



**YAPAY ZEKÂNIN İSTİHDAM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: SEÇİLMİŞ
ÜLKELERE YÖNELİK PANEL VERİ ANALİZİ**

Doktora Tezi

Cemre Nur ÇETİN

Eskişehir 2024

**YAPAY ZEKÂNIN İSTİHDAM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: SEÇİLMİŞ
ÜLKELERE YÖNELİK PANEL VERİ ANALİZİ**

Cemre Nur ÇETİN

DOKTORA TEZİ

İktisat Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erol KUTLU

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Mayıs 2024

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Cemre Nur Çetin'in "Yapay Zekânın İstihdam Üzerindeki Etkisi: Seçilmiş Ülkelere Yönelik Panel Veri Analizi" başlıklı tezi 20/05/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, İktisat Anabilim dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

	<u>Unvanı Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı)	: Prof. Dr. Erol KUTLU	
Üye	: Prof. Dr. Cumhur DÜLGER	
Üye	: Prof. Dr. Erdal DEMİRHAN	
Üye	: Prof. Dr. Füsun YENİLMEZ	
Üye	: Doç. Dr. Sevilay KÜÇÜKSAKARYA	
		Prof. Dr. Saime ÖNCE
		Enstitü Müdürü

“Güçlü bir yapay zekânın yükselişı insanlığın başına gelen en iyi ya da en kötü şey olabilir. Hangisinin olacağını henüz bilmiyoruz.”

Stephen Hawking

ÖZET

YAPAY ZEKÂNIN İSTİHDAM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: SEÇİLMİŞ ÜLKELERE YÖNELİK PANEL VERİ ANALİZİ

Cemre Nur ÇETİN

İktisat Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mayıs 2024

Danışman: Prof. Dr. Erol KUTLU

Dördüncü ve Beşinci Endüstri Devriminin ortak paydasında yer alan makine öğrenmesi, derin öğrenme, robotik ve otomasyon gibi çeşitli yapay zekâ teknolojileri son yıllarda hızla gelişmiş ve ekonomiyi etkileyebilecek her alanda kullanımı giderek yaygınlaşmıştır. Bu teknolojiler üretim sürecini kolaylaştırma, verimliliği artırma, ticareti ve ekonomik büyümeyi etkileme ve bu bağlamda istihdam ve eşitsizlik üzerinde etkiler yaratma kapasitesine sahiptir. Yapay zekânın yükselişi özellikle istihdam dinamikleri üzerindeki potansiyel etkisine ilişkin tartışmalara yol açmıştır. Bir taraftan yapay zekânın gelişimi ve yaygınlaşmasıyla emeğin yer değiştirmesi veya yerinden edilmesi gibi potansiyel erozyon endişeleri hâkim olsa da diğer taraftan iş, meslek ve görevler bağlamında yeni roller yaratarak iş fırsatlarını ve insan becerisini artıracığı savunulmaktadır. Yapay zekâ ve istihdam arasındaki çok yönlü ilişkinin araştırıldığı ve emek için sunulan fırsatların ve zorlukların ele alındığı bu çalışmada ise seçilmiş ülke ekonomilerinde yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisi ampirik bir analiz ile araştırılmıştır. 2017-2021 yıllarını kapsayan 5 yıllık dönemde 29 ülke için araştırılan etkinin analizi için Sistem-GMM tahmincisinin kullanıldığı çalışmada yapay zekânın %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ve katsayı işaretinin pozitif olması nedeniyle yapay zekânın istihdam üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu etkinin yanı sıra emek verimliliğinin de yapay zekâ teknolojileri ile ilişkili olarak istihdamı etkileme potansiyeli aynı modele etkileşim terimi dahil edilerek tekrar analiz edilmiştir. Tahmin sonuçlarına göre yapay zekâ ve emek verimliliği değişkenleri istihdamı ayrı ayrı pozitif etkilemekteyken, yapay zekâ ve emek verimliliği değişkenlerinin oluşturduğu etkileşim teriminin ise bu iki değişkenin istihdam üzerindeki ayrı ayrı olumlu etkisini azalttığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Yapay zekâ, Teknolojik değişim, İstihdam, Verimlilik, Panel veri

ABSTRACT

THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON EMPLOYMENT: A PANEL DATA ANALYSIS FOR SELECTED COUNTRIES

Cemre Nur ÇETİN

Department of Economics

Anadolu University, Graduate School, May 2024

Supervisor: Prof. Dr. Erol KUTLU

Various artificial intelligence technologies such as machine learning, deep learning, robotics, and automation, which are the common denominator of the Fourth and Fifth Industrial Revolution, have developed rapidly in recent years and their use has become increasingly widespread in all areas that can affect the economy. These technologies have the capacity to facilitate the production process, increase productivity, affect trade and economic growth, as well as employment and inequality. The rise of artificial intelligence has sparked widespread debate, particularly regarding its potential impact on employment dynamics. There are concerns about the potential erosion such as displacement of labor with the development and diffusion of artificial intelligence, but it is also argued that artificial intelligence will increase new job opportunities and human skills by creating new roles in terms of jobs, occupations, and tasks. In this context, the study analyzed the effect of artificial intelligence on employment in 29 countries from 2017 to 2021 using the System-GMM estimator. The results showed a statistically significant positive effect, as indicated by the positive coefficient sign at the 1% level. The analysis also considered the potential impact of labor productivity on employment in relation to artificial intelligence technologies by including an interaction term in the same model. Based on the estimation results, it appears that while artificial intelligence and labor productivity have a positive effect on employment when considered separately, the interaction term, which results from the multiplication of these two variables, reduces this positive effect.

Keywords: Artificial intelligence, Technological change, Employment, Productivity, Panel data

TEŞEKKÜR

Benim için keyifli olduğu kadar etrefilli de olan doktora tezimi tamamlamamda işlerimi kolaylaştırıp, yolumu güzelleştiren herkese teşekkürü bor bilirim.

İlk olarak kıymetli danışmanım Prof. Dr. Erol KUTLU'ya kendisini tanıdığım günden beri bana karşı pozitif yaklaşımı, motivasyonu, akademik bilgi ve tecrübesiyle yol göstericiliğı ve her konuda sonsuz desteğı için en içten teşekkürlerimi sunuyorum. Kendisiyle tanışmak akademideki en büyük şanslarımdan biridir.

Tez İzleme Komitemde yer alan, tezime farklı bir perspektiften bakarak görüş ve önerilerini esirgmeden katkı sağlayan değerli hocam Prof. Dr. Cumhuri DÜLGER'e ve yüksek lisans tez danışmanlığından sonra Doktora Tez İzleme Komitemde de yer alan, her süreçte elini omzumda hissettiğim, yaptığım her işte bana olan güveni, sonsuz desteğı ve tezimin şekillenmesindeki tüm katkıları için çok değerli hocam Doç. Dr. Sevilay KÜÇÜKSAKARYA'ya teşekkür ederim.

Yüksek lisansımdan beri beni hiçbir zaman geri çevirmeyen, bu yüzden kapısını çalmaktan çekinmediğim değerli hocam Prof. Dr. Mustafa ÖZER'e anlayışı ve tezimin ekonometrik analizine sağladığı desteğı için teşekkür ederim. Kendisini tanıdığım için son derece memnun olduğum, tezimin ekonometrik analizinde bana yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Erdal DEMİRHAN'a ilgisi ve desteğı için teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemdeki en büyük destekçilerim olan ve bana sonsuz güven duydukları için müteşekkir olduğum canım annem ve babama, desteğini her zaman en derinde hissettiğim ablama, beni örnek aldığı için gurur duyduğum ve bu hayatta beni en çok güldüren kişi olan kardeşime ve bu süreçte desteğini hiç esirgemeyen anlayışlı dostum Gizem AVCI'ya en kalbî teşekkürlerimi sunuyorum.

Son olarak bu uzun yolculuğı tamamladığım için en çok da kendime teşekkür ederim.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Anadolu Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

(İmza)

Cemre Nur ÇETİN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	6
1. GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE TEKNOLOJİ VE İKTİSAT TEORİLERİ	6
1.1. Endüstri Devrimlerini Anlamak Üzere Kısa Bir Bakış	6
1.1.1. Tarım devrimi	6
1.1.2. Çitleme hareketi	7
1.2. Endüstri Devrimleri	8
1.2.1. Birinci endüstri devrimi	10
1.2.2. İkinci endüstri devrimi	13
1.2.3. Üçüncü endüstri devrimi	16
1.2.4. Dördüncü endüstri devrimi	18
1.2.5. Beşinci endüstri devrimi	21
1.3. Yapay Zekâya Dair	25
1.3.1. Kavramsal	25
1.3.1.1. Dar yapay zekâ	27
1.3.1.2. Genel yapay zekâ	27
1.3.1.3. Süper yapay zekâ	28
1.3.2. Yapay zekâ tarihçesi	28
1.3.2.1. İlkbahar: yapay zekânın doğuşu	29
1.3.2.2. Yaz: yapay zekânın altın çağı	31

1.3.2.3.	Kış: yapay zekânın düşüşü	32
1.3.2.4.	Sonbahar: günümüz çağı	33
1.3.3.	Yapay zekâ teknolojileri	36
1.3.3.1.	Makine öğrenmesi	36
1.3.3.2.	Derin öğrenme	39
1.3.3.3.	Doğal dil işleme.....	39
1.3.3.4.	Bilgisayar görüntüsü (Bilgisayarlı görü)	40
1.3.3.5.	Robotik	40
1.4.	İktisat Teorilerinde Teknoloji	44
1.4.1.	Smith ve teknoloji.....	44
1.4.2.	Ricardo ve teknoloji.....	46
1.4.3.	Malthus ve teknoloji	47
1.4.4.	Schumpeter ve yaratıcı yıkım	49
1.4.5.	Marx ve teknoloji.....	50
1.4.6.	Keynes ve teknoloji	52
1.4.7.	Solow büyüme modeli	53
1.4.8.	İçsel büyüme teorileri	56
1.4.8.1.	AK modeli	57
1.4.8.2.	Arrow-Romer modeli	60
1.4.8.3.	Lucas modeli	62
1.4.8.4.	Araştırma-geliştirme modeli.....	63
İKİNCİ BÖLÜM.....		67
2.	YAPAY ZEKÂNIN EKONOMİK ETKİLERİ: LİTERATÜR TARAMASI.....	67
2.1.	Yapay Zekânın Verimlilik Üzerine Etkisi.....	73
2.2.	Yapay Zekânın Dış Ticaret Üzerine Etkisi	79
2.3.	Yapay Zekânın Eşitsizlik Üzerine Etkisi	83
2.4.	Yapay Zekânın Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi	86
2.5.	Yapay Zekânın İstihdam Üzerine Etkisi	94
2.5.1.	Pesimist görüş-distopik senaryo	96
2.5.1.1.	İkame Etkisi.....	99
2.5.2.	Optimist görüş-ütopik senaryo.....	103
2.5.2.1.	Telafi Mekanizması	108
2.5.2.2.	Yaratma/Tamamlama Etkisi	112
2.5.3.	İş gücü vasfı ve iş kutuplaşması	116

2.6. Literatür Taraması.....	128
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	140
3. YAPAY ZEKÂNIN İSTİHDAMA ETKİSİ: PANEL VERİ ANALİZİ	140
3.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi	140
3.2. Stanford Yapay Zekâ Endeksi.....	141
3.2.1. Stanford yapay zekâ endeks metodolojisi.....	143
3.3. Metodoloji	146
3.3.1. Panel veri analizi.....	146
3.3.2. Panel veri regresyon modelleri	148
3.3.2.1. Klasik model.....	148
3.3.2.2. Sabit etkiler modeli.....	149
3.3.2.3. Rassal etkiler modeli	151
3.3.3. Dinamik panel veri modelleri	153
3.3.3.1. Anderson ve Hsiao tahmincisi.....	156
3.3.3.2. Arellano ve Bond genelleştirilmiş momentler (GMM) tahmincisi .	157
3.3.3.3. Arellano ve Bover/Blundell ve Bond sistem genelleştirilmiş momentler (S-GMM) tahmincisi	161
3.3.4. Dinamik panel veri modellerinde problemler ve sınama testleri	164
3.3.4.1. Araç değişken geçerlilik testleri	164
3.3.4.2. Otokorelasyon testi	165
3.4. Veri Seti	167
3.5. Ekonometrik Model	176
3.6. Bulgular.....	177
3.7. Sonuç ve Politika Önerileri	198
KAYNAKÇA.....	208
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1. Stanford Yapay Zekâ Endeksi Değişkenleri ve Tanımları	141
Tablo 3.2. Stanford Yapay Zekâ Endeksinde Yer Alan Ülkeler.....	142
Tablo 3.3. Stanford Yapay Zekâ Endeksi 2021 Yılı Sıralaması	145
Tablo 3.4. Değişken Seti	167
Tablo 3.5. Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler.....	174
Tablo 3.6. Korelasyon Matrisi	175
Tablo 3.7. Tüm Tahminciler Ait Sonuçlar	180
Tablo 3.8. Korelasyon Matrisi (it değişkeniyle birlikte).....	188
Tablo 3.9. Yapay Zekâ ve Emek Verimliliği Değişkenlerinin Birlikte Ki-kare Test Sonucu	189
Tablo 3.10. Etkileşim Terimli Model Tahmin Sonuçları	190

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Endüstriyel Devrimlerin Kısa Tarihçesi.....	8
Şekil 1.2. Yapay Zekâ Zaman Çizelgesi.....	29
Şekil 1.3. İmalat Sanayii Robotları (1000 birim) – Dünya.....	42
Şekil 1.4. Ülke Bazında İmalat Sanayiinde Robot Yoğunluğu (2021)	42
Şekil 1.5. Adam Smith’in Büyüme Modeli	45
Şekil 1.6. Malthus’un Büyüme Modeli	47
Şekil 1.7. Malthus’un Büyüme Modelinde Teknolojik Değişme.....	48
Şekil 1.8. Solow Diyagramı: Genel Solow Modeli	54
Şekil 1.9. Teknolojik İlerleme Hızının Değişmesi	55
Şekil 1.10. AK Model.....	59
Şekil 2.1. Yapay Zekâya Yapılan Özel Yatırımlar (Milyar Dolar Cinsinden)	68
Şekil 2.2. 2017-2021 Dönemi Faaliyet Alanına Göre Yapay Zekâ Özel Yatırımları (Milyar Dolar Cinsinden).....	69
Şekil 2.3. 2010-2021 Dönemi Yapay Zekâ Patent Başvuru Sayısı	70
Şekil 2.4. 2010-2017 Dönemi Yapay Zekâ Alanında En Çok Patent Alan Ülkeler (IP5 Patent Ailesi).....	71
Şekil 2.5. 2013-2021 Dönemi Ülkelere Göre Yapay Zekâya Yapılan Özel Yatırımlar (Milyar Dolar Cinsinden).....	74
Şekil 2.6. Ülkelere Göre 2021 Yılında Yapay Zekâya Yapılan Özel Yatırımlar (Milyar Dolar Cinsinden).....	74
Şekil 2.7. 2013-2021 Dönemi Emek Verimliliği (Satın alma gücü paritesine göre 2017 yılı GSYH sabit fiyatlar cinsinden)	76
Şekil 2.8. 2030 Yılına Kadar Küresel Çapta Yapay Zekâdan Beklenen Kazançlar	88
Şekil 2.9. Yapay Zekâ ile Ekonomik Büyüme Diyagramı	90
Şekil 2.10. Yıllık GSYH Büyüme Oranı-Dünya	91
Şekil 2.11. Yapay Zekâ Emek Talebi (Ülkelere Göre Yapay Zekâ İş İlanları (Toplam İş İlanları İçinden)).....	105
Şekil 2.12. Ülkeler Arası Yapay Zekâ Becerileri Yoğunluğu	117
Şekil 2.13. Gişe Memuru ve ATM’ler.....	124
Şekil 3.1. Yapay Zekâ Endeksinde Üst Sıralarda Yer Alan Ülkelerin İstihdam Oranları	169
Şekil 3.2. YZE Sıralamasında İlk 5 Ülkenin Endeks Değerleri	170

Şekil 3.3. YZE (Kişi Başına) Sıralamasında İlk 5 Ülkenin Endeks Değerleri	171
Şekil 3.4. Yapay Zekâ Endeksinde Üst Sıralarda Yer Alan Ülkelerin Büyüme Oranları	172
Şekil 3.5. Yapay Zekâ Endeksinde Üst Sıralarda Yer Alan Ülkelerin Emek Verimliliği.....	173
Şekil 3.6. Yapay Zekâ Endeksinde Üst Sıralarda Yer Alan Ülkelerin İşsizlik Oranları	173



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

α	: Katsayı
β	: Katsayı
μ	: Monopolcü kârı
u	: Hata terimi
μ_i	: Birim etki
$\Psi_{gösterge}$	: Göstergeye atanan ağırlık
$\Psi_{kategori}$	: Kategorilere özgü ağırlık
$\Omega_{c,t}$	: Göstergelerin normalize edilmiş değeri
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AGI	: Artificial General Intelligence (Genel Yapay Zekâ)
ALPAC	: Automatic Language Processing Advisory Committee
ANI	: Artificial Narrow Intelligence (Dar Yapay Zekâ)
Ar-Ge	: Araştırma Geliştirme
ATM	: Automated Teller Machine (Otomatik Para Çekme Makinesi)
BİT	: Bilgi ve İletişim Teknolojileri
CNC	: Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Sayısal Kontrol)
DSRPAI	: Yapay Zekâ Üzerine Dartmouth Yaz Çalıştayı
IBM	: International Business Machines Corporation
ICT	: Information and Communications Technology
ILO	: International Labour Organization (Uluslararası Çalışma Örgütü)
ISO	: Uluslararası Standartlar Organizasyonu

IT	: Electronics and Information Technology (Elektronik ve Bilgi Teknolojisi)
IV	: Instrumental Variable (Araç değişken)
EKK	: En Küçük Kareler
GEKK	: Genelleştirilmiş En Küçük Kareler
GMM	: Genelleştirilmiş Moment Modeli
GPT	: General Purpose Technology (Genel Amaçlı Teknoloji)
GPT	: Generative Pre-trained Transformer
GSYH	: Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
MGI	: McKinsey Global Enstitüsü
OECD	: The Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü)
PwC	: PricewaterhouseCoopers
WB	: World Bank (Dünya Bankası)
WIPO	: World Intellectual Property Organization (Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü)
YZE	: Yapay Zekâ Endeksi

GİRİŞ

Teknolojinin miladı insanlık tarihi kadar geriye götürülebilecek bir olgu olsa da teknolojik gelişmelerin temelleri tarım ve endüstri devrimine dayandırılmaktadır. Yaşanan teknolojik gelişmeler ışığında modern çağın başlangıcı olarak kabul edilen Birinci Endüstri Devrimine zemin hazırlayan en büyük etken Tarım Devrimi olmuştur. Tarım Devrimi, insanların yaşama ve çalışma biçimlerini değiştiren önemli bir dönüm noktası olan teknolojik yenilikleriyle ekonomiyi ve böylelikle dünyayı da dönüşüme sokan endüstri devriminin habercisi olmuştur.

Tarım Devriminin hazırladığı zeminle adımları atılan Birinci Endüstri Devriminde gerçekleşen teknolojik yenilikler, yeni fikirlere yol açarak kendinden sonraki dönemin gelişimine olanak sağlamıştır. Böylece her teknolojik değişimin bir sonraki endüstri devriminin habercisi olduğu beş endüstri devrimine tanıklık edilmiştir. Bu devrimler insanlık tarihinde önemli bir yer kaplayarak teknolojik yeniliklerle birlikte ekonomik, politik, sosyal ve kültürel bağlamda derin etkiler yaratmış ve yaratmaya da devam etmektedir.

Endüstri Devrimleri en belirgin etkiyi insan emeği üzerinde göstermiştir. Makinelerin ve yeni teknolojilerin hem insan emeğinin yerini almasıyla hem de yeni işler ve görevler yaratmasıyla emek piyasasında dönüm noktaları yaşatacak değişikliklere yol açmıştır. Birinci Endüstri Devriminde buhar makinesinin icadı el emeğinin yerini almış, İkinci Endüstri Devrimi elektrik enerjisi ile seri üretimi mümkün kılmış, Üçüncü Endüstri Devrimi bilgisayar ve internet odaklı bilişim teknolojileri ile otomasyon çağını başlatmış, Dördüncü Endüstri Devrimi de nesnelerin interneti, büyük veri, siber sistemler ve yapay zekâ gibi ileri teknolojiler ile insanın entelektüel emeğini büyük ölçüde değiştirmiş ve Beşinci Endüstri Devrimi insan odaklı, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık ilkelerine dayanarak insan-teknoloji iş birlikli yeni simbiyotik bir döneme kapıların açılmasını sağlamıştır.

Tarihe sığdırılan beş endüstri devriminden Dördüncü ve Beşinci Endüstri Devriminin ortak paydasında yer alan yapay zekâ, alanındaki teknolojik ilerlemelerle üretim ve tedarik süreçlerini yeniden şekillendirerek endüstrileri dönüştürmekte ve buna bağlı olarak ekonomilerin temel değişkenleri olan verimlilik, ticaret, büyüme ve istihdam üzerinde önemli etkiler meydana getirmektedir. Bugün yapay zekânın net

etkilerinden henüz bahsedilemediği için salt olarak negatif ya da pozitif bir teknoloji olduğu söylenememektedir. Geçmiş yıllarda sürekli varsayımlar üzerine tasarlanan ve gerçekleşmesi hayal olarak görülen sürücüsüz araçlar, otonom robotlar gibi teknolojik ilerlemelerin günümüzde yakalandığı görülmektedir. Bu da teknolojik gelişmelerin hayal edilenden çok daha hızlı ilerlediği ve belki de hayal edilenden çok daha fazlasına ulaşabileceği anlamına gelmektedir. Çünkü yapay zekâ ile ilgili çalışmalar hayatı kolaylaştırmak, daha kısa sürede daha çok iş yapılması ile verimliliği artırmak ve insanın hayatını daha dolu yaşayıp kendine daha çok vakit ayırabilmesi düşünceleriyle başlamıştır.

Son teknolojik devrim olarak kabul edebileceğimiz yapay zekânın yalnızca birkaç sektörü değil neredeyse bütün sektörleri etkisi altına alma, büyük bir dönüşüme uğratma ve sektörlerin de ötesinde ekonomi üzerinde geniş kapsamlı bir etkiye sahip olması beklenmektedir. Ayrıca inovasyonu yeniden tanımlama, askeri yetenekleri geliştirme ve akıllı şehirleri destekleme gibi farklı potansiyellere de sahiptir. Yapay zekâ asıl olarak getirdiği ve getireceği teknolojik kolaylıklarla üretimde verimliliği artırarak makroekonomik anlamda verimliliği, dış ticareti, eşitsizliği, ekonomik büyümeyi ve istihdamı etkilemesi beklenmektedir. Bu çarpıcı potansiyelin bir sonucu olarak ülkeler kaynaklarını yapay zekâ yeteneklerini genişletmeye ve bu sistemlerini eğitmek için büyük miktarda veri toplamanın yeni yollarını bulmaya çalıştıkları yeni bir rota oluşturmaktadırlar.

Yapay zekâ teknolojilerini elinde bulunduran ülkeler karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olma avantajı ile küresel tedarik zincirinin ve ticaret kalıplarının doğasını değiştirebilir ve bu yolla hem ülke ekonomisinin hem de küresel ekonominin büyümesine katkıda bulunabilir. Bu da yapay zekâ teknolojilerine sahip ve bunu benimsemiş olan ülke ekonomilerinin sahiplik ve benimseme konusunda zayıf olan diğer ülke ekonomilerine göre bu teknolojileri kullanacak yetenekleri oluşturma ve çekme konusunda önde olacaklarına işaret etmektedir. Böylece yapay zekânın ekonomik, sosyal veya politik her türlü etkilerinin doğrusal bir çizgide değil ülkeler, bu ülkelerde faaliyet gösteren firmalar ve emek için farklı sonuçlar doğuracağını göstermektedir. Genel anlamda yapay zekânın küresel ekonomik faaliyetlere olumlu katkıda bulunacağı beklendiği için bu potansiyelin gerçekleşme sürecinde ülkeler,

firmalar ve emek arasında artabilecek olan eşitsizlik konusuna dikkat edilmesi gerekmektedir.

