını ortaya koyabilmektedir. Bu durum yalnızca proje süresini ve maliyetlerini azaltmakla kalmamakta aynı zamanda işgücü, makine ve malzeme gibi kaynakların en etkin şekilde kullanılmasına da olanak tanımaktadır (Liu, 2024: 3-4). Çin’deki bir ulaşım merkezine ait derin ve büyük ölçekli temel çukuru inşaat projesinde, zaman-maliyet optimizasyonu sağlamak amacıyla BIM teknolojisi ile Genetik Algoritma (GA) kombinasyonu kullanılmıştır. Model, dinamik optimizasyon yaklaşımı benimseyerek sermayenin zaman değeri ve ödül-ceza mekanizmasını da içeren bir çerçevede, proje süresini %8,47 oranında azaltırken toplam maliyeti ise %1,68 oranında düşürmüştür (Yu ve diğerleri, 2023: 9).

Öngörü: Yapay zekânın öngörü kapasitesi, inşaat sektöründe geleneksel reaktif yaklaşımlardan proaktif yaklaşımlara geçişi mümkün kılmaktadır. Yapay zekâ kaza tahmini, proje gecikmelerinin öngörülmesi ve ekipman arıza risklerinin belirlenmesi gibi alanlarda potansiyel olumsuzlukları gerçekleşmeden önce tespit etme imkânı sunmaktadır. Örneğin, makine öğrenmesi modelleri şantiye denetim verilerini, işçi davranışlarını ve geçmiş kaza raporlarını detaylıca analiz ederek kaza riski yüksek bölgeleri ya da zaman dilimlerini tahmin edebilmekte kullanılmaktadır (Poh ve diğerleri, 2018: 9-10). Böylelikle güvenlik kaynaklarının öncelikli olarak bu alanlara yönlendirilmesi sağlanmakta ve önleyici tedbirlerin etkinliği artırılmaktadır. Benzer biçimde, yapay zekâ algoritmaları proje takviminde ortaya çıkabilecek sapmaları ve olası gecikmeleri önceden öngörebilmektedir. Tedarik zincirindeki aksamalar, olumsuz hava koşulları veya alt yüklenicilerin performans düşüklüğü gibi faktörler analiz edilerek bunların proje süresine muhtemel etkileri simüle edilebilmektedir (Yaseen ve diğerleri, 2020). Bu öngörüler, proje yöneticilerinin zamanında müdahalede bulunarak gecikmelerin büyümesini engellemesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, ekipman sensörlerinden elde edilen verileri analiz eden yapay zekâ sistemleri, makinelerdeki anormal çalışma düzenlerini önceden tespit ederek olası arızaları haber verebilmekte ve plansız durumların önüne geçilmesini sağlayabilmektedir (Himeur ve diğerleri, 2023: 4963).

Tahmin: Yapay zekânın tahmin yeteneği, proje yönetimi ve finansal planlamada stratejik karar alma süreçlerine önemli katkılar sağlamaktadır. Sinir ağları gibi modeller, geçmiş proje verileri ve piyasa trendlerini analiz ederek bütçe ve nakit akışı tahminlerinde geleneksel yöntemlere kıyasla daha yüksek doğruluk sunmaktadır. Böylece bu modeller şirketlerin kaynaklarını daha etkin yönetmesine olanak tanımaktadır (Liu, 2024: 2). Benzer şekilde, makine öğrenmesi tabanlı sistemler proje ilerleme hızı, kaynak kullanımı ve denetim sonuçlarını değerlendirerek projenin zamanında ve bütçe dahilinde tamamlanma ihtimalini öngörebilmektedir. Bu da yönetime erken uyarılar sağlayarak olası başarısızlık riskini azaltmaktadır (Poh ve diğerleri, 2018: 9).

Değerlendirme: Yapay zekâ, kalite kontrol, personel yetkinliği ve uyum denetimi gibi süreçleri otomatikleştirerek inşaat sektörüne önemli katkılar sağlamaktadır. Bilgisayar görüşü (CV) tabanlı sistemler, İHA veya sabit kameralarla elde edilen görüntüleri analiz ederek yapısal elemanlardaki çatlak ve kusurları tespit edebilmektedir. Bu uygulamalar hem insan gözünün kaçırabileceği detayları yakalamakta hem de kalite standartlarına uyumu hızlandırmaktadır (Jin ve diğerleri, 2023: 1-2). Ayrıca sensörler ve video analizleri aracılığıyla işçilerin görev performansı nesnel biçimde ölçülerek eğitim ihtiyaçları belirlenebilmekte, şantiyede güvenlik ve yasal uyum yapay zekâ tabanlı sistemlerce sürekli denetlenebilmektedir (Islam ve diğerleri, 2024: 7). Örneğin, bir işçinin belirli bir görevi ne kadar sürede ve ne kadar doğru yaptığı, tehlikeli bir bölgeye girip girmediği gibi durumlar sensörler veya video analizleri ile değerlendirilebilmektedir. Bu veriler hem personelin eğitim ihtiyaçlarını belirlemede hem de performansını ve güvenliklerini nesnel olarak ölçmede kullanılabilir (Poh ve diğerleri, 2018: 2).

Genel olarak değerlendirildiğinde, inşaat sektörü yoğun emek gerektiren yapısı nedeniyle yapay zekâ temelli otomasyona diğer sektörlerle kıyasla daha sınırlı ölçüde maruz kalmaktadır. Ancak belirli alanlarda kayda değer kazanımlar da görülmektedir. Denetim, izleme, iş sağlığı ve güvenliği gibi görevlerde yapay zekâ uygulamaları hâlihazırda kullanılmakta ve süreçlerin verimliliğini, güvenliğini ve şeffaflığını artırmaktadır. Ancak sektörün çok disiplinli yapısı, düzensiz çalışma ortamı, süreksiz iş akışı ve yüksek düzeyde fiziksel emek gerektirmesi, yapay zekânın doğrudan işgücü ikamesi potansiyelini düşük kılmaktadır. Bununla birlikte, beceri ve işgücü eksiklikleri sektörün kronik sorunları arasında yer almakta ve mevcut eğitim ve yetenek geliştirme sistemleri ise bu dönüşümü desteklemede yetersiz kalmaktadır. Teknolojik ilerlemelerin hız kazanmasıyla birlikte beceri açığının daha da derinleşmesi olası görüldüğü için yapay zekâ entegrasyonunun başarılı olabilmesi adına çalışanların yeniden beceri kazanımına yönelik programların geliştirilmesi ve eğitim altyapısının

güçlendirilmesi kritik önem taşımaktadır. Sonuç olarak, yapay zekâ inşaat sektöründe işsizliği tetikleyen bir unsurdan ziyade süreçleri destekleyen ve işgücünü tamamlayan bir rol üstlenecek gibi gözükmektedir. Yapay zekâ işgücünün yerini almak yerine süreçleri dönüştürerek, riskleri azaltarak ve verimliliği artırarak sektöre katkı sağlayacaktır.

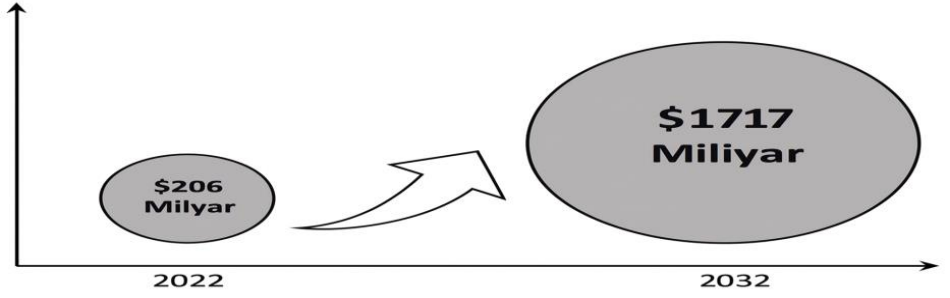
5.4.3. Otomotiv Sekötrü ve Elektrikli Araçlar

Yapay zekâ teknolojilerinin otomotiv sektöründe giderek artan şekilde benimsenmesi elektrikli araçların (EA) yükselişine imkân tanımıştır. Nitekim yapay zekâ EA’da batarya optimizasyonu, otonom sürüş sistemleri, üretim verimliliği ve şarj altyapısı gibi birçok alt alana katkı sağlamaktadır. Üretim boyutunda yapay zekâ, “akıllı fabrikalar” yaklaşımının merkezinde yer almakta ve robotikotomasyon¹³, kestirimci bakım ve kalite kontrol süreçlerini etkin bir şekilde yönetmektedir. Böylelikle üretim verimliliği artmakta, maliyetler düşmekte ve elektrikli araçların daha rekabetçi fiyatlarla piyasaya sunulması mümkün hale gelmektedir (Cretu ve diğerleri, 2024: 802). Yapay zekâ algoritmaları batarya hücrelerinin durumunu gerçek zamanlı izleyerek şarj ve deşarj döngülerini optimize etmektedir. Bu durum, yalnızca araç menzilinin artmasına değil aynı zamanda batarya ömrünün uzamasına da katkı sağlamaktadır (Jagani ve diğerleri, 2024: 10).

Yapay zekânın elektrikli araçların yaygınlaşmasındaki en önemli rolü araçların hem daha akıllı ve verimli olmasını sağlaması hem de üretim süreçlerini iyileştirerek küresel ölçekte benimsenmelerini hızlandıran bir katalizör işlevi görmesidir. EA tedarik zinciri, ürün yaşam döngüsündeki mevcut konumu itibarıyla içten yanmalı motorlu araçlardan (IYMA) belirli farklılıklar göstermektedir. Henüz tanıtım aşamasını geride bırakan ve hızlı bir büyüme sürecine giren EA’lar, mevcut IYMA tedarik zincirinin önemli ölçüde yeniden yapılandırılmasını zorunlu kılmaktadır. Her ne kadar IYMA tedarik zincirinin büyük bir bölümü EA üretimini destekleyecek şekilde dönüştürülebilse de en az %25’lik kısmının tamamen yeniden yapılandırılması gerektiği savunulmaktadır. Bu bağlamda yakıt, şanzıman, egzoz ve soğutma sistemleri gibi IYMA’lara özgü bileşenlerin EA’larda bulunmaması, bu alanlarda faaliyet gösteren tedarikçilerin gelecekte pazar dışında kalma riskiyle karşı karşıya olduklarını göstermektedir. Dolayısıyla söz konusu firmaların varlıklarını sürdürebilmeleri için üretim faaliyetlerini çeşitlendirerek EA bileşenlerine yönelmeleri stratejik bir zorunluluk haline dönüşmektedir (Jagani ve diğerleri, 2024: 7-8).

¹³ Otomotiv sekötründe yapay zeka destekli robot kullanımı bir çok sektöre göre çok daha yoğundur. Örneğin ülkemizde imalat gibi otomasyona uygun işlerin yoğun olduğu bu sektörde 10 bin çalışan başına 40 robot düşerken, otomotiv sektöründe bu sayı 200’dür (UYZS, 2021: 56).

Şekil 24. Elektrikli Araçların Küresel Pazar Gelişim Öngörüsü



Kaynak: (Jagani, Marsillac ve Hong, 2024: 4)

EA yaygınlaşması küresel işgücünün istihdam yapılarında ve işgücünden beklenen becerilerde köklü bir dönüşüm yaratmaktadır. Geleneksel IYMA'lara kıyasla daha az hareketli parçaya sahip olan elektrikli araçların üretim süreçlerinde daha az işgücü gerekeceği tahmin edilmektedir. Bu durumun temelinde, klasik araçlardaki yoğun mekanik parça üretiminin yerini elektronik bileşenlerin alması ve süreçlerin teknoloji yoğun hale gelmesi yatmaktadır. Nitekim Ford, EA üretiminin IYMA göre yaklaşık %30 daha az iş saati gerektirdiğini bildirmektedir. Friedrich Ebert Stiftung'un verilerine göre bir IYMA güç aktarma sistemi yaklaşık 1.400 bileşen içerirken, EA'larda bu sayı yalnızca 200 civarına düşmektedir. Benzer şekilde UBS Evidence Lab'ın yaptığı karşılaştırmada, Volkswagen Golf'ün (IYMA) güç aktarma sisteminde 167 hareketli ve aşınmaya açık parça bulunurken, Chevrolet Bolt'ta (EA) bu sayı sadece 35 olarak kaydedilmiştir. Bu parçaların azalması, doğal olarak üretim sürecinde ihtiyaç duyulan işgücü ihtiyacını da azaltmaktadır. Nitekim Bosch'un hesaplamaları bu dönüşümü destekler niteliktedir. Bosch için dizel motor sistemlerinin üretimi, benzinli sistemlere kıyasla yaklaşık üç kat, elektrikli araç sistemlerine kıyasla ise on kat daha fazla işgücü gerektirmektedir (Cotterman ve diğerleri, 2024: 4-5). Dolayısıyla teknoloji yoğun üretilen ve parça sayısı az olan elektrikli araçların yaygınlaşması, beraberinde istihdamı daraltan bir etki doğuracağına benzemektedir. Özellikle bu dönüşüm, motor ve şanzıman gibi geleneksel güç aktarma parçalarının üretiminde yoğunlaşan küresel tedarik zincirinde yer alan işgücü açısından ayrıca önemli bir risk oluşturmaktadır.

Resim 9. Elektrikli ve İçten Yanmalı Motor Parçaları



Kaynak: (Green Energy Times, 2017)

Motor, şanzıman ve egzoz sistemi gibi karmaşık mekanik parçaların ortadan kalkması, bu parçaları üreten binlerce tedarikçiyi doğrudan olumsuz etkilemektedir. Özellikle motor ve şanzıman üretiminde uzmanlaşmış firmalar ile bu firmalara parça sağlayan alt kademe tedarikçiler, elektrikli araçların yükselişiyle pazar paylarını kaybetmektedir. Parça sayısının azalmasıyla birlikte tedarik zinciri daha az sayıda ve daha konsolide bir yapıya dönüşmektedir. Bu durum ise küresel otomotiv tedarik ağının hem yapısını hem de coğrafi dağılımını yeniden şekillendirmektedir (Cresti ve diğerleri, 2025: 1). Küresel ölçekte, içten yanmalı motor üretimine dayalı iş kollarında yaklaşık 80.000 otomotiv işçisi ile buna ek olarak benzer sayıda tedarik zinciri çalışanın işten çıkarıldığı rapor edilmektedir. Bu dönüşüm, sektörün önde gelen firmalarının stratejik yeniden yapılanmalarıyla daha da belirginleşmektedir. Örneğin, Ford EA yatırımlarına kaynak sağlamak amacıyla 3.000 maaşlı ve sözleşmeli çalışanın işten çıkarırken, Daimler ve Audi ise toplamda 20.000 kişilik istihdam kaybı yaşamıştır. Benzer şekilde otomotiv yan sanayisinin en büyük aktörlerinden Bosch, elektrikli araç teknolojilerine uyum sağlamak amacıyla 1.000 çalışanın işten çıkarma kararı almıştır. Stellantis ise sürdürülebilir mobiliteye geçiş sürecinde, yüksek maaşlı çalışanlarına gönüllü ayrılık paketleri sunmakta ve bazı fabrikalarını kapatarak veya üretimi askıya alarak maliyetleri düşürmeye yönelmektedir. Bu veriler, EA dönüşümünün yalnızca teknolojik bir yenilenme değil aynı zamanda geleneksel otomotiv istihdam yapısında köklü bir küçülmeye yol açtığını da göstermektedir (Charette, 2023).

Bununla birlikte parça sayısındaki azalmanın istihdam üzerindeki etkisi tek başına belirleyici değildir zira batarya ve güç elektroniği gibi yeni ve yüksek teknoloji gerektiren bileşenlerin üretiminde ortaya çıkan ek işgücü ihtiyacı da dikkate alınmalıdır. Nitekim önümüzdeki on yıllarda elektrikli araçlara beklenen talep ve

lityum iyon pillere olan talep, küresel otomobil ve kritik mineral tedarik zincirlerinde büyük bir değişim gerektirecektir. Bu bileşenlerin üretiminde yarı iletkenler ve karmaşık elektronik sistemler ön plana çıkmaktadır. Bu ise hem tedarik zincirinin yapısını hem de istihdamın niteliğini köklü biçimde dönüştürmektedir (Busch ve diğerleri, 2024: 1469). Avrupa Birliği otomotiv endüstrisi, elektrikli araçlara geçiş sürecinde teknolojik dönüşümün merkezinde yer almakla birlikte tedarik zincirinde ciddi kırılganlıklar ve dışa bağımlılıklar sergilemektedir. Özellikle lityum-iyon bataryalar gibi kritik bileşenlerde dış tedarikçilere (özellikle Çin'e) olan bağımlılığın artması hem tedarik zinciri risklerini yükseltmekte hem de küresel işgücü dağılımını yeniden şekillendirmektedir (Cresti ve diğerleri, 2025: 3). Dolayısıyla bu coğrafi kayma, yalnızca üretim merkezlerinin yerini değil aynı zamanda istihdamın niteliğini ve bölgesel dağılımını da değiştirerek Avrupa içindeki ekonomik dengelerin yeniden şekillenmesine yol açmaktadır.

EA tedarik zincirinin daralması üretilen bileşenlerin niteliğinin köklü biçimde değişmesinden de kaynaklanmaktadır. Yeni tedarik zinciri, IYMA'da görülen mekanik ve emek yoğun üretim süreçlerinin aksine, teknoloji ve sermaye yoğun bir karakter kazanmıştır. Bataryalar, güç elektroniği, sensörler ve yazılım gibi EA'ların temel bileşenleri, yüksek düzeyde otomasyon ve robotlaşma¹⁴ gerektiren karmaşık üretim süreçlerine dayanmaktadır (Piskova ve diğerleri, 2024: 2). Bu dönüşüm, üretimin doğasını “kas gücünden” “zihin gücüne” kaydırmakta ve tedarik zincirini daha az sayıda ancak teknolojik olarak daha gelişmiş ve yüksek katma değer üreten firmalardan oluşan bir yapıya dönüştürmektedir. Bu yeni yapı, geleneksel tedarikçilerin adaptasyonunu zorlaştırırken teknoloji ve elektronik sektörlerinden yeni aktörlerin otomotiv pazarına girişine imkân tanımaktadır (Jagani ve diğerleri, 2024: 8). Nitekim geleneksel üretimde lider konumda bulunan Almanya gibi ülkeler, otomotiv bileşenleri üretimindeki rekabet avantajlarını giderek Polonya, Çekya ve Macaristan gibi Doğu Avrupa ülkelerine kaptırmaya başlamışlardır. Bu ülkeler daha düşük işgücü maliyetleri ve artan teknolojik yetkinlikleri sayesinde tedarik zincirinde giderek daha stratejik bir rol üstlenmektedir (Cresti ve diğerleri, 2025: 3).

Tedarik zincirindeki bir diğer önemli değişim ise hammadde ihtiyacındaki farklılaşmadır. IYMA tedarik zincirinde çelik, alüminyum ve çeşitli metal alaşımları öne çıkarken, EA tedarik zincirinin merkezinde lityum, kobalt, nikel ve grafit gibi batarya hammaddeleri bulunmaktadır. Bu hammaddelerin coğrafi dağılımı, geleneksel maden kaynaklarından belirgin şekilde farklı olup, çoğunlukla politik olarak hassas bölgelerde yoğunlaşmaktadır. Örneğin, kobalt üretiminin büyük bir kısmının

¹⁴ Acemoglu ve Restrepo (2020) tarafından yapılan anali endüstriyel robotların ABD'deki istihdam ve ücretler üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğu sonucuna ulaşmaktadır. Bulgulara göre her bin işçiye eklenen bir robot, istihdam oranını yaklaşık 0.2 yüzde puanı düşürmekte ve ücretlerde %0.42'lik bir azalmaya yol açmaktadır.

Demokratik Kongo Cumhuriyeti’nde gerçekleşmesi tedarik güvenliği ve etik kaynak kullanımı konusunda ciddi endişeler doğurmaktadır (Nguyen ve diğerleri, 2020: 3). Bu durum, otomotiv üreticilerini yeni ve daha istikrarlı hammadde kaynakları aramaya veya alternatif batarya kimyaları geliştirmeye yönelterek küresel hammadde tedarik haritasını ve jeopolitik dengeleri yeniden şekillendirmektedir. Ayrıca EA bataryaları, hammadde kıtlığı (özellikle lityum), standartlaşma eksikliği, çevresel kirlilik ve farklı batarya boyutlarının yarattığı uyumsuzluklar nedeniyle küresel tedarik zincirinde ciddi sorunlar oluşturmaktadır. Bu durum batarya üretiminin sürdürülebilirliğini ve elektrikli araçların uzun vadeli gelişimini tehdit eden temel bir küresel tedarik problemi haline gelmektedir (Song, 2023: 30-31).

Yapay zekâ destekli EA yaygınlaşmasının istihdama olan diğer bir etkisi ise satış sonrası hizmetler ve bakım sürecinde kendisini göstermektedir. Elektrikli araçların daha dayanıklı ve daha az bakım gerektiren yapısı satış sonrası hizmetler ve yedek parça pazarını kapsayan “aşağı yönlü” tedarik zincirini köklü biçimde etkilemektedir. Daha az hareketli parçaya sahip olmaları, EA’ların daha az arıza yapması¹⁵ ve dolayısıyla daha düşük bakım maliyetleri sunması anlamına gelmektedir (Smith ve diğerleri, 2020: 26). Ayrıca uzaktan teşhis (remote diagnostics), otomotiv sektöründe dijitalleşmenin en kritik yansımalarından biridir. Araçlarda yer alan akıllı sensörler ve sürekli bağlantı imkânı sayesinde olası arızalar anlık olarak tespit edilmekte ve çoğu zaman fiziksel servise gerek kalmadan uzaktan müdahale edilebilmektedir. Bu durum virüs kapan bir bilgisayarı tamire götürmeden format atarak çözüme ulaşmaya benzemektedir. Bu gelişme özellikle üretici firmalar, büyük tedarikçiler ve telematik hizmet sağlayıcıları açısından ciddi bir ekonomik fırsat yaratmaktadır. Nitekim bu aktörlerin uzaktan teşhis uygulamaları sayesinde 60 milyar ABD doları tutarında ek kâr elde edebilecekleri öngörülmektedir. Buna karşılık, bayiler ve bağımsız servis sağlayıcıları için aynı süreç önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Çünkü aracın daha az bakım ihtiyacı duyması ve birçok sorunun yazılım güncellemeleriyle çözülmesi, bu kesimin gelirlerinde yaklaşık 44 milyar ABD dolarlık kayıp anlamına gelmektedir (ILO, 2020: 17). Bu durum, geleneksel tamir atölyeleri, yedek parça distribütörleri ve bakım hizmeti sağlayıcıları açısından ciddi bir talep daralmasına yol açmaktadır. Özellikle motor yağı, egzoz sistemleri ve bujiler gibi içten yanmalı motorlu araçlara özgü parçalar pazardan tamamen ortadan kalkma riskiyle karşı karşıyadır. Bu dönüşüm, satış sonrası hizmetler sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin batarya onarımı, yazılım güncellemeleri ve elektronik sistem diagnostikleri gibi yeni uzmanlık

¹⁵ Almanya Otomobil Kulübü (ADAC) verilerine dayanan bir analizine göre 2–4 yaşındaki EA’lar için arıza oranının 1.000 araçta 3.8 olduğu, aynı yaş grubundaki İYMA’larda bu oranın 9.4 olduğu tespit edilmiştir (The Driven, 2025). Diğer taraftan TÜV raporları Tesla Model S gibi bazı EA modellerinde (örneğin %10.7 arıza oranıyla) İYMA ortalamalarını aşan defolar bulunabileceğini de belirtmektedir (Reuters 2024). Nguyen-Tien ve arkadaşlarının (2025) çalışması ise ilk EA modellerinde güvenilirlik sorunu olsa da teknolojinin hızla gelişmesiyle daha yeni EA’ların şimdiden benzer kullanım ömrüne eriştiğini göstermektedir.

alanlarına yönelmesini zorunlu kılmaktadır. Bu süreç ise gereken adaptasyonu gerçekleştiremeyen irili ufaklı yüzlerce aktör için pazarın dışında kalma riski doğurarak işsizliği artırma riski taşımaktadır (Jagani ve diğerleri, 2024: 8).