Yapay zekânın genel olarak ekonomik etkilerine bakıldığında verimliliği artırarak küresel ticareti yeniden yapılandırma ve ekonomik büyümeye katkı sağlama, böylece toplumsal refahı da iyileştirme potansiyelinin olduğu görülmektedir. Yapay zekâ teknolojilerinin iş süreçlerini etkileyip zamandan veya maliyetten tasarruf ettirerek üretimdeki verimliliği artırmasıyla büyük avantaj sağlayan firmalar, kazandıkları rekabet avantajıyla birlikte yalnızca yurt içi piyasalarda değil uluslararası piyasalarda da önemli bir rol oynamaya başlayacakları düşünülmektedir. Böylece hem üretim hem de tedarik ve lojistik aşamalarında kazanılan verimlilik avantajlarıyla birlikte dış ticaretin de gelişimine katkı sağlanabilecektir. Ancak yapay zekâ teknolojilerinin dış ticarete kullanımının henüz yaygınlaşmaması bu teknolojinin dış ticareti nasıl etkileyeceği hususunda bir netlik sağlayamamaktadır. Çünkü yapay zekânın daha fazla otomasyona yol açma ihtimali bu işlerin ülke içerisinde daha ucuza mal edilmesiyle birlikte dış ticareti azaltma riski yaratırken, mevcut işleri tamamlama ve daha yüksek üretkenliğe yol açma ihtimali ise ekonomik büyümeyi artırarak dış ticaret için yeni fırsatlar yaratabileceğine işaret etmektedir. Yine de sonuç ne olursa olsun ekonomik büyümenin etkilenmesi kaçınılmazdır. Ancak yapay zekânın dış ticarete etkisindeki belirsizlik, verimlilik üzerindeki etkinin yavaş olması gibi hususların aksine ekonomik büyüme oranını artırarak ekonomik genişleme hızını artırma potansiyeline ilişkin iyimserlik yüksektir.

Tüm bunlarla birlikte, yapay zekânın iş gücü piyasaları üzerindeki etkileri konusunda belirsizlikle birlikte giderek artan bir endişe söz konusudur. Çünkü yapay zekânın istihdam ve işler üzerindeki etkisi hem olumlu hem de olumsuz yönleriyle çeşitli ve karmaşıktır. Bir taraftan yapay zekâ çok sayıda süreci otomatikleştirerek belirli sektörlerde istihdam kayıplarına yol açabilecekken, diğer taraftan potansiyel olarak işleri kolaylaştırabilir, iş, meslek ve görevler bağlamında yeni roller yaratabilir. Emegın farklı beceri türlerine ve seviyelerine sahip olmasının, her sektörün iç dinamiğinin hatta her ülkenin yeni teknolojileri benimseme düzeyinin farklı olmasının ise emeğe farklı şekilde yansıyacağı aşıkardır. Bu yüzden her ne kadar yapay zekâ teknolojileri üretkenliği ve ekonomik büyümeyi artırma konusunda ciddi bir potansiyele sahip olsa da artan eşitsizlik, emek piyasasında kutuplaşma, yapısal işsizlik, farklı

endüstriyel yapıların ortaya çıkması gibi korkular yapay zekânın istihdam üzerinde yaratacağı olumlu etkileri göz ardı etmeye hatta hiç düşünülmemesine itmektedir. Ancak yapay zekâyâ ilişkin bir kısım düşüncelerin bu teknolojinin emeği, genel bir çerçevede insanlığı tehdit eden, negatif yönlerine odaklanıp distopik bir dünya varsayılmasının bir kenara bırakılıp yapay zekânın istihdam üzerine olacak etkilerinin tüm yönleriyle ele alınması gerekmektedir. Çünkü yapay zekâ, önceki teknolojilerde olduğu gibi işin doğasını ve talep edilen beceri türlerini değiştirebileceğinden iş gücü piyasasına üzerinde hem olumlu hem olumsuz etkileri olacaktır. Bu durumda yalnızca etki etme süresi değişecektir. Yapay zekânın iş gücü üzerindeki bu olası etkileri farklı segmentlerdeki gelir ve servet dağılımını da etkileyebilir. Bu etkinin daha çok olumsuz yönde olması beklenmektedir. Yapay zekânın iş gücü piyasası üzerindeki olası olumsuz etkisi üzerine yoğunlaşılması çoğunlukla yapay zekâ teknolojilerinin işlerde yeni yeni kullanılmaya başlanması ve henüz büyük ölçekte benimsenmemiş olmasından kaynaklanmaktadır. Öyle ki bugüne kadar yapay zekânın kaç işi kendi teknolojisiyle net bir şekilde değiştirdiğine dair araştırma kanıtları hâlâ yetersizdir. Bunun yanı sıra farklı vasıflara ve beceri türlerine sahip emek üzerindeki etkileri konusunda da bir görüş birliği yoktur. Tüm bu belirsizliklere ve olumsuz görüşte olanlara rağmen, yapay zekâ teknolojilerinin işlerin sonunu getirmeyeceği konusunda hemfikir çalışmalar mevcuttur. Yapay zekânın dönüştüreceği işler veya görevler elbette olacaktır. Bu durumda gereken becerilere göre işlerin ve görevlerin insan emeği ile makineler arasında yeniden tahsis edilmesi gerekecektir. Bu durumda olası bir değişiklik yeni bir iş bölümü yaratarak emeğin benzersiz bir şekilde insani olan ve otomatikleştirilmesi zor olan görevlere tahsis edilmesini, makinelerin ise sürekli dikkat ve dayanıklılık gerektiren tekrarlayan, rutin ve tehlikeli görevleri üstlenmesini sağlamak olabilir. Bu olası senaryo ile yapay zekâ emeğin becerisini dönüştürerek emeğin vasfının arttırılmasına ve insan emeği tarafından gerçekleştirilen görevlere daha fazla değer katılmasına olanak sağlayarak üzerindeki kara bulutlardan kurtarılabilir. Çünkü yapay zekânın küresel ölçekte ekonomik faaliyetlerin artmasına katkıda bulunmak için sahip olduğu potansiyel aşîkârdır. Bu potansiyel yapay zekâ teknolojilerinin ve uygulamalarının olgunlaşmasıyla hızlı bir ivme ile aşamalı olarak gerçekleşecektir. Yine de önceki yüzyıllarda ortaya çıkan teknolojik gelişmeler gibi yapay zekânın da herkes için benzer sonuçları olmayacağı unutulmamalıdır. Charlie Chaplin'in Modern Zamanlar filminde bir fabrikada üretim bandının başında sadece vida sıkamak gibi vasıf gerektirmeyen işi

yapay zekâ ile donatılmış bir robotun yapması uzaktan bakıldığında insanı tekdüze bir işten kurtaran mucize gibi görülebilir. Bir işveren için bu robot ciddi bir maliyet tasarrufu sağlayabilir. Ancak emek açısından düşünüldüğünde, zaten bir eğitimi veya vasfı olmadığı için o pozisyonda çalışan kişi şimdi işsiz kalmış ve iş aramaya çıkmış diğer işçilere rakip olmuştur. Bu tarz vasıf gerektirmeyen bir iş bulamama riski olan emek kendini geliştirmek zorunda kalacaktır. Aksine, teknolojinin tamamlayıcı olduğu rutin olmayan işlerde veya dönüşen yeni yaratılan iş ve görevlerde genellikle yüksek vasfa ve eğitime sahip emek tercih edilmesi muhtemeldir. Elbette emek, vasfına ve becerisine göre yapay zekâ teknolojilerinden farklı etkilenebilir. Bu durumda da emeğin sahip olduğu iş eğitimi ve iş becerisi bağlamında vasıflı iş gücü ile vasıfsız iş gücü arasında teknolojiyi kullanabilme, yapay zekâ teknolojilerini benimseme açısından istihdam edilme durumları değişkenlik gösterebilir.

Yapay zekânın hem toplumsal olarak hem de ekonomide insanlığı nereye götürebileceğini, nasıl bir dünya yaratabileceğini kestirmek oldukça güçtür. Bu çalışmada ise mevcut yapay zekâ teknoloji ve uygulamalarının iş gücü piyasasını güçlendirmeyi mi yoksa yıkıma uğratmayı mı amaçladığı merak edilmektedir. Bu araştırma sorusunun ışığında çalışmanın amacı çeşitli yapay zekâ yöntemlerini ve uygulamalarını göz önünde bulundurarak, seçilmiş ülke ekonomilerinde yapay zekânın istihdam oranını nasıl etkilediğini ampirik bir analiz ile araştırıp literatürdeki bu boşluğu doldurmaktır. Bu bağlamda tezin birinci bölümünde geçmişten günümüze teknolojinin evrimini ve ekonomik etkilerini anlamak için Tarım Devriminden başlayarak Endüstri Devrimlerini takip eden tarihsel bir perspektif sunulmuştur. Ardından yapay zekâ kavramı, tarihçe ve teknolojileri kapsamında incelenmiş ve devamında iktisadi akımlarda teknoloji kavramı ele alınmıştır. Tezin ikinci bölümünde yapay zekânın ekonomik etkilerine ilişkin alan yazındaki çeşitli görüşler verilerle tartışılarak ele alınmış, verimliliğe, dış ticarete, eşitsizliğe ve ekonomik büyümeye etkisinden bahsedilmiş, istihdam üzerindeki etkisine ilişkin iki farklı görüş olan emeği yerinden eden olumsuz etki ile telafi mekanizması ve iş yaratma potansiyeliyle olumlu etki tartışıldıktan sonra bu farklı görüşlerin temelinde yatan iş gücü vasfının farklılıklarından ve bunun sebep olabileceği iş gücü kutuplaşmasından bahsedilmiş olup bu tartışmaların arkasından kapsamlı literatür taramasına yer verilmiştir. Üçüncü ve son bölümde yapay zekânın istihdam üzerine etkisinin ekonometrik analizine, bulgularına ve sonuca yer verilmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE TEKNOLOJİ VE İKTİSAT TEORİLERİ

1.1. Endüstri Devrimlerini Anlamak Üzere Kısa Bir Bakış

Endüstri Devrimlerini anlamak için bu devrimlerin oluşmasına zemin hazırlayan nedenleri anlamak ve bu nedenlerle tarihsel bir bağlam sağlamak gerekmektedir. Endüstri Devriminin yaşanmasındaki en büyük etken Tarım Devrimidir.

İnsanlığın yaşadığı ilk büyük dönüşüm hayvanların evcilleştirilmesiyle sağlanan avcı-toplayıcı toplumdan tarım toplumuna geçiştir ki bu geçiş yaklaşık olarak 10.000 yıl önce vuku bulmuştur (Schwab, 2017, s. 15). İnsanlık tarihinde tarımın yeri her zaman çok önemli olmuştur. Tarım geliştikçe, tarımsal üretim de gelişmiş ve toprakla uğraşma “kendi kendine yetme” sisteminden çıkıp ticaret boyutuna ulaşmıştır. Tarım Devrimi insanların yaşama ve çalışma biçimlerini değiştirdiği için insanlık tarihinde önemli bir dönüm noktası olmuş ve yeni teknolojileri tanıtan, ekonomiyi dönüştüren ve böylelikle dünyayı da değiştiren endüstri devriminin de habercisi olmuştur.

1.1.1. Tarım devrimi

17. yy. ortaları ile 19. yy. sonları arasında Britanya’da emek ve toprak verimliliğinde yaşanan artış neticesinde tarım üretiminde gerçekleşen yüksek artışın görüldüğü dönem Tarım Devrimi olarak bilinmektedir (http-1). Ancak Tarım Devriminin tam olarak hangi dönemi kapsadığı halen tartışılmaktadır. 1960’tan önce genel görüş tarım devriminin 18. yy. sonları ile 19. yy. başları olduğu yönündeydi. Ancak daha sonra Havinden, Jones, Kerridge gibi önde gelen revizyonist tarihçiler üretkenliğin 16. veya 17. yy.’da önemli ölçüde artması nedeniyle Tarım Devriminin aslında iki dönemden oluştuğunu öne sürmüşlerdir (Allen, 1999, s. 209). Bu da kabaca Tarım Devriminin genel kabul görmüş dönem aralığını kapsamaktadır.

Bu dönemde yeni tarım teknikleri, tarım aletleri ve tohum seçme yöntemleri geliştirilmiş ve bu gelişmeler üretkenliği artırarak tarım verimliliğini de önemli ölçüde artırmıştır. Emek ve toprak verimliliğinin artması tarımsal üretimin artmasına tarımsal üretimin artması ise verimliliğin artmasına neden olarak İngiltere ve Galler’deki nüfusu besleme kabiliyetini artırmış, dolayısıyla nüfusta da hızlı bir artış gerçekleşmiştir. Bu

durum daha geniş alana yayılmış yerleşim yerlerini de mümkün hale getirmiştir. Verimlilikteki artış, sanayileşen kentlere ek iş gücü olarak yansırken kırsal kesimlerde ise emeğin tarımdaki payının azalmasına neden olmuş, neticesinde kentleşme ve şehirleşmenin büyümesine yol açmıştır. Buradan hareketle Tarım Devriminin Sanayi Devrimine zemin hazırladığı görülmektedir (http-1; Schwab, 2017, s. 15).

Tarım Devriminde sonraki aşama tarımda makineleşmedir. Jehtro Tull tarafından tohum ekme makinesinin icadı ile Britanya'nın tarımda makineleşme süreci başlamıştır (Dülger, 2022, s. 31). Nurkse (1953)'a göre tarımsal teknolojiye insan emeğini tarımdan çeken gelişmeler Endüstri Devrimi için çok önemliydi ki Endüstri Devrimi de yıllar boyunca devam eden bir ekonomik büyümeyi devrinime geçirmiştir. Buradan hareketle denilebilir ki tarımda başlayan teknolojik gelişmeler ekonominin geneline yayılarak farklı sektörler için önemli sonuçlar doğurmuştur (Chu vd., 2022, s. 1). Özellikle de tarımsal gıda arzında olağanüstü artışa yol açan yenilikler nedeniyle Tarım Devrimi, Sanayi Devrimine etki eden en önemli faktörlerden biridir. Bir diğer faktör ise Tarım Devriminin en önemli özelliği olan Çitleme Hareketidir ve bu hareket ayrıca toplumsal yapıyı şekillendiren bir özelliktir (http-3).

1.1.2. Çitleme hareketi

Çitleme Hareketi 1700lü yıllarda İngiliz Parlamentosu tarafından önceden ortak olarak kullanılan alanların özel mülkiyete geçirilmesine olanak tanıyan Çitleme Yasası sonucu ortaya çıkmıştır. Bu yasayla birlikte açık alan sistemiyle işleyen süreç yerini tarımda üretkenliği ve kârlılığı artıran Çitleme Hareketine bırakmıştır. Çitleme Hareketinin zengin olan çiftçilerin daha fazla toprak satın alması ile yoksul çiftçileri topraktan uzaklaştırıp onları iş bulmak için şehirlere gitmek zorunda bırakması gibi olumsuz etkisinden dolayı bu hareket Endüstri Devrimini başlatan ana nedenlerden biri olarak kabul edilmektedir. Bu olumsuz etkiyle beraber şehirlerdeki fabrikalar için iş gücü yaratılmış ve Sanayi Devrimi için gerekli olan zemin için temel sağlamlaşmaya başlamıştır (http-2; http-3).

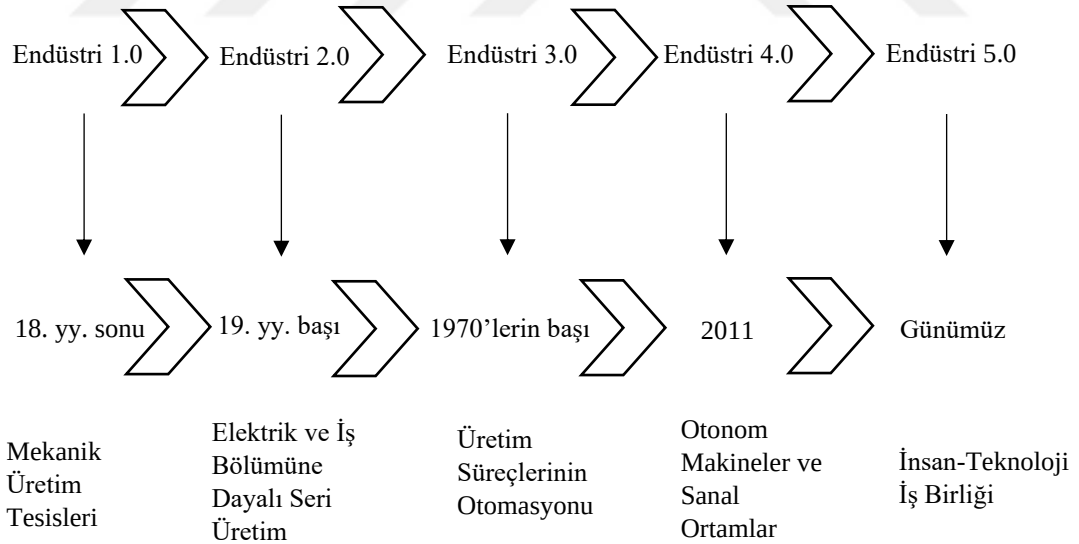
Şüphesiz, tarımdaki gelişmeler dönemine göre teknolojiye muazzam bir ilerlemeyi temsil etmekteydi (Van den Berg, 2001, s. 193). Çitleme hareketi ile de zirveye ulaşan Tarım Devrimini bir dizi endüstri devrimi izlemiştir. Bu süreç insan kuvvetinden mekanik/teknik kuvvete geçişi beraberinde getirmiş ve bugün Dördüncü ve

Beşinci Endüstri devrimleriyle geldiği nokta olağanüstü düzeyde gelişmiş bilişsel gücün üretimi muazzam boyutlarda artırdığı yere varmıştır (Schwab, 2017, s. 15).

1.2. Endüstri Devrimleri

İnsanlık dünyaya adımını attığı ilk günden bu yana sürekli dönüşüm yaşamaktadır. Daimî bir merak içerisinde olan insanoğlu her zaman hayatını kolaylaştıracak şeylerin peşine düşmüştür. Bu merak tekerleğin icadından yapay zekâya kadar geçen uzunca bir zamanı kapsamaktadır. Yaptığı icatlar, geliştirdiği teknolojilerle insanoğlu 1700'lü yıllardan itibaren günümüze kadar beş endüstri devrimi sığdırmıştır.

Buhar makinesinin icadıyla başlayan ilk endüstri devrimini simgesi elektrik olan ikinci endüstri devrimi, bilişim ve iletişim teknolojilerinde ciddi ilerleme kaydeden üçüncü endüstri devrimi, kişisel bilgisayar ve internetin de yaygınlaşmasıyla yapay zekâ teknolojisine hızlı bir girişle dördüncü endüstri devrimi izlemiş (Değer, 2021, s. 137), yapay zekâda katedilen hızlı gelişmeler ise beşinci endüstri devriminin habercisi olmuş ve insan emeğinin gelişen teknolojiyle simbiyotik bir ilişkiye girdiği dönem başlamıştır. Şekil 1.1.'de Endüstri Devrimlerinin süreçleri özet olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.1. Endüstriyel Devrimlerin Kısa Tarihçesi

Kaynak: <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/> (Erişim Tarihi: 09.09.2021)

Endüstri Devriminin gerçekleşmesindeki en büyük etkenin Tarım Devrimi olduğu söylenebilir. Tarım Devrimi ve Endüstri Devrimi arasında getirdiği yenilikler aracılığıyla toplumu ve ekonomiyi dönüştürme bağlamında paralellikler bulunmaktadır. Her iki devrim de önemli teknolojik gelişmelere yol açmıştır. Tarım Devriminde yeni tarım aletleri, tohum seçme yöntemleri gibi teknolojik gelişmeler olurken, Endüstri Devriminde buhar gücü, mekanik üretimi sağlayan teknik aletler gibi teknolojiler bulunmuştur. Her iki devrim de verimlilikte artışa yol açmıştır. Tarım Devriminde gıda üretiminde verimlilik artarken, Endüstriyel Devrimde otomasyon ve ölçek ekonomileri ile fabrikalardaki üretim verimliliği artmıştır. Aynı zamanda yaşanan verimlilik her iki devrimde de nüfus artışını teşvik etmiştir. Artan üretkenlik ve nüfusla beraber her iki devrimde yaşanan ortak bir diğer özellik ise değişen iş gücüdür. Tarım Devrimi tarımda makineleşme ile tarım istihdam oranının azalmasına neden olmuştur. İşsiz kalan köy/kasaba halkı şehre göç ederek Endüstri Devriminin sanayi sektörünün işçisi olmuştur.

Endüstri Devrimleri gerçekleştikleri dönemin geleneksel işlerin çoğunu yok etmiş ancak her döneme özgü farklı teknolojik gelişmeler ekonomide verimliliğin artmasına ve büyümeye yol açmış ve geleneksel işlerin yerine yeni işleri muhakkak yaratmıştır. Yine de yeni işler yaratılsa da yaratılmasa da hiçbir ülke gelir eşitsizliğinden kaçamamıştır. Acemoğlu ve Robinson (2019, s. 52-55), zengin ve fakir ülkeler arasında var olan eşitsizliğin coğrafi farklılıklar nedeniyle oluştuğunu iddia eden coğrafya hipotezine dünya eşitsizliğinin tarımdan sağlanan verimlilikteki farklılıklardan kaynaklanmadığını, özellikle 19. yy.'da yaratılan eşitsizliğin sanayide yaşanan teknolojik gelişmelerin ve imalat ürünlerinin dengesiz dağılımından meydana geldiğini savunarak karşı çıkmıştır. Yine de sanayide meydana gelen teknolojik, ekonomik ve sosyal sistemlerin değişimini ifade eden Endüstri Devriminin çalışma ve hayat şartlarını hem olumlu hem olumsuz anlamda değiştirmesine rağmen odak noktasının her zaman ekonomik zenginlik olduğu unutulmamalıdır (Dombrowski ve Wagner, 2014, s. 100).

Tarihçiler Endüstri Devrimini üç şekilde açıklamaktadırlar: Buhar gücünün kullanılması ve fabrikaların büyümesiyle pamuk ve demir gibi imalat sanayinin belli sektörlerinin çok hızlı büyümesi, bu ekonomik yapısal değişim ile nüfusun büyük çoğunluğunun tarım sektöründen imalat ya da madencilik sektörüne kayması ve milli gelirin belli aralıklı olarak kesik kesik artmasından sürekli artışa geçmesidir. Bu

açıklamalar Endüstri Devrimine sebep olan faktörlerin hem talep hem de arz yanlı olduğuna işaret etmektedir. Nüfus ve dış ticarete yaşanan artışların ekonomide genel olarak talebi artırması üzerine fiyatlar üstünde yukarı yönlü bir baskı oluşması üreticileri makine üretme ve kullanma konusunda teşvik etmesi ve tüketicilerin zevklerinin sanayi mallarına kayması talep yönlü faktörler olarak kabul edilirken, teknolojiadaki gelişmelerin artmasıyla sermayenin ve iş gücündeki maliyetlerin azalması üretim maliyetini ucuzlatarak pazarı genişletmesi ise arz yönlü faktörler olarak Endüstri Devrimine sebep olan nedenler olarak kabul edilmiştir (Agarwal ve Agarwal, 2017, s. 1062-1063).

300 yıl aşkın önce dönemin en önemli icatlarının bulunmasıyla başlayan ve Endüstri Devrimi olarak adlandırılan günümüze kadar kendini yenileyerek gelen bu devrim beş aşama kaydetmiştir: Su ve buhar gücü temelinde mekanik üretim ile Birinci Endüstri Devrimi, Henry Ford gibi öncül bir isimle bağlantılı olan, elektrik enerjisinin de yardımıyla geliştirilen montaj hattı ve seri üretim ile İkinci Endüstri Devrimi, üretimin dijital otomasyonu ile Üçüncü Endüstri Devrimi, siber-fiziksel sistemler temelinde otonom araçlar ve sanal ortamlar ile Dördüncü Endüstri Devrimi (Bloem vd., 2014, s. 11) ve nihayet insan odaklı, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık ilkelerine dayanan Beşinci Endüstri Devrimi .

1.2.1. Birinci endüstri devrimi

18.yy.'dan başlayıp 19.yy.'ın ortalarına kadar devam eden bir süreç olan Birinci Endüstri Devriminin temelleri 1712 yılında buhar makinesinin icat edilmesiyle atılmıştır (İnce-Yenilmez ve Gönçer-Demiral, 2022, s. 357). 1712 yılında Thomas Newcomen, ilk buhar makinesini Denis Papin ve Thomas Savery tarafından daha önce yapılan atmosferik motor (atmosferik buhar makinesi) çalışmalarından esinlenerek icat etmiştir (Santos ve Sequeira, 2011, s. 3981). 1764 yılında ise James Watt, Newcomen'in icat ettiği buhar makinesini onarması için görevlendirilmiş ve buhar üretmek için suyun ısıtılmasında kullanılan kömür miktarını %60'tan fazla azaltılmasını sağlayarak daha verimli çalışan bir buhar makinesi elde edilmiştir. Bu yeni tasarımlı buhar makinesi ile Watt 1769 yılında 913 numaralı ilk İngiliz patentini almıştır (http-4; Santos ve Sequeira, 2011, s. 3981). 1801 yılına gelindiğinde Richard Trevithick buhar makinelerini raylara yerleştirerek çalışan ilk lokomotifini yapmıştır. Böylece buharla çalışan lokomotifler ve gemilerle ulaşımda da bir devrim yaratılmıştır (http-4). Bu yüzyılda gerçekleşmeye

başlayan “patent hakkı”nın sanayi devrimi nezdinde hem ekonomik hem toplumsal etkileri olmuştur ki bu da teknolojik gelişmelerin ve inovasyonun ülke ekonomisinin gelişmesinde ne kadar önemli olduğunu göstermektedir (Dölger, 2022, s. 25).

Birinci Endüstri Devriminin dayandığı teknolojik gelişmeler esasen Avrupa’da önceki yüzyıllarda biriken bilginin kullanılmasıyla gerçekleşmiştir. Bu devrimin ses getirmesinin asıl sebebi gelişen teknolojinin kârlı kullanım sağlayabileceği bir piyasaya sahip olmasıydı. Çeşitli sektörlerde uygulanan bu teknolojileri kullanabilecek vasa sahip emeğin bulunmasını sağlayan girişimciler eğitime ve beceriye büyük önem addetmiştir. Aynı zamanda buhar makinesini geliştiren James Watt, buharlı lokomotifini icat eden Richard Trevithick, iplik eğirme makinesini icat eden Richard Arkwright gibi mucitler yarattıkları makinelerle fikri mülkiyet haklarının sağlanacağını bildikleri için yaratıcısı oldukları teknolojik gelişmelerden ekonomik anlamda kazanç sağlamanın peşine düşmüşlerdir. Teknolojik gelişmeler ve bu gelişmelerin yaratıcılarının korunması, yarattıklarından kâr etmesi, ekonomik büyüme, yatırım yapabilme, becerilerin etkin kullanılması o dönemin İngiltere’inde kapsayıcı ekonomik kurumlar sayesinde gerçekleşmiştir (Acemoğlu ve Robinson, 2019, s. 101-102). O gün İngiltere böylesine vizyoner ekonomik ve siyasi kurumlara sahip olmasaydı bu sanayi devrimi gerçekleşmeyebilirdi.

İngiltere’de Birinci Endüstri Devrimiyle işlerin çoğu tarlalardan fabrikalara dönüşmüştür. O dönemde özellikle dokuma endüstrisine yoğunlaşmış, büyük fabrikalar kurulmuş, bu fabrikaların içleri üretim makineleriyle doldurulmuş ve böylece nüfus için yeni iş fırsatları doğmuştur. Tarımda makineleşmenin de köydeki işleri yavaş yavaş yok etmesi nedeniyle köydeki insanlar düşük ücrete ve kötü çalışma koşullarına rağmen yeni iş fırsatları için şehirlere göç etmişlerdir. Zaten Birinci Endüstri Devriminin temelini atan demiryolları ve buharlı gemiler yani su ve buhar gücünün makinelerde, üretimde, taşımacılık ve ulaşımında kullanılması şehirlere göç eden insanların artması nedeniyle çoğalan nüfusa gıda tedarik edebilme gayesiyle geliştirilmiştir. 1815 yılına kadar da ücretler artmış ve yaşam standardı yükselmiştir (Dombrowski ve Wagner, 2014, s. 101).

Ancak teknolojik ilerlemeler ve ekonomik büyüme, eskinin yeniyle değiştirildiği bir “yaratıcı yıkıma” da sebep olmuştur. Sanayileşmenin kaybedenlerinden olacaklarını anlayan emek, el becerilerinin yerini makinelerin almasına izin vermemek için

örgütlenmiş, isyan çıkarmış ve makineleri, fabrikaları yakıp yıkmışlardır. Bunlar, öncü olarak iki makineyi yakıp yıkarak hasar veren dokumacı Ned Ludd'ın “askerleri” Luddistlerdi. Ancak bu tarz “gericiliğin” kimseye faydası yoktu. Çünkü bugün zengin olarak nitelendirilebilecek ülkeler 18.yy.'dan itibaren başlayan teknolojik ilerlemeler ile ekonomik ve toplumsal dönüşümü benimseyenlerdir, benimsemeyenler ise fakir olanlardır (Acemoğlu ve Robinson, 2019, s. 84-85,293).

Kömür ve bu dönemde icat edilen makinelerin kullanımı yaygınlaşması makineleşmeden alınan verimi ciddi anlamda artırmıştır. Buna uygun olarak da bol ve ucuz emek üretim miktarlarının artmasını sağlamıştır (Beaud, 2016, s. 132). Böylece bu Endüstri Devrimi, elle çalıştırılan aletlerde “el”in manuel olarak işlev gördüğü kısımlarına makineleri sokarak insan emeğini mekanik bir hareket gücü olmaktan çıkarmıştır (Marx, 2022, s. 360). Teknolojik ilerlemenin hızlandığı bu dönemde reel ücretler çok yavaş artmaktaydı ve bu durum genellikle işçilerin yerini makinelerin almasının erken bir örneği olarak görülmektedir (Crafts, 2022, s. 1). Makineler insan emeğinin yerini alır derken aslında o dönem için kastedilen kas gücüne ihtiyaç duyulan emeğin yerini almasıdır. Kadın ve çocuk emeğinin değil. Makine kapitalist biçimde kullanılmaya başlandığında ilk hedefi kadınlar ve çocuklar olmuştur. Kadın emeği ve çocuk emeği dışındaki emeği değersizleştiren makinelerin kapitalist kullanımı, beşerî sömürsünü artırmıştır (Marx, 2022, s. 378-379).

Frey (2019), Birinci Endüstri Devriminden kazanılan tecrübeleri yapay zekâdaki gelişmeler kapsamında bir uyarı niteliğinde görülmesi gerektiğine dikkat çekmektedir. Çünkü bu dönemin İngiltere'sinde durgunlaşan ücretler ile artan kârlar dolayısıyla yükselişe geçen gelir eşitsizliği ülkeyi ayrışmaya sürüklemiştir. Teknolojik gelişmelerden elde edilen kazançların büyük çoğunluğu sanayicilere gitmiş, 19. yüzyılın ilk yarısında kârın milli gelirdeki payı iki katına çıkarken emeğin payı azalmıştır. 1780 ile 1840 yılları arasında işçi başına üretim %46 artarken, reel ücretler sadece %12 artmıştır. Tarihteki ilklerden sayılabilecek önemli genel amaçlı teknolojilerin birçoğunun geliştirildiği bu dönemde bu icat dalgası toplam faktör verimliliğinde ve iş gücü verimliliğinde önemli büyümeyi gerçekleştirecek gibi görünmekteydi. Ancak reel ücretlerin işçi başına üretimden daha yavaş artması bunun ekonomik büyümenin meyvelerinin zenginlere gittiği anlamına mı geliyor diye düşündürmektedir (Crafts,

2022, s. 7-8). Bu yüzden Endüstri Devrimini başlatan teknolojik değişimler toplumsal kopuşa da sebep olmuştur (Değer, 2021, s. 137).

1825 yılına gelindiğinde artık çığır açan teknolojik gelişmelerin ve icatların hızı bir süreliğine yavaşlamıştı ve bu da Birinci Endüstri Devriminin sonuna gelindiğine işaret etmekteydi (Agarwal ve Agarwal, 2017, s. 1063). Birinci Endüstri Devriminin buhar makinesinin icadı ile demiryollarının ulaşımında aktif bir şekilde kullanılmaya başlanmasıyla mekanik üretime liderlik etmesi ve 19. yy.'ın sonlarına doğru teknolojik gelişmelerin de hız kazanmasıyla İkinci Endüstri Devriminin kapısı aralanmıştır (Schwab, 2017, s. 16). Su ve buhar gücünün egemenlik ettiği Birinci Endüstri Devrimi artık yerini elektrik ve petrole bırakmıştır (Kurt, 2019, s. 592).

1.2.2. İkinci endüstri devrimi

Bazı karakteristik gelişmeler ile 1850li yıllara kadar gidilebilse de 1870-1914 yıllarını kapsayan dönem için tarihlendirilen İkinci Endüstri Devrimi geleneksel olarak yeni kimyasal süreçleri, elektrifikasyonu ve içten yanmalı motoru içerecek şekilde tanımlanmaktadır. Ayrıca demirin yanı sıra çelik ve diğer kimyasallar da bu dönemde kullanılmaya başlanmış ve buhar enerjisi yerini elektrik enerjisine bırakmıştır. Bu devrim elektrik ve montaj hattı ile seri üretimi mümkün kılmıştır. Elektriğin sanayide ve enerji kaynağı olarak kömür yerine petrolün kullanılmaya başlanması ile bugün hâlâ kullandığımız buzdolabı, mikroskop gibi icatlar aslında İkinci Endüstri Devriminin ürünleridir (Hull, 1994, s. 22; İnan, 2012, s. 206; Schwab, 2017, s. 16). Böylece dünya 19. yy'ın ortalarında demiryolu, telgraf, buharlı gemi gibi modern ulaşım ve iletişim imkanlarının oluşmasıyla birlikte Birinci Endüstri Devriminden sonra yeni bir değişim dalgasına tanıklık etmiştir (Jensen, 1993, s. 834).

İkinci Endüstri Devrimiyle ön plana çıkan elektriği geliştiren bilim insanı Michael Faraday fizikte elektromanyetik kavramını oluşturmuştur. Faraday sayesinde elektrik, teknolojiye kullanım için pratik bir hale getirilmiş ve böylece dünyayı sonsuza dek değiştiren elektrifikasyon döneminin en önemli buluşlarından olmuştur. O dönemde fabrikalarda özellikle ışıklandırmada kullanılan elektrik çalışma koşullarını önemli ölçüde iyileştirmiş ve eskiden gazlı aydınlatma kullanımının neden olduğu ısıyı, kirliliği ve yangın riskini ortadan kaldırmıştır (Colin, 1989). Elektrik kullanımı 1870lerde hızla yaygınlaşmaya başlamıştır ve ilk etkili uygulaması iletişimde olmuştur. Samuel Thomas

con Sömmerring, William Cooke, Samuel Morse gibi bilim insanları tarafından farklı zamanlarda icat edilip geliştirilen telgrafın ardından 1874 yılında Alexander Graham Bell telefonu icat etmiştir. 1880li yılların başında modern ampul Joseph Swan ve Thomas Alva Edison tarafından icat edilmiştir. Çok fazlı elektrik motoru Edison'un savunduğu doğru akım yerine alternatif akım kullanılarak 1889 yılında Nikola Tesla tarafından yapılmıştır. Lucien Gaulard ve John Dixon Gibbs tarafından icat edilip daha sonra William Stanley tarafından geliştirilen transformatör de diğer icatlarla aynı derecede önem taşımaktadır (Hughes, 1993, s. 58-67). 1890 yılına kadar temel teknik sorunları çözülerek ehlileştirilen elektriği güvenilir, dayanıklı ve maliyet düşüren bir dizi mikro icat takip etmiştir. Yine de elektriğin üretim verimliliği üzerindeki avantajlarının farkında daha sonra varılmıştır (David, 1990, s. 356).

1856 yılında Henry Bessemer dökme demirin yarattığı kirlilikte oluşan karbona erimiş metalden hava üfleme tekniğiyle karbonun yakıt olarak kullanılabileceğini keşfetmiş ve bu yöntemle çelik üretiminin temelini atmıştır. Daha sonra çeliğin sınıfını geliştirerek çok sayıda başka buluşlar gerçekleştirmiş ve 1880li yıllarda hem binalarda hem de gemi ve hem de raylarda çeliğin kullanımının yaygınlaştırılmasını sağlamıştır (Landes, 1969, s. 255). Böylece daha uzun ömürlü ve sağlam olan çelikte demiryolları uygun bir maliyetle yapılmaya başlanmış ve demiryolu ağı daha önce hiç olmadığı kadar genişlemiştir (Szostak, 1991, s. 92).

İkinci Endüstri Devrimi, 19. yüzyılın sonları ve 20. yüzyılın başlarında önce Almanya ve Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde olmak üzere üretimi dönüştürmüş ve hızla başka yerlere de yayılmıştır (Hull, 1994, s. 22-23). İkinci Endüstri Devrimine ivme kazandıran bir diğer gelişme ise montaj hattının geliştirilmesidir (Schwab, 2017, s. 18). Montaj hattı, İkinci Endüstri Devrimiyle birlikte gelen yeni ürünlere artan talebi karşılamak için geliştirilen döneminin en önemli teknolojisiydi (Dombrowski ve Wagner, 2014, s. 101).

1900lü yılların başlarında geliştirilen montaj hattı ilk kez 1913 yılında ABD'nin Michigan eyaletinin Dearborn şehrinde kurulan Henry Ford'a ait otomobil fabrikasında kullanılmıştır. Seri üretim yapmayı mümkün kılan montaj hattı ile Ford, Model T otomobillerini üretim bandında üretmeye başlamıştır (Basalla, 2013, s. 312). İlk kez Henry Ford tarafından kullanılması sebebiyle Fordizm de denilen bu üretim sistemi durmadan kayan montaj hattının üzerinde makinelerle ve yüksek çoğunlukla vasıfsız

emeğin kullanılmasıyla yüksek hacimlerde düşük maliyetle yapılan seri üretim şeklindedir (Hirst ve Zeitlin, 1991, s. 2). Fordizmin ekonomik yapısı kitlesel tüketimle bağdaştırılan kitlesel bir üretim sistemidir (Bagguley vd., 1990, s. 19). Bu üretim sistemi yalnızca Ford'un fabrikasında işlemekle kalmamış başka ülkelerde de kullanılmaya başlanmıştır ve kapitalizmin müthiş dinamiği yine tıkırında işlemiştir. Her ne kadar Ford'un bu işe başlamasındaki gayesi sadece belli bir kesimin değil herkesin araba sahibi olması yönünde olsa da üretim öylesine kitlesel hale dönüşmüştü ki üretilen otomobiller tabiri caizse "Herkes bir Ford" sloganıyla fabrikasında çalışan işçinin bile alabildiği bir ürün haline gelmişti.

Nasıl ki Birinci Endüstri Devriminde fabrika sistemi gelişen yeni teknolojileri saran bir örgütsel form olmuştur, İkinci Endüstri Devrimi için de bu form modern çok birimli firmalar olmuştur. Hem Birinci hem de İkinci Endüstri Devriminin ekonomik sonuçlarının yanı sıra sosyal sonuçları da olmuştur. İkinci Endüstri Devriminin sosyal sonuçları ise tekelci kapitalizm ve orta sınıfın yükselişi ile yakından bağlantılıdır (Hull, 1994, s. 23).

Bu devrimin başlarında endüstri alanındaki "bırakınız yapsınlar" politikaları ile mal, sermaye ve emek hareketleri serbest hale getirilmiş, altın standardı ile makroekonomik stabilite sağlanmış ve böylece büyük bir zenginleşme gerçekleşmiştir (Chang, 2003, s. 35). Bu zenginleşme teknolojik gelişmeleri daha popüler hale getirerek ürün çeşitliliğinin artmasına vesile olmuştur. Araba, telefon, buzdolabı gibi pek çok ürünün üretilmesi İkinci Endüstri Devrimini seri üretim ile tüketim çılgınlığına doğru kapıların aralandığı bir dönem haline getirmiştir (Dowd, 2008, s. 147).

Birçok endüstrinin gelişmelerde devamlılık sergilediği bu yüzden pek çok yönden ilkinin devamı niteliğinde olan İkinci Endüstri Devrimi, teknolojideki liderliğin konumunu İngiltere'den alıp başka ülkelere de dağıtmış ve Birinci Endüstri Devriminden farklı olarak bilimsel bilgi kullanılarak icatların bulunduğu bir devrim olarak bayrağı Üçüncü Endüstri Devrimine devretmiştir (Mokyr, 1998, s. 14).

1.2.3. Üçüncü endüstri devrimi

1960’larda bilimsel bilginin daha yoğun olarak kullanılmasıyla başlayan Üçüncü Endüstri Devrimi yarıiletkenlerin, ana bilgisayarların (1960lar), kişisel bilgisayarların (1970ler, 1980ler) ve internetin (1990lar) katalizörlüğünde geliştiği için genellikle bilgisayar devrimi ya da dijital devrim olarak adlandırılmıştır (Schwab, 2017, s. 16). Merkezinde mikroelettronik ve internetin bulunduğu bu devrim mekanik elektronik teknolojilerinden dijital elektronikge geçiş olarak kabul edilmektedir. 3D baskı, yapay zekâ, robotik, nano, biyo ve iletişim teknolojileri gibi teknolojiler bu devrimin en önemli itici güçleri arasında sayılmaktadır (Mohajan, 2021, s. 3).

Üçüncü endüstri devrimi, diğery altyapıları akıllı sistemde yeniden yapılandırarak ekonomik büyümeyi hızlandırmaya yardımcı olan meta altyapı ile işletilen bilgi ve iletişim teknolojileri (Information and Communications Technology-ICT) -BİT aracılığıyla gelişmiştir (Goyal ve Aneja, 2020, s. 1). Üretimde otomasyonu başlatan elektronik, bilgi iletişim teknolojileri ve internet Üçüncü Endüstri Devriminin temel taşlarıdır ve ilk kişisel bilgisayarlar Altair 8800 (1975) ve Apple I (1976) bu dönemde üretilmiştir (Fırat ve Fırat, 2017, s. 212). Hatta daha geriye gidildiğinde 1957 yılında IBM (International Business Machines Corporation) tarafından icat edilen tek bir kişi tarafından kullanılıp klavye yardımıyla kontrol edilebilen IBM 610 ilk kişisel bilgisayar sayılabilir (Sherman, 2003). Bu teknolojiler, her türlü bilginin bilgisayar tarafından anlaşılıp otomatik olarak işlendiği dijital bir koda dönüştürülmesine yani dijitalleştirmeye dayandıkları için kodlama teknolojileri olarak da bilinmektedir (Marengo, 2019, s. 326).

Özellikle kişisel bilgisayarların üretiminde kullanılan teknoloji ile üretimde verimliliğin artması iş gücü maliyetinin düşmesine olanak sağlamış (Jensen, 1993, s. 835) ve üretim anlayışının değıştiği bu dönemde daha verimli üretim daha kaliteli ürünler daha düşük maliyetle sağlanmaya başlamıştır (İnce-Yenilmez ve Gönçer-Demiral, 2022, s. 357). Böylece elektronik endüstride kullanımı giderek artmıştır. Elektronik ve bilgi teknolojisi (Electronics and Information Technology-IT), makinelerin el emeğinin yanı sıra zihin emeğinin de bir kısmını devralarak üretim süreçlerinde otomasyonun kullanılmasına olanak sağlamıştır. Otomasyon sürecinin üretime dahil edilmesiyle insan emeği minimize edilerek olası üretim hataları azaltılmıştır (Kagermann vd., 2013, s. 14). Üretim hattında kullanılan teknolojiler

geliştirildikçe de teknolojiyi kullanarak üretime katkı sağlayan emeğin de üretkenliği artmıştır (Ford, 2021, s. 10). Fabrikalarda üretimdeki makinelerin bilgisayar kontrolü ile kullanılmaya başlandığı bu devrimde emeğin maliyetinde düşüş sağlayacak verimlilikte seri üretim hız kazanmıştır (Saracel ve Aksoy, 2020, s. 28).

Endüstri devrimleri ile yaşanan gelişmeler neticesinde artan enerji gereksiniminin karşılanması için kullanılan fosil yakıtların çevre kirliliğine neden olması başka enerji kaynakları aranmış ve yerine güneş, rüzgâr, hidro, jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanılmaya başlanmıştır (Rifkin vd., 2008, s. 9). Buradan bu devrimin üretim, dağıtım ve enerji faktörlerinde gelişen teknoloji ile yönlendirildiği anlaşılmaktadır. Üçüncü Endüstri Devrimi önceki endüstri devrimlerinden daha küresel bir etkiye sahiptir ve aynı zamanda yerel etkileri de olduğu için "*glocal*" yani *global-lokal* teriminin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu devrimde 3D baskı ve robot gibi teknolojilerin yardımıyla yerelleştirilmiş üretim artmıştır. (Roberts, 2015, s. 2). Birinci ve İkinci Endüstri Devrimi yalnızca Batı Avrupa'yı ve ABD'yi geliştirirken, bu devrim hem yerel hem ulusal kalkınmayı sağlayarak neredeyse dünyanın her yerine yayılmıştır (Mohajan, 2021, s. 3)

Üçüncü Endüstri Devrimi hem ulusal hem yerel ekonomilerin hemen hemen her sektörünü etkilemiş ancak her sektördeki etkisi elbette aynı olmamıştır. BİT, savunma, sağlık, eğitim, imalat ve finans gibi sektörler üzerinde derin bir etki yaratmıştır. Gordon Gould'un hem sanayi hem ticaret hem de sağlık sektöründe kullanılan lazeri icat etmesi (Bromberg, 1988, s. 28) ve uçak, otomotiv, gemi inşaatı gibi sektörlerde kullanılan bilgisayarlı sayısal kontrol (computer numerical control-CNC) makinelerinin (Mamilla vd., 2016, s. 1) icadı bu dönemdeki teknolojilerin çeşitli sektörlerle yayılmasına verilebilecek örneklerdendir. Bu sektörler yeni teknolojiler ve inovasyonlar ile üretilen ürün ve hizmetlerin ticarileştirilmesi ile hızlı bir şekilde ilerleme katetmiştir. Üçüncü Endüstri Devriminin getirdiği yeni teknolojiler -nanoteknoloji, 3D baskı, robotik- ile sektörlerdeki mal ve hizmetlerin üretilme biçimlerinde, lojistik sistemlerin yönetiminde, tasarım ve geliştirme uygulamalarında önemli değişiklikler gerçekleşmiştir. Üretim süreçlerinin doğasını ve konumunu değiştiren bu devrim, sermaye/emek oranı maliyetlerini üretici ve distribütörün maliyetlerine odaklanarak temelden değiştirmiş, ölçek ekonomisiyle rekabet avantajı sağlayamayan bölgelerde birçok mal ve hizmete erişim eşitliği sağlamıştır (Roberts, 2015, s. 2-3).