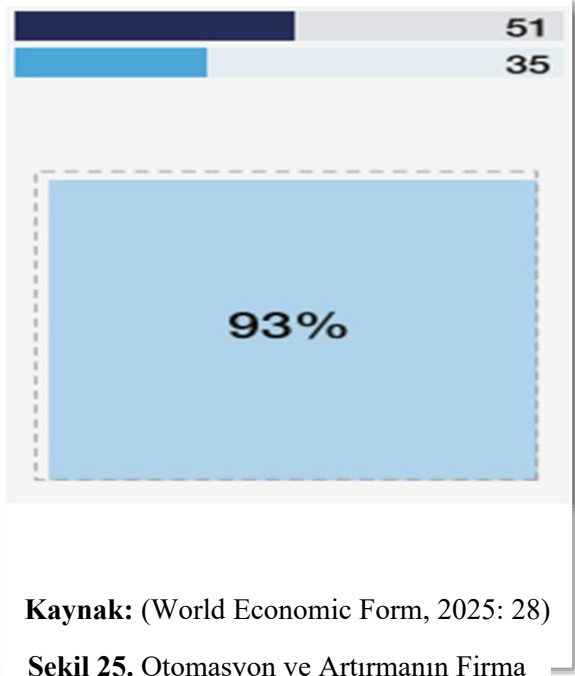
Yapay zekânın otomotiv sektöründe işsizliği artırabilecek bir diğer önemli etkisi ise mevcut beceri setlerinin köklü biçimde dönüşmesi ve belirli becerilerin yapay zekâyâ devredilmesi üzerinden ortaya çıkmaktadır. Nitekim yapay zekâ destekli elektronik araçların klasik araçlara kıyasla ortaya çıkardığı en çarpıcı yenilik otonom olarak seyahat edebilme fırsatıdır. Otonom araçların yaygınlaşması sürücülük mesleğinde köklü bir dönüşüm yaratma potansiyeline sahiptir. Kamyon, taksi ve otobüs şoförlüğü gibi milyonlarca kişiye istihdam sağlayan alanlar, otomasyon süreciyle birlikte ciddi iş kayıplarıyla karşı karşıya kalacaktır (Beede ve diğerleri, 2017: 1). Nitekim sadece ABD özelinde otonom kamyon teknolojisi uzun yol kamyoncularının %90'ından fazlasını görevden alabileceği ve bu da yaklaşık 500.000 sürücünün işsiz kalmasına yol açabileceği tahmin edilmektedir. Okul servisleri ve şehir içi teslimat gibi süreçlerde otonom sürüşün yaygınlaşması uzun dönemde ciddi iş kaybına neden olacağı benzetilmektedir (Muller, 2022). Bununla birlikte, kamyon, taksi ve otobüs sürücülerinin tamamını kapsayan öngörüler çok daha büyük bir işsizlik dalgasına işaret etmektedir. Keza bu çerçevede ABD'de 4,7 milyon civarında sürücünün otomasyon sonucu işsiz kalma riski taşıdığı savunulmaktadır (Hayes, 2024). Diğer taraftan bu dönüşüm yalnızca iş kaybı anlamına gelmemekte aynı zamanda yeni mesleklerin ortaya çıkmasına da zemin hazırlamaktadır. Örneğin, otonom araç filolarının uzaktan kontrolünü sağlayacak “mobilité operatörleri” veya yolcu güvenliği ve konforundan sorumlu araç içi “gözetmenler” gibi yeni rollerin oluşması beklenmektedir (Smith ve diğerleri, 2020: 67). Bu yeni istihdam alanları, geleneksel sürücülükten farklı olarak denetim, müşteri ilişkileri yönetimi ve acil durum müdahalesi gibi yetkinlikler gerektirmektedir. Dolayısıyla, mevcut sürücülerin bu rollere geçişini kolaylaştırmak için kapsamlı yeniden eğitim ve beceri geliştirme programlarının uygulanması kritik bir önem taşımaktadır.

Beceri dönüşüm süreci, otomotiv endüstrisindeki çalışanlardan beklenen beceri setlerinde köklü değişikliklere yol açmaktadır. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO-ÜÇO), sektörün geleceğinde işgücünün yetkinliklerine ve sürekli eğitime yatırım yapmanın kritik önem taşıdığını özellikle vurgulamaktadır (ILO, 2020: 18). Yapay zekâ tabanlı üretim süreçleri, yeni bir Sanayi Devrimi'nin temelini oluşturmakta ve çalışanların yalnızca teknik bilgi ve becerilere (hard skills) değil, aynı zamanda iletişim, eleştirel düşünme ve problem çözme gibi sosyal ve bilişsel becerilere (soft skills) de sahip olmasını zorunlu kılmaktadır (Cretu ve diğerleri, 2024: 804). Dolayısıyla, otomotiv şirketlerinin ihtiyaç duyduğu işgücü profili yalnızca mekanik uzmanlıkla sınırlı kalmayıp aynı zamanda dijital teknolojileri yönetebilen, veriyi yorumlayabilen ve karmaşık sistemler arasında etkin etkileşim kurabilen çalışanları da kapsamaktadır.

Sonuç olarak, yapay zekânın ve dijitalleşmenin araç sektörüne etkisi çift yönlü bir dönüşüm niteliği taşımaktadır. Bir yandan otomasyon ve otonom araç teknolojileri, özellikle sürücülük mesleği gibi milyonlarca kişinin istihdam edildiği alanlarda ciddi kayıplara yol açma potansiyeli barındırmaktadır. Ayrıca bu dönüşüm, tedarik zincirlerinde coğrafi kaymalara, değişen araç parçalarıyla birlikte küresel iş dağılımının yeniden şekillenmesine, satış sonrası hizmetlerde daralmalara, kritik hammaddelere bağımlılığın artmasına ve üretim yapısının dönüşmesine neden olmaktadır. Öte yandan elektrikli araçlara geçiş ile birlikte batarya üretimi, dijital hizmetler ve veri odaklı iş modelleri gibi yeni alanlarda yüksek vasıflı işgücü için önemli istihdam olanakları ortaya çıkacaktır.¹⁶ Bu nedenle politika yapıcıların, şirketlerin ve eğitim kurumlarının birlikte hareket ederek işgücünün beceri dönüşümünü desteklemesi ve yaşam boyu öğrenmeyi merkeze alan stratejiler geliştirmesi, bu sürecin sosyal açıdan daha dengeli ve istihdamı artırıcı bir şekilde yönetilmesi açısından kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır (ILO, 2020: 53).

5.4.4. Tarım Sektöründe Yapay Zekâ Uygulamaları

Tarım sektöründe fiziksel işlerin yoğunluğu, çalışma ortamının düzensizliği, teknolojik altyapının sınırlı gelişimi ve dijitalleşme maliyetinin yüksekliği gibi nedenlerden dolayı yapay zekâ maruziyetinin düşük olduğu bir sektördür. Ancak DEF'e göre tarım, ormancılık ve balıkçılık sektörlerinde insan emeğinin rolü önümüzdeki beş yıl içinde önemli ölçüde değişecektir. Firma bazında, 2025 yılında sektördeki tüm görevlerin %51'i ağırlıklı olarak insanlar tarafından yapılırken, 2030 yılına gelindiğinde bu oranın %35'e düşeceği



Kaynak: (World Economic Form, 2025: 28)

Şekil 25. Otomasyon ve Artırmanın Firma Bazında Tarım İş Gücü Payına Etkisi (2025-2030)

¹⁶ Pirmana ve diğerleri (2023) yaptığı analizde batarya ve EA üretimi sayesinde Endonezya'nın GSYİH'nın %1,5 oranında arttığı ve yaklaşık %0,5'lik bir artışla 538.658 ek istihdam fırsatı sağladığı sonucuna ulaşmıştır.

öngörülmektedir. Bu 16 puanlık düşüşün arkasındaki ana itici güç ise akıllı otomasyondur. Rapor bu düşüşün (%16'nın) %93'ünün, insanların yaptığı mevcut görevlerin tamamen makinelere devredilmesiyle gerçekleşeceğini belirtmektedir. Geriye kalan %7'lik değişim ise insan ve teknolojinin birlikte çalıştığı (artırılmış iş birliği/augmentation) görevlerin artmasından kaynaklanacaktır. Bu veriler, sektörde insan emeğinin tamamen ortadan kalkmasından ziyade işlerin doğasının köklü bir şekilde değişeceğini ve akıllı otomasyonun bu dönüşümde ana dinamo görevi oynayacağını göstermektedir (World Economic Forum, 2025: 28). Diğer taraftan Morgan Stanley analistleri akıllı otomasyonun özellikle insansı robotlar (Humanoid) aracılığıyla işgücü piyasasını kökten dönüştürebileceğini öngörmektedir. Analistlere göre 2040 yılına kadar ABD'de 8 milyon insansı robotun istihdam edilmesi ve bunun ücretler üzerinde 357 milyar dolarlık bir etki yaratması beklenmektedir. 2050 yılına gelindiğinde ise bu sayının 63 milyona ulaşarak mesleklerin %75'ini, çalışanların %40'ını ve yaklaşık 3 trilyon dolarlık maaş bordrosunu etkileyebileceği tahmin edilmektedir. İnsansı robotların ticarileştirilmesi küresel işgücünün büyük bir kısmını dönüştürme potansiyeli nedeniyle sosyal ve politik kabul açısından ciddi zorluklarla karşı karşıya kalacaktır. Özellikle inşaat işlerinin %70'inin, tarım, balıkçılık ve ormancılık sektörlerinde ise %67'sinin bu dönüşümden etkileneyeceği öngörülmektedir. Bu durumun, mevcut koşullarda ideal bir çözüm olmasa da küresel ölçekte artan işgücü açığı ve demografik yaşlanma gibi sorunlar karşısında giderek daha gerekli bir çözüm haline geldiğini vurgulamaktadır (Morgan Stanley, 2024).

Tarım sektöründe yapay zekâ temelli dönüşüm, bu alanda gerekli olan beceri setlerinin de köklü bir şekilde yeniden tanımlanmasını zorunlu kılmaktadır. Geleneksel tarım bilgisi ve saha deneyimi hâlâ önemini korumakla birlikte dijital okuryazarlık, veri analizi, sensör teknolojileri ve teknoloji yönetimi gibi yetkinlikler giderek daha kritik bir hâle gelmektedir. Gelecekte çiftçiler ve tarım işçileri yalnızca toprağı ve bitkiyi tanımakla kalmayıp aynı zamanda sensörlerden elde edilen verileri yorumlama, otonom tarım araçlarının yazılımlarını yönetme ve tahmine dayalı analitik modelleri anlama gibi dijital becerilere de sahip olmalıdır. Bu gelişmeler tarımsal bilgi ve inovasyon sistemlerinin kapsamlı bir şekilde yeniden yapılandırılmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle çiftçilere sadece teknoloji kullanımı değil aynı zamanda bu teknolojilerin altında yatan mantığı anlama ve veriye dayalı eleştirel düşünme becerisi kazandırılması adaptasyon sürecinin başarısı için hayati olarak görülmektedir (Daum, 2025: 173-178). Keza tarım sektöründe yapay zekâ destekli uygulamalar tarımsal üretim sürecinin hemen hemen her alanında kendine artık yer bulabilmektedir. Tarımda

yapay zekânın kullanıldığı alanları şu şekilde sıralamak mümkündür (Ryan ve diğerleri, 2023: 9):

Toprak Yönetimi: Yapay zekâ toprak yönetiminde karar destek sistemleri, bulanık mantık, yapay sinir ağları ve yönetim odaklı modelleme tekniklerini kullanarak toprakla ilgili kritik parametreleri tahmin etmede önemli bir rol oynamaktadır. Bu sistemler toprak yapısı, sıcaklık, nem, besin içerikleri ve dokusal özellikler gibi faktörleri yüksek doğrulukla öngörebilmektedir. Yapay sinir ağları özellikle geniş veri kümeleri üzerinden çalışarak



Resim 10. Tamamen Otonom ve Elektrikli Model T-70

optimum tarımsal uygulamaların belirlenmesini kolaylaştırmaktadır. Ancak meteorolojik koşulların öngörülemezliği veya büyük veri eksikliği, bu tekniklerin başarısını zaman zaman sınırlandırabilmektedir. Bu alanda yeni otonom araçların da oraya çıktığı görülmektedir. Keza yakın zamanda Çin'in ürettiği tamamen otonom elektrikli traktör T70 toprak işleme, ekim, bakım ve hasat döngüsünü insan etkisi olmadan baştan sona tüm süreçleri yerine getirebilmektedir. Bu araç toprak yapısını ve nem durumunu gerçek zamanlı olarak analiz edebilmekte ve elektrikli olduğu için karbon emisyonunu da azaltmaktadır (Global Agriculture, 2025).

Zararlı Ot ve Haşere Yönetimi: Yapay zekâ, tarımsal üretimde zararlı ot ve haşere kontrolünde önemli avantajlar sunmaktadır. Yapay zekâ destekli sistemler, bitkilerdeki enfeksiyonları erken dönemde tespit ederek hastalıkların ve zararlıların yayılmasını önlemekte, böylece verim kayıplarını en aza indirmektedir. Bu sistemler, insan gözünün fark edemeyeceği mikroskobik düzeydeki sorunları tespit edebilme kapasitesine sahiptir. Süreçte genetik algoritmalarla entegre yapay sinir ağları, sensör tabanlı makine öğrenmesi, dijital görüntü analizi ve öğrenme vektör kuantizasyonu gibi ileri teknolojilerden yararlanılmaktadır. Gerçek zamanlı veri işleme kapasitesi sayesinde çiftçiler hızlı ve doğru kararlar alabilmekte ve üretim kayıplarının önüne geçebilmektedir. Ayrıca yapay zekâ tabanlı bu sistemlerin, zararlı haşerelere karşı da etkili sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Örneğin, Spotta tarafından geliştirilen "IoT-AI" tabanlı izleme sistemi, sensörler aracılığıyla toplanan çevresel verileri yapay zekâ ile analiz ederek tarladaki zararlı böcek türlerini otomatik biçimde saptayıp

raporlamaktadır. Bu sistemin, geleneksel yöntemlere kıyasla ortalama üç ay daha erken tespit sağladığı belirtilmektedir (Guarracino, 2025).

Hastalık Yönetimi: Bitki hastalıklarının erken dönemde tespiti, tarımsal verimlilik açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda yapay zekâ tabanlı görüntü tanıma sistemleri, hastalık teşhisinde yüksek doğruluk oranlarıyla çalışarak erken müdahale imkânı sunmaktadır. Son yıllarda geliştirilen web tabanlı akıllı teşhis sistemleri, bulanık mantık temelli modeller ve genetik algoritmalarla desteklenen yapay sinir ağları, bitki hastalıklarının kontrol altına alınmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Hindistan’da IIIT-Allahabad araştırmacıları tarafından geliştirilen “CVGG-16” modeli, mobil cihazlar aracılığıyla gerçek zamanlı hastalık tespiti yapabilmektedir. Modelin genel doğruluk oranı %97,25, mısır hastalıkları için %96,75, patates hastalıkları için ise %93,55 olarak raporlanmıştır. Bu sonuçlar yapay zekâ destekli sistemin yüksek düzeyde güvenilirliğe sahip olduğunu göstermektedir (Mani, 2025).

Ürün Yönetimi: Yapay zekâ ürün yönetiminde çiftçilere veri odaklı, özelleştirilmiş öneriler sunarak ekim ve üretim süreçlerini optimize etmektedir. Hangi ürünün hangi toprakta ve hangi dönemde ekileceğine ilişkin kararların yanı sıra gübre, pestisit ve su kullanımının en uygun seviyelerde belirlenmesini mümkün kılmaktadır. Nitekim 2030 yılına kadar manuel işgücü ve pestisit uygulayıcılarının %97’sinin otomatikleştirileceği öngörülmektedir (Ryan ve diğerleri, 2023: 15). Hiperspektral görüntüleme, üç boyutlu lazer tarama ve uzaktan algılama gibi ileri teknolojilerle geniş arazilerde ekim süreci ayrıntılı biçimde takip edilebilmekte ve ürün verimliliği yüksek doğrulukla tahmin edilmektedir. Yapay zekâ sistemleri ayrıca besin eksikliklerini tespit ederek çiftçilere erken dönemde müdahale imkânı da sunmaktadır.

Su Kullanımının Optimizasyonu: Yapay zekâ, sensörlerden elde edilen gerçek zamanlı toprak ve bitki nem verilerini analiz ederek su kullanımını optimize eden akıllı sulama stratejileri geliştirmektedir. Toprak özellikleri, meteorolojik veriler ve bitki su gereksinimleri birlikte değerlendirilerek en verimli sulama programları oluşturulmaktadır. Yapay zekâ tabanlı sistemler küresel ölçekte yaşanan ve giderek derinleşecek olan su sıkıntısını giderebilmek için su tüketimini azaltırken verim artışı da sağlamaktadır. Nitekim yapılan çalışmalar daha az su kullanarak, akıllı sulama sistemleriyle yönetilen üretim alanlarında geleneksel yöntemlere kıyasla daha yüksek ürün verimi elde edildiğini göstermektedir (Chen ve diğerleri, 2019: 2944-2945).

Yapay zekâ ve otomasyonun tarım sektöründeki benimsenme düzeyi, ülkelerin ve bölgelerin ekonomik gelişmişlik seviyelerine bağlı olarak önemli farklılıklar göstermektedir. Gelişmiş ekonomilerde, özellikle Kuzey Amerika ve Avrupa’da hassas tarım teknolojileri robotik sistemler ve akıllı otomasyon tabanlı

Üretim süreçleri daha yaygın bir Şekilde kullanılmaktadır. Bu eğilimin temel nedenleri arasında yaşlanan nüfus, azalan işgücü arzı ve artan işçilik maliyetleri bulunmaktadır. Bu nedenle akıllı otomasyon bu bölgelerde sürdürülebilir tarımsal üretim için cazip bir alternatif hâline gelmektedir (Christiaensen ve diğerleri, 2020: 9). Buna karşılık Asya ve Afrika'daki gelişmekte olan ülkelerde ise yapay zekâ tabanlı tarım teknolojilerinin benimsenmesi sınırlı düzeyde kalmaktadır. Bunun başlıca nedenleri arasında yetersiz teknolojik altyapı (rneğin, internet ve elektrik erişimindeki kısıtlılıklar), veri eksikliği ve küçük ölçekli çiftçiler arasındaki beceri açığı bulunmaktadır (Dixit ve Gill, 2024: 22-23). Bu faktörler, söz konusu bölgelerde yapay zekâ ve akıllı otomasyon uygulamalarının etkinliğini azaltmakta ve teknolojinin potansiyelinden tam anlamıyla yararlanılmasını engellemektedir (Ryan ve diğerleri 2023: 13-14).

Tablo 22. Bölgelere Göre Tarımda Yapay Zekâ ve Dijital Teknoloji Kullanım Oranları

Bölge	Teknoloji Kullanımı	En Popüler Kullanım Alanı
Küresel	%39	iftlik yönetim yazılımı
Avrupa	%62	iftlik yönetim yazılımı ve uzaktan algılama
Kuzey Amerika	%61	iftlik yönetim yazılımı
Güney Amerika	%50	Uzaktan algılama
Asya	%9	Tarımsal otomasyon ve robotik
Kaynak: (Fiocco ve Ganesan, 2023)		

Tablo 22'deki veriler McKinsey'nin 2022 yılında gerçekleştirdiği çalışmaya aittir. Çalışmada Asya, Avrupa, Kuzey Amerika ve Güney Amerika'dan 5.500 iftiyi kapsayan geniş bir anket çalışması yapılmıştır. Çalışmanın sonucuna göre tarımda yapay zekâ tabanlı dijital teknolojilerin (agtech) kullanım oranlarını bölgeler arasında önemli farklılıklar göstermektedir. Nitekim Avrupa (%62) ve Kuzey Amerika (%61) Agtech kullanımında başı çekerken, Güney Amerika'da bu oran %50 seviyesindedir. Asya'da ise yalnızca %9 gibi oldukça düşük bir benimsenme oranı tespit edilmiştir. Bu farklılığın temel nedenleri arasında teknolojik altyapı eksiklikleri, yüksek yatırım maliyetleri, belirsiz geri dönüş oranları (ROI) ve finansal teşviklerin yetersizliği öne çıkmaktadır. Avrupa ve Kuzey Amerika'daki yüksek oranlar ise gelişmiş internet altyapısı, yaygın IoT

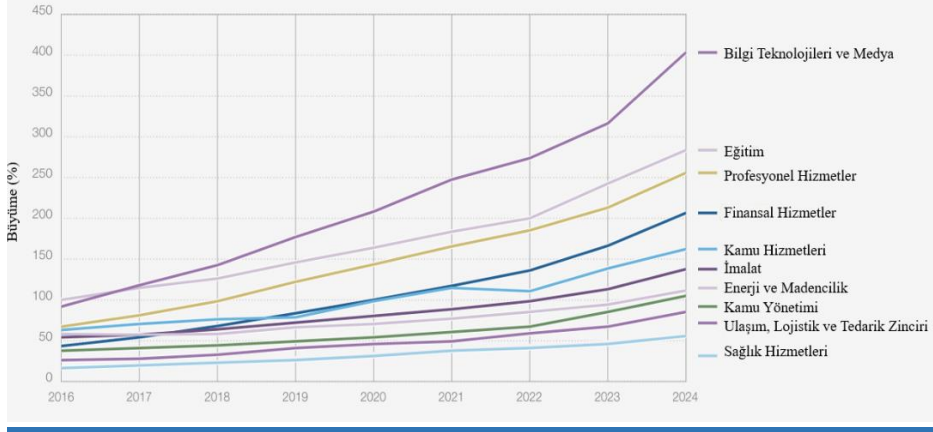
kullanımı ve devlet destekleriyle ilişkilendirilmektedir. Buna karşılık, gelişmekte olan bölgelerde çiftçiler yüksek maliyetler ve teknolojiye erişim zorlukları nedeniyle Agtech'e daha temkinli yaklaşmaktadır (Fiocco ve Ganesan, 2023).

5.4.5. Finans ve Bankacılık Sektörü

Finans sektöründe yapay zekâ teknolojilerinin benimsenmesi kurumların rekabetçi yapılarını sürdürebilmeleri açısından stratejik bir zorunluluk hâline dönüşmüştür. Bankacılık sektöründeki uzmanlar *“çok kısa bir dönem içinde gerekli adımlar atılmadığı takdirde mevcut iş modellerinin sürdürülemez hâle geleceğini”* savunmaktadır. Bu vurgu, bankacılık sektöründe dijitalleşme ve yapay zekâ tabanlı çözümlerin artık opsiyonel değil piyasada kalmanın temel koşullarından birisi olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, sigortacılık alanında önümüzdeki on yıl içinde yapay zekânın “nesnelerin interneti” (IoT) ve diğer yenilikçi teknolojilerle entegrasyonunun, işletmelerin ölçek ekonomilerinden faydalanmalarını sağlayarak rekabet avantajı yaratacağı savunulmaktadır (PWC, 2020: 10).

Finans sektörü karar alma süreçlerinde veri analitiği ve algoritmik modellemeyi uzun süredir sistematik bir biçimde uygulayan sektörlerden birisi olması nedeniyle yapay zekâ teknolojilerine en fazla yatırım yapması öngörülen “lider sektörler” arasında konumlanmaktadır. Nitekim DEF 2030’a kadar finans sektöründeki işverenlerin %97’si yapay zekâ ve bilgi işleme teknolojilerinin iş süreçlerini köklü biçimde dönüştüreceğini öngörmektedir (World Economic Forum, 2025: 62). Goldman Sachs raporuna göre ise finansal hizmetler sektöründeki idari ve yasal mesleklerin daha şimdiden sırasıyla %46 ve %44 oranında yüksek seviyede otomasyona maruz kaldığı belirtilmektedir (Briggs ve Kodnani, 2023: 6). Özellikle finansal analistler, sigorta eksperleri ve banka memurları gibi roller algoritmik ticaret, kredi riski değerlendirmesi ve sahtekârlık tespiti gibi kritik süreçlerde yapay zekâ sistemleri tarafından giderek daha yüksek oranda otomasyona maruz kalacaktır. DEF 2025 raporu FinTek (finansal teknoloji) mühendisleri ve büyük veri uzmanları gibi yüksek teknoloji odaklı rollerin en hızlı büyüyen meslekler arasında yer aldığını, buna karşın banka memurları gibi geleneksel rollerin ise en hızlı gerileyen meslekler arasında olduğunu belirtmektedir (World Economic Forum, 2025: 19).

Grafik 13. Sektörlere Göre Yapay Zekâ Teknolojilerinin Benimsenme Oranı, 2016–2024



Kaynak: (World Economic Forum, 2025: 64)

Finansal hizmetler sektörü, 2016-2024 yılları arasında yapay zekâ teknolojilerinin benimsenmesinde belirgin bir artış eğilimi göstermektedir. Grafikte 13'de görüldüğü üzere, sektördeki yapay zekâ yoğunluğu 2016-2024 arasında yaklaşık %200 düzeyinde bir büyüme sergileyerek teknoloji, medya ve eğitim gibi yüksek adaptasyonlu sektörlerden hemen sonra gelmektedir. Bu artışın temel nedenleri arasında, müşteri deneyiminin kişiselleştirilmesine yönelik yapay zekâ tabanlı çözümler, gelişmiş dolandırıcılık tespit sistemleri, otomatik yatırım algoritmaları ve regülasyon süreçlerinin dijitalleştirilmesi bulunmaktadır. Özellikle makine öğrenimi tabanlı risk yönetimi uygulamaları ve robo-danışman sistemleri gibi teknolojiler, sektörde operasyonel verimliliği artırmış ve karar alma süreçlerini hızlandırmıştır (Tshewang ve diğerleri, 2024). Bu süreç ise sektörde yapay zekâ teknolojilerinin stratejik önemini hem kurumsal hem de bireysel seviyede giderek arttırmaktadır.