Daha kısa teknolojik döngü süresine sahip olan bu devrimdeki teknolojiler, geçmiş teknolojilere çok az dayandıkları için önceki devrimlerin teknolojilerinden radikal bir kopuş gerçekleştirmiştir. Dördüncü Endüstri Devrimi ise aksine, kendinden önceki devrimin evrimsel hali olma eğilimindedir (Lee ve Lee, 2021, s. 137). Böylece Üçüncü Endüstri Devrimindeki teknolojiler bilginin kodlanmasını daha önce görülmemiş bir boyuta taşıyarak Dördüncü Endüstri Devrimine zemin hazırlamıştır (Marengo, 2019, s. 326).

1.2.4. Dördüncü endüstri devrimi

Bu üç endüstri devrimi su ve buharla çalışan makinelerden elektriğe, seri üretimden bilgi iletişim teknolojilerine kadar her seferinde daha üst bir yeniliği getirmiştir. İçinde bulunduğumuz yüzyıl da radikal değişikliklere sebep olabilecek potansiyelde teknolojileri içinde barındıran yeni bir devrime ev sahipliği yapmıştır.

Bu yüzyılla birlikte başlayan Dördüncü Endüstri Devrimi çok daha fazla alana yayılmış ve mobil internet, hem ucuzlamış hem küçülmüş hem de güçlenmiş sensörler ve yapay zekâ ile ön plana çıkmaktadır. Dördüncü Endüstri Devrimi “Endüstri 4.0” olarak da bilinmektedir. İlk kez Almanya 2011 Hannover Fuarında kullanılan “Endüstri 4.0” terimi, Dördüncü Endüstri Devriminin küresel değer zincirlerinin bir araya gelişini nasıl dönüşüme uğratacağını betimlemektedir (Schwab, 2017, s. 16-17). Bunun yanı sıra Dördüncü Endüstri Devrimine bilgiye dayalı teknolojinin yarattığı toplumsal örgütlenme modeli olarak da bakılmaktadır (İnan, 2012, s. 11). Yani Endüstri 4.0 mevcut bilgiyi en verimli şekilde kullanarak insan emeğini ön plana çıkaran tüketici isteklerine optimum ve hızlı bir şekilde cevap verebilecek üretim yöntemlerini ortaya çıkaran, aynı zamanda iş gücünün yapısını değişime uğratabilecek bir süreçtir (Alçın, 2016, s. 20).

Yıllar geçtikçe bilimsel olarak sürekli geliştirilen tarihsel süreç, Endüstri 4.0'ın katma değer yaratmada en önemli bileşen olan bilişsel güç üretiminde ana unsur olduğu bir aşamaya ulaşmıştır (Bal ve Erkan, 2019, s. 625-626). Bu devrimde akıllı telefonlar, nesnelerin interneti, büyük veri, blok zincir ve yapay zekâ gibi teknolojik gelişmeler ön plana çıkmaktadır. Robotik teknoloji, 5G, sanal gerçeklik, sinirsel ve kuantum bilgi işlem gibi açık kaynak yazılımları gibi gelişmeler de mevcut dijital dönüşümün gerçekleşmesine katkı sağlamaktadır (OECD, 2019b, s. 18). Endüstri 4.0'ın aksine

önceki endüstri devrimlerinde - Endüstri 1.0, 2.0 ve 3.0 - insan gücü önemli bir yer tutmaktaydı. Endüstri 4.0'a gelindiğinde insan gücüne atfedilen önem artık yitirmeye başlanmış ve insan emeğinden bağımsız olarak çalışan yeni teknolojiler ve sistemler ağırlık kazanmıştır. Nesnelerin interneti, akıllı makineler, büyük veri, bulut teknolojileri, veri madenciliği, yapay zekâ, karanlık fabrikalar, siber sistemler ve robotlar gibi daha nice teknolojiler Endüstri 4.0 ile hayatımızın merkezinde yer edinmeye başladı (Okan-Gökten, 2018, s. 882). İnsan emeğinden uzaklaşan otomasyon, yapay zekâ gibi teknolojiler ile ucuz iş gücüne sahip gelişmekte olan ülkeler de artık cazibesini kaybetmeye başlamıştır. Bu da bu ülkelerin ucuz iş gücü avantajını yavaş yavaş ellerinden kaybetmeleri nedeniyle büyüme ve istihdam oranları gibi makroekonomik değişkenlerinde ve küresel ölçekte rekabet edilebilirlikte sorunlar yaşayabileceğine işaret etmektedir. Bunların aksi durumunda olan, Endüstri 4.0'ı benimsemiş ve uygulamaları ile uyumlu çalışan gelişmiş ülkeler ise gelişmekte olan ülkeler karşısında rekabet avantajını artırmışlardır (Özkan vd., 2018, s. 141).

Teknolojilerin birbiriyle kaynaşması ve karşılıklı etkileşim içinde bulunması, ayrıca bu teknolojilerin çok daha hızlı bir şekilde geniş bir coğrafyaya yayılmış olması Dördüncü Endüstri Devrimini önceki Endüstri Devrimlerinden ayırmaktadır. Örneğin, Birinci Endüstri Devriminin simgelerinden biri olan iplik makinesinin Avrupa'dan farklı coğrafyalara yayılması neredeyse 120 yıl almışken, internetin dünya geneline yayılması 10 yıldan daha kısa sürmüştür. Bu devrimin de önceki endüstri devrimleri gibi hem yararı hem de tehditleri olacaktır. Endişe edilen tehditlerin başında eşitsizlik ve işsizlik gelmektedir. Her ne kadar tüketicileri genel anlamda memnun eden, hayatını kolaylaştıran inovasyonlara yer verse de bu inovasyonların asıl dikkat edilmesi gereken noktası işin arz boyutudur. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin çoğunda milli gelirin içinde emeğin payının düşüş göstermesi işten bile değildir. Bu düşüşün gerçekleşmesi büyük çoğunlukla yatırım mallarının göreceli fiyatlarının teknolojide meydana gelen gelişmeler sonucu düşmesine bağlıdır (Schwab, 2017, s. 21). Önceki Endüstri Devrimlerinden farklı olarak daha fazla ürün üretmenin maliyetinin düşük olması ve ürünün maliyetinin büyük bir kısmının ilk etapta tasarlanırken ortaya çıkan sabit maliyetlerden oluşması önemli yararlarından yalnızca biridir (İnan, 2012, s. 185). Daha az emeğin istihdam edilmesiyle Endüstri 4.0'ın uygulamalarını benimseyerek üretim yapan ülkelere birim maliyetler daha ucuz hale geleceğinden, bu durum Endüstri 4.0'ı benimsemiş ülkelere dış ticarete rekabet avantajı sağlayacaktır. Karşısında ucuz iş gücü

avantajı ile duran ülkeler ise bu avantajı kaybetmeye başlayacaklardır (Bal ve Erkan, 2019, s. 630).

Endüstri 4.0, barındırdığı otomasyon, yapay zekâ, robotik, bulut bilişim, 3D baskı, büyük veri analitiği ve nesnelerin interneti gibi teknolojik yeniliklerle endüstrileri yeniden şekillendirmektedir. Bu şekillendirme dijital dönüşümün bir sonraki dalgasını temsil etmektedir. Bu tür gelişen yeni teknolojiler ile bilginin depolanması, işlenmesi, dağıtımı ve çoğaltılması sağlanarak çeşitli iş faaliyetleri mümkün kılınmakta ve kolaylaşmaktadır (Jongwanich vd., 2022, s. 1).

Dördüncü Endüstri Devriminin getirdiği teknolojik gelişmeler, bu devrimin ekonomik etkilerini ortaya çıkarmıştır. Makro anlamda ülke ekonomilerinde görülen etkiler, mikro anlamda sektörlerde, firmalarda ve bireyler üzerinde görülebilmektedir (Özkan vd., 2018, s. 139). En büyük dönüşümü imalat sanayinde yaratan devrimin merkezinde yer alan akıllı teknolojiler ve akıllı fabrikalar hemen hemen tüm hizmet sektörünü ve alt dallarını da etkilemektedir (Fırat ve Fırat, 2017, s. 213). Özellikle imalat sanayinde önemli bir etkiye sahip olan Endüstri 4.0, yapay zekâ tabanlı makinelerle insan emeğinin ortak ürün çıkaracak bir üretim şekli ile verimlilikte artış yaşanmasını sağlayabilecektir. Böylece insan-sistem-nesne üçlüsünün bağlantısı ve yaygın etkisi gerçekleşecektir. Bu yüzden günümüzde ülkelerin uluslararası ticarete rekabet avantajı elde edebilmeleri Endüstri 4.0 teknolojilerini benimseyip uygulamalarından geçmektedir (Yıldız, 2018, s. 554).

Endüstri 4.0 olarak nitelendirilen bu çağda yapay zekânın küresel teknolojik devrime ve endüstriyel değişime öncülük eden kilit bir teknoloji haline gelmesiyle gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler küresel endüstriyel manzarayı ve küresel ekonomik çerçeveyi yeniden şekillendirmeye çalışmaktadır (Olsen ve Tomlin, 2020, s. 120). Endüstri 4.0'ın getirdiği yeni üretim sistemlerine entegre olunmasıyla işlerin özellikleri de değişmiş ve insan emeğini çalışma sistemine odaklayan, otomatik süreçler ile manuel görevlerin bir arada işlediği hibrid bir sistem amaçlanmıştır. Yüksek hacimli süreçlerde otomasyon kullanılması, karmaşık manuel görevlerin yapılması ve hem makinelerin hem sürecin kontrolü ve yönetimi için de insan emeğinin kullanılması ile üretimde pozitif ölçek etkilerin gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu da gelecekte daha fazla insan-makine arayüzünün olduğu endüstriyel üretim süreçler anlamına gelmektedir (Dombrowski vd., 2013, s. 293-295). Endüstri 4.0'a yönelik gelişme şu anda imalat

sanayii üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve gelecekte bu etki katlanarak devam edecektir. Çünkü Endüstri 4.0 gelecekte makine-insan iş birliğine ve simbiyotik ürün gerçekleştirimine dönük yeni tip ileri üretim ve endüstriyel süreçler ortaya çıkararak eşi benzeri görülmemiş düzeyde operasyonel verimlilik elde etmemizi sağlayacak ve verimliliğimizi hızlandırmamıza izin verecektir. Endüstri 4.0 teknolojilerinin insan emeğinin yerini almasının değil insanla birlikte çalışmasının amaçlanmasıyla Beşinci Endüstri Devriminin kapısı aralanmış olacaktır.

1.2.5. Beşinci endüstri devrimi

Yaşanan teknolojik gelişmeler sayesinde ekonomik büyüme ve kalkınma için tekno-ekonomik bir vizyona sahip olan Endüstri 4.0, endüstrinin dışında ortaya çıkan teknolojik gelişmelerin endüstriyel değer zincirlerini geliştirmek ve ekonomik dönüşümlerle başa çıkmak için nasıl kullanılacağını göstermektedir. Endüstri 4.0'dan bir sonraki yenilikçi endüstriyel gelişime geçiş Beşinci Endüstri Devrimi yani Endüstri 5.0 ile gerçekleşmiştir. Endüstri 5.0'in kökleri Endüstri 4.0 kavramına dayandığından, bu geçişin kilit konuları, üretimi ve verimliliği ekonomik, ekolojik ve toplumsal açılardan sürdürülebilir kılmaktır. Bu da insanı merkezine alan bir endüstrinin döngüsel bir ekonomiyi inşa etmesini gerektirmektedir (Möller vd., 2022, s. 61, 64). İnsandan ziyade teknoloji odaklı olan Endüstri 4.0 ise üretim sistemlerinde insan faktörünü ihmal ettiğinden Endüstri 5.0, Endüstri 4.0'ın aksine insanı merkeze alan ve üretken performansı da koruyarak işçinin refahını ön planda tutan bir endüstriye geçiş ideolojisine sahip bir tamamlayıcı olarak ortaya çıkmaktadır (Alves vd., 2023, s. 2). Endüstri 4.0 sosyal adalet ve sürdürülebilirlik gibi ilkelere daha az odaklanıp, üretimde dijitalleşme ve yapay zekâ güdümlü teknolojilere verimliliği ve esnekliği artırmak için daha fazla odaklanırken, Endüstri 5.0 farklı bir odak noktasıyla endüstrinin insanlığa uzun vadede hizmetini iyileştirmek için araştırma ve inovasyonun önemini vurgulamaktadır (Breque vd., 2021, s. 8).

Endüstri 5.0 ideolojisi, 2020 yılında iki sanal çalıştayda yapılan tartışmalar ve fikir paylaşımlarının ardından ortaya çıkmış ve 2021 yılında Avrupa Komisyonu tarafından “Endüstri 5.0” başlıklı belge ile resmi olarak yayınlanmıştır. Beşinci Endüstri Devrimi teknoloji bağlamında ele alındığı zaman görülmektedir ki gelişmiş dijitalleşme, büyük veri ve yapay zekâ gibi teknolojilerin vaatlerini yerine getirmenin yanı sıra bu teknolojilerin endüstriyel, toplumsal ve çevresel ortamlarda ortaya çıkan yeni

gereksinimleri karşılamak için oynayabileceği rolü de göstermek istemektedir. Buna göre Endüstri 5.0 kâr amacıyla mal ve hizmet üretiminin ötesinde daha farklı amaçlara hizmet etmektedir: insan odaklılık, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık. Bu durumda üretimde verimliliği artırmak, üretime esneklik kazandırmak ve değer zincirlerini daha sağlam hale getirmek için yapay zekâ teknolojileri de kullanılabilir; çalışana uyum sağlayabilen teknoloji de kullanılabilir ve teknoloji, döngüsellik ve sürdürülebilirlik için de kullanılabilir (Breque vd., 2021, s. 11,13).

Endüstride insan odaklı bir yaklaşımın olması yeni bir teknolojinin verimliliği artırma potansiyelinden ziyade temel insan ihtiyaçlarının ve çıkarlarının üretim sürecine nasıl konulabileceği ile ilgilenmesi; teknolojik gelişme ile ne yapılabileceği değil, bu gelişmenin insanlık için ne yapabileceği sorusunun sorulması; emeğin teknolojiye göre becerilerini geliştirmesi değil teknolojinin üretim sürecini emeğin ihtiyaç ve becerilerine göre uyarlaması ve onu eğitmesi için kullanılması demektir. Sürdürülebilirlik endüstrinin gezegenimize saygı göstermesi demektir ve bu amaca hizmet etmek için doğal kaynakların tekrar kullanıldığı, geri dönüştürüldüğü, çevreye verilen zararlı etkilerin azaltıldığı döngüsel süreçler geliştirilmelidir. Yapay zekâ gibi teknolojiler de kaynak etkinliğinin optimize edilmesi ve atıkların azaltılması gibi hususlarda önemli bir rol oynayabilir. Dayanıklılık ise endüstriyel üretimde sağlamlığın devreye girmesidir. Bir kriz meydana gelmesi halinde esnek süreçler ve uyarlanabilir üretim kapasiteleri dayanıklılık desteği sağlar (Breque vd., 2021, s. 14).

Henüz yeni bir kavram olan Endüstri 5.0, Dördüncü Endüstri Devrimiyle gelişen teknolojilerin sebep olabileceği işsizlik endişelerini ve insanların teknolojiye olan olumsuz bakışını değiştirmek gayesiyle ortaya çıkmıştır. Bu dönemde emeğin becerilerinin, vasfının ve yaratıcılığının ön plana çıkarılması ile insan destekli teknolojik trendlerin geliştirilmesinin sağlanmasıyla endüstriyel üretim böylece daha verimli, sürdürülebilir ve dayanıklı hale gelecektir. Üretim sürecinde emeği nicel olarak koruyup daha verimli çalışmasını hedefleyen Endüstri 5.0, verimliliğin maksimize edilmesini insan emeğinin beceri ve yaratıcılığından yararlanıp makineler ve insanlar arasındaki entegrasyon ile süreç performansını iyileştirerek sağlamayı ilke edinmiştir (Güdek, 2023, s. 1131, 1135).

Endüstriyel süreçleri optimize etmek için otomasyon ve dijital teknolojilerin önemini vurgulayan Dördüncü Endüstri Devriminin ilerlemeleri üzerine inşa edilen

Endüstri 5.0, insan-makine iş birliği ve etkileşimine odaklanarak insan merkezli bir yaklaşımı benimsemektedir (Sunita, 2023, s. 29). Endüstri 5.0, insanın öznel tarafını ve zekâsını verimlilik, yapay zekâ ve endüstriyel üretimdeki hassasiyet ile birleştirerek insani bakış açısının değerini yansıtmakta ve böylece simbiyotik ekosisteme doğru evrimi gerçekleştirmektedir (Leng vd., 2022, s. 279). Emeği endüstriyel faaliyetlerin merkezine yerleştirerek insan yaratıcılığının, sezgilerinin ve problem çözme yeteneklerinin önemini vurgulayan Endüstri 5.0, emeği otomasyonla değiştirmek yerine yapay zekâ ve benzeri teknolojileri kullanarak insan becerilerini geliştirmeyi ve üretim operasyonlarının doğruluğunu ve hızını artırmayı amaçlamaktadır. Böylece yapay zekâ teknolojileri ve sistemleri ile çalışan insan emeği, birlikte karar verme, otomasyon ve süreç optimizasyonuna yardımcı olurlar. Üretimde daha fazla verimlilik için insan emeği ve makineler arasında sinerjik ilişkilerin kurulmasıyla her iki tarafın da güçlü yönlerinden yararlanılmış olur (George ve George, 2023, s. 29; Sunita, 2023, s. 29). Bu nedenle, emeği iş gücü piyasasından uzaklaştırabilecek teknolojilerin aksine Endüstri 5.0, süreç verimliliğini artırmak için insan emeğini fabrikalara, üretime yani iş gücü piyasasına yeniden getireceği düşünülmektedir (Leng vd., 2022, s. 281). Böylece Endüstri 4.0'ün paradigmasının ötesine geçerek istihdam ve büyüme ile birlikte toplumsal hedeflere ulaşmaya çalışan Endüstri 5.0 emeği iş gücü piyasasından çıkarmadan üretkenliği artırmaya çalışarak sürdürülebilir bir toplumsal refahı arzu etmektedir (Fraga-Lamas vd., 2021, s. 140702).

Endüstrilerde Endüstri 5.0'ın ideolojilerine ve faydalarına ulaşılabilinmesi için, siber-fiziksel sistemler, yapay zekâ gibi insan-makine etkileşimini gerçekleştirebilecek teknolojilerinden yararlanmaları ve bunları kullanmaları gerekecektir. Bunun için Avrupa Komisyonu, Endüstri 5.0 teknolojileri olarak dikkate alınması gereken altı kılavuz belirlemiştir (Müller, 2020, s. 7-9):

- İnsan emeğinin ve makinelerin güçlü yönlerini birleştiren kişiselleştirilmiş insan-makine etkileşimli teknolojiler,
- Biyolojik dönüşümden esinlenmiş teknolojiler ve akıllı malzemeler,
- Dijital ikizler ve simülasyon teknolojileri,
- Güvenli veri iletimi, veri depolama ve analiz teknolojileri,
- Yapay zekâ teknolojileri,
- Ekolojik bağımsız teknolojiler.

Tüm bu teknolojiler ışığında bugünün ekonomik sistemi işletmelere fiziki mekanların yanı sıra sanal mekânlarda da etkinliklerini gerçekleştirme ve sürdürme imkânı tanımaktadır. Bu da karşımıza çıkan Metaverse işletmelere sanal ortamlarda uygulama alanı fırsatı sunmaktadır (Rehm vd., 2015, s. 4). Evren ötesi, üst evren gibi anlamlara karşılık gelen Metaverse, içeriği ve hem topluma hem ekonomik sisteme kazandıracağı yenilikler nedeniyle dijitalliğin “Big Bang”i olarak tasvir edilmektedir (Duan vd., 2021, s. 153). Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü Standartları Derneği Başkanı Dr. Yu Yuan Metaverse’ün dış dünyanın insan veya insan olmayan kullanıcıları tarafından dijital teknolojiler üzerine inşa edilmiş farklı bir evren -Sanal Gerçeklik-, mevcut evrenimizin dijital bir uzantısı -Artırılmış Gerçeklik/Karma Gerçeklik- veya mevcut evrenimizin dijital bir karşılığı -Dijital İkiz- olarak algılandığı bir tür deneyim anlamına da gelebileceğinin altını çizmiştir (Leng vd., 2022, s. 288).

Metaverse, Endüstri 5.0’da devrim yaratma potansiyeline sahiptir. Kullanıcı dostu dijital ortamlar yaratmak, çevrim içi satın alımların fiziksel malların yerini aldığı bir geçişi teşvik etmektedir (Dwivedi vd., 2022, s. 21). Endüstri 5.0’ın sonuçlarını anlamak, bu dönüştürücü teknolojilerden yararlanmak için çok önemlidir. Metaverse ve Endüstri 5.0, insan emeğine ve ileri teknolojilere odaklı kapsamlı bir deneyim sunarak fiziksel ve dijital dünyaları birleştirmeyi amaçlamaktadır. Metaverse paylaşılan bir sanal gerçeklik alanını teşvik ederken, Endüstri 5.0 ise fiziksel sektörde devrim yaratmak için insanın yaratıcılığından yararlanmaktadır (Agarwal ve Alathur, 2023, s. 689, 691).

Endüstri 5.0’ın temel bir bileşeni olan insan emeğinin, yaratıcılığının ve makine zekâsının entegre edilmesini, insanlar ve makineler arasında gerçek zamanlı iş birliğini kolaylaştıracak gerçekçi sanal ortamlar yaratarak çözebilen Metaverse aynı zamanda kullanıcıların mal ve hizmetleri alıp satabilecekleri merkezi olmayan sanal pazarlar da kurarak verimliliği artırabilir ve maliyet tasarrufu sağlayabilir. Böylece sanal ticaret ve reklamcılık yoluyla küresel iş birliği, yaratıcılık ve ekonomik büyüme sağlanır (Agarwal ve Alathur, 2023, s. 697, 701).

Üretimin gerçekleştirilme biçiminde büyük bir değişimi temsil eden Endüstri 5.0’ın üretim ve toplum üzerinde önemli etkileri olması beklenmektedir. Bu etkilerin tam olarak kapsayacağı alan şu an için belirsiz olsa da Endüstri 5.0’ın önemli bir etkiye sahip olabileceği birkaç potansiyel alan bulunmaktadır. Bunlardan biri şüphesiz insan emeği üzerinedir. Özellikle imalat ve hizmet endüstrisinde ileri teknolojiyle birlikte

kimi emeğin olumsuz etkilenme ihtimali olsa da bu tarz teknolojiler çoğunlukla maliyet tasarrufunu da sağlayacağından, Endüstri 5.0 üretim işlerinin gelişmiş ülkelere geri taşınmasını da kolaylaştırabilir. Bir diğer potansiyel etkisi ürün özelleştirmesi üzerinedir. Gerçek zamanlı veri ve gelişmiş analitik kullanımının artmasıyla, üreticiler kitlesel ölçekte özelleştirilmiş ürünler üretebilir. Ayrıca, üretim sürecinde verimliliği artırma ve israfı azaltma potansiyeline sahip olan Endüstri 5.0 ile üreticiler ileri teknolojilerle süreçlerin optimizasyonu sağlayarak enerji tüketimini de azaltabilirler. Böylece maliyet tasarrufunun yanı sıra üretimin yol açabileceği olumsuz çevresel etkiler de azaltılabilir (George ve George, 2023, s. 33).

Görüldüğü üzere tarihe sığdırılan beş Endüstri Devrimi de yaşam standartlarını her zaman daha yukarıya taşımıştır. Yapay zekâda yaşanacak gelişmelere göre yeni bir devrim mi yoksa Dördüncü ve Beşinci Endüstri Devrimlerinin devamı niteliğinde mi olacağı hususunda net bir şey söylenemese de diğer teknolojik devrimler gibi yapay zekâ da yaşam standardında artan kaliteyi sürdürmeyi vaat etmektedir.

1.3. Yapay Zekâya Dair

Önceki yıllarda sıklıkla bilim kurgu filmlerinde görülen gerçekleşmesi güç ve uzak duran yapay zekâ artık hayatımızın merkezi diyebileceğimiz noktalara yerleşmiştir. Peki nedir bu yapay zekâ? Hangi teknolojileri kapsamaktadır? Günümüzdeki haline gelene kadar hangi aşamalardan geçmiştir? Bu başlık altında yapay zekâ kavram, tarihçe ve teknolojileri kapsamında incelenecektir.

1.3.1. Kavramsal

Kavram olarak “*artificial intelligence*” ilk kez John McCarthy tarafından 1956 yılında Hanover, New Hampshire’da düzenlenen Dartmouth Yaz Çalıştayında kullanılmıştır (Haenlein ve Kaplan, 2019, s. 3; McCarthy vd., 1955; Moor, 2006, s. 87).

Yapay zekâ için küresel anlamda genel kabul görmüş net bir tanım bulunmamaktadır. Oxford Sözlük ([http-6](http://6)) yapay zekâyı “*bilgisayarların veya başka makinelerin akıllı davranışlar sergileme veya taklit etme kapasitesiyle ilgilenen çalışma alanı*” olarak tanımlarken, Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü (OECD-The Organisation for Economic Co-operation and Development) (2022, s. 3) ise “*insanların refahını iyileştirme, sürdürülebilir küresel ekonomik faaliyetlere olumlu katkıda*

bulunma, yenilik ve üretkenliği artırma, önemli küresel zorluklara yardımcı olma potansiyeline sahip genel amaçlı teknoloji (general purpose technology-GPT) olarak tanımlamıştır. McKinsey Global Enstitüsü (MGI) ([http-7](http://7)) yapay zekâyı, *“genel olarak bir makinenin algılama, akıl yürütme, öğrenme, çevre ile etkileşim, problem çözme ve hatta yaratıcılığı kullanma gibi insan zihniyle ilişkilendirdiğimiz bilişsel işlevleri yerine getirme yeteneği”* olarak tanımlamıştır. McCarthy (2004, s.2) de yapay zekâyı akıllı makineler -özellikle akıllı bilgisayar programları- yapma bilimi ve mühendisliği olarak tanımlamıştır (Kim vd., 2017, s. 2; Moor, 2006, s. 87). Legg ve Hutter (2017) yapay zekâyı akıllı bir bedenin karmaşık ortamlarda hedeflere ulaşma yeteneği olarak tanımlamıştır (Zhao vd., 2022, s. 2).

Yapay zekâya ait tanımlar zamanla değişime uğramıştır ve yapay zekânın alacağı şekle göre bu tanım gelecekte de değişebilir. Ancak son zamanlarda en çok kullanılan tanımı kısaca *“bilgisayar programlarıyla insan zekâsını ve davranışlarını taklit etmeye çalışan teknolojiler”* şeklindedir (Kok vd., 2009, s. 2). Her ne kadar mühendislik açısından tanımı net olsa da ekonomik araştırmalar açısından yapay zekânın tanımı belirsizdir. Ekonomistler, yapay zekâ kavramına daha geniş anlamda atıfta bulunmak için otomasyon, robotik, bilgisayarlaşma gibi çeşitli ifadeleri de kullanabilmektedir (Lu ve Zhou, 2021, s. 1047).

Russell ve Norvig (2010) yapay zekâyı dört kategoriye ayırarak tanımlamışlardır. Bunlar;

- İnsan gibi düşünen,
- İnsan gibi davranan,
- Rasyonel düşünen,
- Rasyonel davranan sistemlerdir.

Buna göre insan merkezli bir yaklaşımda yapay zekâ, insan davranışları üzerine yapılan gözlemler ve hipotezleri içeren ampirik bir bilim olmalıdır. Rasyonalist yaklaşımda ise yapay zekâ matematik ve mühendisliğin birleşiminden oluşur (Russell ve Norvig, 2010, s. 2).

Yapay zekâ evrimsel aşamasına yani gelişme derecesine göre dar, genel ve süper yapay zekâ olarak kategorize edilmektedir.

1.3.1.1. Dar yapay zekâ

Uygulamalı yapay zekâ olarak da bilinen dar yapay zekâ (Artificial Narrow Intelligence-ANI) belli bir problemi çözme veya akıl yürütme görevini gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Bugün yapay zekâ alanında yapılan satranç, tıbbi tanı koyma, otonom araçlar gibi çalışmaların birçoğu dar yapay zekâ ile ilgilidir. Bugün mevcut olan son teknolojiler hâlâ dar yapay zekâ kapsamındadır (OECD, 2017, s. 298; Pennachin ve Goertzel, 2007, s. 1). Dar yapay zekâ hedef odaklıdır. Araba sürmek, yüz ve konuşma tanıma gibi tek bir görevi yerine getirir. İnsan davranışını simüle eden ancak insan zekâsını taklit edemeyen birinci nesil bir yapay zekâ türüdür (Kaplan ve Haenlein, 2019, s. 16). Belirli görevlerle sınırlı olmasına rağmen dar yapay zekâ tekrarlayan ve zaman alan görevlerin otomatikleştirebilecek, insanların yapamayacağı karmaşık veri analizlerini yapabilecek seviyede bir sistemdir (Bringsjord ve Govindarajulu, 2016, s. 187). Cortana, Google Asistan, Siri gibi teknolojiler dar yapay zekâyâ verilebilecek başlıca örneklerdir.

1.3.1.2. Genel yapay zekâ

Çeşitli alanlarda karmaşık sorunları çözebilme yeteneğine sahip, ayrıca kendi düşünceleri, duyguları, endişeleri, güçlü ve zayıf yönleri ile kendi kendini kontrol etmesi amacıyla tasarlanan programlardır (Pennachin ve Goertzel, 2007, s. 1). İnsan zekâsını ve davranışını taklit edebilen ve insanlar gibi sorunları çözmek için zekâyı öğrenip uygulayabilen ikinci nesil bir yapay zekâ türü olduğu için güçlü yapay zekâ olarak da bilinir. IBM'in Watson süper bilgisayarı, sürücüsüz araçlar bu türe örnek olarak verilebilir (Kaplan ve Haenlein, 2019, s. 16).

Genel yapay zekâ (Artificial General Intelligence-AGI) genellikle dar yapay zekâ ile karıştırılır. Ancak genel yapay zekâ sisteminde, örneğin otonom bir makine akıllı eylem yeteneğine sahip olacaktır. İnsanlar gibi muhakeme ve karar verme yeteneğine sahip olacaklardır ve karmaşık sorunları çözebilir, okuyarak ve yaşayarak öğrenebilir, yaratıcı olabilir, tahmin edebilir ve dünyayı ve kendisini algılayabilir konuma gelecek sistemlerdir. Bu yüzden güçlü yapay zekâ olarak da bilinmektedir (OECD, 2017, s. 295). Genel yapay zekâ için insan düzeyinde "akıllı" makinelerin teorik bir şeklidir denilebilir. Genel yapay zekâ, uygun yapay zekâ ile donatılmış bir fiziksel sistem inşa ederek kelimenin tam anlamıyla düşünen, hisseden ve bilinçli bir sistem

oluşturulabileceği tezidir. Bu türde bir yapay zekânın muhakeme etme, yargıda bulunma, sorunları çözme ve hatta kendileriyle ve insanlarla iletişim kurma becerisine sahip olması beklenmektedir (Bringsjord, 1992, s. 121).

1.3.1.3. Süper yapay zekâ

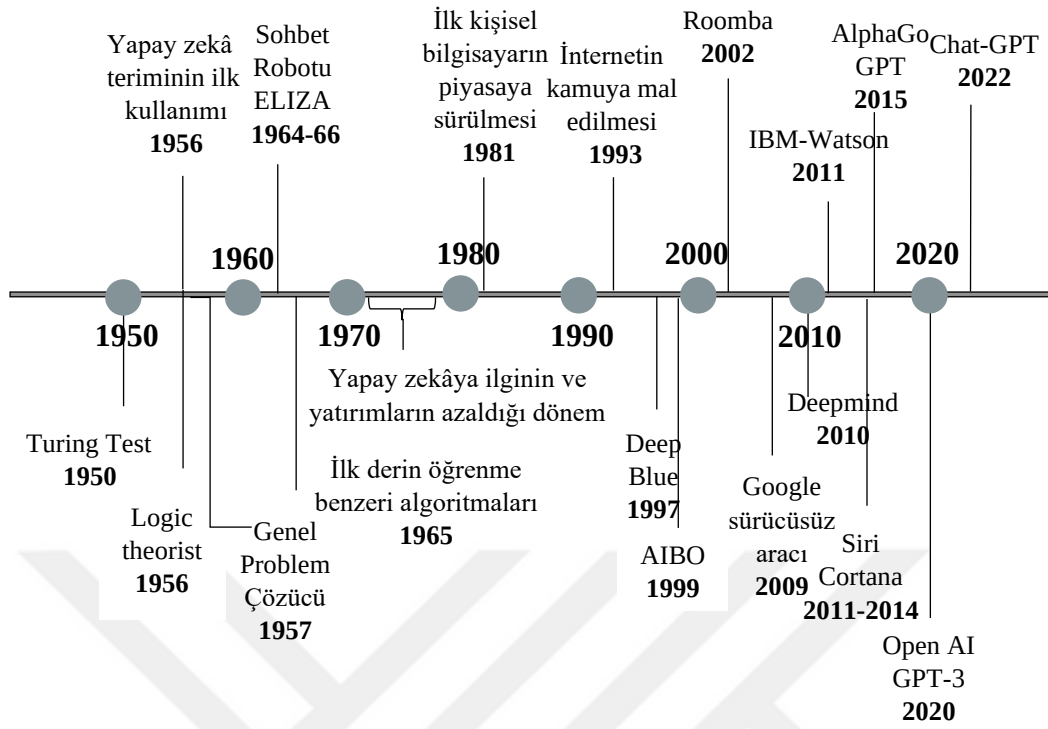
Üçüncü nesil olan süper yapay zekâ, gelecekte makinelerin öz farkındalığa sahip olduğu ve bilimsel yaratıcılık, sosyal beceriler gibi konularda da yetenekli olan insan zekâsı ve yeteneğinin kapasitesini aştığı bir tür olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunlar kendi kendinin farkında olan bilinçli sistemlerdir ve bir şekilde insanları gereksiz kılacaklardır. Bu yüzden bu tür gerçek yapay zekâ olarak adlandırılır (Kaplan ve Haenlein, 2019, s. 16).

Google'un arama motorlarından yapılan araştırmaları yapay zekâ kullanarak zenginleştirdiği, bu sayede insanların sorularını kaydedip insanın davranış şeklini inceleyerek mantıklı cevaplar veren ve arama sorularının geliştirilmesine yardım eden algoritması RankBrain bu türe örnek olarak gösterilebilir (Bahoo vd., 2023, s. 3).

1.3.2. Yapay zekâ tarihçesi

Leonardo da Vinci'nin robot şövalyesi ve yürüyen aslanı, Jacques de Vaucanson'un ördeği gibi insan veya hayvan benzeri makineler ve otomatlar yaratma hayaliyle başlayan yapay zekânın kendisinin evrimi gibi ekonomideki tarihi de aslında uzun ve karmaşıktır. Yapay zekâ tıpkı birçok disiplin gibi ekonomiyi de etkilemiş ve dönem dönem ilginin yoğunlaşıp dönem dönem azaldığı bir araştırma alanı olsa bile iktisatçıların başından bu yana çalıştıkları bir konu olmuştur (Bickley vd., 2021, s. 1-2)

Yapay zekânın geçmişten günümüze hangi aşamalardan geçtiğini anlatmak için genelde dört mevsim analogisi kullanılır. Yapay zekânın doğuşu ilkbahar ile, iniş ve çıkışları sırasıyla kış ve yaz ile, geçmişten gelen tüm gelişmelerin meyvelerinin hasatının alındığı günümüze yaklaşan dönem ise sonbahar ile betimlenir (Haenlein ve Kaplan, 2019, s. 2).



Şekil 1.2. *Yapay Zekâ Zaman Çizelgesi* (Bahoo vd., 2023, s. 2; Haenlein ve Kaplan, 2019, s. 2; Kathuria vd., 2020, s. 10-11)

1.3.2.1. İlkbahar: yapay zekânın doğuşu

Yapay zekânın doğuşu “Şu tarihtir.” şeklinde net bir şey söylemek tıpkı kavramın tanımını “Şudur.” denilemediği gibi zordur. Yapay zekânın doğuşu, sınırların zorlanarak tarihin karanlık dehlizlerinde aranabileceği gibi, günümüze en yakın formu doğuşu kabul ederek daha yakın geçmiş için de aramaya çıkılabilir.

Yapay zekânın temelleri için duruma felsefik yaklaşıldığında mantıkta akıl yürütmeyi/muhakemeyi sisteme oturtan ilk isim Aristoteles’e, mantıklı düşünmenin matematiksel hesaplamalara benzediğini ortaya koyan Thomas Hobbes’a ve mekanik hesap makinesi tasarlayan ve şövalye formunda bir robot yapan Leonardo Da Vinci’ye kadar geriye gidilebilir. Hatta yapay zekâyı hayal etme dürtümüz Antik Yunan Çağına kadar uzanabilir. Öyle ki Yunan mitolojisinde Tanrı Hephaistos, Girit’i koruması için Talus ismini verdiği bir robot yapmıştır. Ancak Aristoteles, Hobbes gibi filozoflar yapay zekâ için sadece temel fikirleri ortaya atmışlardır ve diğerleri ise sadece bir mitten ibarettir. Bunun bilimsel bir form halini alması için mantık, hesaplama ve olasılık alanlarında matematiksel bir biçime dönüşmesi gerekiyordu (Bickley vd., 2021,

s. 2; Russell ve Norvig, 2010, s. 5). Bu bağlamda yapay zekânın doğuşu olarak genel kabul görmüş çalışma Alan Turing'e aittir.

Alan Turing 1950 yılında yayınladığı "*Computing Machinery and Intelligence*" isimli makalesinde akıllı makinelerin nasıl yaratılacağını ve bu makinelerin zekâsının nasıl test edileceğini "*Makineler düşünebilir mi?*" sorusu üzerine temellendiren bir oyun oynayarak bulmaya çalışmıştır (Turing, 1950, s. 433). Bir makinenin insan zekâsını taklit etmeye çalıştığı bu oyun literatüre "Turing Test" olarak geçmiştir (Kok vd., 2009, s. 3).

Bir kadın (A), bir erkek (B) ve soruları soran bir kişinin -sorgucu- (C) bulunduğu üç kişilik bu oyunda soruları soran yani aslında makine, insanlardan ayrı bir yerde bulunur. Makinenin amacı hangisinin kadın hangisinin erkek olduğunu tespit etmektir. Onları X ve Y olarak tanıyor ve oyunun sonunda "*X A'dır ve Y B'dir.*" ya da "*X B'dir ve Y A'dır.*" şeklinde bir cevap verir. Bunu tahmin etmek için C, A ve B'ye sorular sorar. A'nın amacı makineyi yanıltmakken, B'nin amacı ise makineye doğru yanıtlar verip ona yardım etmektir. B her soruya doğru cevap verse dahi A da B'ninkine benzer cevaplar verebileceği için B'nin makineye pek faydası dokunmayacaktır. Bu durumda Turing şu soruyu sorar: "*Oyunda A'nın yerine bir makine geçerse ne olur? Sorgucu (C) oyunun bir erkek ve kadın arasında oynandığı kadar bu şekilde oynandığında da yanlış karar verir mi?*". Bu sorular aslında "*Makineler düşünebilir mi?*" sorusunun yerine geçer (Turing, 1950, s. 433-434). Turing Testi, bugün hala yapay bir sistemin zekâsını belirlemek için bir ölçüt olarak kabul edilmektedir: Eğer bir insan başka bir insanla ve bir makineyle etkileşime giriyorsa ve makineyi insandan ayırt edemiyorsa, o zaman makinenin zeki olduğu söylenir (Haenlein ve Kaplan, 2019, s. 3; Kok vd., 2009, s. 3). Turing (1950)'in "*Oyunda A'nın yerine bir makine geçerse ne olur?*" durumunu ele aldığımızda da insan, makinenin sorduğu sayısal sorulara çok hızlı cevap veremeyeceği için makineymiş gibi davranamayacaktır. A'nın yerini alan makinenin ise en iyi seçeneği insan gibi davranmak olacaktır. Bu durumda A'nın yerini alan makine, sorgucuyu (C) kandırırsa makinelerin insan zekâsını taklit edebildiği söylenebilecektir.

Her ne kadar makinelerin düşünebilme olasılığından daha önce bahsedilse de yapay zekâ kavramı ilk kez 1956 yılında John McCarthy, Alan Newell, Arthur Samuel, Herbert Simon ve Marvin Minsky gibi önemli isimlerin yer aldığı Yapay Zekâ Üzerine Dartmouth Yaz Çalıştayı (DSRPAI)'nda McCarthy tarafından kullanılmıştır (Haenlein

ve Kaplan, 2019, s. 3; Moor, 2006, s. 87; OECD, 2019a, s. 20). Turing, Minsky, McCarthy, Simon ve Newell gibi isimlerin öncülük ettiği İlkbahar, yapay zekânın köklerini otomasyonda ve sembolik mantıksal çıkarımda oluşturmuştur (Bickley vd., 2021, s. 5). Yapay zekâyâ dair başlangıç kabul edilen ilk adımlar 1950li yıllarda atılmış ve devam eden yaklaşık yirmi yıl boyunca önemli gelişmeler yaşanarak yapay zekâyı yaz mevsimine taşımıştır.

1.3.2.2. Yaz: yapay zekânın altın çağı

Dartmouth Yaz Çalıştayından sonra yapay zekâ alanında önemli başarılarla imza atılan yaklaşık 20 yıllık bir süreç yaşanmıştır. Bu başarılardan biri Allen Newell, John Clifford Shaw ve Herbert Simon tarafından geliştirilen amacı insanın düşünme sürecini modellemek olan, sayısal olmayan bir şekilde düşünebilecek şekilde mantıksal çıkarım için yapılan ilk yapay zekâ bilgisayar programı olan “Logic Theorist” (1956)’dir. Bu başarının ardından Newell ve Simon insanın problem çözme protokollerini taklit edebilen, belli türden basit sorunları otomatik olarak çözebilen Genel Problem Çözücü (1957) programını tasarlamıştır. Genel Problem Çözücü insanca düşünme yaklaşımını somutlaştıran ilk program sayılabilir. John McCarthy (1958) de gelecek otuz yıla egemen olacak yapay zekâ programlama dili olan LISP’i yaratmıştır. Bir başka başarı ise 1964-1966 yılları arasında Joseph Weizenbaum’un yaptığı doğal dil işleme programı olan ELIZA’dır. ELIZA, Turing testini geçmeyi deneyebilecek kapasitedeki ilk programdır. Bunlar ve daha nice başarı dolu çalışmalardan sonra yapay zekâ araştırmalarına önemli bir fon akışı sağlanmıştır. Ancak bu akış sonsuza dek sürmemiştir. Yapay zekâ araştırmaları devam ederken 1970lere gelindiğinde yapay zekâyı destekleyenlerin vaatlerinin çok iyimser olduğu düşünülmüş ve bu alana yapılan harcamalara önce ABD ardından İngiliz hükümeti tarafından ciddi eleştiriler gelmiştir. Ardından yapay zekâ araştırmalarına olan ilgi ve finansman azalmıştır. Bu da yapay zekâ kışını doğurmuştur (Haenlein ve Kaplan, 2019, s. 3; Russell ve Norvig, 2010, s. 17-19, 1035).

1.3.2.3. Kış: yapay zekânın düşüşü

Yapay zekâ kışında yapay zekâ üzerine bilimsel ve ticari faaliyetler ciddi oranda azalmıştır. Yaklaşık 20 yıl süren bu kış hükümetlerin ALPAC -1966- (Automatic Language Processing Advisory Committee) ve Lighthill -1973- gibi yapay zekâ teknolojilerinde yaşanan gelişmelerdeki hayal kırıklıklarını gösteren raporlara dayanarak hükümetlerin yapay zekâ araştırmalarını geri çekme kararıyla başlamıştır (UW, 2006, s. 17). Yapay zekâ araştırmalarının ve finansmanının dramatik bir şekilde düştüğü bu dönem, alanın ilk vaatlerinin gerçekleşmemesi nedeniyle neredeyse durma noktasına gelmiştir (Bickley vd., 2021, s. 5). Yapay zekâ çalışmalarına olan hayal kırıklığı muhtemelen yapay zekânın anlaşılmamasından ve yapay zekâ teknolojisinin üretkenliği konusundaki yüksek beklentiden kaynaklanmaktaydı (UW, 2006, s. 20). Herhangi bir şey yapmak için gerekli olan hesaplama gücünün olmaması, bilgisayarların yeterince veri depolayamaması ve verileri hızlı işleyememesi gibi sorunlar nedeniyle yapay zekâ çalışmalarına karşı sabrın azalmasıyla birlikte fonların da azalması yapay zekânın sert bir kış geçirmesine neden olmuştur (Anyoha, 2017). Yapay zekâ kışının tekrar gelmemesi ise araştırmalara fon sağlayan kişi/kurum/kuruluş/hükümetlerin ve halkın ortak sorumluluğudur (UW, 2006, s. 21).

Makine çevirisindeki başarısızlık, bağlantısallığın üstüne gidilmeyerek terk edilmesi ve DARPA ve Stratejik Bilgi İşlem Girişimi de dahil olmak üzere birçok iddialı programdan fonların çekilmesi ile yapay zekâ araştırmalarına ilginin azaldığı ve bundan dolayı birtakım başarısızlıkların yaşanmasına sebep olan “kış” dönemi 90lı yıllara gelindiğinde “sonbahara” dönmüştür. Bununla birlikte, doksanlı yıllardan itibaren, yapay zekâ alanında günümüz çağına doğru uzun adımlar atılmaya başlanmıştır. Özellikle sürücüsüz arabalar, otonom robotlar, dijital asistan niteliğinde sohbet robotları vb. alanlarda yapay zekâ faaliyetlerinde ciddi atılımlar yaşanmıştır (Kathuria vd., 2020, s. 9). Bu gelişmelerle bile “yaz” denilebilecek içinde bulunduğumuz günümüz çağı ile aslında günümüzde bu teknolojilerin nereye kadar ilerleyebileceği kestirilemediği ve kış mevsiminden alınan dersler neticesinde bu aşamalar kaydedildiği için yapay zekânın “sonbahar”ına gelinmiştir.