Bu dönüşümde, sektörde temel veri işleme ve rutin görevlerden, stratejik danışmanlık, öngörüselleme ve karmaşık finansal ürün geliştirme gibi daha sofistike becerilere doğru belirgin bir yapısal kayma yaşanmaktadır. Sektörün geçmişten gelen bu teknolojiye dayalı karar destek geleneği, yapay zekânın sunduğu büyük veri işleme, öngörüselleme ve risk yönetimi gibi gelişmiş imkânların benimsenmesini kolaylaştırmakta ve hızlandırmaktadır. Bu nedenle finansal kuruluşların, yapay zekâ tabanlı çözümleri operasyonel verimlilik, müşteri deneyimi, dolandırıcılık tespiti ve stratejik karar destek sistemleri gibi çok sayıda alanda yoğun biçimde entegre etmesi beklenmektedir (Tshewang ve diğerleri, 2024; PWC, 2020: 8). Yapay zekânın finans sektöründe yoğun bir

şekilde kullanıldığı alanlar şu şekilde sıralanmaktadır (Tshewang ve diğerleri, 2024; Topuzoğlu ve Tekin, 2024: 155-157; Özdemir, 2023: 64-65):

Chatbot (Sohbet Robotları) ve Müşteri Hizmetleri: Yapay zekâ tabanlı sohbet robotları, finansal hizmetler sektöründe müşteri deneyimini dönüştüren en önemli teknolojilerden biri hâline gelmiştir. Doğal dil işleme altyapısına sahip bu sistemler, müşteri taleplerini anlama, yönlendirme ve çözüm üretme kabiliyetleri sayesinde bankacılık işlemlerinde hız, erişilebilirlik ve maliyet avantajı sağlamaktadır. Özellikle genç nüfusun yoğun ve dijital bankacılık kullanımının yüksek olduğu Türkiye’de chatbot uygulamaları bankalar, sigorta şirketleri ve ödeme kuruluşları gibi birçok finansal kurum tarafından yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu sistemler yalnızca müşteri destek hizmetlerinde değil aynı zamanda kişiselleştirilmiş ürün önerileri, yatırım tavsiyeleri ve risk bilgilendirme süreçlerinde de etkin rol oynamaktadır. Böylece hem müşteri memnuniyeti artmakta hem de şirketlerin operasyonel verimliliği güçlenmekte, maliyetleri düşürülmekte ve rekabet avantajı sağlanmaktadır.

Dolandırıcılık Tespiti ve Önleme: Dolandırıcılık tespiti, finans sektöründe yapay zekâ uygulamalarının en kritik kullanım alanlarından birini oluşturmaktadır. Keza geleneksel yöntemler çoğunlukla geçmiş verilere dayalıyken, yapay zekâ destekli sistemler gerçek zamanlı işlem analizi yaparak anomali tespiti gerçekleştirebilmekte ve olası riskleri önceden belirleyebilmektedir. Bu sayede bankalar şüpheli işlem modellerini tespit ederek kara para aklama, kimlik hırsızlığı ve finansal dolandırıcılık gibi riskleri hızlı bir şekilde bertaraf edebilmektedir. Türkiye’de ise finansal kurumlar, “RegTech” tabanlı yapay zekâ çözümleri kullanarak otomatik raporlama, anlık risk kontrolü ve uyumluluk süreçlerini optimize etmektedir. Bu gelişmeler dolandırıcılık önleme mekanizmalarının yalnızca güvenliği sağlamakla kalmadığını aynı zamanda müşteri güvenini artırarak bankaların marka değerini ve itibarını koruma açısından da stratejik bir unsur hâline geldiğini göstermektedir.

Raporlama ve Analiz: Finans sektöründe yapay zekâ tabanlı raporlama ve veri analitiği büyük veri işleme kapasitesi sayesinde karar alma süreçlerini köklü bir şekilde dönüştürmektedir. Geleneksel raporlama yöntemleri büyük ve karmaşık veri setleriyle çalışırken zaman kaybı yaratmakta ve hata payını artırmaktadır. Ancak yapay zekâ destekli sistemler bu verileri çok daha hızlı, doğru ve etkin biçimde analiz ederek finansal performansın ölçülmesini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca bu sistemler geçmişe dönük veri analizlerinin ötesine geçerek öngörüselsel analitik teknikleriyle gelecekteki piyasa eğilimlerini tahmin etmede kritik bir rol üstlenmektedir. Türkiye finans sektöründe geliştirilen otomatik raporlama altyapıları ise düzenleyici kurumların gerekliliklerine uyumu kolaylaştırmakta ve insan hatasını minimuma indirerek operasyonel verimliliği

artırmaktadır. Bunun yanı sıra müşteri portföy yönetimi, likidite analizi ve yatırım optimizasyonu gibi alanlarda da yapay zekâ tabanlı raporlama sistemleri kurumlara önemli bir rekabet avantajı kazandırmaktadır.

Kredi Skorum ve Risk Yönetimi: Kredi skorum ve risk yönetimi, yapay zekâ teknolojilerinin finans sektöründe en hızlı dönüşüm yarattığı alanların başında gelmektedir. Geleneksel kredi değerlendirme yöntemleri genellikle geçmiş ödeme performansına dayalıyken, yapay zekâ algoritmaları çok boyutlu veri setlerini analiz ederek daha doğru, güvenilir ve adil skorlamalar üretebilmektedir. Bu sistemler müşterilerin ödeme davranışlarını yüksek doğrulukla tahmin edebilmekte ve bankaların kredi tahsis süreçlerindeki risklerini önemli ölçüde azaltmaktadır. Türkiye’de bankalar, kredi onay süreçlerinden yeniden yapılandırma kararlarına ve temerrüt yönetimine kadar birçok alanda yapay zekâ tabanlı risk modellerini hızla entegre etmektedir. Ayrıca bu teknolojiler finansal sisteme erişimi sınırlı bireylerin krediye erişim imkânlarını artırarak finansal kapsayıcılığı güçlendirmekte ve sektörde daha dengeli bir müşteri portföyünün oluşmasına katkı sağlamaktadır.

Danışmanlık, Yatırım ve Alım-Satım İşlemleri: Yapay zekâ uygulamaları finans sektöründe yatırım danışmanlığı ve alım-satım süreçlerinde köklü bir dönüşüm yaratma potansiyeli taşımaktadır. Özellikle robo-danışmanlar sayesinde yatırım portföylerinin yönetimi daha hızlı, düşük maliyetli ve kişiselleştirilmiş bir yapıya kavuşmuştur. Bu sistemler, müşterilerin risk profillerini analiz ederek portföyleri dinamik biçimde optimize edebilmekte ve bireysel yatırımcılara daha etkin stratejiler sunmaktadır. Ayrıca yapay zekâ destekli algoritmik işlem platformları piyasa verilerini anlık olarak işleyerek teknik analiz yapabilmekte ve yüksek frekanslı alım-satım kararlarını insan müdahalesine gerek kalmadan nispeten gerçekleştirebilmektedir. Yatırım bankacılığında ise yapay zekâ müşteri davranışlarının tahmini, risk analizleri, piyasa trendlerinin öngörülmesi ve değerlendirme süreçlerinde stratejik karar desteği sağlamaktadır. Böylece hem bireysel yatırımcılar hem de kurumsal aktörler için yatırım kararlarının doğruluk oranı yükselirken danışmanlık hizmetlerinin kapsamı da önemli ölçüde genişlemektedir.

Yapay zekânın finans sektörüne entegrasyonu, operasyonel verimliliği artırma ve maliyetleri düşürme potansiyeli taşısa da istihdam yapıları üzerinde dönüştürücü bir etki de yaratmaktadır. Özellikle otomasyona yatkın olan rutin ve tekrarlayan görevler bu teknolojik ilerlemeden doğrudan etkilenmektedir. Genel olarak iyimser değerlendirmelere rağmen araştırmacılar ve sektör uzmanları finans ve bankacılık sektöründeki istihdamın otomasyona karşı özellikle hassas olduğunu kabul etmektedir. Çalışanların gelecek beklentileri de bu durumu yansıtmaktadır (FRS, 2023: 11). Nitekim Bangladeş bankacılık sektöründe

yapılan bir araştırma, özellikle veri girişi ve işleme gibi görevleri yürüten memur pozisyonlarındaki çalışanların %80'inin yapay zekâ kaynaklı akıllı otomasyon nedeniyle işlerini kaybetme endişesi taşıdığını ortaya koymaktadır (Molla, 2024: 8). İrlanda'da yapılan benzer bir çalışmaya yönelik sonuçlar ise bankacılık ve finans sektöründeki çalışanların %38'inin gelecekte yapay zekâ nedeniyle işini kaybedeceğinden korkmaktadır (FRS, 2023: 11). Bu durum, teknolojinin sadece verimlilik artışı sağlamakla kalmayıp aynı zamanda mevcut iş rollerinin geleceği hakkında ciddi kaygılar doğurduğunu ve bu sektörde istihdamı etkileyeceğini göstermektedir.

Finans ve bankacılık sektöründe yapay zekânın istihdama olan etkisi yalnızca belirli coğrafyalarla sınırlı kalmayıp küresel bir eğilim göstermektedir. Hindistan bankacılık sektöründe 2012-2023 yılları arasında çalışan sayısında gözlemlenen tutarlı düşüş yapay zekâ destekli otomasyonun işgücü üzerindeki somut etkilerini gözler önüne sermektedir. Bu azalma özellikle özel sektör bankalarında daha belirgindir ve operasyonel süreçlerin yeniden yapılandırıldığını ve insan gücünün yerini teknolojik çözümlerin aldığını göstermektedir (Tshewang ve diğerleri, 2024). Nitekim Bloomberg'e göre önümüzdeki 3 ila 5 yıl içerisinde küresel bankacılık sektöründe yaklaşık 200.000 çalışan işini kaybetme riski taşımaktadır. Bu oran finans ve bankacılık sektöründeki küresel istihdamın %3'üne karşılık gelmektedir (Bloomberg, 2025). Wall Street'te kullanılan generatif yapay zekâ sistemlerinin daha önce altı kişilik ekiplerin iki haftada hazırladığı IPO dokümanlarının %95'ini dakikalar içerisinde üretebildiği gözlemlenmiştir. Uzmanlar, bu gelişmenin giriş seviyesi analist pozisyonlarının %30'a varan oranlarda azalabileceğine ve özellikle rutin veri işleme, finansal modelleme ve raporlama gibi yapay zekâ tarafından kolaylıkla otomatikleştirilebilen görevlerde ciddi bir daralmaya yol açabileceğine dikkat çekmektedir (MarketWatch, 2025).

Diğer taraftan finans sektöründe otomasyonun artması özellikle veri bilimi, yapay zekâ sistem yönetimi ve siber güvenlik gibi yeni istihdam alanları da ortaya çıkartmaktadır. ABD Çalışma İstatistikleri Bürosu'nun 2023–2033 dönemi için yaptığı öngörülere göre finans sektöründe yapay zekâ ve otomasyonun etkisiyle bazı mesleklerde istihdam azalırken bazı alanlarda ise artış beklenmektedir. Kredi analistleri için istihdamda yaklaşık %3,9 oranında bir azalma öngörüldürken, yatırım ve finansal analistlerin talebinde %9,5 ve bireysel finans danışmanları için %17,1'lik bir artış beklenmektedir. Bu veriler, finans sektöründe düşük vasıflı işlerin azalırken analitik, danışmanlık ve strateji odaklı yüksek vasıflı mesleklerde ciddi bir istihdam artışının öngörüldüğünü göstermektedir (U.S. Bureau of Labor Statistics, 2023). Keza robo-danışman teknolojilerinin hızlı yükselişi finansal danışmanlık hizmetlerinde pazarın genişlemesine önemli ölçüde katkı sağlamıştır. Yapılan araştırmalar, robo-danışmanların

yaygınlaşmasının finansal danışman sayısında genel bir artışa yol açtığını ortaya koymaktadır. ABD'de yapılan bir araştırma, eyalet düzeyinde robo-danışman sayısındaki her bir birimlik artışın, finansal danışman sayısını ortalama 800 kişi artırdığını göstermiştir. Bu artış, toplam finansal danışman sayısının yaklaşık %5'ine denk gelmektedir (Kumar, 2023: 17-25). Diğer bir araştırmaya göre Robo-danışman kullanımı, bir yatırımcının insan danışmana başvurma olasılığını %15,8 artırmaktadır (Brenner ve Meyll, 2020: 5). Dolayısıyla robo-danışmanların benimsenmesi, insanın yerini almaktan ziyade sektördeki istihdamı destekleyen bir dinamiğe dönüşmüştür. Bu durumun nedeni, robo-danışmanların yatırım miktarını arttırarak dolaylı olarak insan danışman talebini de arttırmasıdır.

Yapay zekânın finans sektöründe yaygınlaşması, istihdamın yanında çalışanlardan beklenen beceri setlerinde de köklü bir değişimi beraberinde getirmektedir. DEF, finans sektöründe yapay zekâ ve big data, network ve siber güvenlik, teknolojik okuryazarlık, esneklik ve analitik düşünme gibi becerilerin hızla önem kazanacağını öngörmektedir (World Economic Forum, 2025: 39-40). Nitekim günümüzde yalnızca finansal bilgi yeterli olmamakta aynı zamanda teknolojik ve dijital okuryazarlık gibi beceriler giderek kritik bir hâle gelmektedir. Çünkü sigorta acenteleri gibi geleneksel rollerde dahi sektör giderek daha dijital odaklı bir yapıya bürünmekte ve acentelerin teknolojik ve dijital okuryazarlık konusunda temel bir anlayışa sahip olmaları artık bir zorunluluğa dönüşmektedir (Umar Baki ve Mohd Rasdi, 2024: 2341). Benzer şekilde, bankacılık alanında yalnızca temel finansal bilgiler yeterli olmamakta ve yaratıcılık, değişimlere uyum sağlama, eylem başlatma kararı alma ve analiz yorumlama gibi insan kaynakları yetkinlikleri FinTech adaptasyonu için kritik bir öneme kavuşmaktadır (Bhutto ve diğerleri 2023: 4). Bu beceriler, çalışanların yeni teknolojileri yalnızca kullanmalarını değil beraberinde bu teknolojilerin sunduğu verileri stratejik kararlar almak için yorumlayabilmelerini de sağlamaktadır.

Yapay zekâ entegrasyonunun önem kazandırdığı bir diğer beceri ise problem çözme yetkinliğidir. Veri ve yapay zekâ tarafından üretilen içgörülere dayalı karar verme süreçleri geleneksel yargının ötesine geçmeyi gerektirmektedir. Finansal analistlik gibi uzmanlık gerektiren rollerde ise yapay zekâ daha karmaşık görevler için bir görev tamamlayıcısı olarak işlev görmektedir. Bu gelişme, analistlerin temel veri toplama ve işleme gibi görevlerden ziyade, insan muhakemesi, etkileşim ve özel bilgi edinimi gerektiren daha karmaşık tahmin görevlerine odaklanmalarını sağlamaktadır (Shanthikumar ve Yoo, 2024: 5). Yapay zekâ analistlerin verimliliğini artırarak onlara daha stratejik ve katma değeri yüksek analizler yapma fırsatı sunmakta ve analistlerin beceri setlerini bu

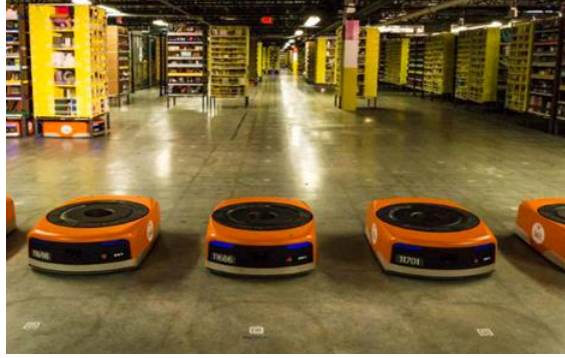
yönde geliştirmelerini zorunlu kılmaktadır. Bu yeni ortamda çatışma yönetimi becerileri de hayati bir rol üstlenmektedir. Çünkü yapay zekâ sistemleri dikkatli bir çözüm gerektiren müşteri yanlış anlamalarına veya hizmet sorunlarına yol açabilme potansiyeli taşımaktadır (Umar ve diğerkleri, 2024: 2343). Analitik düşünme ve çatışma çözme yeteneklerini birleştiren çalışanlar, yapay zekânın sunduğu hem fırsatlara hem de zorluklara daha etkili bir şekilde yanıt verebilmektedirler.

Yapay zekâ özellikle sigortacılık gibi karmaşık ve hassas alanlarda çalışanların etik yönetişim ve şeffaflık konularında da yetkin olmalarını gerektirmektedir. Nitekim yapay zekânın karmaşık yapısı nedeniyle sıklıkla “kara kutu” olarak görülmesi ve özellikle veri süreçlerindeki şeffaflık eksikliği etik konusundaki endişeleri artırmaktadır (Topuzoğlu ve Tekin, 2024: 160). Bu nedenle yapay zekâ sistemlerinin adil, şeffaf ve hesap verebilir olmasını sağlamak düzenleyici uyumun korunması ve müşteri güveninin güçlendirilmesi açısından kritik bir beceri hâline gelmektedir (Acosta-Prado ve diğerkleri, 2024: 4). Benzer şekilde yapay zekâ teknolojilerinin yaygınlaşması bankacılık sektöründe de dijital yetkinliklerin ve yapay zekâ etik farkındalığının önemini giderek artırmaktadır. Müşterilerin ve çalışanların dijital platformları etkin bir şekilde kullanma becerisi, hizmetlerin benimsenmesinde kilit bir rol üstlenmektedir. Bu nedenle, finansal kurumların müşteri deneyimlerini geliştiren ve etik yapay zekâ benimsemesini teşvik eden dijital teknoloji ve becerilere yatırım yapmaları gerektiği savunulmaktadır (Fundira ve diğerkleri, 2024: 803).

Sonuç olarak, finans ve bankacılık sektörü yüksek dijitalleşme kapasitesi ve veri odaklı iş süreçleri nedeniyle yapay zekâ teknolojilerinin etkisini en hızlı hisseden alanlardan biri olmaya devam edecektir. Önümüzdeki dönemde, rutin ve tekrarlayan görevlerin daha büyük ölçüde otomasyona devredilmesi beklenirken karar alma, strateji geliştirme, risk yönetimi ve müşteri deneyimi gibi katma değer yaratan alanlarda yüksek vasıflı işgücü önemini koruyacaktır. Bu dönüşüm aynı zamanda dijital okuryazarlık, veri analitiği, yapay zekâ sistem yönetimi, siber güvenlik ve etik yönetişim gibi ileri düzey yetkinliklerin önemini giderek arttıracaktır. Dolayısıyla sektörün rekabet avantajı yapay zekâ teknolojilerini etkin kullanan ve çalışanlarının beceri setlerini sürekli geliştiren kurumlar tarafından şekillendirileceğe benzemektedir.

5.4.6. Perakende ve Lojistik Sekötrü

Yapay zekâ lojistik ve perakende sektörlerinde operasyonel verimliliği artırma ve maliyetleri düşürme potansiyeliyle önemli bir dönüşüm potansiyeli sunmaktadır. Bu teknolojilerin benimsenmesi sektör bazında henüz başlangıç aşamasında olsa da giderek yaygınlaşmaktadır. Özellikle e-ticaretin yönlendirdiği dinamikler, depolama ve dağıtım süreçlerinde otomasyona olan ilgiyi artırmıştır. Bu sektörlerde yapay zekâ rutin görevlerin otomasyonundan insanların karar alma süreçlerini desteklemeye ve hatta



Resim 11. Amazon Kiva Robotik Sistemi

tamamen yeni inovasyon fırsatları yaratmaya kadar geniş bir yelpazede etki göstermektedir. Bununla birlikte teknolojinin benimsenme hızı ve kapsamı, firmaların büyüklüğü, maliyet hassasiyetleri ve rekabetçi yapıları gibi faktörlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Örneğin, büyük perakendeci ve lojistik firmaları bu alanda öncü yatırımlar yaparken diğer taraftan daha küçük ölçekli işletmeler ise maliyet ve karmaşıklık nedeniyle daha temkinli bir yaklaşım sergilemektedir (Gutelius ve Theodore, 2019: 6-7). Bu durum, sektörde teknolojik yetkinlik açısından farklılaşan bir yapı oluşturmakta ve yapay zekânın etkilerinin homojen bir şekilde yayılmasını engellemektedir.

Yapay zekânın lojistik ve perakende sektörlerindeki en somut uygulamaları, depo yönetimi ve son mil teslimat (last-mile delivery) operasyonlarında görülmektedir. Depolarda otonom mobil robotlar ve otomatik yönlendirmeli araçlar ürünlerin toplanması, taşınması ve tasnif edilmesi gibi fiziksel görevleri üstlenerek insan işgücünün yükünü hafifletmektedir (Jaller ve diğerleri, 2022: 17). Örneğin, Amazon'un "Kiva" sistemleri gibi robotik çözümlerle toplama süreçlerini basitleştirerek ve hızlandırarak verimliliği önemli ölçüde artırmıştır. Ayrıca yüksek hacimli e-ticaret operasyonlarında otomatik paketleme hatlarının devreye alınması, tek bir tesiste paketleme sürecinde çalışan yaklaşık 20-30 kişinin işini ortadan kaldırabilmektedir (Gutelius ve Theodore, 2019: 57-60).

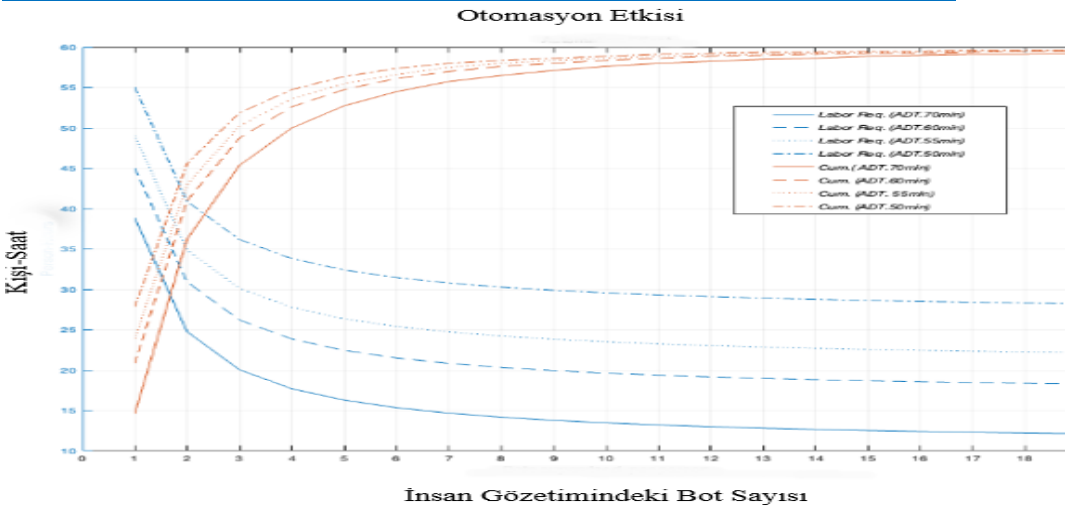
Benzer şekilde, son mil teslimat operasyonlarında kullanılan otonom teslimat robotları, özellikle kısa mesafeli ve yoğun nüfuslu kentsel alanlarda maliyetleri düşürme ve teslimat sürelerini kısaltma potansiyeli sunmaktadır. Bu robotlar

trafik sıkışıklığından kaçınarak ve insan gücüne olan ihtiyacı azaltarak geleneksel teslimat yöntemlerine bir alternatif oluşturmaktadır (Alverhed ve diğerleri, 2024: 11). Keza bu otonom elektrikli dağıtım ve teslimat araçları başarılı



Resim 12. Otonom Teslimat Robotu Kiwibot teslimat sayısında %25 ila %35'lik bir artışa neden olmaktadır (Ferreira ve Reis, 2023: 10).

Grafik 14. Otomasyon Etkisi: Kişi Başına Gözetilen Robot Sayısına Göre Emek Saati Değişimi



Kaynak: (Jaller ve diğerleri, 2022: 12)

Grafik 14, otonom teslimat robotlarının kullanımının işgücü gereksinimi üzerindeki etkilerini göstermektedir. Grafik 14’de sol eksen “Kişi-Saat” ve sağ eksen “Kümülatif İş Gücü Azalımı (%)” yer almaktadır. Otomasyon seviyesi, robot başına düşen süpervizör sayısı üzerinden hesaplanmıştır. Örneğin, bir süpervizörün yalnızca bir robottan sorumlu olduğu senaryoda insan işgücü ihtiyacı yüksek düzeyde kalırken, bir süpervizörün beş robottan sorumlu olduğu durumda işgücü gereksinimi dramatik biçimde azalmaktadır. Kritik bir bulgu olarak, beş robot başına bir süpervizör seviyesine ulaşıldığında toplam işgücü ihtiyacının yaklaşık %95 oranında düştüğü görülmektedir. Bu ölçüm otonom

teslimat sistemlerin insan emeğini tamamen ortadan kaldırmadığını ancak teknolojinin olgunlaşmasıyla birlikte işgücü gereksiniminin çok ciddi biçimde azaldığını ortaya koymaktadır. Keza yüksek otomasyon seviyesinin yaygın olarak benimsenmesiyle birlikte uzun vadede geleneksel kurye işlerinin ciddi ölçüde risk altına gireceği öngörülmektedir.

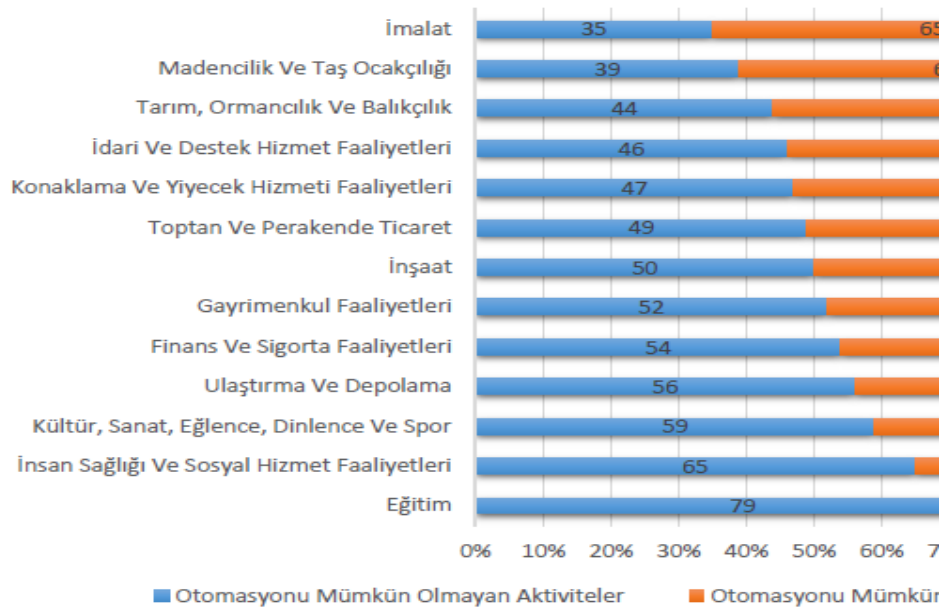
Yapay zekâ uygulamaları fiziksel otomasyonun yanı sıra karmaşık karar alma süreçlerini de desteklemektedir. Örneğin, depo yönetim sistemlerindeki yapay zekâ algoritmaları envanter yönetimi, sipariş sıralaması ve işgücü planlaması gibi kritik süreçleri optimize edebilmektedir (Gutelius ve Theodore, 2019: 32–33). Perakende tarafında ise “self-checkout” sistemleri, müşterilerin işlemlerini kendilerinin yapmasına imkân vererek kasiyerlerin rutin görev yükünü azaltmaktadır (Andrews, 2013: 5). Uzun yol taşımacılığında kullanılan “transfer-hub” yaklaşımı, otoyol sürüşünü otonom sistemlere devrederken şehir içi olan daha karmaşık süreçleri insanlara bırakmaktadır. ABD’de yapılan bir araştırmaya göre bu sistem yalnızca ülkenin güneyindeki Sun Belt eyaletlerinde uygulandığında otomasyondan etkilenebilecek uzun yol kamyon sürücülerinin çalışma süresi yaklaşık %10’dur. Eğer uygulama ülke geneline yayılıp tüm hava koşullarında mümkün olabilirse, bu oranın %94’e kadar yükseleceği öngörülmektedir. Ayrıca talep %50 artsa bile otomasyon nedeniyle risk altındaki uzun yol kamyon sürücü istihdamının yalnızca %5’i telafi edilebilmektedir (Mohan ve Vaishnav, 2022: 2-7).

Bununla birlikte otomasyonun istihdam üzerindeki olumsuz etkilerinin kimi zaman abartıldığı da ileri sürülmektedir. Görev temelli yaklaşım, mesleklerin bütünüyle değil bu meslekler içerisindeki belirli görev kümelerinin otomatikleştiğini vurgulamaktadır. Dolayısıyla bu yaklaşım, riskin meslekten ziyade görev bileşimine bağlı olarak değiştiğini savunmaktadır. Bu perspektif teknolojiye uyumun görevlerin yeniden tasarımı ve yeniden beceri edinimi kanalları aracılığıyla sağlanabileceğini ve topyekûn iş kaybı yerine işin içeriğinde bir dönüşüm olasılığının daha güçlü olduğunu savunmaktadır. Ancak Kanada verilerine dayalı bir çalışmada da yapay zekâ maruziyeti ile görevlerin teknoloji tarafından tamamlanabilirliğini birlikte ele alınmış ve perakende sektöründe çalışanların yaklaşık %37’sinin “yüksek maruziyet/düşük tamamlayıcılık”, %23’ünün “yüksek maruziyet/yüksek tamamlayıcılık” ve %40’ının “düşük maruziyet” kategorilerinde yer aldığı sonucuna ulaşılmıştır. Taşımacılık ve depolama sektöründe ise bu dağılım sırasıyla yaklaşık %19, %15 ve %66 olarak hesaplanmıştır (Mehdi ve Morissette, 2024: 23-24).

Yapay zekâ destekli otomasyonun yüksek maruziyet ve düşük tamamlayıcı olduğu görevlerde işsizliği artırma ihtimali bulunmaktadır. Perakende sektöründe çalışanların yaklaşık %37’sinin ‘yüksek maruziyet/düşük

tamamlayıcılık' kategorisinde yer alması, bu gruptaki görevlerin otomasyon yoluyla ikame edilme riskinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum Kanada'da sektör genelinde yaygın bir işsizlik dalgasından ziyade, özellikle düşük tamamlayıcılığa sahip görevlerde çalışanların daha yoğun biçimde etkileneceğine işaret etmektedir. Öte yandan taşımacılık ve depolama sektöründe bu oran yaklaşık %19 düzeyinde olup, otomasyon kaynaklı işsizlik riski perakendeye kıyasla daha sınırlı görünmektedir. Bununla birlikte düşük tamamlayıcılık düzeyine sahip bu görevlerde, özellikle depo operasyonları ve belirli lojistik süreçlerde yapay zekâ destekli otomasyonun istihdam üzerinde kayda değer etkiler yaratabileceği değerlendirilmektedir. Ek olarak bu sektörlerde çoğu görevin otomasyona açık olduğu da bilinmektedir. Şekil 15'de gösterildiği üzere, toptan ve perakende sektöründeki görevlerin %51'nin ve ulaşım ve depolama sektöründeki görevlerin ise %44'ünün otomasyona açık olduğu gösterilmektedir.

Grafik 15. Sektörlere Göre Otomasyonu Mümkün Olan Aktivite Oranları (%)



Kaynak: (Saraç, 2022: 68)

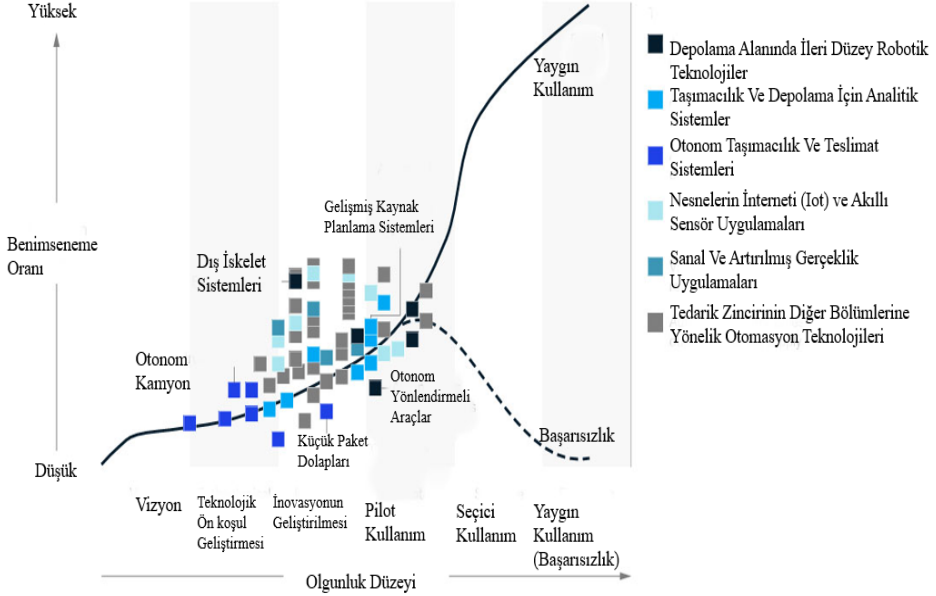
Diğer taraftan yapay zekâ sadece mevcut işleri dönüştürmekle kalmayıp aynı zamanda yeni iş alanları da yaratmaktadır. Otomasyon teknolojilerinin geliştirilmesi, uygulanması ve bakımı yeni becerilere sahip teknisyenler, mühendisler ve veri analistleri için ek istihdam fırsatları da ortaya çıkarmaktadır.

Örneğin, otonom teslimat robotlarının yaygınlaşması robot süpervizörleri, bakım personeli ve saha asistanları gibi daha önce var olmayan mesleklerin ortaya çıkmasına olanak tanımaktadır (Jaller ve diğerleri, 2022: 24). Ancak bu beceri dönüşümü yüksek vasıflı çalışanlardan ziyade düşük vasıflı çalışanlar için önemli zorlukları bünyesinde barındırmaktadır (Filippi ve diğerleri, 2023: 14). Lojistik ve depo sektörlerinde düşük vasıflı işgücünün yoğun olarak istihdam edilmesi, otomasyonun bu sektörler üzerindeki etkisinin yüksek olabileceğini düşündürmektedir. Örneğin, depo işçiliği gibi düşük vasıflı pozisyonlardaki çalışanların işlerinin içeriğinin değişmesi halinde bu çalışanların işlerini kaybetme riski artmaktadır (Gutelius ve Theodore, 2019: 10). Keza Amazon 100.000 mevcut çalışanını daha yüksek vasıflı teknik işler için yeniden eğitmek üzere büyük bir program hazırlamıştır. Sektörün maliyet kısıtlamaları göz önüne alındığında çoğu ufak işletmenin büyük ölçekte yeniden eğitim programlarına yatırım yapması pek olası gözükmemektedir. Bu nedenle düşük vasıflı iş fonksiyonlarının becerilerinin artırılmasından daha olası bir sonuç, işgücünün diğer görevlere yeniden tahsis edilmesidir. Ancak sınırlı iş pozisyonlarının varlığı istihdamın daralmasına neden olabilecektir (Gutelius ve Theodore, 2019: 57). Daha şanslı olan kasiyerler ise otomatik ödeme sistemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte teknik sorunları çözme ve müşterilere yardımcı olma gibi daha denetleyici bir rol üstlenmek zorunda kalmaktadır (Andrews, 2013: 18).

Otomasyonun getirdiği verimlilik artışı ve maliyet düşüşü firmaların rekabet gücünü artırarak yeni ürün ve hizmetler sunmalarına olanak tanıyabilecektir. Bu durumun ekonomik büyümeyi tetikleyerek dolaylı olarak yeni istihdam fırsatları yaratabileceği tahmin edilmektedir. Ancak bu yeni işlerin değişen beceri ihtiyacı nedeniyle mevcut işgücü tarafından erişilebilir olup olmayacağı belirsizliğini korumaktadır (Jaller ve diğerleri, 2022: 9). Keza yapay zekâ teknolojilerinin yaygınlaşması, çalışanların sahip olması gereken becerilerde önemli bir dönüşümü zorunlu kılmaktadır. Rutin, tekrarlayan ve fiziksel görevler giderek daha fazla otomatikleştirilirken sosyal zekâ, yaratıcılık ve karmaşık problem çözme gibi yetkinlikler işgücü için temel ayırt edici özellikler haline gelmektedir (Frey ve Osborne, 2013: 27). Bu konuda yapılan bir araştırma yapay zekâyı maruz kalmanın en çok bilişsel ve duyuşsal yeteneklerle ilişkili olduğunu, fiziksel yeteneklerin ise daha az etkilendiğini göstermektedir (Felten ve diğerleri, 2021: 10). Diğer bir ifade ile yapay zekâ teknolojilerinin özellikle bilişsel ve duyuşsal yetenekleri dönüştürmesi, çalışanların değişen beceri gereksinimlerine uyum sağlayabilmek için teknik bilgi, analitik yetkinlikler ve sosyal becerilerini geliştirmelerini zorunlu kılmaktadır (Jaller ve diğerleri, 2022: 9). Keza özellikle lojistik alanında, istihdamda emek-teknoloji yoğunluğunu değiştirerek işin

gerektirdiği beceri skalasını etkileyecek birçok yeni gelişmenin yaşanması beklenmektedir.

Şekil 26. Lojistik Sektöründeki Teknolojik Gelişmeler



Kaynak: (Dekhne ve diğerleri, 2019: 7)

Şekilde 26’da lojistik sektöründe geliştirilen ve farklı olgunluk düzeylerinde bulunan teknolojilerin benimsenme hızları gösterilmektedir. Özellikle ileri düzey depo robotları, otonom taşımacılık ve teslimat sistemleri, IoT tabanlı akıllı sensörler ve kaynak planlama algoritmaları gibi teknolojiler lojistik süreçlerde emek-teknoloji dengesini köklü bir şekilde dönüştürme potansiyeline sahiptir. Şekil 26’da görüldüğü üzere, bu teknolojilerin bir kısmı hâlihazırda pilot kullanım veya seçici kullanım aşamasındayken bazıları geniş çapta benimsenme aşamasına doğru ilerlemektedir. Bu durum, lojistikteki işgücü dinamiklerini doğrudan etkilemektedir. Özellikle ileri robotik sistemler ve otonom yönlendirmeli araçlar (AGV’ler), depo yönetimi, paketleme ve dağıtım süreçlerinde insan emeğine olan ihtiyacı azaltırken, analitik yazılımlar ve kaynak planlama sistemleri ise işin niteliğini değiştirerek daha karmaşık karar alma, veri analizi ve operasyon yönetimi gibi yüksek beceri gerektiren görevlerin önemini artırmaktadır. Dolayısıyla, şekilde gösterilen teknolojik gelişmeler, lojistik sektöründe emek-teknoloji yoğunluğunu yeniden şekillendirmekte ve çalışanların ihtiyaç duyduğu beceri setini köklü bir dönüşüme zorlamaktadır.

Düşük vasıflı olan rutin görevlerde otomasyon maruziyeti yüksekken, veri analizi, süreç optimizasyonu, robot bakımı ve sistem entegrasyonu gibi yüksek tamamlayıcılığa sahip görevler daha kritik hale gelmektedir.

Sonuç olarak, yapay zekâ lojistik ve perakende sektörlerinde verimlilik ve maliyet avantajları sağlayarak köklü bir dönüşüme öncülük etmektedir. Ancak bu dönüşümün istihdam ve çalışan becerileri üzerindeki etkileri çok yönlüdür. Bir yandan rutin görevlerin otomasyonu, bazı meslek grupları için iş kaybı ve ücret baskısı gibi riskler doğururken, diğer yandan yeni iş alanlarının ortaya çıkması, verimlilik artışına bağlı dolaylı istihdam olanaklarının oluşması ve insan emeğini tamamlayıcı rollerin önem kazanması gibi sınırlı da olsa fırsatlar mevcuttur. Bu süreçteki temel zorluk, işgücünün değişen beceri gereksinimlerine uyum sağlayabilme kapasitesidir. Nitekim perakende ve lojistik sektörlerinde istihdam edilen düşük vasıflı çalışanların yeniden eğitilmesi gerekmektedir. Ancak bu sürecin yüksek maliyetleri, özellikle sınırlı kaynaklara sahip küçük işletmeler açısından önemli bir engel oluşturmaktadır.

5.4.7. İmalat Sektörü ve Otomasyon

Yapay zekâ, insan ve biyo-evrimdeki doğal zekâdan ilham alarak 21. yüzyılın başından itibaren hızlandırılmış bir büyüme göstermiştir. Bu teknoloji, makinelerin daha önce yalnızca insanlara özgü olduğu düşünülen görevleri yerine getirmesini sağlayarak, özellikle imalat sektöründe köklü bir dönüşümün habercisi olmuştur (Gao ve diğerleri, 2024, 723). Yapay zekâ günümüzde imalat sektöründe üretim süreçlerinin dijitalleşmesini, otomasyonunu ve optimizasyonunu mümkün kılan en kilit teknolojilerden birisidir. Bu dönüşüm, özellikle Endüstri 4.0 paradigmasıyla birlikte hız kazanmış ve yapay zeka akıllı fabrikaların, öngörücü analizlerin ve veri odaklı üretim modellerinin merkezinde konumlanarak imalatın doğasını köklü biçimde yeniden şekillendirmeye başlamıştır. 2011 Hannover Fuarı'nda tanıtılan Endüstri 4.0 imalat sektöründe otomasyon, veri alışverişi ve dijital entegrasyon süreçlerini dönüştüren bir teknoloji paradigmasıdır (Xu ve diğerleri, 2018, 2941). Dördüncü sanayi devrimi olarak da adlandırılan bu anlayış yalnızca üretim teknolojilerini değil, aynı zamanda işletme modelleri, tedarik zincirleri ve küresel rekabet stratejilerini köklü biçimde değiştirmektedir. Bu paradigma siber-fiziksel sistemler, nesnelerin interneti (IoT) ve bulut bilişim gibi yenilikçi teknolojilerin entegrasyonuna dayanmakta ve geleneksel endüstriyel üretim yapılarından radikal bir kopuşu simgelemektedir (Masood ve Sonntag, 2020, 2).

Endüstri 4.0'ın temel vizyonu, akıllı fabrikalar aracılığıyla makinelerin, ürünlerin ve insanların gerçek zamanlı bilgi paylaşımı yapabildiği, kendi kendine karar alabilen ve üretim süreçlerini otonom biçimde optimize eden küresel üretim

ağları oluşturmaktır (Tjahjono ve diğerleri, 2017, 1176). Bu yaklaşım, üretim hatlarının dijitalleşmesinin ötesine geçerek tedarik zincirleri, ürün yaşam döngüsü yönetimi ve iş modellerinin bütünsel olarak yeniden yapılandırılmasını hedeflemektedir. Bu kapsamda siber-fiziksel sistemler sensörler ve IoT altyapısı aracılığıyla fiziksel süreçleri izleyip kontrol ederken, sürekli veri alışverişi sağlayarak yüksek esneklik, şeffaflık ve verimlilik kazandırmaktadır (Xu ve diğerleri, 2018, 2943). Örneğin üretim hattındaki bir makine ürünün hangi işlemlerden geçeceğini anlık olarak algılayıp merkezi bir komuta ihtiyaç duymadan kendi rotasını belirleyebilmektedir (Tjahjono ve diğerleri, 2017, 1176). Ayrıca Endüstri 4.0'ın sunduğu öngörücü analiz kapasitesi sayesinde sensörler aracılığıyla toplanan büyük veri setleri, makine performansı ve çevresel değişkenleri sürekli takip ederek olası arızaları önceden tahmin etmeyi, operasyonel verimliliği artırmayı ve enerji kaynaklarının etkin kullanımını mümkün kılmaktadır (Gao ve diğerleri, 2024, 733).

Endüstri 4.0 yalnızca dijitalleşmeyi değil aynı zamanda yapay zekâ teknolojilerinin üretim süreçlerine entegrasyonunu da zorunlu kılmaktadır. Keza akıllı fabrikalar, bu dönüşümün somut bir yansıması olarak otonom karar alma ve veri odaklı üretim yetenekleriyle öne çıkmaktadır. Üretim sürecinde üretilen yüksek hacimli veriler, bu sistemler tarafından toplanır, işlenir ve anlamlı bilgilere dönüştürülür. Bu noktada yapay zekâ Endüstri 4.0'ın “beyni” olarak konumlanmaktadır. Çünkü yapay zekâ algoritmaları, toplanan verileri analiz ederek kritik süreçleri merkezi kontrol olmadan yerine getirmektedir (Olsen ve Tomlin, 2020, 119). Örneğin yapay zeka destekli sistemler, çevresel faktörleri (sıcaklık, nem vb.) sürekli izleyerek, üretim parametrelerini anlık olarak optimize edebilir veya insan müdahalesine gerek kalmadan iş emirlerini farklı bir üretim hattına yönlendirebilir. Bu noktada yapay zeka Endüstri 4.0'ın vaat ettiği tam otomasyon ve kişiselleştirilmiş üretim hedeflerini somut bir gerçekliğe dönüştürme yükünü omuzlamaktadır. Bu durum özellikle rutin ve tekrarlayan görevlerde insan işgücüne olan bağımlılığı düşürmekte ve böylece üretimde gerekli olan çalışan sayısında belirgin bir azalma yaratmaktadır. Ancak akıllı fabrikalar belirli ölçüde insan gözetimi sürdüren yapılardır. Bu evrimin bir sonraki aşaması olan karanlık fabrikalar ise tam otomasyon hedefiyle üretimde insanın yer almadığı kesintisiz çalışan bir üretim sistemi düşüncedir. Bu geçişin kilit kaldıracı ise yapay zekâdır. Nitekim yapay zeka algılama-öğrenme-optimizasyon döngüleriyle çizelgeleme, süreç kontrolü, kalite denetimi ve öngörücü bakım işlevlerini otonom biçimde yerine getirebilmektedir (Akben ve Avşar, 2018, 31-32).

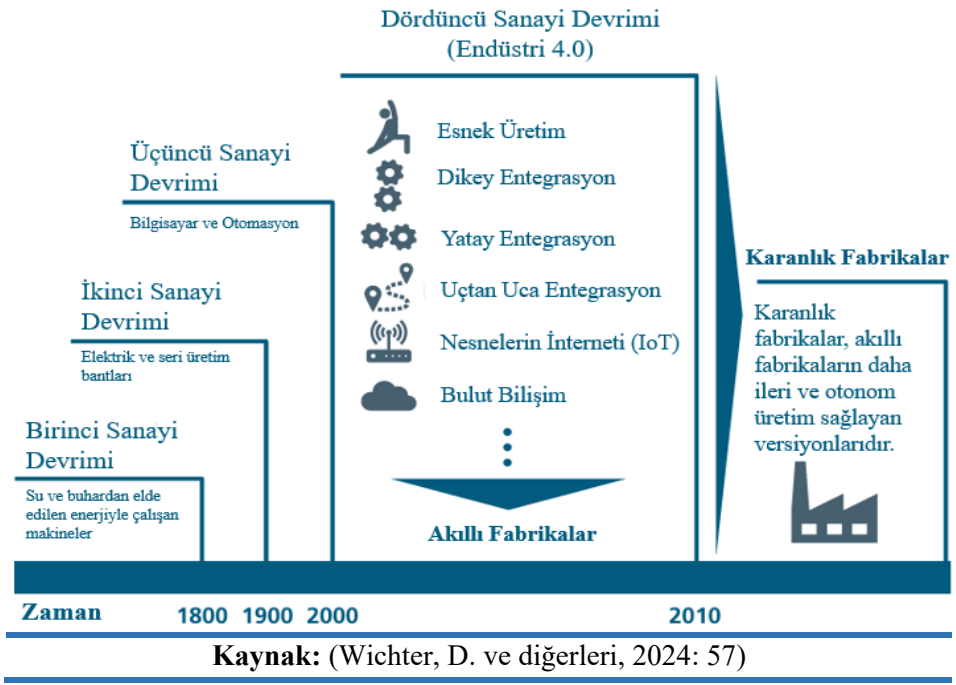
Karanlık fabrikalar, üretim süreçlerinin tamamen otonom sistemler tarafından yönetildiği tesisler olup akıllı fabrikaların gelişiminde ileri bir aşamayı temsil

etmektedir. Karanlık fabrikaların öncü örnekleri arasında Fanuc'un (Japonya) insansız çalışan robot fabrikası, Philips'in (Hollanda) elektrikli tıraş makinesi üretim tesisi ve Tesla Gigafactory'nin yüksek otomasyon seviyesine sahip bazı üretim hatları yer almaktadır. Bu yapılar 7/24 kesintisiz üretim süreci, daha az hata oranı, yüksek verimlilik ve maksimum otomasyon gibi özellikleriyle Endüstri 4.0 vizyonunun ileri düzey uygulamalarını yansıtmaktadır (Harrington, 2025). Akıllı fabrikalar belirli ölçüde insan gözetimi gerektirirken, karanlık fabrikalar bu konsepti daha ileri taşıyarak tam otomasyon ilkesine dayanmaktadır. Bu tesislerde üretim süreçleri tamamen robotlar ve otonom sistemler tarafından yürütülmektedir (Shen ve Zhou, 2024, s. 344). Yapay zekâ, bu sistemde sadece fiziksel görevleri otomatikleştirmekle kalmayıp aynı zamanda bilişsel görevleri de üstlenmektedir. Nitekim makine öğrenmesi (ML) ve mobil robotik (MR) alanındaki ilerlemeler, daha önce sadece insanlar tarafından yapılabilen rutin olmayan görevlerin de otomatikleştirilmesine olanak tanımaktadır (Arntz ve diğerleri, 2016, 9).