1.3.2.4. Sonbahar: günümüz çağı

1990’larda hesaba dayalı işlemlerde artan güç ve veri depolama ile komplike görevlerin yapılabilir olmaya başlaması yapay zekânın kış mevsimini bitirmiştir. İronik bir şekilde devlet finansmanın azalmasına rağmen yapay zekâ başarılı işlere imza atmaya başlamıştır. Örneğin; IBM tarafından geliştirilen “Deep Blue” isimli bir bilgisayar dünya satranç şampiyonu Gary Kasparov’u 1997 yılında yenmeyi başarmıştır (Anyoha, 2017; Haenlein ve Kaplan, 2019, s. 4; Somers, 2013). 2000lere gelindiğinde istatistiksel ilerlemeler, artan hesaplama gücü ve verinin her yerde bulunması anlamında önemli gelişmeler yaşanmış ve hem araştırmacılardan hem endüstriden artan ilgi ve kamuoyunun da heyecanı ile kış mevsiminden öğrenilenlerden ders çıkartılarak toparlanmaya başlanmıştır. Özellikle sinir ağları, makine öğrenmesi ve derin öğrenme içinde bulunan mevsimde başı çekmiştir (Bickley vd., 2021, s. 5). 2011 yılına gelindiğinde doğal dil işlemeye dayalı açık uçlu bir oyun oynayan IBM’in geliştirdiği yapay zekâ programı Watson, dünyadaki en iyi insan Jeopardy! oyuncularını alt etmiştir (Bringsjord ve Govindarajulu, 2016, s. 185). Buna rağmen, örneğin, satrançtan daha karmaşık olan Go oyununda bilgisayarların insanları yenebileceğine dair inanç neredeyse olmamasına rağmen bir bilgisayar programı, profesyonel Go oyuncusu olan bir insanı yenmiştir: Alpha-Go. 2010 yılında kurulan ve Google tarafından 2014 yılında satın alınan yapay zekâ şirketi DeepMind, özel bir yapay sinir ağı türünü -derin öğrenme- kullanarak Alpha-Go’yu 2015 yılında geliştirmiştir ve Alpha-Go 2016 yılında GO şampiyonu Lee Sodol’u yenmeyi başarmıştır. 1964-1966 döneminde Weizenbaum tarafından yaratılan ELIZA bugün David Hanson tarafından geliştirilen yapay zekâdan ilham alan bir robot olan Sophia’ya dönüşmüştür. O kadar inandırıcı bir robot olmuşt ki Sophia’ya 2017 yılında Suudi Arabistan tarafından vatandaşlık verilmiştir. Bu tarz robotlar yalnız yaşayan yaşlılar için arkadaş görevi görebilir ve genel anlamda yaşlı bakımı alanında devrim yaratabilir (Kaplan ve Haenlein, 2019, s. 19, 21).

En güncel teknolojilere baktığımızda ise 2022 yılında OpenAI tarafından açık uçlu konuşmalar için geliştirilen bir doğal dil işleme sistemi olan ChatGPT karşımıza çıkmaktadır. Bu model OpenAI’nin üçüncü nesil dil işleme modeli olan GPT-3.5’e dayanmaktadır. OpenAI GPT (Generative Pre-trained Transformer) serisini ilk olarak 2015 yılında başlatmış ve günümüze bu seriyi geliştirerek getirmiştir. ChatGPT, bir konuşmanın içeriğini anlayarak bu içeriğe uygun insan benzeri yanıtlar üreterek kısa

sürede son yıllardaki en popüler yapay zekâ teknolojisi olmuştur. İnsanlarla karşılıklı olarak konuşabildiği bir platform ile etkileşime girebilen ChatGPT, piyasaya sürüldüğü günün üzerinden bir hafta geçmeden bir milyon kullanıcıya ulaşmıştır. Bu popülerlik ChatGPT'nin halka açık ücretsiz ve kullanımı kolay bir arayüze sahip web platformda doğal anlık diyaloglarda insan benzeri konuşmalar yaparak yanıt verme yeteneğini taklit edebilmesiydi (Abdullah vd., 2022, s. 1; Deng ve Lin, 2022, s. 82; Taecharungroj, 2023, s. 1-2).

ChatGPT ve üretken yapay zekâ (AI) modellerini kullanan türevleri kısa sürede bu kadar popüler olunca ekonomi, demokrasi, toplum ve çeşitli sektörlerde potansiyel faydaları ve dezavantajları hakkında akademik ve medya tartışmalarının da hızla odak noktası haline gelmiştir. ChatGPT'nin piyasaya sürülmesinin ardından yapay zekâ pazarının daha da gelişerek güçlü ve üretken yapay zekâ araçlarının¹ piyasaya girmesiyle yapay zekâ alanındaki yarış giderek hızlanmıştır. Bu durum emek için gitgide belirsizlik yaratmaya başlamıştır. Bu teknolojilerin iş değiştirme, yaratma veya emeği değiştirme ile sonuçlanıp sonuçlanmadığı da durumun her endüstride ve sektörde farklı yankıları olması sebebiyle belirsizliğini korumaktadır (Budhwar vd., 2023, s. 606-607).

Ancak bilinmektedir ki yapay zekâ alanındaki hızlı gelişmeler, çeşitli sektörlerde önemli dönüşümlere yol açarak çalışma şeklini ve işin doğasını etkilemiştir. ChatGPT de insan benzeri metin oluşturma yetenekleri ve sanal asistanlar, müşteri desteği, içerik oluşturma, metin düzenleme, dil çevirisi, kişiselleştirilmiş öneriler ve hatta tıbbi teşhis ve tedavi gibi çok sayıda alandaki potansiyel uygulamaları nedeniyle büyük ilgi görmüştür. Bu alanlarda öne çıkmasının asıl sebebi dildeki uzun menzilli bağımlılıkları ve karmaşık kalıpları etkili bir şekilde yakalamasını sağlayan dönüştürücü tabanlı bir derin öğrenme modeli kullanmasından kaynaklanmaktadır. Bunun yanı sıra elbette ChatGPT'nin de ön yargılı yanıtlar verme eğilimi ve zararlı dilsel kalıpları sürdürme potansiyeli gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır (George vd., s. 154-155; Hui vd., 2023, s. 5).

ChatGPT ve diğer yapay zekâ destekli hizmetler, daha önce insan emeğinin gerçekleştirdiği müşteri desteği, içerik oluşturma, metin düzenleme, dil çevirisi gibi

¹Örneğin, Mart 2023'te Chat-GPT'nin daha üst bir sürümü olan ChatGPT-4'ün ve BARD'ın piyasaya sürülmesi.

işleri uygulanması ile bu ve benzeri pazar segmentlerinde potansiyel olarak önemli bozulmalara neden olabilir. ChatGPT'nin de bir yapay zekâ teknoloji türevi olarak iş gücü piyasası üzerinde önemli bir etkiye sahip olması beklenmektedir. Çünkü ChatGPT'nin sağladıklarıyla belirli istihdamın gereksiz hale gelmesine neden olurken aynı zamanda başka işlerin yaratılmasına da yol açabilir (Zarifhonarvar, 2023, s. 2).

ChatGPT ve yapay zekâ işler ve istihdam üzerinde endüstrisine veya sektörüne göre etkisi farklı etkiler yaratabilir. Bazı sektörler çok fazla etkilenmezken bazı sektörler diğerlerine göre daha önemli dönüşümler yaşamaktadır. ChatGPT ve diğer yapay zekâ teknolojileri, teşhis, kişiselleştirilmiş tıp ve hasta bakımını iyileştirme konusunda umut vaat etmektedir. Çünkü ChatGPT, hastalara tıbbi sorularda yardımcı olup sağlık tavsiyeleri verebilir. Benzer şekilde finans sektöründe de müşteri desteği olarak finansal soruları yanıtlayıp kişiselleştirilmiş yatırım tavsiyeleri verebilir. ChatGPT, öğrencilere sorularında yardımcı olup bir rehberlik hizmeti sunarak eğitimde bir dönüşüm yaratabilir. ChatGPT, karmaşık soruları ele alan ve insan müşteri hizmetleri temsilcileri üzerindeki iş yükünü azaltan gelişmiş diyalog araçları geliştirmek için kullanılabilir. Bunlara ek olarak haber makaleleri, sosyal medya gönderileri ve yaratıcı yazarlık gibi içerik oluşturmada, çeviri ve düzenleme gibi görevlere yardımcı olmak konusunda da ChatGPT kullanılmaktadır. Böylece ChatGPT içerik oluşturan insan emeğinin üretkenliğini de artırabilir. ChatGPT ve YZ'nin bu sektörlerdeki işler ve istihdam üzerindeki etkisi, iş yaratma ve iş dönüşümünün bir karışımı olarak karşımıza çıkmaktadır (George vd., s. 157).

Böylece görülmektedir ki son yıllarda büyük veri, bulut bilişim, depolama kapasitesi, hesaplamalar, makine öğrenmesi gibi yapay zekâ teknolojilerinde gerçekleşen atılımlar yapay zekânın gücünü, kullanılabilirliğini ve büyümesini önemli ölçüde artırmıştır. Yapay zekâ alanındaki doğal dil işleme, bilgisayar görüntüsü, makine öğrenmesi, derin öğrenme, otomasyon ve robotik gibi birçok temel alanda da önemli ilerlemeler kaydedilmiştir (OECD, 2019a, s. 21).

Artık “büyük veri” çağında yaşamaktayız. Bir insanın işlemesi için çok zahmetli olan devasa miktarda bilgiyi toplama kapasitesine sahip bilgisayarlarımız var ve bu makineler çok fazla kaynaktan gelen büyük miktarda veriyi şaşırtıcı şekilde hızlı analiz edip zekâyı simüle edebilmektedirler. Bu bakımdan yapay zekânın uygulandığı teknoloji, finans, bankacılık, hizmet, sağlık, eğlence gibi pek çok sektörde verimli işlere

imza atılmıştır (Aarvik, 2019, s. 33; Anyoha, 2017). Yapay zekâdaki ilerlemeler insanlık tarihinin en önemli buluşları arasında sayılabilecek konumdadır. Andrew Ng, elektriğin yıllar önce neredeyse her şeyi dönüştürdüğü gibi, bugün de yapay zekânın dönüştürmeyeceği bir sektör bile kalmayacağını ifade etmiştir (Lynch, 2017).

1.3.3. Yapay zekâ teknolojileri

Benzeri görülmemiş bir otomasyon dalgasının merkez üssü olarak yapay zekâ ve diğer akıllı teknolojileri sıklıkla tartışılmaktadır (Jarrahi, 2018, s. 578). Yapay zekâ ve diğer otomasyon teknolojileri kullanıldıkları her sektörde üretim ve hizmet bağlamında zamandan tasarruf eden, esneklik ve maliyet avantajı sağlayan bir ekonomik sistem haline gelmeye başlamıştır (İnce-Yenilmez ve Gönçer-Demiral, 2022, s. 353). Yapay zekâ insanların bazı işlevlerine ikame edilebilmesi için makineler kullanan, üretim süreçlerini otomatikleştirebilen, ürün ve hizmetleri iyileştirebilen, operasyonel kaliteyi artırabilen teknolojiler olarak da bilinmektedir (Rammer vd., 2022, s. 1-2).

Yapay zekâ genellikle tüm sistemin genel bir tanımı olarak kullanılmaktadır ve altında çok geniş uygulamalar ve teknikler vardır. Bilişsel olarak yapay zekâyâ işlevsellik kazandıran ve insanların hayatlarını kolaylaştıran makine öğrenmesi, derin öğrenme, doğal dil işleme, bilgisayar görüntüsü ve robotik yapay zekânın öğeleri arasında sayılabilir (Jarrahi, 2018, s. 578). Diğer bir deyişle, yapay zekâ makinelerin karmaşık sorunların üstesinden gelmek için insan zekâsını taklit eden teknolojileri kapsar (Aarvik, 2019, s. 1).

1.3.3.1. Makine öğrenmesi

Makine öğrenmesi herhangi bir işteki verimi artırmak maksadıyla insanların deneyimlerini baz alarak bir insanın o işi nasıl öğrendiğini taklit edebilmek ve edindiği bu verilerle öğrendiği işin doğruluğunu aşama aşama artıran bir hesaplama yöntemi ve yapay zekâ alt dalıdır (http-9; Mohri vd., 2018, s. 1). Alpaydın (2018)'in “yapay öğrenme” olarak da adlandırdığı makine öğrenmesinin temelini verilerden öğrenmeye dayandığını ifade etmektedir. Bilgisayar bilimi açısından ifade ettiği tanım ise makine öğrenmesinin bilgisayarların geçmiş deneyimlerini veya sahip olduğu verileri kullanarak ilgili performans kriterlerinin optimize edilmesi için programlanması şeklindedir. Yapay zekânın ardında yer alan itici güç olan makine öğrenmesi sahip olduğu veriler ışığında değişen bir duruma uyum sağlayıp, hata yapmamak için denediği

yollarda başarılarını tekrarlayan bir teknolojidir. Denilebilir ki bir makine öğrenmesi sahip olduğu veri ve geçmiş deneyimlerini kullanarak bir makinenin ilgili ölçüt hakkında çıkarımlar yapabileceği bir öğrenme şeklidir. Böylece, bu teknoloji ile verilerden direkt bilgi öğrenmeyle sorunları çözmenin yolları aranmaktadır (Ratner, 2000).

Makine öğrenmesi veri ön işleme, öğrenme ve değerlendirme aşamalarından geçer. Veri ön işleme, sonraki öğrenme adımı için ham verilerin doğru forma hazırlanmasına yardımcı olur. Öğrenme aşaması, önceden işlenmiş girdi verilerini kullanarak istenen çıktıları üretmek için öğrenme algoritmalarını seçer ve model parametrelerini ayarlar. Değerlendirme ise öğrenilen modellerin performansının takip edildiği bir süreçtir (Zhou vd., 2017, s. 351).

Makine öğrenmesi denetimli, denetimsiz ve yarı denetimli olmak üzere üç türden oluşmaktadır. Denetimli makine öğrenmesi, etiketlenmiş -bilinen, tanıtılmış- veri setlerini girdi olarak kullanmaktadır ve bu verilere dayanıp kanıt sunarak tahmin oluşturup soruna yanıt vermektedir. Denetimsiz makine öğrenmesi, sistemi denetlemeden yani sisteme bir şey öğretmeden sistemin öğrenme olgusunu veriler sayesinde gerçekleştirebilmek için algoritmalar kullanan, genellikle hesaplama açısından karışık sorunları çözmek için kullanılan bir makine öğrenmesi türüdür. Yarı denetimli öğrenme ise girdi verilerinin küçük bir kısmının etiketlendiği ve geri kalanının etiketlenmediği bir makine öğrenmesi karma tipidir. Yani hem denetimli hem denetimsiz öğrenme tekniklerinin özelliklerini içinde barındırmaktadır. Etiketli ve etiketsiz verilerin her ikisinin de olduğu durumlarda kullanılmaktadır ve modelin doğruluğunu artırmak ve tutarsız verilerle başa çıkmak için hem denetimli hem de denetimsiz algoritmaların avantajlarından faydalanmaktadır (Nguyen ve Vo, 2022, s. 42).

Daha önce yazılımların arşivlerinde yer alan verilerle yapılan makine öğrenmesi işlemleri, bugün yalnızca insanların değil robotların da deneyimlerini kaydedip taklit ederek söz konusu işi öğrenen bir noktaya gelmiştir. Bu sayede makine öğrenmesi ile insana ait beceri bir makineye, yazılıma veya robota aktarılabilir. Yapay zekânın öğrenme kapasitesi makine öğrenmesi sayesinde ciddi büyüklükte bir veri setine sahiptir (Bulut, 2020, s. 296, 310). Böylesine bir veri setine sahip olmayan, sahip olsa

dahi bunu aklında tutamayacak olan insanoğlu ise yapay zekâ karşısında gitgide avantaj kaybetmektedir.

Makine öğrenmesi, belirli bir görevi yerine getirmek için bir uzmanın kendisine bilgi sağlamasını gerektirmez. Bunu büyük bir veri setini kullanarak gerçekleştirir ve başarısı da bu verilerin artmasına bağlıdır. Bu yüzden makine öğrenmesi bir yapay zekâ biçimi olarak özellikle son 10 yılda ciddi gelişmeler kaydetmiştir (Deng ve Lin, 2022, s. 81). Kaydettiği gelişmeler ve uygulama alanlarının da artmasıyla makine öğrenmesi disiplinler arası çalışmalara da uygun hale gelmiştir. Örneğin, makine öğrenmesi istatistik bilimini verileri sistematik olarak analiz etmek için matematiksel modellerin kurulmasına katkı sağlar. Kurulan modelleri tahmin eder, verileri işler ve saklar (Taştan, 2022, s. 109). Yani makine öğrenmesi istatistiksel anlamda bir tahmin teknolojisidir. Verileri alarak eksik bilgileri doldurmak için kullanır. Başka bir ifadeyle, veri bugünün yapay zekâsının temel girdisidir. Daha fazla veriye erişimi olan firmalar ve ülkeler bu durumda, daha iyi tahminler yapan yapay zekâ teknolojisini yaratabileceklerdir. Daha fazla veri daha iyi ürünler anlamına geldiğinden, bu da buna sahip firmaları ve ülkeleri daha ileriye taşıyacaktır (Goldfarb ve Trefler, 2018, s. 6).

Makine öğrenmesinin en önemli faydalarından biri veri analizi sürecini otomatikleştirerek insan yanlılığını azaltması ve böylece tahminlerin doğruluğunun artırılmasıdır (Daidone vd., 2024, s. 770). Makine öğrenmesine duyulan ihtiyaç, günümüzdeki işlerin veri odaklı olması ve makine öğrenmesi algoritmalarının gerçek hayattaki iş problemlerini çözmek için yaygın olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır. İş dünyasında makine öğrenmesinin çalışan kaybına neden olan faktörleri belirlemek ve verimli çalışanları teşvik etmek ve elde tutmak için stratejiler geliştirmek amacıyla insan kaynaklarında, karar alma süreçlerini iyileştirmek için firmalarda ve gelişmekte olan ekonomilerde, müşteri yorumlarını ve görüşlerini analiz etmek ve bir markanın veya ürünün başarısını incelemek için pazarlama gibi alanlarda sıkça kullanılmaktadır (Zhang vd., 2021, s. 2). Bu yüzden yapay zekâ devriminin muazzam bir kapsama sahip bir parçası olarak kabul edilmektedir.

1.3.3.2. Derin öğrenme

Derin öğrenme veriler arasındaki karmaşık ilişkileri modellemek için çoklu temsil seviyelerini öğrenmeye yönelik algoritmalara dayanmaktadır. Yeni bir makine öğrenmesi araştırma alanı olarak makine öğrenmesinin asıl hedeflerinden birine yaklaştırmak amacıyla ortaya çıkmıştır: Yapay zekâ. Derin öğrenme, görüntü, ses ve metin gibi verileri anlamlandırmaya yardımcı olan çoklu temsil ve soyutlama seviyelerini öğrenmekle ilgilidir ve öğrenme temsillerine dayanan daha geniş bir makine öğrenmesi yöntemleri ailesinin bir parçasıdır. Derin öğrenme, makine öğrenmesinden farklı soyutlama seviyelerine karşılık gelen çoklu seviyelerde öğrenmeye çalışan bir dizi algoritma olup genellikle yapay sinir ağlarını kullanır (Deng ve Yu, 2014, s. 199-200).

Karmaşık zorlukların üstesinden gelmek için insan beynini taklit etmek üzere özel olarak modellenen derin öğrenme modelleri, sinir ağlarındaki katmanların "derinliğinden" güç alarak verilerin düğümler (yazılım modülleri) arasında aktarılmasına ve belirli bir hedefe ulaşmak için nöronlar gibi bağlanmasını sağlamaktadır. Ayrıca derin öğrenmenin insan müdahalesinin minimumda tutulacak şekilde çalıştığı bir algoritma olduğu unutulmamalıdır (Nguyen ve Vo, 2022, s. 42).

Derin öğrenmenin bugün popüler olmasının üç önemli nedeni vardır: Büyük ölçüde artan çip işleme yetenekleri, eğitim için kullanılan veri boyutunun büyük oranda artması ve makine öğrenmesi ve sinyal/bilgi işleme araştırmalarındaki son gelişmelerdir. Bu ilerlemeler de derin öğrenme yöntemlerinin karmaşık fonksiyonlardan etkili bir şekilde yararlanmasını ve verileri verimli bir şekilde kullanmasını sağlamıştır (Deng ve Yu, 2014, s. 201).

1.3.3.3. Doğal dil işleme

Yapay zekânın alt dallarından biri olan doğal dil işleme, ilk önce insan ve bilgisayarın etkileşiminde doğal dilleri kullanabilmek için başlatılan sonrasında bilgisayarlı bir dil bilimine evrilen, buna ilişkin olarak doğal bir dili tahlil edip anlayan, yorumlayan (insandan makineye) ve doğal dil üreten (makineden insana) bilgisayar sistemlerini tasarlamaktadır (Adalı, 2012, s. 3; Vaidya, 2020). Doğal dil işleme teknolojisi ile insan tarafından üretilmiş doğal dilin işlenip anlamlı bir bilgiye dökülmesi ve bu bilginin yorumlanıp analiz edilmesiyle kullanışlı ürünler ortaya

konulabilmektedir. Böylece çalışılan alanda maliyetleri indirme gibi pek çok alanda konulan bambaşka hedeflere ulaşılabilir (Coşkun ve Kuşçu, 2021, s. 120).

Doğal dilde insan tarafından oluşturulan cümleleri anlamak, sorulan soruları yanıtlamak için IBM tarafından tasarlanan bir yapay zekâ programı olan Watson makine öğrenmesi ile verilerle etkileşim sağlayarak öğrenme ve geçmiş deneyimlere dayalı akıllı çözümler geliştirme gücü de eklenmiştir. Böylece Watson ve onun gibi diğer doğal dil işleme teknikleriyle meydana getirilen teknolojiler başta sağlık olmak üzere, finans, ticaret, hukuk, otomasyon gibi alanlarda ve kitap yazmak, alışveriş yapmak gibi eylemlerde de önemli yollar katetmişlerdir (Captain, 2017). Bugün ise ChatGPT ile doğal dil işleme teknolojisinde ciddi bir seviye atlanmıştır. Verdiği hızlı ve insan gibi cevaplarla zaman ve kaynak tasarrufu sağlayarak hem bireyler hem de şirketler tarafından sıkça tercih edilen bir teknoloji olmayı başarmıştır.

1.3.3.4. Bilgisayar görüntüsü (Bilgisayarlı görü)

Bilgisayar görüntüsü uygulamaları, diğer bir adıyla bilgisayarlı görü, nesne ve yüz tanıma ve teşhisi, optik karakter tanıma, içerik tabanlı görüntü alma tahminlerini içeren bir teknolojidir (Mohri vd., 2018, s. 2).

Bilgisayarlı görü, yapay zekâ teknolojilerinin en ilgi uyandıran gelişmelerinden olan makine öğrenmesinin devreye girmesi sonucuyla elde edilmektedir. Makine öğrenmesi ile otomatik ve dijital sistemlerde geçmişte deneyimlenen olayların verileri toplanmakta, kaydedilip sınıflandırılmakta, konuşma etiketleri tanımlanarak ayrıştırılmakta (Doğal Dil İşleme) ve bilgisayar görüleri ile teşhis edilmektedir. Bunun sayesinde robotlar da veri toplayıp sınıflamakta, geçmiş deneyimleri kaydedip yorumlamakta ve nihayetinde eyleme geçmektedir. Böylece insana özgü yetenekler sergileyen bir teknoloji haline gelmiştir (Bulut, 2020, s. 309).