Bu kapsamda yapay zekâ, üretim sistemlerinde tasarımdan planlamaya uzanan tüm süreci bütüncül şekilde dönüştürmektedir. Yapay zekâ modern imalat ortamlarında tasarım, izleme, kontrol ve planlama süreçlerini uçtan uca bütünleştirerek karanlık fabrika yaklaşımının temel altyapısını oluşturmaktadır. Gelişmiş sanal/artırılmış gerçeklik (VR/AR) tabanlı tasarım araçları ve siber-fiziksel sistemler (CPS) ile entegre bilgisayar destekli tasarım/imalat sistemleri (CAD/CAM) sayesinde ürün tasarımı gerçek zamanlı geri bildirimlerle otomatik olarak optimize edilebilmekte ve fiziksel prototipleme gereksinimi önemli ölçüde azalmaktadır. Üretim hattında yaygın sensör kullanımıyla toplanan büyük hacimli veriler yapay zekâ algoritmalarınca analiz edilerek sıcaklık, titreşim, enerji tüketimi gibi kritik üretim parametrelerinin kesintisiz izlenmesini ve anlık anormali tespitini mümkün kılmaktadır. Bu izleme altyapısı, akıllı kontrol mekanizmalarını besleyerek makinelerin kendi kendine ayar yapabilmesini, üretim koşullarına göre operasyonel parametreleri otomatik biçimde optimize etmesini ve herhangi bir insan müdahalesi olmaksızın süreci sürdürebilmesini sağlamaktadır. Yapay zekâ destekli planlama ve çizelgeleme modelleri ise üretim akışını gerçek zamanlı veriye dayalı olarak yeniden düzenleyen, darboğazları öngören ve kaynak kullanımını en üst düzeye çıkaran kararlar üreterek tam otomasyonun sürekliliğini garanti etmektedir. Bu bütünleşik sistem, tasarımdan üretim sonuna kadar tüm karar süreçlerini otonom hâle getirerek insan müdahalesinin en aza indirildiği karanlık fabrika kavramının gerektirdiği yüksek esneklik, hız ve doğruluk seviyelerinin sağlanmasına katkı sunmaktadır. Sonuç olarak yapay zekâ hem fiziksel üretim hattının hem de dijital karar mekanizmalarının eşzamanlı çalışmasını mümkün kılarak tamamen otomatik,

kendi kendini yöneten üretim ekosistemlerinin ortaya çıkmasını desteklemektedir (Zhong ve diğerleri, 2017, 625).

Şekil 27. Endüstri 4.0 Kapsamında Akıllı ve Karanlık Fabrikaların Evrimi



Yapay zekânın imalat sanayinde yüksek maruziyet düzeyi ve üretim sürecindeki birçok görevi tam otomasyona ulaşma potansiyeli, "makine ikamesi" endişelerini ve teknolojik işsizlik korkularını da beraberinde getirmektedir. Nitekim imalat sektöründe yoğun şekilde istihdam edilen düşük vasıflı işgücüne yönelik otomasyon öngörülleri bu karamsarlığın çok da haksız olmadığını göstermektedir. Ancak yaklaşım farkına göre farklı öngörülere ulaşıldığı da görülmektedir. Keza meslek temelli (occupation-based) yaklaşım otomasyon riskini yüksek bulurken, görev temelli (task-based) yaklaşım nispeten daha düşük otomasyon öngörülerine sahiptir.¹⁷

Geçmişten günümüze imalat sanayi konusundaki meslek temelli öngörülere bakıldığında negatif bir beklentinin değişmeden süre geldiği görülmektedir. 2012 yılı özelinde, OECD ülkelerinde düşük eğitilmiş çalışanların %74'ü otomasyon riski en yüksek olan meslek gruplarının yarısında yer almaktadır. Diğer taraftan bu oran orta eğitilmişler için %53 ve yüksek eğitilmişler için ise %13 gibi nispeten

¹⁷ Daha önceden değindiğimiz üzere, bunun nedeni görev temelli yaklaşımın aynı meslek içindeki görev çeşitliliğini dikkate alarak yalnızca otomasyona uygun olan görevleri hesaba katmasından kaynaklanmaktadır.

yüksek seviyededir (Georgieff ve Milanez, 2021, 51). Bu konuda karamsar diğer bir öngörü Frey ve Osborne (2013) tarafından yapılmıştır. Çalışmaya göre ABD'deki işlerin gelecek 10-20 yıl içerisinde %47 oranında otomasyon riski altında olduğu savunulmuştur (Georgieff ve Milanez, 2021, 8). Frey ve Osborne (2013) metodunu kullanarak yapılan ve Meksika'daki işlerin otomasyona uygunluk düzeyini araştıran diğer bir çalışma özellikle imalat sektörü açısından dikkat çekici bulgular ortaya koymuştur. Minian ve Monry (2018) çalışmasına göre ülke genelinde tüm mesleklerin yaklaşık %63'ü teknik olarak otomasyona uygun gözükmemektedir. İmalat sektörü ise bu oran ortalamasının biraz üzerinde olup, sektördeki işlerin yaklaşık %64,5'i yüksek otomasyon riski taşımaktadır. Özellikle montaj hattı, makine operatörlüğü ve rutin üretim görevleri gibi tekrarlayan ve düşük vasıf gerektiren işlerde riskin çok daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Yine de bu çalışma, bu bulguların yalnızca “teknolojik uygulanabilirliği” yansıttığını, dolayısıyla gerçek istihdam kayıplarının ücret seviyeleri, yatırım maliyetleri, düzenleyici faktörler ve yeniden beceri kazandırma politikaları gibi unsurlara bağlı olarak daha düşük gerçekleşebileceğini de vurgulamaktadır (Minian ve Monry, 2018). Bu konudaki diğer bir çalışma McGregor ve diğerleri (2021) tarafından gerçekleştirilmiş olup, 2014¹⁸ yılı verilerine dayanarak Avrupa ülkelerinde sektörel istihdam yapısını dikkate alarak imalat sektöründeki otomasyon riskini analiz etmiştir. Tablo 23'de gösterildiği üzere, çalışma sonuçları imalat sektörünün tüm sektörler arasında en yüksek otomasyon riski taşıyan alanlardan biri olduğunu ve ortalama risk düzeyinin %72 gibi oldukça yüksek bir seviyede bulunduğunu göstermektedir. Yazarlar, özellikle tekrarlayan ve rutin görevlerin yoğun olduğu montaj hattı, makine operatörlüğü ve düşük beceri gerektiren üretim süreçleri en kırılgan alanlar olarak öne çıkarken yaratıcılık, problem çözme ve teknik uzmanlık gerektiren Ar-Ge ve kalite kontrol gibi işlerde riskin daha düşük olduğu belirtilmektedir (McGegor ve diğerleri, 2021, 6).

¹⁸ Avrupa İşgücü Anketi (EU-LFS) ve sektörel istihdam yapısının en güncel ve karşılaştırılabilir verileri 2014 yılında ait olduğu için yazarların çalışması bu yılı kapsamaktadır.

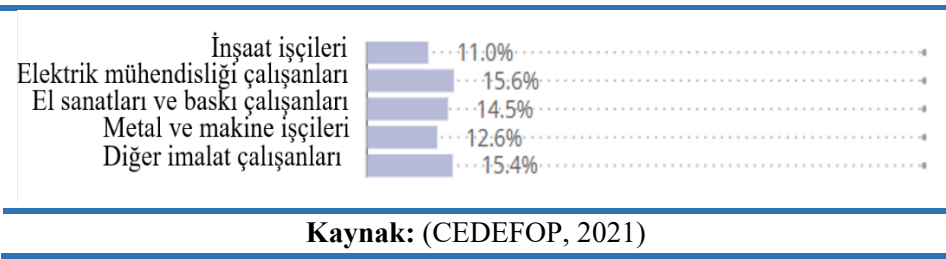
Tablo 23. Avrupa’da Sektörlere göre Tahmini Otomasyon Riski (%) (Meslek Temelli Yaklaşım)

Sektörler	Otomasyon Oranı
İmalat	% 72
Madencilik	% 69
Tarım	% 66
İnşaat	% 41
Ticaret	% 75
Taşımacılık	% 82
Finans	% 90
Eğitim	% 13
Sağlık	% 10

Kaynak: (McGregor ve diğerleri, 2021: 6)

Diğer taraftan bu tür meslek temelli yaklaşımlar, bir mesleğin içindeki görevlerin çeşitliliğini göz ardı ettiği için otomasyon riskini abartma eğiliminde olduğu için eleştirilmektedir. Keza otomasyon riski özellikle düşük vasıflı işgücü üzerinde yoğunlaşmaktadır. Görev temelli bir yaklaşım benimsendiğinde, OECD ülkelerinde otomatikleştirilebilir işlerin oranının ortalama %9 olduğu savunulmaktadır (Arntz ve diğerleri, 2016, 8). Benzer şekilde meslek-temelli yaklaşıma göre Avrupa’daki çalışanların %54’ü otomasyon riski altında iken, görev-temelli yaklaşıma göre ise yalnızca %13,9’u yüksek otomasyon riski altındadır (Filippi ve diğerleri, 2023, 6).

Grafik 16. Avrupa’da Sektörlere Göre Çalışanların Otomasyon Riskine Maruziyet Oranı (%) (Görev Temelli Yaklaşım)



OECD’nin görev temelli benzer bir ölçümü, aynı meslek içinde görevlerin çeşitliliğini dikkate aldığı için daha düşük bir otomasyon risk tahmini ortaya koymaktadır. Sonuçlara göre ülkeler genelinde ortalama %14 ve ABD özelinde %10 oranında iş yüksek otomasyon riski altında görünmektedir (Georgieff ve Milanez, 2021, 8). Benzer şekilde, Grafik 12’de görüldüğü üzere görev-temelli bir yaklaşımla yapılan değerlendirmede imalat sanayinde otomasyon riski

(%15.4) görece düşük bir seviyededir. Bu düşük tahminler Avusturya'da %12'ye ve Kore'de %6'ya kadar düşmektedir (Arntz ve diğerleri, 2016, 15). Bu farklılıklar ülkeler arasındaki iş yeri organizasyonu, teknolojiye yapılan geçmiş yatırımlar ve işgücünün eğitim seviyesindeki farklılıkları da yansıtmaktadır.

Bununla birlikte otomasyonun istihdam üzerindeki net etkisi hala belirsizliğini korumaktadır. Teknolojinin bir yandan işleri yok ederken, diğer yandan verimlilik artışı ve yeni görevler yaratarak istihdamı artırabileceği "yaratıcı yıkım" ve "telafi mekanizmaları" mevcuttur. Örneğin 16 Avrupa ülkesini ele alan kapsamlı bir çalışmaya göre 2004-2017 arasında Avrupa genelinde robot kullanımı imalat sanayinde istihdamı yaklaşık olarak %1-2 oranında artırmıştır. Endüstriyel robotların benimsenmesi, işten ayrılma oranlarını düşürerek ve özellikle düşük ve orta vasıflı işçiler için iş bulma oranlarını artırarak net pozitif istihdam etkileri yaratmıştır (Bachmann ve diğerleri, 2024, 423). Diğer taraftan Kore imalat sektöründe, yapay zekâyı benimseyen firmalar istihdamlarını ortalama %4.8 artırırken, robotik teknolojisi benimseyen firmalar ise istihdamda ortalama %3.3'lük bir düşüş yaşamıştır (Jeong ve Jo, 2025, 23). Çin'de endüstriyel robot kurulum yoğunluğundaki her %1'lik artış, şehir düzeyinde istihdamı %0.087 oranında artırmaktadır. Bu etki robot yoğunluğu belirli bir eşiği aştığında %0.429'a yükselmektedir (Shen ve Zhou, 2024, 350-351). Diğer bir araştırmaya göre Endüstriyel robotların benimsenmesi, imalat sektöründeki istihdamı azaltırken hizmet sektöründeki istihdamı artırarak genel istihdam üzerinde nötr bir etki yaratmıştır (Filippi ve diğerleri, 2023, 7). Bu çelişkili sonuçlar, otomasyonun etkisinin teknoloji türüne, benimsenme stratejisine ve kurumsal bağlama göre değiştiğini göstermektedir.

Öte yandan kesin olan bir durum varsa, o da dünya genelinde robot kullanım oranları ile otomasyon seviyelerinin istikrarlı bir artış göstermekte olduğudur. International Federation of Robotics (IFR) tarafından yayımlanan World Robotics 2024 raporuna göre 2023 yılı itibarıyla dünya genelinde 4.281.585 endüstriyel robot fabrikalarda aktif olarak kullanılmaktadır. Bu sayı bir önceki yıla göre yaklaşık %10'luk bir artışa işaret etmektedir. Yıllık kurulum sayısı üst üste üçüncü yıl boyunca yarım milyon birimin üzerinde gerçekleşmiş ve 2023 yılında 541.302 yeni robot üretime dâhil edilmiştir. Bölgesel dağılıma bakıldığında, 2023'te devreye alınan tüm yeni robotların %70'i Asya'da, %17'si Avrupa'da ve %10'u Amerika kıtasında konumlandırılmıştır. IFR Başkanı Marina Bill bu bulguları değerlendirirken, 2023 yılındaki kurulum rakamının 2022'deki 552.946'lık rekor seviyeden yalnızca %2 düşük olduğunu ve robotlaşmanın küresel ölçekte üretim süreçlerini otomatikleştirmede tarihî bir zirveye ulaştığını vurgulamaktadır (IFR, 2024, 1). Nitekim Oxford Economics tarafından yayımlanan "How Robots Change the World" raporuna göre, son 20

yıl içinde dünya genelinde kullanılan robot sayısı üç katına çıkarak 2,25 milyon birime ulaşmıştır. Mevcut eğilimler, önümüzdeki 20 yıl içerisinde bu artışın daha da hızlanacağını göstermektedir. 2030 yılına kadar dünya genelindeki robot sayısının 20 milyon adede ulaşabileceği öngörülmektedir. Tahminlere göre, 2030 yılına kadar üretimde artan robotikleşme eğilimi, küresel imalat işgücünün yaklaşık %8,5'ine karşılık gelen 20 milyon işin endüstriyel robotlar tarafından ikame edilme riski taşıdığını göstermektedir (Cone ve diğerleri, 2020, 4).

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Çalışma hayatının tarihsel evrimi, tarım toplumlarının mevsimsel ve topluluk temelli üretiminden Sanayi Devrimi'nin fabrika düzenine, Fordist kitle üretiminden Post-Fordist esneklik arayışlarına ve nihayet dijital kapitalizm ile platform temelli istihdama uzanan kesintisiz bir dönüşüm süreci olarak okunmalıdır. Bu uzun dönemde ortak eğilim, emeğin niceliksel ve niteliksel olarak yeniden tanımlanması, iş-işçi-işveren ilişkilerinin, çalışma süreleri ve mekânlarının, beceri taleplerinin sürekli değişmesidir. Yapay zekâ temelli güncel dönüşüm de bu sürekliliğin yeni halkasıdır. Hız ve kapsam bakımından benzersiz olsa da istihdamın dağılımı, gelir paylaşımı, beceri uyumu ve işsizlik gibi temel meseleler tarih boyunca olduğu gibi bugün de tartışmanın merkezindedir. Yapay zekânın emek piyasalarına etkisi, çalışmanın hem en ayrıntılı hem de politika açısından en kritik boyutunu oluşturmaktadır. Bir yandan rutin ve tekrarlayan görevlerin hızla otomatikleşmesiyle belirli işlerin ortadan kalkması diğer yandan yapay zekânın bazı bilişsel ve yaratıcı görevleri destekleyerek verimliliği ve çıktı kalitesini artırması söz konusudur. Bu ikili etki, istihdamın yeniden dağılımına yol açmakta ve bazı görevler kaybolurken yeni iş alanları ve meslekler ortaya çıkmaktadır. Mevcut bulgular, kısa vadede belirli iş gruplarında daralma, orta ve uzun vadede ise bakım-denetim, veri uzmanlığı ve yapay zekâ entegrasyonu gibi alanlarda yeni istihdam olanaklarının güçlenebileceğine işaret etmektedir. Buna paralel olarak, beceri yapısının dönüşümü kaçınılmazdır. Veri okuryazarlığı, temel yapay zekâ ve makine öğrenmesi bilgisi, dijital araçları etkin kullanma gibi teknik becerilerin yanında eleştirel düşünme, problem çözme, iletişim ve yaratıcılık gibi bilişsel ve sosyal becerilerin değeri artacaktır. Çalışma, hangi becerilerin önem kazanacağına ilişkin ayrıntılı bir sınıflandırma sunmakta ve yaşam boyu öğrenme programları, kısa sertifikasyonlar ile iş başında öğrenme modellerinin politika önceliği haline gelmesi gerektiğini savunmaktadır. Eğitim sisteminin esnekleşmesi ve piyasaya yönelik olmayan bölümlerin gözden geçirilerek yerine daha kısa ve işe dönük programların yaygınlaştırılması, uyum maliyetlerini düşürerek dönüşümün yarattığı fırsatların daha geniş kitlelere yayılmasını sağlayacaktır.

Yapay zekâ ve akıllı otomasyonun emek piyasaları üzerindeki etkisi tüm sektörlerde aynı yönde ve şiddette hissedilmemekte aksine son derece heterojen bir yapı sergilemektedir. Sağlık sektöründe yapay zekâ, tanı destek sistemleri, görüntü analizi, kişiselleştirilmiş tedavi ve ilaç geliştirme süreçlerinde yoğunlaşarak klinik işlerin niteliğini dönüştürmekte idari ve tekrarlayan görevleri azaltırken, sağlık profesyonellerinin hasta ile yüz yüze temas gerektiren yüksek beceri isteyen alanlara daha fazla zaman ayırmasına imkân tanımaktadır. Dünya

nüfusunun yaşlanmasına bağlı olarak gelecekte sağlık istihdamında vasıflı çalışan ihtiyacının artacağı tahmin edilmekte ve yapay zekanın bu sektörde işsizlikten ziyade işin niteliğini, görev dağılımını ve beceri gerekliliklerini dönüştüren tamamlayıcı bir rol üstleneceği öngörülmektedir. İnşaat sektöründe altyapı izleme, proje planlama, risk analizi ve maliyet optimizasyonu gibi işlevlerle verimliliği artıran yapay zekâ uygulamaları, şantiye düzeyinde nitelik gerektirmeyen işlerin bir kısmını ikame etme potansiyeli taşımakta ve orta-uzun vadede yüksek vasıflı teknik personel, proje yöneticisi ve yapay zekâ destekli tasarım uzmanı gibi rollere olan talebi güçlendirmektedir. Otomotiv sektörü ve elektrikli araç ekosistemi sensör teknolojileri, otonom sürüş sistemleri, batarya yönetimi ve akıllı bakım çözümleri sayesinde yazılım, veri analitiği ve sistem entegrasyonu alanlarında yeni istihdam alanları yaratırken, diğer taraftan klasik montaj ve mekanik bakım işlerinin görev bileşimini önemli ölçüde değiştirmektedir. Daha az donanımsal bileşen içeren elektrikli araçların yaygınlaşması hem küresel tedarik zincirlerinde yer alan işletmelerde hem de üretim sonrası teknik bakım süreçlerinde istihdamın daralma eğilimine gireceğine işaret etmektedir. Tarım sektöründe hassas tarım uygulamaları, sensörler, uydu verileri ve veriye dayalı karar destek sistemleri aracılığıyla verimlilik ve kaynak kullanımı açısından önemli kazanımlar sunarken, mevsimlik ve düşük vasıflı işgücüne olan talebi azaltma ve buna karşılık veri okuryazarlığı yüksek, teknolojiyi kullanabilen teknik eleman ihtiyacını artırma yönünde bir eğilim doğurmaktadır. Finans ve bankacılıkta kredi skorlama, dolandırıcılık tespiti, müşteri segmentasyonu ve otomatik raporlama süreçleri yapay zekâ ile hızla otomatikleşmektedir. Özellikle rutin veri girişi, müşteri hizmetleri, temel muhasebe ve operasyonel işlem rollerinde daralma riskini yükseltirken risk yönetimi, veri bilimi ve müşteri odaklı danışmanlık rollerinde nitelikli istihdam talebi artmaktadır. Perakende ve lojistik alanında talep tahmini, stok yönetimi, dinamik fiyatlandırma, rota optimizasyonu ve depo otomasyonu gibi uygulamalar bir taraftan klasik kasiyerlik ve temel operasyon görevlerini azaltma eğilimi gösterirken diğer taraftan e-ticaret altyapısı, tedarik zinciri analitiği, sistem bakım-entegrasyon ve müşteri deneyimi tasarımı gibi alanlarda nispeten sınırlı da olsa yeni iş profilleri ortaya çıkarmaktadır. İmalat sektöründe robotik otomasyon ile Endüstri 4.0 uygulamaları, tekrarlayan ve ağır fiziksel montaj işlerini azaltarak üretim süreçlerini giderek daha sermaye yoğun bir yapıya dönüştürmekte ve bu dönüşüme paralel olarak robot bakım uzmanı, proses mühendisi, veri analisti ve üretim hattı optimizasyonu gibi yüksek nitelik gerektiren pozisyonların önemi belirgin biçimde artmaktadır. Bu genel tablo, yapay zekâ entegrasyonunun istihdamı basitçe “azaltan” veya “artıran” tek yönlü bir faktör olarak değil görev bileşimlerini, beceri setlerini ve ücret yapısını sektörel düzeyde yeniden

tanımlayan çok katmanlı bir dönüşüm dinamiği olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Ancak gelecekte kitlesel işsizlik senaryolarına ilişkin tartışmaları bir kenara bıraksak dahi yapay zekâ alanında çalışan uzmanların gelecek öngörülerinin pek de parlak olmadığı gerçeği göz ardı edilmemelidir.

Türkiye bağlamında yapılan değerlendirmeler, resmin hem güçlü hem de kırılgan yönlerini birlikte göstermektedir. Türkiye kitlesel imalat kapasitesi, genç nüfus yapısı ve gelişen teknoloji topluluklarıyla belirli alanlarda avantajlı bir konumdadır. Buna karşın Ar-Ge harcamalarının yetersizliği, üniversite-sanayi iş birliğindeki eksiklikler, beyin göçü eğilimi ve politikaların süreklilik sorunu ülkenin potansiyelini sınırlamaktadır. Çalışmamızda yer alan SWOT analizi ve politika tartışmaları eğitim sisteminin hızla ve hedefli biçimde dönüştürülmesi, Ar-Ge teşviklerinin güçlendirilmesi, ulusal veri altyapısının ve düzenleyici çerçevenin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Ayrıca ulusal stratejilerin uygulamaya yansımaları işgücünün yeniden vasıflandırılması, mesleki eğitimlerin yaygınlaştırılması ve özellikle KOBİ'lerin dijital dönüşümünü destekleyen yerel inovasyon ekosistemlerinin güçlendirilmesiyle mümkündür. Böylece Türkiye, yeni bir teknolojik şok karşısında hem yakalayıcı hem de koruyucu politikalar geliştirebilecektir. Özetle bakıldığında bu konuda birkaç öncelikli politika öne çıkmaktadır: (1) İşgücünün yeniden vasıflandırılması için kısa, erişilebilir ve sektöre özgü eğitim programları; (2) otomasyon kaynaklı geçici gelir kayıplarına karşı dayanıklı sosyal güvenlik ağları; (3) algoritmik karar süreçlerinde şeffaflık, hesap verebilirlik ve güçlü veri koruma düzenlemeleri; (4) KOBİ'lerin dijital dönüşümünü hızlandıracak destek mekanizmaları ve etkin Ar-Ge teşvikleri. Bu adımlar, yapay zekânın yarattığı verimlilik artışlarının daha adil ve kapsayıcı bir biçimde paylaşılmasını mümkün kılacaktır.

Sonuç olarak yapay zekâ, işin geleceğini belirleyici biçimde etkileyen güçlü bir faktördür ancak nihai sonuçları tek başına teknoloji değil, ülkelerin kurumsal kapasitesi, eğitim politikaları, düzenleyici tercihleri ve toplumsal uzlaşma düzeyi belirleyecektir. Türkiye, küresel eğilimlerden kopmadan, sahip olduğu avantajları güçlendirip kırılganlıklarını azaltacak adımları hızlandırdığı ölçüde bu dönüşümün ekonomik ve sosyal getirilerinden daha geniş biçimde yararlanabilecektir. Ancak bu konuda belirlenecek politikaların ve gelecek hedeflerinin ülkenin ekonomik, sosyal ve teknolojik kapasitesiyle uyumlu olması da gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- ABB, (2025), AABB Robotik ve SAMSUNG E&A, otomatik inşaat fabrikaları için güçlerini birleştiriyor, ABB Robotik ve SAMSUNG E&A, otomatik inşaat fabrikaları için güçlerini birleştiriyor | News center
- Acar, S. (2019). Sendikaların güvencesiz istihdam süreçlerindeki tepkileri üzerine bir çalışma. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 8(2), 1030-1049.
- Accenture. (2017). Artificial intelligence: Healthcare's new nervous system. <https://www.accenture.com/content/dam/accenture/final/a-com-migration/manual/r3/pdf/pdf-49/Accenture-health-artificial-intelligence-j.pdf>
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2020). Robots and jobs: Evidence from US labor markets. Nber Working Paper Series, Working Paper 23285, 1-25.
- Acosta-Prado, J. C., Hernández-Cenzano, C. G., Villalta-Herrera, C. D., & Barahona-Silva, E. W. (2024). Three horizons of technical skills in artificial intelligence for the sustainability of insurance companies. Administrative Sciences, 14(9), 190, 1-18.
- Adebayo, Y., Udoh, P., Kamudiyariwa, X. B., ve Osobajo, O. A. (2025). Artificial Intelligence in Construction Project Management: A Structured Literature Review of Its Evolution in Application and Future Trends. *Digital*, 5(3), 26, 1-21.
- Ağpak, F., & Özççek, Ö. (2018). Bir İstihdam Politikası Aracı Olarak Yenilenebilir Enerji. Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 11(2), 112-128.
- Ahmet Çelik, (1998). Bilgi toplumu üzerine bazı notlar. Hacettepe Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi, 15(1), 53-59.
- Ainamo, A., ve Peltokorpi, A. (2024, August). Innovation meets institutions: AI and the Finnish construction ecosystem. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1389(1), 1-13.
- Akben, İ., & Avşar, İ. İ. (2018). Endüstri 4.0 ve Karanlık Üretim: Genel Bir Bakış. Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi, 3(1), 26-37.
- Al Kuwaiti, A., Nazer, K., Al-Reedy, A., Al-Shehri, S., Al-Muhanna, A., Subbarayalu, A. V., Al Muhanna, D., & Al-Muhanna, F. A. (2023). A review of the role of artificial intelligence in healthcare. Journal of personalized medicine, 13(6), 951, 1-22.
- Alan Durning (1998). Ne Kadarı Yeterli?: Tüketim Toplumu ve Dünyanın Geleceği. (Sinem Çağlayan Çev.). Tubitak Tema Vakfı Yayınları: İstanbul.

- Albuquerque, P. H. M., Saavedra, C. A. P. B., de Moraes, R. L., & Peng, Y. (2019). *The robot from Ipanema goes working: Estimating the probability of jobs automation in Brazil*. *Latin American Business Review*, 20(3), 227–248.
- Alex Semancik, (2024). How AI is transforming the creative economy and music industry, Research and Impact | For the Media, <https://www.ohio.edu/news/2024/04/how-ai-transforming-creative-economy-music-industry?utm>
- Alexander, N. R., Mauro Cazzaniga, Stefania Fabrizio, Florence Jaumotte, Longji Li, Jorge Mondragon, Sahar Priano, and Marina M. Tavares, (2024) Green Jobs and the Future of Work for Women and Men, IMF Staff Discussion Notes,
- Ali Rıza Saklı, (2007). Kapitalist Gelişim Sürecinde Fordizm ve Post-Fordizm, Ankara, <https://xfs2.ikon-x.com.tr/ses/fordizmpostfordizm.pdf>
- Alparslan Akçoraoğlu, (2019). ‘Yeni Kapitalizm’Teorileri, Dijital Devrim ve Türkiye Kapitalizmi. *Mülkiye Dergisi*, 43(3), 525-575.
- Alverhed, E., Hellgren, S., Isaksson, H., Olsson, L., Palmqvist, H. ve Flodén, J. (2024). Autonomous last-mile delivery robots: a literature review. *European Transport Research Review*, 16(1), 1-13.
- Amodei, D., Olah, C., Steinhardt, J., Christiano, P., Schulman, J., & Mané, D. (2016). Concrete problems in AI safety. arXiv preprint arXiv:1606.06565.
- Amtec, 2025, How AI is Transforming the Construction Industry, [How AI is Transforming the Construction Industry \(2025 Update\)](#)
- Andrew Glyn (1990) Productivity and the crisis of Fordism, *International Review of Applied Economics*, 4:1, 42-44.
- Andrews, K. C. (2013) The End of the (Checkout) Line? Automation, Self-Service, and Low-Wage Jobs in the Supermarket Industry, *American Economic Association*, 1-31
- Annemieke, J. Roobeek, (1987). The crisis in Fordism and the rise of a new technological paradigm. *Futures*, 19(2), 129-154.
- Arntz, M., Gregory, T., Zierahn, U., (2016). The risk of automation for jobs in OECD countries: A comparative analysis. In: *OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 189*.
- Arpa Amcos, 2024, AI And Music, Market Development of AI In The Music Sector And Impact On Music Creators In Australia And New Zealand, https://assets.apraamcos.com.au/images/PDFs/AI-and-Music-by-Goldmedia-for-APRA-AMCOS_FINAL.pdf
- Arslan, K. (2020). Artificial intelligence and applications in education. *Western Anatolia Journal of Educational Sciences*, 11(1), 71-80.

- Artut, S. (2019). Yapay zekâ olgusunun güncel sanat çalışmalarındaki açılımları. *İnsan&İnsan*, 6 (22), 767-783.
- Asian Development Bank (2015). *Scaling Up To Meet New Development Challenges*, 2015 Annual Report Asian Development Bank.
- Asian Development Bank, (2015). A smarter future: Skills, education, and growth in Asia. In: *Key Indicators for Asia and the Pacific 2015*. Asian Development Bank.
- Asiltürk, A. (2024). Türkiye’de Yapay Zekâ Alanında Güncel Gelişmeler: Yapay Zekânın Neresindeyiz? *Gelecek Vizyonumuz, Yeni Türkiye*, 38-44. [Tuerkiyede-Yapay-Zekâ-Alanında-Guencel-Gelismeler-Yapay-Zekânın-Neresindeyiz-Gelecek-Vizyonumuz-Current-Developments-in-Artificial-Intelligence-in-Tuerkiye-Where-Do-We-Stand-Our-Vision-for-the-Future.pdf](#)
- Aslantaş, S., & Bağcı, M. (2025). A Comparative Analysis of Artificial Intelligence Ecosystems in Turkey and Selected Developing Countries: Perspectives on Education, Workforce, and Investments. *ASES X. International Scientific Research Congress*, Komrat State University, Gagauzyeri Autonomous Republic – Moldova. (s. 104-142).
- Asme, 2025, How Can Robots Improve the Building Labor Shortage?, [Handy Robots to Help Construction Sites with Labor Shortages - ASME](#)
- Autodesk, 2025, Top 2025 AI Construction Trends: According to the Experts, <https://www.autodesk.com/blogs/construction/top-2025-ai-construction-trends-according-to-the-experts/?utm>
- Avaner, T., & Çelik, M. (2021). Türkiye’de dijital dönüşüm ofisi ve yapay zekâ yönetimi: Büyük Veri ve Yapay Zekâ Daire Başkanlığı’nın geleceği üzerine. *Medeniyet Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 1-18.
- Aydin, H. V. (2001). *Timar Sisteminin Kaldırılması Süreci ve Bazı Değerlendirmeler*.
- Aylak, B. L., Oral, O. ve Yazıcı K. (2021). Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Tekniklerinin Lojistik Sektöründe Kullanımı. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 8(1), 74-93.
- Aysen Tokol ve Yusuf Alper, *Sosyal Politika*, Dora Yayın Evi, 8. Baskı, Bursa, 2017.
- Aytun, U., Kılıcaslan, Y., Mecik, O., & Yapıcı, U. (2023, March). Robots, Employment and Wages: Evidence from Turkish Labor Markets. *Economic Research Forum (ERF)*, ss.1-26.
- Bajwa, J., Munir, U., Nori, A., & Williams, B. (2021). Artificial intelligence in healthcare: transforming the practice of medicine. *Future healthcare journal*, 8(2), e188-e194.

- Baki, N. U., & Rasdi, R. M. 2024. How AI is Shaping Skill Demands: Insights from an Insurance Company Case Study., *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 14(11), 2335-2349.
- Baldwin, R. (2019). *The Globotics Upheaval: Globalization, Robotics, and the Future of Work*, Oxford University Press, First Edition, Newyork.
- Bannò, M., Filippi, E., Trento, S., (2021). Rischi di automazione delle occupazioni: Una stima per l'Italia. *Stato e mercato* 3, 315-350.
- Banu Metin, (2022). Dijitalleşen Dünyada Değişen İstihdam Modelleri: Dijital Emek Platformlarında Çalışanlar Açısından Tehditler ve Fırsatlar. *Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(3), 917-950.
- Baş, Halim. (2023). Türkiye’de sanal beyin göçü: uzaktan yurtdışına çalışanların deneyimleri üzerine nitel bir araştırma. *İstanbul İktisat Dergisi*, 72(2), 902-937.
- Başol, O. (2018). Dünyada ve Türkiye’de Yeşil İşlerin Gelişimine İlişkin Bir Değerlendirme, *Finans Politik & Ekonomik Yorumlar*, 55(636), 71-87.
- Beede, D. N., Powers, R., & Ingram, C. (2017). The employment impact of autonomous vehicles. U.S. Department of Commerce Economics and Statistics Administration Office of the Chief Economist, 1-33.
- Beier, M. E., Kanfer, R., Kooij, D. T., & Truxillo, D. M. (2022). What's age got to do with it? A primer and review of the workplace aging literature. *Personnel Psychology*, 75(4), 779-804.
- Berberoğlu, B. M. (2023). Yönetimde yapay zekâ. *Scientific Journal of Innovation and Social Sciences Research*, 3(2), 81-96.
- Betül Urhan, (2022). Dijital Emek Platformlarında Toplumsal Cinsiyet Eşitsizlikleri. *Çalışma ve Toplum*, 5(75), 2583-2611.
- Beyza Güncan, 2025. Yapay Zekâ Ve Sağlıkta Yapay Zekâ Kullanımına Yönelik Hazırlıklı Olma Düzeylerinin Değerlendirilmesi, *Tıpta Uzmanlık Tezi*, Uşak Üniversitesi Tıp Fakültesi, Uşak.
- Bhutto, S. A., Jamal, Y., & Ullah, S. (2023). FinTech adoption, HR competency potential, service innovation and firm growth in banking sector. *Heliyon*, 9(3), 1-13.
- Bloomberg, 2025, Banks Expected to Cut 200,000 Jobs Due to AI Advances, <https://www.bloomberg.com/news/videos/2025-01-09/banking-job-losses-may-top-200-000-as-ai-replaces-roles-video?utm>
- BNBC, 2018, Amazon scraps a secret A.I. recruiting tool that showed bias against women, <https://www.cnn.com/2018/10/10/amazon-scraps-a-secret-ai-recruiting-tool-that-showed-bias-against-women.html?utm>

- Bob Jessop, (1992). The revitalization of mass production in the computer age. (Edt) Michael Storper ve Allen J. Scott. Pathways to industrialization and regional development. (ss. 42-62), Routledge, London.
- Bostrom, N. (2013). Existential risk prevention as global priority. *Global Policy*, 4(1), 15-31.
- Bowles, J., (2014). The Computerization of European Jobs. Bruegel. Brzeski, C., Burk, I., 2015. Die Roboter kommen. Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt (ING DiBa Economic Research). ING.
- Brenner, L., & Meyll, T. (2020). Robo-advisors: a substitute for human financial advice?. *Journal of behavioral and experimental finance*, 25, 1-14.
- Brzeski, C., & Burk, I. (2015). *Die Roboter kommen: Folgen der Automatisierung für den deutschen Arbeitsmarkt*. ING-DiBa Economic Research Report.
- Busch, P., Pares, F., Chandra, M., Kendall, A., & Tal, G. (2024). Future of global electric vehicle supply chain: Exploring the impact of global trade on electric vehicle production and battery requirements. *Transportation Research Record*, 2678(11), 1468-1482.
- Bussines Insider, 2025, <https://www.businessinsider.com/will-ai-replace-take-over-create-jobs-debate-tech-leaders-2025-6?utm>
- Calp, B., Çubukcu, A., Gençay, S., & Teke, O. (2025). Yaratıcı Girişimcilikte Yapay Zekâ Kullanımı: Bir SWOT ve TOWS Analizi. *Öneri Dergisi*, 20(MX Yaratıcı Endüstriler Çalıştayı 2024: Yapay Zekâ Çağında Yaratıcı Endüstriler Özel Sayısı), 71-88.
- Can, M. (2023). Under the leadership of our president: ‘Potemkin AI’ and the Turkish approach to artificial intelligence. *Third World Quarterly*, 44(2), 356-376.
- Cansu Arısoy Gedik, 2024, Digital Capitalism Unveiled: Understanding Its Impact For Society Through Cases of Facebook and Uber, *Florya Chronicles of Political Economy*, 10(2), 111-135
- Caravella, S., Menghini, M., (2018). Race against the machine. The effects of the fourth industrial revolution on the professions and on the labor market. *Industria* 39 (1), 43-68.
- Carbone, M. R. (2022). When not to use machine learning: A perspective on potential and limitations. *MRS Bulletin*, 47(9), 968-974.
- Casteel, P. (2009). Taylorism, Fordism, and Post-Fordism. (Edt). Salem Press. *The Social Organization of Work*, (ss. 4-15), Sociology Reference Guide, Birinci Baskı, California.
- Cazzaniga, M., Jaumotte, M. F., Li, L., Melina, M. G., Panton, A. J., Pizzinelli, C., Rockall, E. ve Tavares, M. M. (2024). Gen-AI: Artificial intelligence

- and the future of work. International Monetary Fund, Staff Discussion Note, SDN/2024/001.
- Cengiz, S., & Şahin, A. (2020). Teknolojik ilerlemenin istihdam yaratmadaki rolü ve önemi: Türkiye örneği. *Karadeniz Uluslararası Bilimsel Dergi*, 1(45), 160-172.
- Chalmers, J. (2017). Technology, teaching and the future of work. Jim Chalmers MP. <https://www.jimchalmers.org/latest-news/opinion-pieces/technology-teaching-and-the-future-of-work/>
- Chang, J.-H., Huynh, Phu, (2016). The Future of Jobs at Risk of Automation. International Labour Office Bureau for Employers Activities Regional Office for Asia and the Pacific.
- Charette, N. R. (2023), How EVs Are Reshaping Labor Markets: Millions of automotive, energy, and mining jobs will be created...and destroyed, <https://spectrum.ieee.org/the-ev-transition-explained-2658797703?utm>
- Chen, Z., Zhao, C., Wu, H., & Miao, Y. (2019). A water-saving irrigation decision-making model for greenhouse tomatoes based on genetic optimization TS fuzzy neural network. *KSII Transactions on Internet and Information Systems (TIIS)*, 13(6), 2925-2948.
- CHM, 2025, <https://computerhistory.org/blog/new-iphone-exhibit-celebrates-the-one-device-that-changes-everything/>
- Chris Provis, "On the definition of work." *Labour & Industry: A journal of the social and economic relations of work* 20.2 (2009): 123-137.
- Christiaensen, L., Rutledge, Z., & Taylor, J. E. (2021). The future of work in agri-food. *Food Policy*, 99, 101963, 1-13.
- Christian Fuchs, (2015). The digital labour theory of value and Karl Marx in the age of Facebook, YouTube, Twitter, and Weibo. In *Reconsidering value and labour in the digital age* (pp. 26-41). Palgrave Macmillan, London.
- Chui, M., Manyika, J., Miremadi, M., (2015). Four fundamentals of workplace automation. *McKinsey Q.* 29 (3), 1-9.
- Chustecki, M. (2024). Benefits and risks of AI in health care: Narrative review. *Interactive Journal of Medical Research*, 13(1), e53616, 1-13.
- Claudia Pompa, 2015, *Jobs for the Future*, Overseas Development Institute.
- Colombo, E., Mercorio, F., Mezzanzanica, M., & Serino, A. (2025). Towards the terminator economy: Assessing job exposure to ai through llms. *arXiv preprint arXiv:2407.19204*, 1-24.
- Cone, E., Holt, R. ve Zielenziger M. (2020). *How robots change the world: Their impact on regional inequalities*, Oxford Economics.
- Coombs, C., Hislop, D., Taneva, S. K., & Barnard, S. (2020). The strategic impacts of Intelligent Automation for knowledge and service work: An

- interdisciplinary review. *The Journal of Strategic Information Systems*, 29(4), 101600, 1-30.
- Coriat, B. (1992). *The revitalization of mass production in the computer age.* (Edt) Michael Storper ve Allen J. Scott. *Pathways to industrialization and regional development.* (ss. 137-156), Routledge, London.
- Coşkun, F., & Gülleroğlu, H. D. (2021). Yapay zekânın tarih içindeki gelişimi ve eğitimde kullanılması. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences (JFES)*, 54(3), 947-966.
- Cotterman, T., Fuchs, E. R., Whitefoot, K. S. ve Combemale, C. (2024). The transition to electrified vehicles: Evaluating the labor demand of manufacturing conventional versus battery electric vehicle powertrains. *Energy Policy*, 188, 114064, 1-56.
- Council of Europe, 2022, *The Council of Europe and Artificial Intelligence: Towards Regulation In The Field of AI Based on Human Rights, Democracy And The Rule of Law.* Strasbourg: Council Of Europe.
- Craig, R. Littler, (1978). Understanding taylorism, *British Journal of Sociology*, 29(2),185-202.
- Crangasu, 2024, How is Artificial Intelligence Changing the Translation Services Industry?, <https://www.getblend.com/blog/artificial-intelligence-changing-the-translation-services-industry/>
- Cresti, L., Mazzilli, D., Patelli, A., Sbardella, A., & Tacchella, A. (2025). Vulnerabilities and capabilities in the EU Automotive industry: Leveraging Input-Output Analysis and Economic Complexity. *arXiv preprint arXiv:2501.01781*, 1-47.
- Cretu, R. F., Tutui, D., Banta, V. C., Şerban, E. C., Barna, L. E. L., & Cretu, R. C. (2024). Effects of artificial intelligence-based technologies implementation on the skills needed in the automotive industry a bibliometric analysis. *Amfiteatru Economic*, 26(67), 801-816.
- Crowley, F., Doran, J., McCann, P., (2021). The vulnerability of european regional labour markets to job automation: the role of agglomeration externalities. *Reg. Stud.* 55 (10-11), 1711-1723.
- Csaszar, F. A., Ketkar, H., & Kim, H. (2024). Artificial intelligence and strategic decision-making: Evidence from entrepreneurs and investors. *Strategy Science*, 9(4), 322-345.
- Çalışkan, Z. D. (2023). Yapay zekâ strateji belgesi üzerine bir inceleme. *SSD Journal*, 8(36), 149-158.
- D. Volkan Karaboğa ve Recep Bozdoğan, (2021). Osmanlı Timar Sisteminin Uygulanışında Yaşanan Problemlere Dair Bazı Tespitler. *Genel Türk Tarihi Araştırmaları Dergisi*, 3(6), 331-350.

- Damodar Y. Golhar ve Carol Lee Stamm, 1991, The Just-In-Time Philosophy: A Literature Review, *International Journal of Production Research*, 29:4, 657-676.
- Dan Schiller, (2023). Digital capitalism in the 2020s: Dividing the world. *Etkileşim*, 12, 526-542.
- Daniel Bell, (1976), Welcome to the Post-Industrial Society” *Physics Today*, 29(2), ss.46-49.
- Daniel Bell, (1999). The coming of post-industrial society (Special anniversary edition), Basic Book, New York.
- Daniel Watson, (2019). Fordism: A review essay. *Labor History*, 60(2), ss. 144-159.
- Dattani, S.,& Guirao, R. L., (2023), Why do women live longer than men?, <https://ourworldindata.org/why-do-women-live-longer-than-men>
- Daum, T. (2025). Digitalization and skills in agriculture. *Outlook on Agriculture*, 54(2), 171-181.
- David, B., (2017). Computer technology and probable job destructions in Japan: an evaluation. *J. Jpn. Int. Econ.* 43, 77-87.
- Davies, A., Fidler, D., & Gorbis, M. (2011). Future work skills 2020. Institute for the Future for University of Phoenix research Institute, California.
- De Cremer, D., & Narayanan, D. (2023). How AI tools can—and cannot—help organizations become more ethical. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 6, 1093712, 1-12.
- Dekhne, A., Hastings, G., Murnane, J., & Neuhaus, F. (2019). Automation in logistics: Big opportunity, bigger uncertainty, McKinsey&Company, 24.
- Dell’Acqua, F., McFowland, E., Mollick, E., Lifshitz-Assaf, H., Kellogg, K. C., Rajendran, S., Kraymer, L., Candelon, F., & Lakhani, K. R. (2023) Navigating the Jagged Technological Frontier: Field Experimental Evidence of the Effects of AI on Knowledge Worker Productivity and Quality, Harvard Business School Technology & Operations Mgt. Unit Working Paper 24-013. ss. 1-39.
- Delmotte, M., V., Zhai, P., Pirani, A., Connors, S.L., Péan, C., Berger, S., Caud, N., Chen, Y. (2021) Summary For Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Dengler, K., & Matthes, B. (2018). *The impacts of digital transformation on the German labor market*. IAB Discussion Paper No. 4/2018.

- Dengler, K., Matthes, B., (2018). The impacts of digital transformation on the labour market: substitution potentials of occupations in Germany. Technol. Forecast. Soc. Chang. 137, 304-316.
- Deniz, A. K. (2019). Dijital çağın hedonist çalışanları: Dijital göçebeler. IBAD Sosyal Bilimler Dergisi, (5), 101-113.
- DHL, (2025). Warehouse robotics: is this the moment of truth?, Warehouse Robotics and Automation - Delivered - Global
- Diamond, W. J., & Freeman, R. B. (2002). Will unionism prosper in cyberspace? The promise of the Internet for employee organization. British Journal of Industrial Relations, 40(3), 569-596.
- Dijital Dönüşüm Ofisi, 2025, Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi, 2021-2025, Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi (UYZS) 2021-2025
- Dixit, S., & Gill, I. S. (2024). AI, the new wingman of development. Background paper prepared for World Development Report.
- Doğan, M. (2021). Yapay zekâ ve özgür irade: yapay özgür iradenin imkânı. Trt Akademi, 6(13), 788-811.
- Dore, F. (2012). Güçlü Yapay Zekâya Karşı Çin Odası Argümanı. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 14(1), 23-38.
- Durrant-Whyte, H., Geraghty, R., Pujol, F. ve Sellschop, R. (2015), How Digital Innovation Can Improve Mining Productivity, McKinsey&Company.
- Durrant-Whyte, H., McCalman, L., O'Callaghan, S., Reid, A., Steinberg, D. (2015). The impact of computerisation and automation on future employment. In: Committee for Economic Development of Australia, Australia's future workforce? Committee for Economic Development of Australia, pp. 56-64.
- Ece, N. J. (2024). Yapay Zekâ: Denizcilik Sektöründe Kullanımı ve Swot Analizi. Mersin Üniversitesi Denizcilik ve Lojistik Araştırmaları Dergisi, 6(1), 30-51.
- Edge-ai-vision, 2025, Global AI Adoption to Surge 20%, Exceeding 378 Million Users in 2025, <https://www.edge-ai-vision.com/2025/02/global-ai-adoption-to-surge-20-exceeding-378-million-users-in-2025/?utm>
- Edmundas Gendrolis, (1968). Socialinis religijos vaidmuo feodalinėje visuomenėje, Problemos, 2, 47–54.
- Egana-delSol, P., Bustelo, M., Ripani, L., Soler, N., Viollaz, M. (2021). Automation in Latin America: are women at higher risk of losing their jobs? Technol. Forecast. Soc. Chang.
- El Naqa, I. ve Murphy, M. J. (2015). What is machine learning?. In Machine learning in radiation oncology: theory and applications (ss. 3-11). Cham: Springer International Publishing.