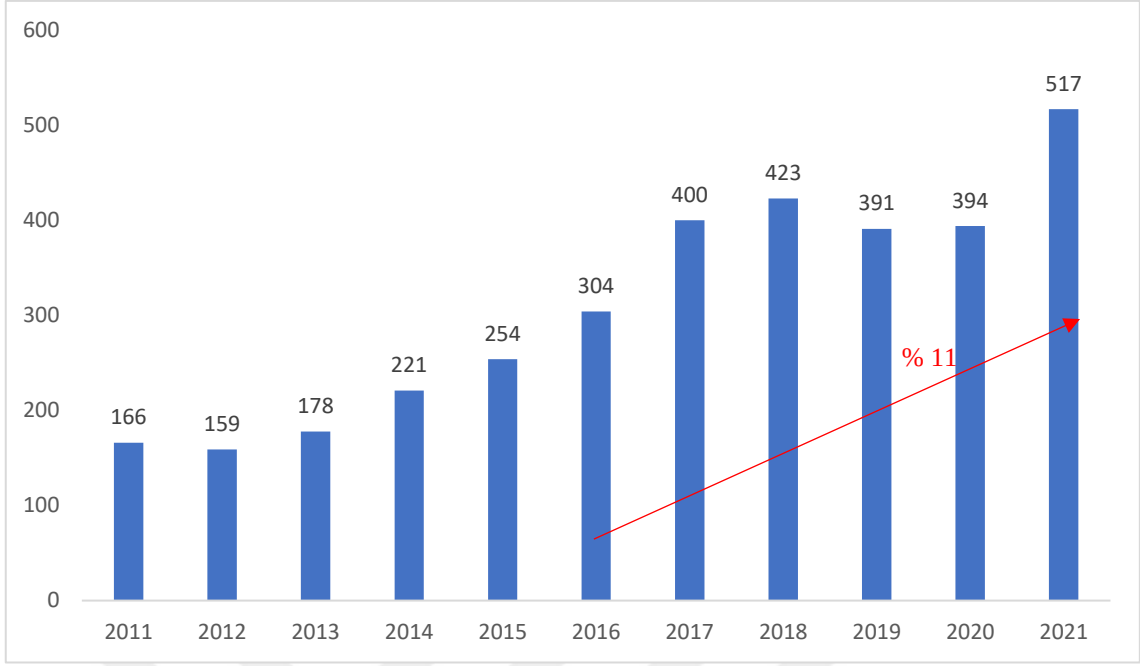
1.3.3.5. Robotik

Robot kavramı ilk kez Karel Capek tarafından 1921 yılında “Rossum’s Universal Robots” isimli tiyatro oyununda kullanılmasına rağmen bu kavramı öne süren kişinin Capek’in kardeşi Josef olduğu söylenmektedir. Bu tiyatro oyununda robotlar insana dış görünüş olarak benzeyen, zeki ancak duyguları olmayan ve insanlara hizmet eden

yardımcılar olarak betimlenmiştir (Čapek, 2013, ss. 92, 93'den aktaran Ünal ve Kılınç, 2020, s. 55).

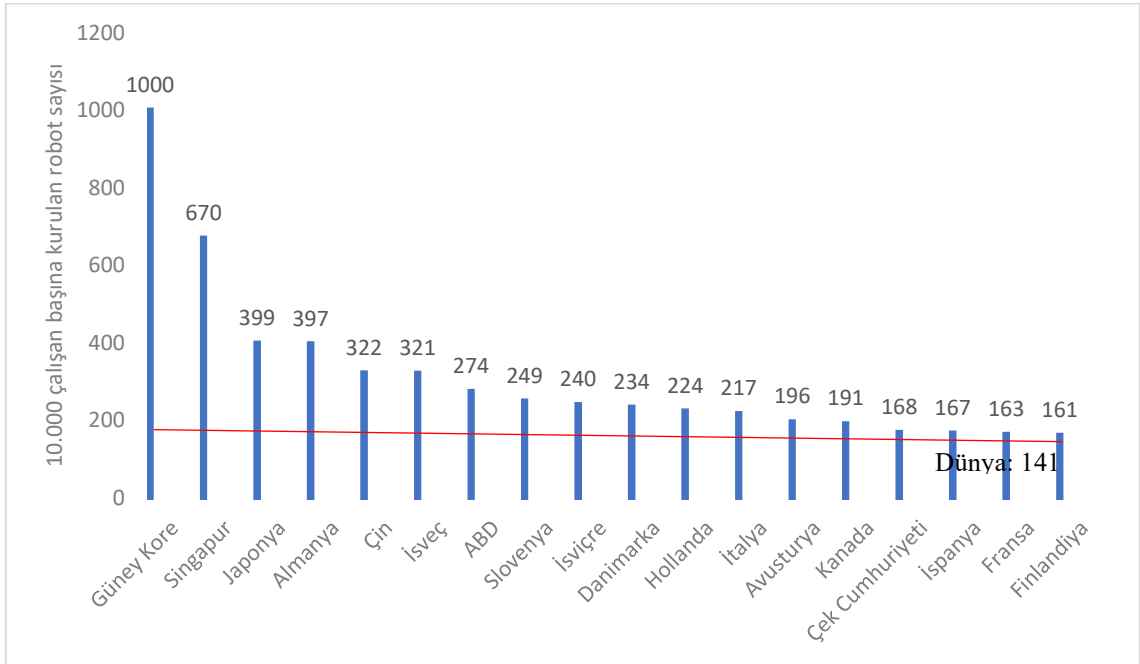
Robotlar ortaya çıktıkları ilk zamanlarda kısıtlı özellikleri olan küçük çaplı makinelerdi. Ancak günümüze gelindiğinde çeşitli şekillerde ve büyüklükte hatta insan formatında üretilen robotlar görmekteyiz. Üstelik bu robotlar hizmet, ulaşım, özellikle imalat gibi farklı sektörlerde yüksek düzeyde üretkenlikle çalıştıklarından, firmalar için hem maliyet hem de verimlilik açısından insan emeğine göre avantaj sağladıkları için insanlar robotların işlerini ellerinden alacağı konusunda endişe duymaktadır (İnce-Yenilmez ve Gönçer-Demiral, 2022, s. 348). Acemoglu ve Restrepo (2017), Carbonero vd. (2018), Chiacchio vd., (2018) robotların toplam istihdamı azalttıklarını söylerken, Graetz ve Michaels (2018) ve Webb (2020) robotların düşük vasıflı işçilerin payını azaltma eğiliminde olduğunu söylemektedir.

Robot, Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) ISO 8373:2021'e göre *“İstenilen görevleri yerine getirmek için kendi çevresinde hareket eden bir dereceye kadar özerkliğe sahip iki veya daha fazla eksenle programlanarak çalıştırılan mekanizmalar”* olarak tanımlanmıştır. ISO, robotları endüstriyel, hizmet ve medikal robotlar olmak üzere üçe ayırmıştır. Endüstriyel robotlar çoğunlukla imalat sanayiinde hız ve tekrarlı işler gerektiren, tehlikeli süreçlerde kullanılan üç veya daha fazla programlanabilir eksen kapsayan hareketli veya hareketsiz robotlardır. Hizmet robotları ise genelde üç eksenle az programlanabilir uygulama eksenine sahip endüstriyel otomasyonun dışında kullanılan, insanların ev işlerinde kolaylık sağlamak için de kullanılabilen robotlardır. Medikal robotlar ise tıbbi elektrikli ekipman veya sistemler olarak kullanılmak üzere tasarlanan robotlardır (http-10). Endüstri 4.0 ile robotların üretimde etkin olarak kullanıldığı yeni bir üretim modeli yaratılmıştır. Bu yeni üretim modeli ile hem fabrikalardaki üretim hem çalışma ilişkileri hem de bireyin günlük hayatı Birinci Endüstri Devriminde yaşanan değişimler gibi derinden değişmeye başlamıştır (Kurt, 2019, s. 590).



Şekil 1.3. İmalat Sanayii Robotları (1000 birim) – Dünya (World Robotics, 2022)

Uluslararası Robotik Federasyonu’nun 2022 yılında yayınladığı rapora göre 2021 yılı için dünya çapında toplam endüstriyel robot sayısı 517.385’e ulaşmıştır (Şekil 1.3.). 2015’ten 2021’e kadar geçen sürede ise robot sayısı 2 kattan daha fazla artmıştır. Raporda, robotların 2022 yılında %10 artarak 570.000 gibi bir sayıya ulaşacağı tahmin edilmektedir.



Şekil 1.4. Ülke Bazında İmalat Sanayiinde Robot Yoğunluğu (2021) (IFR, 2022b)

Uluslararası Robotik Federasyonu'nun aynı raporunda robot yoğunluğunun küresel çapta imalat sanayiinde otomasyonun benimsenme seviyesinin önemli bir göstergesi olduğunu, bu bağlamda Şekil 1.4.'ten de görülebileceği üzere Güney Kore, Singapur, Japonya, Almanya ve Çin 2021 yılının imalat sanayiinde en otomatikleştirilmiş 5 ülkesidir. İlk beşte yer alan Asya ülkelerinin çokluğu dikkat çekmektedir. Bölge bazında bakıldığında da Asya'nın ortalama robot yoğunluğu 2016'dan 2021'e kadar %18 bileşik yıllık büyüme oranı ile 10.000 çalışan başına 156 birime yükselirken, Avrupa'da bu oran %8 (129 birim) ve Amerika'da %8 (117 birim)'e yükselmiştir. Bu veriler ışığında Asya'nın endüstriyel robotlar için en büyük pazar olduğu söylenebilir.

Yapay zekânın robotlarda kullanılması robotların kullanıldığı alanlarda özellikle fabrikalarda üretkenliğin artmasında, zamandan tasarrufta, işlerin daha güvenli ortamlarda yapılmasında büyük avantaj sağlamaktadır (http-11). Yapay zekâyı robotikte kullanmanın temel amacı ise gerçek zamanlı veya çevrimdışı olarak dış ortamda oluşabilecek değişkenliği ve öngörülemezlik durumları daha iyi yönetmektir. Bu amaçla kullanılan robotlar rekabet ve verimliliği artırmaktadır. Artan verimlilik talebin artmasını sağlayarak istihdamda da artışa yol açmaktadır (IFR, 2022a, s. 6).

COVID-19 pandemisinin çoğu sektörü sekteye uğratmış olması nedeniyle bu alanda da belirlenen hedeflerin gerisinde kalınmıştır. Ancak gelen normalleşmeyle birlikte robotların özellikle imalat sanayiinde üretim sürecine ve hizmet sektörüne daha aktif olacak şekilde dönüş yapması beklenmektedir. Aydınlatma, ısınma gibi gereksinimlere ihtiyaç duymayan robotlar malzeme israfını da en aza indirerek üretimde karbon ayak izinin azalmasına katkı sağlamaktadırlar. Aynı şekilde hizmet sektöründe de otonom robotlar enerji verimliliği sağlayarak çevre dostu bir yaklaşım sergilemektedirler. Aynı etki lojistik, sağlık gibi sektörlerde de beklenmektedir (İnce-Yenilmez ve Gönçer-Demiral, 2022, s. 362).

Robotların ekonomik sisteme dahil olmasının olumlu ve olumsuz etkileri vardır. İnsanların yaptığı tehlikeli ve rutin işleri devralmaları insan emeği için tehlikeli durumları ortadan kaldırarak stresten uzaklaştırıp emeğin kendisi için daha çok vakit ayırması neticesinde uzun vadede refah seviyesini ve hayat kalitesinin artmasına yardımcı olan robotların tüm bu özelliklerin yanı sıra istihdamda yaratacağı olumsuz etkiler ise kaçınılmazdır. Robotların beraberinde getireceği teknolojik işsizlik hane

halklarında gelirin azalması veya ortadan kalkmasıyla daha az tüketime ve daha çok boş zamana neden olur. Daha çok boş zaman ise insanda psikolojik sorunlara zemin hazırlayabilir ve bu da önce toplumsal huzursuzluk sonra siyasi istikrarsızlık olarak geri döner. Bu yüzden teknolojik üretkenlik kısa ve orta vadede yaratacağı işsizliği ancak uzun vadede yeni iş yaratarak telafi edebilir. Yaratılacak yeni işler için emeğin kalifiye hale gelmesi de zaman alacağından birinci sanayi devriminde ortaya çıkan Luddist benzeri teknoloji karşıtı bir kesim ve bu kesimin öncüsü siyasi partiler ortaya çıkabilir. Tüm bunlar ekonomik verim uğruna toplumsal huzursuzluğa zemin hazırlayabilir (Ivanov, 2017, s. 287).

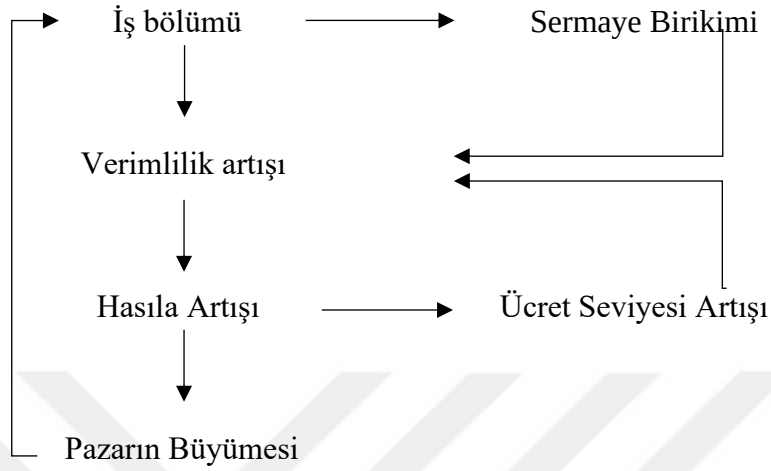
Yapay zekâ teknolojisi ve robotların kullanımının gittikçe popüler hale gelmesiyle bu makinelerin insan emeğinin yerini alacağı endişesinin hasıl olması çok normaldir. Ancak bu, insanların salt bir şekilde işsiz kalacağı anlamına gelmemektedir. Çünkü tüm bu teknolojiler yeni işler de yaratabilecek kapasitededirler. Yapay zekâ ve robotların iş gücünü, ücretleri, sosyal ve politik çevreyi etkileyeceği yadsınamaz bir gerçektir. Etkilenen tüm faktörlerin de toplum, ülke ekonomileri, emek ve firmalar için farklı farklı sonuçları olacaktır.

1.4. İktisat Teorilerinde Teknoloji

1.4.1. Smith ve teknoloji

Adam Smith'in 1776 yılında yayınlanan Ulusların Zenginliği olarak bilinen kitabında geliştirdiği büyüme modelinde ekonomik büyümenin nedeni olarak gördüğü iş bölümünün emeğin verimliliğini artırmasında yatan üç sebebi şöyle açıklamıştır: uzmanlaşma, zaman tasarrufu ve teknolojik ilerleme (Smith, 2004, s. 17). Buna göre iş bölümü emeğin verimliliğini artırarak ekonomik büyümeyi sağlayan teknolojik ilerlemelere yol açar. Bu teknolojik gelişmeler birçok kişinin yerini alarak işleri kolaylaştıran makinelerin üretilmesidir (Ünsal, 2007, s. 41). İşi kolaylaştırıp ayrıca zamandan da tasarruf ettiren, dönemin şartları düşünüldüğünde teknolojik gelişme olarak addedebileceğimiz bu makineler iş bölümü sonucunda ortaya çıkmıştır. Özellikle iş bölümünün ileri bir seviyede olduğu manifaktürlerde kullanılan makinelerin büyük bir kısmı işçilerin buluşudur. İşçilerin bu makineleri icat etmelerinin altında yatan ise yapmak için tutuldukları işi yapabilmenin daha kolay ve kısa yollarının olabileceği düşüncesidir. Makinelerde yapılan tüm gelişmeler elbette yalnızca işçilere ait değildir.

Bir iş kolu haline gelen makine üretimini gerçekleştiren makine yapımcılar yaratıcılıkları sonucu bu yenilikleri sağlarken, filozof veya düşünürler de gözlemleriyle birtakım yeniliklere imza atmışlardır (Smith, 2004, s. 21-23).



Şekil 1.5. Adam Smith'in Büyüme Modeli (Ünsal, 2007, s.45)

Yukarıda Smith'in iş bölümünü merkeze aldığı ekonomik büyüme modeli gösterilmiştir. Buna göre iş bölümü ve yarattığı teknolojik ilerlemeler emek verimliliğini artırır. Emek verimliliğindeki artış da hasılayı artırarak ekonomide büyümeyi sağlar. Artan hasıla aynı zamanda pazarın büyümesini sağlayarak yeniden iş bölümüne yol açarak döngüyü baştan başlatır. Ülke ekonomisinde zaman içinde artan hasıla süreklilik arz edince ücret seviyesi de artar.

Smith, Ulusların Zenginliği kitabını yayınladığında sanayi devriminin ilk adımları atılmış ve sanayi kapitalizmine geçiş hazırlığı başlamıştı. Bu başlangıç aşaması nedeniyle Smith ağırlığı inovasyona değil iş bölümü ve uzmanlaşmaya vermiştir. Bundan dolayıdır ki Smith'in eserinde sanayi devrimi sonrasında meydana gelen teknolojik yeniliklerin çoğundan bahsedilmemiş ve özel olarak teknoloji başlığı da ele alınmamıştır (Erdoğan ve Canbay, 2016, s. 31).

1.4.2. Ricardo ve teknoloji

David Ricardo “*Politik İktisat ve Vergilemenin İlkeleri*” isimli kitabındaki “*Makineler Üzerine*” bölümünde makinelerin, toplumda yer edinen farklı sınıfların çıkarlarına olan etkisini incelemiştir.

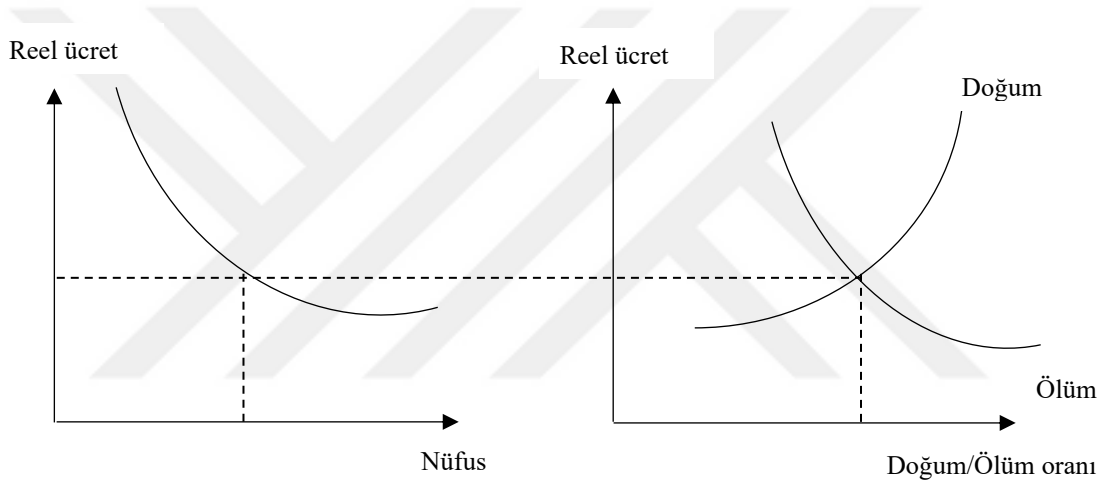
Hangi sektör olursa olsun makine kullanımının emekten tasarruf sağlayacağını ve bunun herkesin yararına bir etki yaratacağını, olsa olsa tek sorunun sermaye ve emeğin yer değiştirme/yerinden etme etkisiyle başka bir sektöre kayacağına inanan Ricardo daha sonra bu fikrini değiştirmiştir. Ricardo ilk başta yaygınlaşan makine kullanımının, kullanıldığı sektörlerde üretimi yapılan mallarda fiyatın üretim maliyeti seviyesine inmesiyle emeğin kazandığı aynı ücretle daha fazla mal alabileceğine inanıyordu. Bu inancının altında yatan sebep ise kapitalistin emeği farklı bir ürünün üretiminde kullanmak istese bile emek talep etme ve çalıştırma gücüne sahip olmasıydı. Özetle Ricardo’da emek talebinin hep aynı kalacağı ve bu sebeple ücretlerin düşmeyeceği, emeğin de makine kullanımı sayesinde fiyatı ucuzlayan maldan aynı ücretiyle daha fazla alabileceği görüşü hakimdi. Daha sonra makinelerin emeğin yerini alması ile işçi sınıfının çıkarının örseleneceğini fark eden Ricardo fikrini değiştirmiştir. Çünkü makinelerin yaygınlaşmasıyla düşen üretim maliyetleri ürünlerin fiyatını düşürse dahi, kapitalist emeğe olan talebini artırmayabilir; hatta düşürebilir. Düşen emek talebiyle birlikte işsizlik de artar. Sonuç olarak kapitalistin lehine emeğin ise aleyhine sonuçlar yaratan makinelerin kullanılması ve yaygınlaşmasıyla üretim maliyetleri ve dolayısıyla fiyatlar düşecek, kapitalist hem refahını koruyacak hem tasarrufunu artıracak hem de gelirinin sermayeye aktarımını kolaylaştıracaktır (Ricardo, 2018, s. 347-352).

Toplumdaki farklı sınıfların çıkarlarının farklı bir şekilde etkilenmesi Ricardo’nun makine kullanımını desteklemediği anlamına gelmez. Ricardo her sektörde makine kullanılmasının emeğin üzerinde hiç kullanılmaması kadar yıkıcı bir etki yaratmayacağı düşüncesindeydi. Buna göre, sermaye ancak ülke içinde kaldığı müddetçe emek için bir talep yaratabilir. Sermayeyi başka ülkeye ihraç etmekse emek talebini tamamıyla ortadan kaldıracaktır. O halde üretim maliyetlerini azaltan makineler kullanarak malları diğer ülkelere daha ucuza satmak dış ticareti iyileştirip, ekonomik büyümeye de katkı sağlayacaktır (Ricardo, 2018, s. 354-357).

Dönemine göre değerlendirildiğinde teknolojik gelişme olarak kabul edilebilecek makinelerin Ricardo tarafından sermaye birikimi ile işçi sınıfı ve kapitalist üzerine etkileri incelenmiştir. Günümüze uyarlayarak yorumlanacak olursa, Ricardo bu “teknolojik gelişmenin” büyüme üzerine olumlu ancak istihdam üzerine olumsuz etkisi olacağı kanaatindeydi.

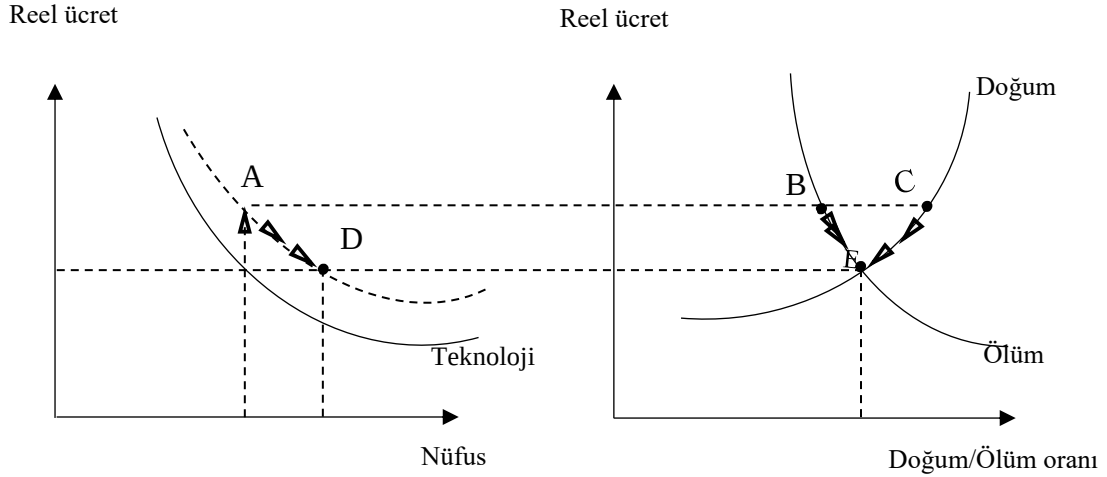
1.4.3. Malthus ve teknoloji

Thomas Malthus’un büyüme teorisinde reel gelirin belirleyicileri doğum ve ölüm oranları olduğundan (Şekil 1.6.) teknolojik gelişmeler kişi başına geliri değiştirmedigi için gereksizdir (Malthus, 1798).



Şekil 1.6. Malthus'un Büyüme Modeli

Kaynak: https://eml.berkeley.edu/~webfac/eichengreen/e210a_sp11/210A_1-18-12_%20Malthusian%20Econ.pdf Erişim Tarihi: (24.10.2022)



Şekil 1.7. Malthus'un Büyüme Modelinde Teknolojik Değişme

Kaynak: https://eml.berkeley.edu/~webfac/eichengreen/e210a_sp11/210A_1-18-12_%20Malthusian%20Econ.pdf Erişim Tarihi: (24.10.2022)

Şekil 1.7'de teknolojiye meydana gelen gelişme/ilerleme reel ücrette kısa vadede artışa (A noktası) sebep olmaktadır. Ancak artan gelir ölüm oranını düşürür ve doğum oranı ölüm oranını aşınca nüfusta artış (D noktası) meydana gelir. Daha sonra gelir tekrar geçim seviyesine döndüğünde nüfus artışı durur ve ekonomi tekrar dengeye (E noktası) gelir. Bu da teknolojiye gelişmenin yaşam standartlarında kalıcı bir etkiye sahip olmadığı anlamına gelmektedir.