- Elmar Altvater (1992). The revitalization of mass production in the computer age. (Edt) Michael Storper ve Allen J. Scott. Pathways to industrialization and regional development. (ss. 21-41), Routledge, London.
- Eloundou, T., Manning, S., Mishkin, P., & Rock, D. (2023). Gpts are gpts: An early look at the labor market impact potential of large language models. arXiv preprint arXiv:2303.10130.
- Erhan Yıldırım, (1995). Ekonomik Yapı ve Ölçek Ekonomileri. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 3(3), ss.65-82.
- Erkan, Mehmet ve Yılmazcan, Osman. (2023). “Muhasebede Yapay Zekânın Etkisi”. Eklektik Sosyal Bilimler Dergisi 1(2), 267-286
- Ersin Öksüz, (2011). Feodal Düzen ve Sosyal Değişmeler. Istanbul Journal of Sociological Studies(18), 81-92.
- Ertel, W. (2017) Introduction to Artificial Intelligence, Springer, Second Edition, Germany.
- Eurostat, 2025, Marriage and Divorce Statistics, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Marriage_and_divorce_statistics
- Fatih Furkan Alpdoğan, (2024). “Mikro Çevre İstismarcılığından Fabrika İşçiliğine” Çalışma Hayatında Meydana Gelen Bazı Sosyolojik Farklılaşmalar (Avcı-Toplayıcı Toplum, Tarım Toplumu ve Sanayi Toplumu). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 25(1), 1-18.
- Fattorini, L., Maslej, N., Perrault, R., Parli, V., Etchemendy, J., Shoham, Y., & Ligett, K. (2024). The Global AI Vibrancy Tool. AI Index Project, Institute for Human-Centered AI, Stanford University. (s. 1-47).
- Felten, E., Raj, M., & Seamans, R. (2021). Occupational, industry, and geographic exposure to artificial intelligence: A novel dataset and its potential uses. Strategic Management Journal, 42(12), 1-24.
- Femaleswitch, 2025, Top 15 Countries for AI Startups in Europe in 2025, https://www.femaleswitch.com/aiden_ai_app/tpost/t33ukupgp1-top-15-countries-for-ai-startups-in-euro?utm
- Ferreira, B., & Reis, J. (2023). A systematic literature review on the application of automation in logistics. Logistics, 7(4), 80, 1-17.
- Filippi, E., Bannò, M., & Trento, S. (2023). Automation technologies and their impact on employment: A review, synthesis and future research agenda. Technological Forecasting and Social Change, 191, 122448, 1-21.
- Fiocco, D. ve Ganesan V. (2023), Agtech: Breaking down the farmer adoption dilemma, McKinsey&Company, [Agtech: Breaking down the farmer adoption dilemma | McKinsey](#)

- Foster-McGregor, N., Nomaler, Ö., Verspagen, B. (2021). Job automation risk, economic structure and trade: a european perspective. *Res. Policy* 50 (7).
- FPS, 2023, The FRS Recruitment Employment Insights 2023 Report, FRS Recruitment.
- Frenette, M., Frank, K. (2020). Automation and job transformation in Canada who's at risk? Statistics Canada = Statistique Canada 1-25.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?. *Technological forecasting and social change*, 114, 1-72.
- Frey, C.B., Osborne, M., (2017). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation? *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 114, 254-280.
- Fuei, L.K. (2017). Automation, computerization and future employment in Singapore. *J. Southeast Asian Econ.* 34 (2), 388-399.
- Fuei, T. (2017). *Technological disruption and the labour share: A cross-country analysis*. Asian Development Bank Institute Working Paper.
- Fundira, M., Edoun, E. I., Pradhan, A., & Mbohwa, C. (2024). Assessing digital competencies and AI ethics awareness among customers in the banking sector. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 16(6), 792-807.
- Gao, R. X., Krüger, J., Merklein, M., Möhring, H. C., & Váncza, J. (2024). Artificial Intelligence in manufacturing: State of the art, perspectives, and future directions. *CIRP Annals*, 73(2), 723-749.
- Gasser, U., & Almeida, V. A. F. (2024). Governing AI for the public interest. *npj Digital Medicine*, 7(1), 1–6.
- Geert Smith, Michael Flickenschild, Nils Verkennis, Angelo Martino, Claudia De Stasio, Davide Fiorello, Wolfgang Schade, Christian Scherf, Daniel Berthold, Meike Stich, Risto Öörni, Arnaud Fougeyrollas, Stephane Dreher, Carlo Giro, Michele Tozzi, Pedram Saeidizand, (2020) Study on exploring the possible employment implications of connected and automated driving - Final Report, European Commission, Rotterdam.
- Gençtürk, Z. (2022). Türkiye’de Kadının İşgücüne Katılımını Etkileyen Faktörler. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (43), 361-394.
- George, A. S. (2024). Artificial intelligence and the future of work: job shifting not job loss. *Partners Universal Innovative Research Publication*, 2(2), 17-37.
- Georgieff, A., & Hyee, R. (2022). Artificial intelligence and employment: New cross-country evidence, *Frontiers in Artificial Inteligente*, Vol 5. 1-29.

- Georgieff, A., & Milanez, A. (2021). What happened to jobs at high risk of automation?, OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 255.
- Giuntella, O., Lu, Y., & Wang, T. (2022). How do workers and households adjust to robots? Evidence from China (No. w30707). National Bureau of Economic Research.
- Global Agriculture, 2025, China Unveils Its First Fully Autonomous Electric Tractor, the Honghu T70, China Unveils Its First Fully Autonomous Electric Tractor, the “Honghu T70”
- Global Innovation Index 2025, Ranking of World’s Top 100 Innovation Clusters, WIPO,
- Goertzel, B. (2014). Artificial general intelligence: Concept, state of the art, and future prospects. *Journal of Artificial General Intelligence*, 5(1), 1-48.
- Gómez-González, E., Gomez, E., Márquez-Rivas, J., Guerrero-Claro, M., Fernández-Lizaranzu, I., Relimpio-López, M. I., Dorado, M. E., Mayorga-Buiza, M. J., Izquierdo-Ayuso, G., & Capitán-Morales, L. (yıl). Artificial intelligence in medicine and healthcare: A review and classification of current and near-future applications and their ethical and social impact.arXiv preprint arXiv:2001.09778, 1-20.
- Gomez-Uribe, C. A., & Hunt, N. (2015). The netflix recommender system: Algorithms, business value, and innovation. *ACM Transactions on Management Information Systems (TMIS)*, 6(4), 1-19.
- Gökalg, İ. E. (2013). İletişim Teknolojileri ve Sendika. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 4(7), 63-74.
- Grace, K., Salvatier, J., Dafoe, A., Zhang, B., & Evans, O. (2018). Viewpoint: when will ai exceed human performance. *EvidencefromAIexperts. JArtifIntellRes*62, 729-754.
- Grace, K., Stewart, H., Sandkühler, J. F., Thomas, S., Weinstein-Raun, B., & Brauner, J. (2024). Thousands of AI authors on the future of AI. arXiv preprint arXiv:2401.02843, ss.1-38
- Graetz, G., & Michaels, G. (2018). *Robots at work. Review of Economics and Statistics*, 100(5), 753–768.
- Green Energy Times, (2017), Drive on Sunshine, Save Big Bucks, <https://www.greenenergytimes.org/2017/10/26905/>
- Greenawalt, Tyler (2025). Amazon has more than 750,000 robots that sort, lift, and carry packages—see them in action, <https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-robotics-robots-fulfillment-center?utm>

- Guardian, 2025, AI is developing fast, but regulators must be faster, <https://www.theguardian.com/technology/2025/feb/07/ai-is-developing-fast-but-regulators-must-be-faster?utm>
- Guarracino, J. (2025). To stop bugs with fewer pesticides, a tech startup is arming farmers with AI-powered sensors and insect monitoring, Bussiner Insider, <https://www.businessinsider.com/ai-insect-monitoring-iot-sensors-spotta-farmers-pesticide-costs-2025-7?utm>
- Gupta, P., 2025. Mastering Rule-Based Inference Engines: Building Intelligent Systems, <https://www.nected.ai/blog/rule-based-inference-engine?utm>
- Gutelius, B., & Theodore, N. (2019). The future of warehouse work: Technological change in the US logistics industry, UC Berkeley Labour Center.
- Gülşah Başlar, (2013). Yeni medyanın gelişimi ve dijitalleşen kapitalizm. Akademik Bilişim, 1(1), 775-783.
- Gülşah Toptaş Arslan. "Çalışmanın Evrimi: Sanayi Toplumundan Sanayi Ötesi Topluma Geçiş." Fırat University International Journal of Economics and Administrative Sciences 2.1 (2018): 145-162.
- Güven Selçuk, (2011). Fordist Birikim Rejimi ve Kitle Kültürü, Yaşar Üniversitesi E-Dergisi, 6(24), 4130-4152.
- Haiss, P., Mahlberg, B., & Moshammer, B. (2021). *Automation and its impact on Austrian labour markets*. Austrian Institute of Economic Research (WIFO) Working Papers.
- Haiss, P., Mahlberg, B., Michlits, D. (2021). Industry 4.0-the future of austrian jobs. Empirica 48 (1), 5-36.
- Hakan KOÇAK. (2015). Neo-liberal dönemde çalışmanın geçirdiği dönüşüm. Toplum ve Hekim Dergisi, 30(4), 192-197.
- Haldane, A. (2015). Labour's share-Speech Given by Andrew G. Haldane, Chief Economist, Bank of England. Trades Union Congress, London.
- Hannah Mayer, Lareina Yee, Michael Chui ve Roger Roberts, (2025). Superagency in the Workplace, McKinsey&Company.
- Harrinton, I., 2025, AI in Dark Factories: The Rise of Fully Autonomous Manufacturing, <https://aiinthechain.com/2024/11/01/ai-in-dark-factories-the-rise-of-fully-autonomous-manufacturing/?utm>
- Hatzius, J., Joseph Briggs, Devesh Kodnani ve Giovanni Pierdomenico, (2023). The potentially large effects of artificial intelligence on economic growth (briggs/kodnani). Goldman Sachs, 1(5), 1-20.
- Hayes, A. (2024), The Unintended Consequences of Self-Driving Cars, <https://www.investopedia.com/articles/investing/090215/unintended-consequences-selfdriving-cars.asp?utm>

- Hayes-Roth, F. (1985). Rule-based systems. *Communications of the ACM*, 28(9), 921-932.
- Himeur, Y., Elnour, M., Fadli, F., Meskin, N., Petri, I., Rezgui, Y., Bensaali, F. ve Amira, A. (2023). AI-big data analytics for building automation and management systems: a survey, actual challenges and future perspectives. *Artificial intelligence review*, 56(6), 4929-5021.
- Hüseyin Sevgi, (2024). Dijital Kapitalizm. (Edt) Mehmet Ulukan ve Fadime Dilner. Sosyal, Beşeri ve İdari Bilimler Alanında Gelişmeler. (ss.181-192), Platanus Publishing, Ankara.
- IAPP, (2025), Global AI Law and Policy Tracker, <https://iapp.org/resources/article/global-ai-legislation-tracker/?utm>
- IFR, (2024), Record 4 Million Robots in Factories Worldwide, World Robotic 2024 Report, https://ifr.org/downloads/press2018/2024-SEP%2024_IFR_press_release_World_Robotics_2024_-_global_market.pdf?utm
- Illéssy, M., Huszár, Á., Makó, C. (2021). Technological development and the labour market: how susceptible are jobs to automation in Hungary in the international comparison? *Societies* 11 (3).
- ILO, 2020, The future of work in the automotive industry: The need to invest in people's capabilities and decent and sustainable work, International Labour Organization Sectoral Policies Department, Birinci Baskı, Geneva.
- Implement Consulting Group. (2024). The economic opportunity of generative AI in Türkiye: Capturing the next wave of benefits from generative AI. Google. (s. 1-44). [The economic opportunity of AI in Türkiye](#)
- Islam, M. S., Shaqib, S. M., Ramit, S. S., Khushbu, S. A., Sattar, A., & Noori, S. R. H. (2024). A deep learning approach to detect complete safety equipment for construction workers based on yolov7. *arXiv preprint arXiv:2406.07707*.
- İbrahim Dağlı ve Levent Kösekahyaoğlu, (2021), Endüstri 4.0 Ve Tekno-Ekonomik Paradigma Dönüşümleri, Sahih Öztürk (Edt), İktisatta ve İşletmelerde Seçme Konular (ss.45-98), İKSAD Yayınevi, Ankara.
- İngeç, A. K. (2024). Dijital Emek Bağlamında Sendikalar. *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 13(37), 419-435.
- İrak, G. & Yılmaz, M. S. (2024). Muhasebe Meslek Mensuplarının Gözünden Yapay Zekâ Uygulamalarının Swot Analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 20(ICMEB'24 Özel Sayı), 228-237.
- Jaeger, J., Walls, G., Clarke, E., Altamirano, J. C., Harsono, A., Mountford, H., Burrow, S., Smith, S. ve Tate, A., (2021), The Green Jobs Advantage:

- How Climate-Friendly Investments Are Better Job Creators. World Resources Institute, 1-44.
- Jagani, S., Marsillac, E., ve Hong, P. (2024). The electric vehicle supply chain ecosystem: changing roles of automotive suppliers. *Sustainability*, 16(4), 1570, 1-19.
- Jaller, M., Otero-Palencia, C., & D'Agostino, M. C. (2022). Jobs and automated freight transportation: How automation affects the freight industry and what to do about it. National Center for Sustainable Transportation.
- Jameel, F. (2019), Sağlık Alanında Yapay Zekâ: Sessiz Bir Devrim Haykırıyor, Sağlık Hizmetlerinde Yapay Zekâ: Sessiz Devrim Ses Getirmeye Başlıyor | Abdul Latif Jameel®
- Jan Luiten Van Zanden, The long road to the industrial revolution: the European economy in a global perspective, 1000-1800. Vol. 1. Brill, 2009.
- Jan Nederveen Pieterse, (2010). Digital capitalism and development: The unbearable lightness of ICT4D. (Edt) Phillip Kalantzis-Cope, Karim Gherab-Martin. In *Emerging digital spaces in contemporary society: Properties of technology* (ss. 305-323). Palgrave Macmillan, Birinci baskı, London.
- Janiesch, C., Zschech, P., & Heinrich, K. (2021). Machine learning and deep learning. *Electronic markets*, 31(3), 685-695.
- Jiaxin Song, (2023), Analysis and Optimization Plan of Supply Chain Management in Chinese Electric Vehicle Manufacturing Industry, *Proceedings of the 2nd International Conference on Financial Technology and Business Analysis*, 29-35.
- Jin, T., Zhang, W., Chen, C., Chen, B., Zhuang, Y., ve Zhang, H. (2023). Deep-learning-and unmanned aerial vehicle-based structural crack detection in concrete. *Buildings*, 13(12), 3114, 1-13.
- Joel Mokyr, (2001). The rise and fall of the factory system: technology, firms, and households since the industrial revolution. In *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Vol. 55, No. 1, ss. 1-45.
- John McCarthy, 2004, What Is Artificial Intelligence?, Computer Science Department Stanford University, <https://cse.unl.edu/~choueiry/S09-476-876/Documents/whatisai.pdf>
- John McCarthy, Marvin L. Minsky, Nathaniel Rochester and Claude E. Shannon, A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, *AI Magazine*, 27(4), 2006, 12-14.
- Karanfil, İ., & Efe, E. (2025). Türkiye’de Esnaf Kurye Modeli ve Direniş: Trendyol’a Bağlı Kuryelerin İş Bırakma Eylemleri. *Emek Araştırma Dergisi*, 16(27), 25-52.

- Kenan Ören ve Hasan Yüksel. "Geçmişten günümüze çalışma hayatı." Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi 1.1, 2012, 35-59.
- Kenan Ören, Çalışma Sosyolojisi, Nobel Yayınevi, Birinci Baskı, Ankara, 2013.
- Keskin, A. (2025). Türkiye enerji piyasasında piyasa takas fiyatı tahmini: Makine öğrenimi yöntemlerinin karşılaştırılması. *Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi*, 60(2), 1707-1719.
- Khallash, S., & Kruse, M. (2012). The future of work and work-life balance 2025. *Futures*, 44(7), 678-686.
- Kıratoğlu, İ. Y. D., ve Bayraktar, Y. (2024). Döngüsel Ekonominin İstihdam Yaratma Potansiyeli: Enerji Sektöründe Yeşil İstihdam. *Eurasian Academy Of Sciences Social Sciences Journal*, (56), 100-118.
- Klarna, 2024, Klarna AI assistant handles two-thirds of customer service chats in its first month, [Klarna AI assistant handles two-thirds of customer service chats in its first month | Klarna International](#)
- Knobel, A. (2022). One billion workers could be digital nomads by 2035. AMS Insights. <https://www.weareams.com/p/102hnui/one-billion-workers-could-be-digital-nomads-by-2035/>
- Korinek, A., & Juelfs, M. (2022). *Preparing for the (non-existent?) future of work*, National Bureau of Economic Research, No. w30172, 1-40.
- Kumari, A., P. (2025) Legal Frameworks for AI Regulation: A Comparative Study, *Advances in Consumer Research*, 2(2), 216-224.
- le Roux, D.B. (2018). Automation and employment: the case of South Africa. *Afr. J. Sci. Technol. Innov. Dev.* 10 (4), 507-517.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436-444.
- Li, D. M., Parikh, S., ve Costa, A. (2025). A critical look into artificial intelligence and healthcare disparities. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 8, 1545869, 1-5.
- Lidman, S. (2023). Digital nomad and the future of work. Master's programme). Halmstad, Sweden.
- Lima, F., Porsse, A. A., & Cavalcanti, F. (2021). *Automation and job polarization in Brazil: Evidence from labor force surveys*. *Economia*, 22(2), 211–236.
- Lima, Y., Strauch, J.C.M., Esteves, M.G.P., de Souza, J.M., Chaves, M.B., Gomes, D.T. (2021). Exploring the future impact of automation in Brazil. *Empl. Relat.* 43 (5), 1052-1066.
- Lindberg, D. G. (2025). Harnessing AI for smart manufacturing: insights from Industry 4.0. *Discover Artificial Intelligence*, 5(1), 111, 1-21.
- Liu, S. (2024). Integration of Artificial Intelligence in Building Construction Management: Optimizing Cost and Schedule. *Proceedings of the 2023 5th*

International Conference on Hydraulic, Civil and Construction Engineering, 1-7.

- Luke van der Laan, Ormsby, G., Fergusson, L. and McIlveen, P. (2023). Is this work? Revisiting the definition of work in the 21st century. *Journal of Work-Applied Management*, 15(2), 252-272.
- M. Kemal Aydın, “Ulusal Kalkınmacılıktan Küreselleşmeye” *Bilim Dergisi*, Değişim Yayınları, C.1, S.1, 1999, ss.1-23.
- Macnamara, B. N., Berber, I., Çavuşoğlu, M. C., Krupinski, E. A., Nallapareddy, N., Nelson, N. E., Smithh, P. J., Wilson-Delfosse, A. L. ve Ray, S. (2024). Does using artificial intelligence assistance accelerate skill decay and hinder skill development without performers’ awareness?. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 9(1), 46, 1-9.
- Madgavkar A., Manyika, J., Krishnan, M., Ellingrud, K., Yee, L., Woetzel, J., Chui, M., Hunt V. and Balakrishnan S. (2019). *The Future of Women at Work: Transitions in the Age of Automation*. McKinsey & Company.
- Makela, E., & Stephany, F. (2024). Complement or substitute? How AI increases the demand for human skills. *arXiv preprint arXiv:2412.19754*, 1-67.
- Mancinelli, F. (2020). Digital nomads: freedom, responsibility and the neoliberal order. *Information technology & tourism*, 22(3), 417-437.
- Mani, R. (2025), IIIT-A researchers develop AI tech for real-time crop disease detection in Indian farms, *The Times of India*, https://timesofindia.indiatimes.com/city/allahabad/iiit-a-researchers-develop-ai-tech-for-real-time-crop-disease-detection-in-indian-farms/articleshow/123370013.cms?utm_bfdd657d?utm
- Manyika, J. (2017). A future that works: AI, automation, employment, and productivity. In: Technical Report No. 60. McKinsey Global Institute.
- Marguerit, D. (2025). Augmenting or Automating Labor? The Effect of AI Development on New Work, Employment, and Wages. *arXiv preprint arXiv:2503.19159*, 1-82.
- MarketWatch, AI could wipe out entire Wall Street teams. Here’s who will have staying power, https://www.marketwatch.com/story/ai-could-wipe-out-entire-wall-street-teams-heres-who-will-have-staying-power-bfdd657d?utm_bfdd657d?utm
- Maslej, N., Fattorini, L., Brynjolfsson, E., Etchemendy, J., Ligett, K., Lyons, T., Manyika, J., Ngo, H., Niebles, J. C., Parli, V., Shoham, Y., Wald, R., Clark, J., & Perrault, R. (2023). *The AI Index 2023 Annual Report*. AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford University. (s. 1-386).

- Maslej, N., Fattorini, L., Perrault, R., Gil, Y., Parli, V., Kariuki, N., Capstick, E., Reuel, A., Brynjolfsson, E., Etchemendy, J., Ligett, K., Lyons, T., Manyika, J., Niebles, J. C., Shoham, Y., Wald, R., Walsh, T., Hamrah, A., Santarlaschi, L., Lotufo, J. B., Rome, A., Shi, A., & Oak, S. (2025). The AI Index 2025 Annual Report. AI Index Steering Committee, Institute for Human-Centered AI, Stanford University. (s. 1-457).
- Masood, T., & Sonntag, P. (2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. *Computers in industry*, 121, 103261, 1-12.
- Mazzucato, M., Schaake, M., Krier, S., & Entsminger, J. (2022). Governing artificial intelligence in the public interest. UCL Institute for Inovation and Punlic Purpose, Working Paper 2022/12. 1-21.
- McGregor, N., Nomaler, Ö., & Verspagen, B. (2021). Job automation risk, economic structure and trade: a European perspective. *Research Policy*, 50(7), 104269, 1-11.
- McGuinness, S., Pouliakas, K., Redmond, P. (2021). Skills-displacing technological change and its impact on jobs: challenging technological alarmism? *Econ. Innov. New Technol.*
- McKinsey&Company, 2020, Future of Work, Turkey’s Talent Transformation in the Digital Era, McKinsey Global Institute.
- Mehdi, T., & Morissette, R. (2024). Experimental estimates of potential artificial intelligence occupational exposure in Canada. *Statistics Canada*, No. 478.
- Mehmet Altay ve Mustafa Turhan, 2002, “Küreselleşme, Gelişmekte Olan Ülkeler ve Türk İmalat Sanayi”, *Planlama Dergisi, Özel Sayı (DPT’nin Kuruluşunun 42. Yılı)*, s.s.77-110.
- Mehmet Zencirkıran, *Sosyoloji*, Dora yayınları, 9.baskı, 2016, Bursa.
- Memet Zencirkıran, Şuayyip Çalış, Şenol Baştürk, Aşkın Keser, Umut Omay, Zerrin Sungur Taşdemir, *Çalışma Sosyolojisi, Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayını*, No: 1668, Eskişehir, 2018.
- Merve Büşra Altundere, (2016). Endüstri toplumundan post-endüstriyel topluma: emek ve sınıf tartışmaları, *Ekonomi sosyolojisi, Birinci Baskı*, Lisans Yayıncılık, İstanbul.
- Mine Gündoğdu, Altan Başaran, Hazel Ulukaya, (2024). Platform çalışma: Bibliyometrik bir inceleme. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 14(ÇEEİ Özel Sayı), 1804-1821.
- Minian, I., & Martínez Monroy, Á. (2018). The impact of new technologies on jobs in Mexico. *Problemas del desarrollo*, 49(195), 27-53.
- Minian, I., Martinez Monroy, Á. (2018). The impact of new technologies on jobs in Mexico. *Problemas Del desarrollo. Revista latinoamericana deEconomía* 49(195).

- Miotto, R., Li, L., Kidd, B. A., & Dudley, J. T. (2016). Deep patient: an unsupervised representation to predict the future of patients from the electronic health records. *Scientific reports*, 6(1), 26094.
- Miranda Jeyaretnam, 2025, New Study Suggests Using AI Made Doctors Less Skilled at Spotting Cancer, Using AI Made Doctors Worse at Spotting Cancer Without Assistance | TIME
- Mohan, A., & Vaishnav, P. (2022). Impact of automation on long haul trucking operator-hours in the United States. *Humanities and social sciences communications*, 9(1), 1-10.
- Morgan Stanley, 2024, Could AI Robots Help Fill the Labor Gap?, <https://www.morganstanley.com/ideas/humanoid-robot-market-outlook-2024>
- Moritz Altenried, (2022). The digital factory: The human labor of automation, University of Chicago Press, Birinci Baskı, Chicago and London.
- Muller, J. (2022), Automation could send long-haul truckers driving into the sunset, Automated trucks could replace up to 500,000 long-haul drivers
- Murat, S., Tuna, K., & Hacıoğlu, V. (2017). SWOT Analysis of the Turkish Economy in the Context of Innovation from the Perspective of the Business World, Academics and Government Executives: A Comparative Analysis of Middle-Income Countries in Terms of Their Innovation Capacities. In *Innovation, Governance and Entrepreneurship: How Do They Evolve in Middle Income Countries? New Concepts, Trends and Challenges* (195-212). Cham: Springer International Publishing.
- Müller, V. C., & Bostrom, N. (2016). Future progress in artificial intelligence: A survey of expert opinion. In *Fundamental issues of artificial intelligence*. Cham: Springer International Publishing, 1-19.
- Nacar, E. N., ve Erdebilli, B. (2021). Makine Öğrenmesi Algoritmaları İle Satış Tahmini. *Endüstri Mühendisliği*, 32(2), 307-320.
- Nawrat, A. (2025), The majority of workers think their skills will become obsolete in the next five years, says GLMC, The majority of workers think their skills will become obsolete in the next five years, says GLMC | UNLEASH
- Nedelkoska, L., Quintini, G. (2018). Automation, skills use and training. In: *OECD Social, Employment and Migration Working Papers No. 202*. OECD Publishing.
- Nef, J. U. (1932). *The Rise of the British Coal Industry*. London: Frank Cass. <https://archive.org/details/riseofbritishcoa0002june/page/n5/mode/2up>

- Nettel, P. F., Hankins, E., Stirling R., Cirri, G., Grau, G., Rahim, S. and Crampton E. (2024). Government AI Readiness Index 2024. Oxford Insights. (s. 1-50).
- Nevzat Güldiken, Çalışma sosyolojisi. Nobel Akademik Yayıncılık, İkinci Baskı, 2015.
- Nguyen, R. T., Eggert, R. G., Severson, M. H., & Anderson, C. G. (2021). Global electrification of vehicles and intertwined material supply chains of cobalt, copper and nickel. *Resources, Conservation and Recycling*, 167, 105198, 1-33.
- Nguyen-Tien, V., Zhang, C., Strobl, E., & Elliott, R. J. (2025). The closing longevity gap between battery electric vehicles and internal combustion vehicles in Great Britain. *Nature Energy*, 10(3), 354-364.
- NTIA, 2024, Artificial Intelligence Accountability Policy Report, National Telecommunications and Information Administration, United States Department of Commrence.
- Odacıoğlu, M. C. (2024). Yapay zekâ ve insan çevirisi: Hukuk metinlerine dayalı karşılaştırmalı bir çalışma, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Uluslararası Filoloji ve Çeviribilim Dergisi, 6 (1)148-171.
- Ojo, S. O., & Afolaranmi, A. O. (2024). The Effects of Artificial Intelligence (AI) on Human Interpersonal Connections. *Lead City Journal of Religions and Intercultural Communication*, 2(2), 162-174.
- Olabi, W., Akinleye, D., & Joel, E. (2025). The Evolution of AI: From Rule-Based Systems to Data-Driven Intelligence. *ResearchGate*.
- Olsen, T. L., & Tomlin, B. (2020). Industry 4.0: Opportunities and challenges for operations management. *Manufacturing & Service Operations Management*, 22(1), 113-122.
- Oran, İ. B., Ayboğa, M. H., Erol, M., & Yildiz, G. (2022). The necessity of transition from industry 4.0 to industry 5.0: SWOT analysis of Turkey's SCM strategy. *Journal of Organizational Behavior Research*, 7(2-2022), 1-17.
- Orvik, C. P. (2024). Improving Safety through Leveraging Machine Learning and Safety-Related Data in the Construction Industry. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1389(1), 012012, 1-13.
- Oskay, C., Arı, A., & Lauridsen, J. T. (2025). Enerji Çeşitliliği Ve İstihdam: Brice-T Ülkeleri Örneği. *Kafkas Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(31), 406-434.
- Osman, Şimşek, (2002). Sanayi Sonrası Süreçte Türk Çalışma Hayatındaki Değişme Dinamikleri. *Manas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(4), 139-173.

- OSTP, 2022. Blueprint for An AI Bill Of Rights: Making Automated Systems Work for The American People. White House Office of Science and Technology Policy.
- Ozdoruk, 2025, Ecommerce Statistics: 30 Shocking Stats You Need to Know in 2024 to Stay Ahead in Online Shopping, <https://firework.com/blog/ecommerce-statistics?utm>
- Özdemir, A. (2023). Finans sektörünü yapay zekâ ile birlikte okumak: Yenilikler, fırsatlar ve engeller. Dijitalleşmenin finans sektörüne getirdiği yenilikler, 27, 2024, 57-70.
- Özgür Yılmaz, (2023). Digital Capitalism and Individualization of Labour: The Case of Remote Work. İnsan ve Sosyal Bilimler Dergisi, 6(1), 99-125.
- Pajarinen, M., & Rouvinen, P. (2014). *Computerization threatens one-third of Finnish employment*. ETLA Briefs No. 22.
- Pajarinen, M., Rouvinen, P. (2014). Computerization threatens one third of Finnish employment. ETLA Brief 22.
- Pajarinen, M., Rouvinen, P., & Ekeland, A. (2015). *Jobs lost to technology? Computerization and automation in Finland*. ETLA Reports No. 36.
- Pajarinen, M., Rouvinen, P., Ekeland, A. (2015). Computerization threatens onethird of Finnish and Norwegian employment. ETLA Brief 34.
- Pan, H. ve Zhang, Z. (2024). Research on Automation and Data Accuracy of Financial Reporting Driven by Artificial Intelligence, Financial Engineering and Risk Management, 7(6), 158-165
- Pantserov, K. A., & Oztas, B. (2024). AI regulation: Challenges, the EU AI Act and Turkey's approach. Вестник Санкт-Петербургского университета. Международные отношения, 17(2), 131-142.
- Paul Lafargue, The Right To Be Lazy, Raws Collection, 1983 <https://rowlandpasaribu.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/09/paul-lafargue-the-right-to-be-lazy.pdf>
- Peter Martey Addo Thomas Melonio Anastesia Taieb Laura Landrein, 2025, AI Investment Potential Index 2025: Unlocking Equitable Opportunities for Global AI Growth, AFD Research Papers, No.342.
- Piasna, A., & Zwysen, W. (2022). New Wine In Old Bottles: Organizing and Collective Bargaining In The Platform Economy. International Journal of Labour Research, 11(1/2), 35-46.
- Pirmana, V., Alisjahbana, A. S., Yusuf, A. A., Hoekstra, R., & Tukker, A. (2023). Economic and environmental impact of electric vehicles production in Indonesia. Clean Technologies and Environmental Policy, 25(6), 1871-1885.

- Piskova, L., Dobranschi, M., Semerad, P., & Otavova, M. (2023). The Impact of Robot Installations on Employment and Labour Productivity in the Automotive Industry. *Central European Business Review*, 13(2), 1-16.
- Pizzinelli, C., & Tavares, M. M. (2025). AI and the Future of Work in an Aging Economy. Pension Research Council Working Paper, PRC WP2025-14, ss. 1-50.
- Poh, C. Q., Ubeynarayana, C. U., & Goh, Y. M. (2018). Safety leading indicators for construction sites: A machine learning approach. *Automation in construction*, 93, 1-12.
- Polat, E. (2025). Yapay Zekâ Stratejilerinde Veri Politikaları: Seçili Ülkelerin Karşılaştırmalı Değerlendirmesi. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26(1), 408-439.
- Porter, M. E. (1998). Clusters and the new economics of competition (Vol. 76, No. 6, pp. 77-90). Boston: Harvard Business Review.
- Pouliakas, K. (2018). Determinants of automation risk in the EU labour market: A skills-needs approach. In: Discussion Paper No. 11829. IZA Institute of Labor Economics.
- Quinn, T., P., Senadeera, M., Jacobs, S., Coghlan, S., ve Le, V. (2020), Trust and Medical AI: The challenges we face and the expertise needed to overcome them, arXiv:2008.07734v1, 1-6.
- Reichenberger, I. (2018). Digital nomads—a quest for holistic freedom in work and leisure. *Annals of Leisure Research*, 21(3), 364-380.
- Reuters (2024), EVs, plug-in hybrids' reliability concerns ease but still lag gas-powered peers, survey shows, [EVs, plug-in hybrids' reliability concerns ease but still lag gas-powered peers, survey shows | Reuters](#)
- Robert Solo, (1985). Across the industrial divide: A review article. *Journal of Economic Issues*, 19(3), 829-836.
- Romero, M. (2024). Lifelong learning challenges in the era of artificial intelligence: A computational thinking perspective. arXiv preprint arXiv:2405.19837.
- Rosenblum, (2025). How Generative AI Could Help Make Construction Sites Safer <https://www.technologyreview.com/2025/07/02/1119607/how-generative-ai-could-help-make-construction-sites-safer/> MIT Technology Rewiev.
- Ruglation (EU). (2024). Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending Regulations (EC) No 300/2008, (EU) No 167/2013, (EU) No 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 and (EU) 2019/2144 and Directives 2014/90/EU, (EU) 2016/797 and (EU)

- 2020/1828 (Artificial Intelligence Act). Official Journal of the European Union, L 1689, 1–144.
- Russell, S., Dewey, D., & Tegmark, M. (2015). Research priorities for robust and beneficial artificial intelligence. *AI magazine*, 36(4), 105-114.
- Ryan, M., Isakhanyan, G., & Tekinerdogan, B. (2023). An interdisciplinary approach to artificial intelligence in agriculture. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*, 95(1), 2168568, 1-32.
- Rymon, Y. (2024). Societal Adaptation to AI Human-Labor Automation. *arXiv preprint arXiv:2501.03092*, 1-12.
- Sachiska, S. (2025), Statistical Report on Digital Nomadism Growth & Its Needs <https://digiwander.com/statistical-report-on-digital-nomadism-growth/?utm>
- Sami Ur Rehman, M., Shafiq, M. T., ve Ullah, F. (2022). Automated computer vision-based construction progress monitoring: A systematic review. *Buildings*, 12(7), 1037, 1-32.
- Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2024, İstanbul’da Yapay Zekâ Ekosistemi, , 2024 Mevcut Durum ve Beklentiler.
- Saraç, H. (2022). Otomasyonun yükselişi. kitlesel işsizlik mi? yeni istihdam mı? işgücü piyasasına etkisine dair bir değerlendirme. *Çalışma İlişkileri Dergisi*, 13(2), 55-76.
- Sarah Eckhardt and Nathan Goldschlag, (2025). AI and Jobs: The Final Word (Until the Next One), Economic Inovation Group.
- Sarker, I. H., Janicke, H., Ferrag, M. A. ve Abuadbbba, A. (2024). Multi-aspect rule-based AI: Methods, taxonomy, challenges and directions towards automation, intelligence and transparent cybersecurity modeling for critical infrastructures. *Internet of Things*, 25, 101110, 1-23.
- Sathya, R. ve Abraham, A. (2013). Comparison of supervised and unsupervised learning algorithms for pattern classification. *International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence*, 2(2), 34-38.
- Searle, J. R. (1980). Minds, brains, and programs. *Behavioral and brain sciences*, 3(3), 417-424.
- Sena Berktaş ve Renk Dimli Oraklıbel (2021). Sanayi devrimi ile gelen değişim: İş bölümü ve yabancılaşıma. *Atlas Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(6), 112-121.
- Serpil, H., & Kesim, E. (2024). Understanding the application of AI in higher education systems: Global perspectives from a local AI ecosystem. *Open Praxis*, 16(4), 645-662.
- Shaik, T., Tao, X., Higgins, N., Li, L., Gururajan, R., Zhou, X., & Acharya, U. R. (2023). Remote patient monitoring using artificial intelligence: Current

- state, applications, and challenges. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 13(2), e1485, 1-31.
- Shane Legg ve Marcus Hutter, (2007). *A Collection of Definitions of Intelligence*, *Frontiers in Artificial Intelligence and Applications*, Amsterdam: IOS Press.
- Shanthikumar, D. M., & Yoo, I. S. (2024). Artificial Intelligence and Analyst Productivity. *SSRN*, 1-62.
- Shen, Y., & Zhang, X. (2024). The impact of artificial intelligence on employment: the role of virtual agglomeration. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 1-14.
- Shen, Y., & Zhou, P. (2024). Technological anxiety: Analysis of the impact of industrial intelligence on employment in China. *Chinese Journal of Population, Resources and Environment*, 22(3), 343-355.
- Shuroug A. Alowais, Sahar S. Alghamdi, Nada Alsuhebany, Tariq Alqahtani, Abdulrahman I. Alshaya, Sumaya N. Almohareb, Atheer Aldairem, Mohammed Alrashed, Khalid Bin Saleh, Hisham A. Badreldin, Majed S. Al Yami, Shmeylan Al Harbi and Abdulkareem M. Albekairy, (2023). Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC medical education*, 23(1), 689, 1-15.
- Silicon Valley Center. (2023). Workforce 2030: Female leaders driving ethical and creative innovation. <https://siliconvalley.center/blog/workforce-2030-female-leaders-driving-ethical-and-creative-innovation>
- Skjuve, M., Følstad, A., Fostervold, K. I., & Brandtzaeg, P. B. (2021). My chatbot companion-a study of human-chatbot relationships. *International Journal of Human-Computer Studies*, 149, 102601.
- Smith, A., & Anderson, J. (2014). AI, Robotics, and the Future of Jobs. *Pew Research Center*, 6 (51).
- Sofia Morandini, Federico Fraboni, Marco De Angelis, Gabriele Puzzo, Davide Giusino ve Luca Pietrantoni, (2023). The impact of artificial intelligence on workers' skills: Upskilling and reskilling in organisations. *Informing Science*, 26, 39-68.
- Solmaz, A. Ş. From blueprint to reality: how digital twins are shaping the architecture, engineering, and construction landscape. *Journal of Innovative Engineering and Natural Science*, 5(1), 399-435.
- Söderholm, P. (2020). The green economy transition: the challenges of technological change for sustainability. *Sustainable Earth*, 3(6), 1-11.
- Stiefenhofer, P. (2025). Artificial General Intelligence and the Social Contract: A Dynamic Political Economy Model. *Journal of Economic Analysis*, 4(3), 1-8.

- Stormer, E., Patscha, C., Prendergast, J., et al (2014) The Future of Work. Jobs and Skills in 2030. London: UKCES
- Störmer, E., Patscha, C., Prendergast, J., Daheim, C., Rhisiart, M., Glover, P., & Beck, H. 2014. The Future of Work Jobs and Skills in 2030, Evidence Report 84.
- Sucu, İ. (2019). The Effect of Artificial Intelligence on Society and Artificial Intelligence the View of Artificial Intelligence in the Context of Film (IA). Uluslararası Ders Kitapları ve Eğitim Materyalleri Dergisi, 2(2), 203-215.
- Şenyapar, H. N. D. (2024). Üretken yapay zekâ ve pazarlama stratejileri: SWOT analizi perspektifi. R&S-Research Studies Anatolia Journal, 7(1), 72-96.
- Tarcan, G. Y., Balçık, P. Y., & Sebik, N. B. (2024). Türkiye ve dünyada sağlık hizmetlerinde yapay zekâ. Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi, 14(1), 50-60.
- Taşcı, C., & Baran, A. G. (2023). Yaşlanmanın Geleceği ve Yapı-Birey İlişkiseliliği Çerçevesinde Yaşlılarda Yaşam Politikasının Önemi. Yaşlı Sorunları Araştırma Dergisi, 16(1), 34-48.
- Tekin, A. ve Demirel, O. (2024), Yapay Zekâ Teknolojileri İle İstihdam Ve Verimlilik Arasındaki İlişki. Yönetim Bilimleri Dergisi, 22(Özel Sayı: Endüstri 4.0 ve Dijitalleşmenin Sosyal Bilimlerde Yansımaları), 1585-1618.
- Tekin, B., ve Gurbanov, R. (2023). Alphafold: Derin Öğrenme ve Sinir Ağları Yoluyla Protein Katlamasında Devrim Yaratmak. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 22(44), 445-466.
- Teyfik Güran, İktisat Tarihi, Der Yayınları, Birinci Baskı, İstanbul, 2009.
- The Driven, 2025, EVs more reliable than ICE vehicles, with the best and worst electric cars identified, <https://thedriven.io/2025/04/14/evs-more-reliable-than-ice-vehicles-with-the-best-and-worst-electric-cars-identified/?utm>
- Thompson, N. C., Greenewald, K., Lee, K. ve Manso, G. F. (2020). The computational limits of deep learning. arXiv preprint arXiv:2007.05558, 10, 1-10.
- Thompson, N. C., Greenewald, K., Lee, K., & Manso, G. F. (2020). The computational limits of deep learning. arXiv preprint arXiv:2007.05558, 10, 1-10.
- Tjahjono, B., Esplugues, C., Ares, E., & Pelaez, G. (2017). What does industry 4.0 mean to supply chain?. Procedia manufacturing, 13, 1175-1182.
- Tolga Oral, 2024, Dijital emek platformlarında algoritmik yönetim ve sendikalar. Sağlık Akademisyenleri Dergisi, 11(1), 170-180.

- Topuzoğlu, T., & Tekin, İ. Ç. (2024). Türkiye Finans Sektöründe Yapay Zekâ Etiği ve Veri Etiği. *Firat University International Journal of Economics and Administrative Sciences*, 8(2), 151-164.
- Toynbee, A. (1908). *Lectures on the Industrial Revolution in England*. London: Rivingtons.
<https://archive.org/details/industrialrevol00toyngoog/page/n6/mode/2up>
- TRAI, 2025a., <https://turkiye.ai/nasil-vardin-bu-kaniya/>
- TRAI, 2025b., TRAI Yapay Zekâ Girişimleri Haritası: Ocak 2025 Güncellemesi Yayında, <https://turkiye.ai/trai-yapay-zekâ-girisimleri-haritasi-ocak-2025-guncellemesi-yayinda/?utm>
- TRAI, 2025c., TRAI 8. Yıl Mayıs Çalıştayı Raporu Yayında, [TRAI 8. Yıl Mayıs Çalıştayı Raporu Yayında! | Türkiye Yapay Zekâ İnisiyatifi](https://turkiye.ai/trai-8-yil-mayis-calistayi-raporu-yayinda-turkiye-yapay-zekâ-inisiyatifi)
- TUIK, 2024, Kadın İstatistikleri, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Women-in-Statistics-2024-54076&dil=2>
- TUIK, 2025, Evlenme ve Boşanma İstatistikleri, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Evlenme-ve-Bosanma-Istatistikleri-2024-54194>
- Tytler, R., Bridgstock, R., White, P., Mather, D., McCandless, T., & Grant-Iramu, M. (2019). 100 jobs of the future, Deakin University, Australia.
- U.S. Bureau of Labor Statistics. (2023). *Employment projections: 2023–2033, Incorporating AI impacts in BLS employment projections: occupational case studies : Monthly Labor Review : U.S. Bureau of Labor Statistics*
- Uğur Sadioğlu ve Sencer Altay, (2020). Post-Fordizm ve Kamu Yönetimine Yansımaları. *Sosyoekonomi*, 28(45), 327-352.
- Ulaşan, F. (2020). Ulusal yapay zekâ strateji belgeleri ve değerlendirmeler. *Disiplinlerarası politika vizyonu ve stratejiler*, 103-123.
- Umut Omay, (2009). *Emeğin Kültür ve Manipülasyon Teorisi*, İstanbul: Beta Yayınevi.
- UNIDO, 1982, *A Statistical Review of the World Industrial Situation*, Division for Industrial Studies.
- United Nation, (2024) *World Population Prospects 2024*, Department of Economic and Social Affairs, Newyork.
- United Nations, 2020, *World Population Ageing 2019*, Department of Economic and Social Affairs, Newyork.
- Ursula Huws, (2015), *Labour in the Global Digital Economy*, (Çev: Cemre Şenesen), Yordam Kitapevi, Birinci Baskı, 2018, İstanbul.
- UYZS, (2021). T.C Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi. *Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi (2021-2025)*

- Vahid Sinap, (2024). Makine Öğrenmesinde Temel Yaklaşımlar ve Gelişen Eğilimler, Yönetim Bilişim Sistemlerinde Güncel Konular, Eğitim Yayınevi.
- Van Doorn, N., Ferrari, F., & Graham, M. (2020). Migration and migrant labour in the gig economy: An intervention. *Work, Employment and Society*, Vol. 37(4) 1099– 1111.
- Veysel Bozkurt, (2012). Endüstriyel ve Post-Endüstriyel Dönüşüm: Bilgi, Ekonomi ve Kültür, Üçüncü Baskı, Ekin Kitabevi, Bursa.
- Vitáloš, M. (2019). In: Susceptibility of Jobs to Automation in Slovakia, 2019. EDAMBA, 539-547.
- Von Plener, Ernst Freiherr, The English Factory Legislation, from 1802 till the Present Time, No: 43683-43685, Chapman and Hall, 1873, s.1-3.
- Waldron, I., & Johnston, S. (1976). Why do women live longer than men?. *Journal of human stress*, 2(2), 19-30.
- 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), 15, 2-29.
- 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, ss.1-19.
- Weber, Max, 1905, "Protestan Ahlakı ve Kapitalizmin Ruhu,(çev. Göksu Birol)." Ankara: Dorlion Yayınevi (2016).
- WHO. (2016). Working for health and growth: investing in the health workforce. In *Working for health and growth: investing in the health workforce*.
- Wichter, D., Sá Lima Cruz, G. Ve Bergs, T. (2024). Towards a Dark Factory– Leveraging Multidimensional Twins In A Manufacturing Metaverse, Fraunhofer.
- World Economic Forum, 2023.(a), Future of Jobs Report, Geneva.
- World Economic Forum, 2023.(b), The future of jobs is green: How Climate Change is Changing Labour Markets, <https://www.weforum.org/stories/2023/04/future-of-jobs-is-green-2023-climate-change-labour-markets/>
- World Economic Forum, 2025, Future of Jobs Report, Geneva.
- Xu, C., ve Cho, S. E. (2025). Factors Affecting Human–AI Collaboration Performances in Financial Sector: Sustainable Service Development Perspective. *Sustainability*, 17(10), 4335, 1-28.
- Xu, L. D., Xu, E. L., & Li, L. (2018). Industry 4.0: state of the art and future trends. *International journal of production research*, 56(8), 2941-2962.

- Xu, X., Arshad, M. A., He, Y., Liu, H., Chen, Q., & Yang, J. (2025). From Skilled Workers to Smart Talent: AI-Driven Workforce Transformation in the Construction Industry. *Buildings*, 15(14), 2552, 1-28.
- Yamashita, T., Cummins, P.A. (2021). Jobs at risk of automation in the USA: implications for community colleges. *Community Coll. J. Res. Pract.*
- Yankın, Fahri Bilal. "Dijital Dönüşüm Sürecinde Çalışma Yaşamı." *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi E-Dergi* 7.2, 2019, 1-38.
- Yaseen, Z. M., Ali, Z. H., Salih, S. Q., & Al-Ansari, N. (2020). Prediction of risk delay in construction projects using a hybrid artificial intelligence model. *Sustainability*, 12(4), 1514, 1-14.
- Yasım, Y. K. (2020). Endüstri 4.0: Çalışmanın Geleceği. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(1), 47-64.
- Yaşar Şimşek, G. (2023). Yeni Teknolojik Değişimler Bağlamında Sendikacılık. *Ünye İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2), 27-46.,
- Yevu, S. K., Owusu, E. K., Chan, A. P., Sepasgozar, S. M., & Kamat, V. R. (2023). Digital twin-enabled prefabrication supply chain for smart construction and carbon emissions evaluation in building projects. *Journal of Building Engineering*, 78, 107598, 1-49.
- Yıldız, C. K. (2023). Uluslararası Alanda Artan Yapay Zekâ Rekabeti ve Türkiye’de Sürdürülen Yapay Zekâ Çalışmaları. *Upa Strategic Affairs*, 4(1), 4-22.
- Yıldız, İ., & Taşhan, A. (2023). Yapay Zekâ: bir tehdit mi? bir yardımcı mı? Tekstil sektöründe nitel bir araştırma. *Iğdır University Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences*, (9), 1-14.
- Yönt, Ş. (2024.a). AI Regulation in Türkiye: Bringing International Laws into the Discussion Incorporating International Human Rights Laws in the Turkish AI Regulations, Trt Training And Research Department, Discussion Paper.
- Yönt, Ş. (2024.b). AI Regulation in Türkiye: Bringing International Laws into the Discussion, Trt Training And Research Department, Discussion Paper.
- Yu, Y., Han, J., Gu, H., ve Yang, Y. (2023). Dynamic Optimization of Construction Time-Cost for Deep and Large Foundation Pit Based on BIM Technology and Genetic Algorithm. *Applied Sciences*, 13(19), 10716, 1-11.
- Yuyucu, H. (2019). Çalışmanın Dönüşümü Üzerine Kısa Bir Değerlendirme. *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 8(20), 96-107.
- Zemtsov, S. (2017). Robots and potential technological unemployment in the Russian regions: review and preliminary results. *Vopr. Ekon.* 7, 142-157.
- Zemtsov, S. P. (2017). *Automation and the Russian labour market: Trends and consequences. Russian Journal of Economics*, 3(2), 162–177.

- Zeng, Y., Lu, E., Guo, X., Huangfu, C., Xie, J., Chen, Y., Wang, Z., Liang, D., Cao, G., Wang, J., Ruan, Z., Guan, X., & Younas, A. (2025). AI Governance International Evaluation Index (AGILE Index) 2025. Center for Long-term Artificial Intelligence (CLAI); Beijing Institute of AI Safety and Governance (Beijing-AISI); Beijing Key Laboratory of Safe AI and Superalignment; International Research Center for AI Ethics and Governance, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences. (s. 1-81).
- Zhai, C., Wibowo, S., & Li, L. D. (2024). The effects of over-reliance on AI dialogue systems on students' cognitive abilities: a systematic review. *Smart Learning Environments*, 11(1), 28, 1-37.
- Zhang, A. H. (2025). The promise and Perils of China's Regulation of Artificial Intelligence. *Colum. J. Transnat'l L.*, 63, 1-37.
- Zhou, G., Chu, G., Li, L., Meng, L. (2020). The effect of artificial intelligence on China's labor market. *China Econ. J.* 13 (1), 24-41.
- Zhou, Y., Yang, W., & Chen, J. (2020). *Artificial intelligence and labor markets in China: Risks and policy challenges. China Economic Journal*, 13(2), 178–198.
- Ziya Erdem (2005). Sanayi işçisinden bilgi işçisine: Yeni ekonominin değişen işçi tipi. In *Journal of Social Policy Conferences* (No. 49). Istanbul University.
- Ziya Erdem, (2005). Sanayi işçisinden bilgi işçisine: Yeni ekonominin değişen işçi tipi, *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, s.541-566.