Şekil 1.7.'de görülmektedir ki Malthus'un büyüme modelinde teknolojik ilerleme (bir seferlik) kısa dönemde reel ücretleri artırsa da durağan denge daha yüksek nüfusla yeniden sağlandığı için yaşam standartlarında bir değişikliğe sebep olmamaktadır.

Anlaşılabacağı üzere Malthus, teknolojiyi kişi başına geliri değiştirmeyeceğini savunarak gereksiz görmekteydi ve Luddistler gibi teknolojinin bazı insanlar için zorluklara yol açıp açmamasıyla ilgilenmemiştir. Aksine, ekonomik büyümeyi beyhude bir çaba olarak tanımlamıştır. Dünyada azalan getiriler olduğundan ekonomik büyüme azalacak ve nihayetinde miadını dolduracaktı. Çünkü daha yüksek gelirler sadece nüfusun artmasına neden olacak bu da işçi sayısını sabit olan tarım arazileri ve doğal kaynak arzına göre nispi olarak artıracaktı. Dolayısıyla, teknoloji ne kadar gelişirse gelişsin kişi başına düşen gelir her zaman temel geçim düzeyine gerileyecekti (Van den Berg, 2001, s. 478). Maalesef Malthus, teknolojik gelişmenin iktisadi büyüme üzerine

olan etkilerini doğru biçimde analiz edemediği için büyüme modeli hayatın gerçek işleyişini açıklamada yetersiz kalmıştır (Ünsal, 2007, s. 59).

1.4.4. Schumpeter ve yaratıcı yıkım

Kapitalizmi doğası gereği evrimsel bir süreç olarak kabul eden ve kapitalizmin evrimini gerçekleştiren esas gücün yenilikler, yeni mallar, yeni teknolojik gelişmeler, yeni pazarlar olduğunu belirten Joseph A. Schumpeter (1942), bir girişimcinin bir yeniliği ekonomik hayata sokmasıyla ve bu yeniliğin getirdiği geçici monopolcü kârla başka girişimcileri de bu alana çekerek onların eski mal ve endüstrileri yıkıp yerine yeni gelişmeleri, ürünleri koyup yine geçici bir monopolcü kâr elde etmelerini ve bu döngünün sürekli tekrarlanması “yaratıcı yıkım” olarak tanımlamıştır (Schumpeter, 1942, s. 81-83).

Teknolojik yeniliği kapsayan gelişmeleri bir piyasa kurgusu bağlamında ele alan Schumpeter, teknolojik yeniliğin başlangıç aşamasında yarattığı maliyetin ancak monopol kârlarla karşılandığı sürece ekonomik büyümenin sürdürülebilir olacağı fikrinde olmuştur (Yeldan, 2011, s. 252).

Schumpeter iktisadi büyümeyi yenilikler ve teknolojik gelişmeler olmadan incelemenin eksik olduğunu bu bağlamda teknolojik gelişmelerin büyümenin motoru olduğunu kabul etmektedir (Schumpeter, 1939). Büyümeyi meydana getiren yaratıcı yıkımdır ve büyüme, yaratıcı yıkımda yeniliği ilk uygulayan girişimci tarafından geçici bir süreliğine monopol kârı elde edilmesiyle oluşur. Teknolojik gelişme ve girişimciyi ayrı öğeler olarak kabul etmeyen, girişimcinin teknolojik gelişmeyi yarattığını savunan Schumpeter, büyüme analizinde yeniliklerin yani teknolojik ilerlemelerin kapitalist bir ekonomik sistemdeki iktisadi büyümenin içsel bir değişkeni olduğunu ortaya koymuştur (Ünsal, 2007, s. 75). Yaratıcı yıkım kavramıyla eski yeniliklerin yıkılıp yerine yenilerinin gelmesinin monopollerin varlıklarını sonsuza dek sürdürmelerini engellediğini savunan Schumpeter, kapitalist ekonomiyi de bu bağlamda dinamik bir yenilik süreci olarak görmektedir. O halde Schumpeter’in analizinde kâr fonksiyonu şöyle yazılabilir (Yeldan, 2011, s. 254):

$$\Pi = \mu E[D]x \quad (1.1)$$

Yukarıdaki kâr fonksiyonunda μ monopolcü kârı, D eski yeniliği yıkıp yerine gelecek yeniliğin oluşmaya başlamasında girişimcinin faaliyette kalmayı umduğu süreyi ve x var olan üretim miktarını temsil eder.

Buna göre Schumpeter'in büyüme analizinde şu sonuçlara ulaşılır: iktisadi büyümenin ardında yatan gerçek neden nüfus ve sermaye mallarında yaşanan artışlar değil, teknolojik gelişmedir. Tekel, yeniliklerin ve iktisadi büyümenin yani toplumsal refahın yadsınamaz bir parçasıdır ve ekonomik büyümenin motoru olan teknolojik gelişme gizemli bir şekilde var olmamıştır, yani içseldir.

1.4.5. Marx ve teknoloji

Yapay zekâ, Karl Marx ve Friedrich Engels'in Komünist Manifestosundaki kıtlık sorununun ortadan kalktığı, makinelerden elde edilen çıktılarla hür olarak yaşanan komünist ütoppyayı mümkün hale getirebilecek imkanlara sahip bir üretim teknolojisi (Markey-Towler, 2018, s. 7). Marx (2022, s. 357)'a göre makineler metaları ucuzlatarak ve iş gününü kısaltarak emek verimliliğini artıran artık değer üreten araçlardır. Bu yüzden Marx Kapital'de teknolojiye ve teknolojik gelişmelerden bahsederken ilk ve ikinci baskısında farklı kelimeler kullanmıştır. Marx aslında teknik tüm konular için makine veya emek araçları gibi ifadeleri kullanmayı tercih etmiştir ki bu yüzden Kapital'de teknik ilerleme, teknik değişim veya teknoloji gibi terimler çok sık kullanılmamıştır. Çünkü teknik değişimi genellikle emeğin üretkenliğindeki artışın bir faktörü olarak düşünmekteydi. Ona göre teknoloji "üretim" anlamına gelmeliydi. Yine de teknolojiye ilişkin süreçlerin farklı şekillerini araştırmak Marx'ın kapitalist üretim biçimi analizi için -özellikle de birikim sürecinde ve kâr oranının düşme eğilimini açıklamada- merkezi bir öneme sahipti. Marx'ın kapitalist üretim analizinde ilgi duyduğu şeylerden biri de Endüstri Devriminin İngiltere'de başlamasının başlıca nedenlerini belirlemektir. Bu yüzden ilk olarak makinelerin fiyat, maliyet, fazla üretim, ihracat gibi konular üzerine ne gibi etkilerinin olduğu ekonomik sorulara odaklanırken daha sonra makinelerin çalışanlar üzerine etkisini içeren sosyal konulara yönelmiştir. Sosyal sorunlara odaklandığında Marx'ın dikkatini çeken ilk şey iplik makinelerinin kullanılmaya başlanmasının ardından iş gücü talebinin başta artması ve ardından çok sayıda işçinin yerini başka makinelerin alması olmuştur. Gerçekten de Marx'ın makineler üzerine sorduğu ekonomik ve sosyal sorular ve incelediği fabrika sistemi

emeğin yer değiştirdiğini, çalışılan saatin uzadığını ve işlerin yoğunlaştığını tespit etmesini sağlamıştır (Roth, 2010, s. 1234-1237).

Marx, makinelerin kullanıldığı endüstrilerde üretim maliyetini düşürüp üretimi artırdığını ve makinelerin emek verimliliğini artırmanın -bir meta üretilirken gereken çalışma süresini kısaltmanın- en güçlü aracı olduğunu söylemektedir. Normalde makinelerin çalışmayı kısaltıp zamandan tasarruf eden ve çalışma şartlarını kolaylaştırarak işteki yoğunluğu azalttığını savunan Marx, burada makinelerin kapitalist kullanımına dikkat çekmiştir. Makineler kapitalist üretim tarzı ile işlediğinde iş gününü uzatan en garanti araç halini almaktadır. Toplumun uzayan iş gününe itiraz etmesi sonucu çalışma normal iş gününe dönse de kapitalist üretim tarzı bu sefer de çalışmanın yoğunluk derecesi üzerinde oynar. Makinenin tek başına faydaları sermayedarların kâr etme güdüsü ile birleştiğinde oluşan kapitalist kullanım, iş gücüne olan talebi azaltabileceği gibi daha fazla mesai ile çalışma gününün uzunluğunu artırıp var olan emeğin daha fazla çalışmasını da sağlayabilir. Ya da iş günü kısaltılsa da kapitalist üretim tarzı, üretkenliği artırma ve daha ekonomik üretim yapma dürtüsüyle işçiye aynı sürede emeğini daha çok harcaması, emek gücünü daha sıkı ve yoğun kullanmasını dayatır. Böylece kapitalist, iş gününün kısaltılması ile uğradığı kaybı emek gücünün harcanma seviyesindeki artış ile telafi eder. Bunu da ücret ödeme biçimiyle sağlama alır. Bundandır ki makinelere değil makinenin kapitalist kullanım şekline karşı çıkılmalıdır (Marx, 2022, s. 386-393).

Marx, makineleşmenin artı değerin artırılması gayesiyle çıkılan yolda emeğin üretim sürecinde kontrolünü kaybederek sabit sermayenin parçası haline gelmesine yol atığını iddia eder. Kâr oranlarının düşmesi sonucunda makineleşmenin yani otomasyonun yükselişe geçtiğini savunan Marx, otomasyon ile emek verimliliğinin artmasının sermayenin organik bileşimini de artıracadığını bunun da sömürüyü azaltacığını ifade etmektedir (Marx, 2022, s. 390).

Marx (1951), emek tasarrufu sağlayan yeni teknolojileri üreten veya kullanan endüstrilerde yeterli sayıda iş üretilmeyebileceğini savunmuştur. Teknolojinin sağlayacığı maliyet avantajıyla düşen fiyatların, işinden edilen işçilerin talebinde azalma olması sebebiyle mala olan talepte yeterli artış sağlamayacığını belirten ilk kişi ise Malthus (1820)'dur. Hatta Schumpeter de yaratıcı yıkımın iş gücü piyasasında sert ve uzun sürebilecek uyuşmazlık yarattığının ve bunun işsizlik türünün en önemlisi

olarak kabul ettiği teknolojik işsizliğe neden olduğunun farkındaydı (Feldmann, 2013, s. 1101). Marx da benzer görüşteydi ve teknolojik gelişmelere üretimde kullanılan emekte azalmaya yol açıp işsizliğe neden olduğu için olumsuz bakmıştır. Marx, gelişen teknoloji ile emeğin makinelerle rekabete girmek zorunda kalacağını bunun ise toplumsal huzursuzluğa sebep olacağını düşünmektedir. Bundandır ki Marx’a göre teknoloji çok da görkemli bir şey sanılmamalıdır (Marx, 2016, s. 68-92).

Makine tek başına çalışma süresini kısaltabilecek seviyede bir teknolojiyken, makinenin kapitalist tarzda kullanımı iş gününü uzatır. Makine tek başına insan emeğine kolaylık sağlarken, makinenin kapitalist tarzda kullanımı çalışmanın yoğunluğunu artırır. Makine tek başına zenginliği artıracak bir verimlilik sağlarken, makinenin kapitalist tarzda kullanımı işçiyi yoksullaştırır (Marx, 2022, s. 421). Bu yüzden Marx da Luddistler gibi makinelerin hem işsizliğe hem de çalışmaya devam etme şansı olanların insanlık dışı bir şekilde sömürülmesine neden olduğunu fark etmiştir. Ancak çözüm yolu noktasında farklılaşmışlardır. Luddistler çözümü makineleri yakıp yıkmakta görürken, Marx ise proletaryanın saldırılarını makinenin kendisine değil sömürüye sebep olan makinenin kapitalist üretim tarzında kullanımına gerçekleştirmesi ve üretim araçlarına -bu noktada makinelere- tam olarak sahip olabilecekleri bir devrim yapması gerektiği kanaatindeydi (Campa, 2014, s. 87).

Marx, kapitalizmin teknolojik dinamizminin insanlığa getirdiği büyük faydaları elbette kabul etmiştir. Ancak Marx'a göre kapitalist üretimin yegâne aracı artı değer birikimi olduğu için kapitalizmde teknoloji ilk önce sermayenin değerlenmesi için bir araç olarak kullanıldığının altını çizmiştir (Smith, 2010, s. 211).

1.4.6. Keynes ve teknoloji

Teknolojik gelişmelerin, ağırlıklı olarak sanayiye etkilese de tarıma da saldırıp, gıda üretimi verimliliğinde büyük gelişmeler yaşanacağını düşünen John Maynard Keynes (1930, s.3), birkaç yıl içinde tarım, madencilik ve imalat sektörlerindeki tüm işlerin teknolojik değişiklikler sayesinde insan emeğinin sadece dörtte biriyle gerçekleştirilebileceğini öngörmüştür.

John Maynard Keynes'in 1930 yılında kaleme aldığı “Torunlarımızın Ekonomik Olanakları” başlıklı makalesinde teknolojik işsizlik kavramını kullanmış ve teknolojik işsizliği yeni bir hastalık olarak tanımlamıştır. İnsan emeği kullanımını daha tasarruflu

yani ekonomik anlamda daha uygun duruma getiren teknolojilerin keşfedilme hızının emeğe yeni alanlar yaratılması hızını aştığını bu nedenle işsizliğin ortaya çıktığını söylemiş ve ortaya çıkan bu işsizliğin teknolojik işsizlik olduğunu vurgulamıştır (Keynes, 1930, s. 3).

Bunun yalnızca geçici bir uyumsuzluk evresi olduğunu söyleyen (Keynes, 1930, s. 3-4), uzun vadede insanlığın bu ekonomik sorunu çözeceğini öngörmüş ve 100 yıl sonrası için bir kehanette bulunmuştur: Gelişmiş ülkelerdeki yaşam standardının bugünkünden dört ila sekiz kat daha fazla olacağı. Bu kehanetine bağlı olarak ikinci kehaneti ise insanların 100 yıl sonra üç saatlik vardiya veya haftalık 15 saat çalışarak hayatlarını devam ettirebilecekleridir. Böylece Keynes, savaş ya da nüfusta önemli bir artış olmadığı varsayımıyla gelecekte insanlığın ekonomik sorununun yani geçim mücadelesinin kalıcı bir sorun olmayacağını altını çizmiştir.

Keynes'in ilk kehanetinin şimdiden gerçekleştiği rahatlıkla söylenebilirken, ikinci kehaneti için aynı şey söylenememektedir. Keynes, 100 yıl önce ekonomik büyüme ve yaşam standardı için öngördüğü yükseliş konusunda başarılı olurken, ne yazık ki çalışma ve boş zamana ait öngörülerinde yanılmıştır.

1.4.7. Solow büyüme modeli

1950li yıllarda yayınladığı makalesinde teknolojik ilerlemeyi büyümenin nedeni olarak gören ancak nasıl ortaya çıktığını açıklayamayan neo-klasik büyüme modeli olarak da bilinen Solow büyüme modeli üç temel varsayıma dayanır: ölçeğe göre sabit getiri, tam rekabet ve dışsalılıkların olmaması. Modelde üç üretim faktörü yer alır: sermaye, emek ve teknoloji (üretim) bilgisi. Solow'un temel büyüme modelinde teknolojik gelişmelerin olmadığı üretim bilgisinin değişmediği yani teknolojik büyüme hızının sıfır olduğu varsayılır. Firmalar bu üç üretim faktörünü kullanarak üretim yaparlar ve teknolojinin sabit olduğu varsayımından ötürü üretim sermaye ve emeğin miktarına bağlı olarak değişmektedir:

$$Y = F(K, L) \quad (1.2)$$

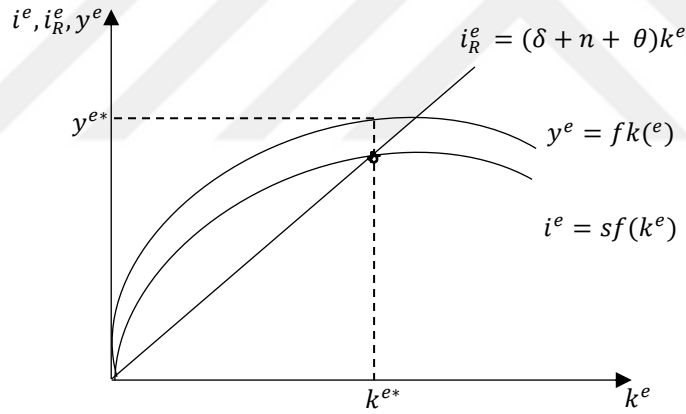
Modelde teknolojik büyüme hızı sabit kabul edildiğinden sermaye birikiminin büyüme üzerinde oynadığı rol ele alınır. Ancak sermaye birikimi ekonomik büyümeyi

sağlamaz, uzun dönemde işçi başına çıktının sabit olduğu durağan duruma doğru yönelir (Solow, 1956, s. 66; Ünsal, 2007, s. 112-114).

Teknolojik gelişmeler aynı sermaye ve emek miktarı ile daha fazla üretim yapılmasını sağlar. Bunu da ya sermayenin etkinliğini artırarak ya emeğin etkinliğini artırarak ya da iki faktörün etkinliğini birden artırarak gerçekleştirir. Teknolojik ilerlemenin ihmal edildiği Temel Solow Modelini teknolojik ilerlemeyi de kapsayacak şekilde genişletmenin yolu teknolojik ilerlemenin emeğin etkinliğini artırdığını kabul etmekten geçer. Bu durumda teknoloji “A” ile ifade edilirse, emek (L) ile çarpımına etkin emek denir. Bu durumda Genel Solow Modelinde üretim sermaye ve etkin emeğe göre değişir (Solow, 1956, s. 85):

$$E = AL \quad (1.3)$$

$$Y = F(K, E) \quad (1.4)$$



Şekil 1.8. Solow Diyagramı: Genel Solow Modeli (Solow, 1956, s. 70)

Şekil 1.8’de ekonomi etkin işçi başına yatırım eğrisi (i^e) ile etkin işçi başına gerekli yatırım doğrusunun (i_R^e) kesiştiği noktada durağan durum dengesinde. Genel Solow modelinde işçi başına çıktıda meydana gelen devamlı artışın diğer bir ifadeyle ekonomik büyümenin nedeni teknolojik gelişmedir. Bu durum, durağan durumda etkin işçi başına çıktının sabit olduğu dikkate alınarak şöyle ifade edilebilir:

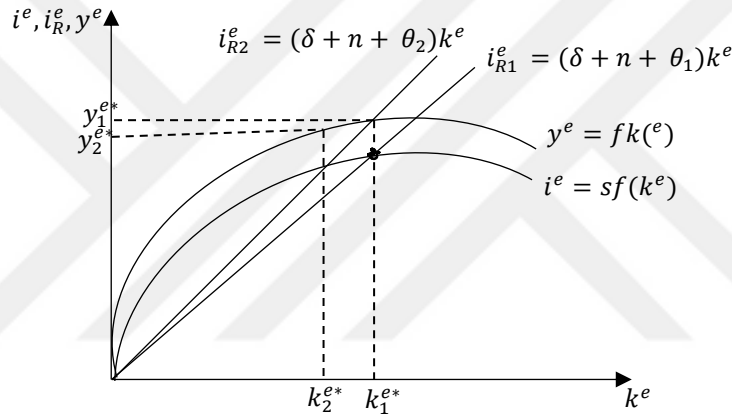
$$y = y^e A$$

$$g_y = g_{ye} + g_A$$

$$g_y = 0 + g_A$$

$$g_y = g_A = \theta \quad (1.5)$$

1.5 no'lu denklemde işçi başına çıktı hızı (g_y) teknolojik gelişme hızına eşit ($g_A = \theta$) olarak büyür. İşçi başına çıktıda devamlı artışın nedeni teknolojik ilerlemelerdir (Ünsal, 2007, s. 200). Teknolojik ilerleme hızında yaşanacak değişimin ekonomik büyümeye üzerinde oluşacak etkisi Şekil 1.9'da gösterilmiştir.



Şekil 1.9. Teknolojik İlerleme Hızının Değişmesi (Ünsal, 2007, s. 206)

Ekonomi ilk etapta etkin işçi başına yatırım eğrisi ile etkin işçi başına gerekli yatırım doğrusunun kesiştiği yerde durağan durumdadır. Ardından θ_2 'ye yükselen teknolojik ilerleme etkin işçi başına gerekli yatırım doğrusunu daha dik konuma getirmiştir. Yeni etkin işçi başına gerekli yatırım doğrusu ile etkin işçi başına yatırım eğrisinin kesiştiği yerde ekonomi yeni durağan durumundadır. Artan teknolojik ilerleme hızı etkin işçi başına sermayeyi k_2^{e*} seviyesine, etkin işçi başına çıktının ise y_2^{e*} seviyesine düşürmüştür (Ünsal, 2007, s. 206). Etkin işçi başına hasılanın azalması ekonomi için salt kötü anlamına gelmemektedir. Çünkü teknolojik ilerlemenin θ_1 'den θ_2 'ye yükselmesi işçi başına hasılayı artırmıştır. Grafik statik olduğu için durum kötü görünse de aslında olumsuz bir gelişme söz konusu değildir.

Solow (1957) yaptığı çalışmasında ABD'deki büyümenin nedenlerini incelerken sermaye ve emek girdilerindeki artışı hesaplayıp üretimde gerçekleşen artışın bundan daha fazla olduğunu tespit etmiştir. Solow, analizinde sermaye ve emek faktörlerinin büyüme hızına katkılarından sonra kalan farkın teknolojik gelişme olduğunu saptamıştır. Ona göre ekonomik büyümenin önemli bir kısmı teknolojik gelişmelerden kaynaklanırken geri kalan kısmı sermaye ve emek girdilerindeki artıştan kaynaklanmaktadır. Buna göre teknolojik gelişmelerden kaynaklanan üretim artışı dolayısıyla büyüme, Solow artışı olarak nitelendirilmiştir.

Solow büyüme modelinde teknolojinin gökten düşen bir elma misali nereden, nasıl ve kim tarafından meydana getirildiğinin bilinmemesi ve bu yüzden dışsal bir değişken olarak kabul edilmesi bize teknolojik gelişmelerin devlet tarafından finanse edildiği ve firmaların buna herhangi bir bedel ödmeden sıfır maliyetle sahip olduğu yorumunu yaptırır. Ancak gerçek dünya böyle bir yer değildir. Bu yüzden bu modelin gerçeğe biraz daha yaklaşması için dışsallıklar veya tam rekabet gibi varsayımlarından vazgeçilmesi gerekir. Bu da bizi 1980'lerde geliştirilmeye başlanan Paul Romer, Robert Lucas ve Rebelo gibi isimlerin teknolojiyi ekonomik büyüme modellerine içsel değişken olarak ekledikleri içsel büyüme teorilerine götürür (Ünsal, 2007, s. 233).

1.4.8. İçsel büyüme teorileri

1776'da Adam Smith'le başlayan iktisadi büyümenin nedenleri sorusu halen gizemini korurken büyümenin nedenlerini açıklamadaki bu sınırlı başarının nedeni birtakım açıklanamayan dışsal faktörlerden kaynaklanmaktadır. İktisadi büyümenin kaynakları arasında özellikle teknolojik ilerlemeler bugüne kadar hep "dışsal" kabul edilmiş ve açıklanmadan bırakılmıştır. 1980li yılların sonlarına doğru bilgi iletişim teknolojilerinde yaşanan gelişmeler ve diğer teknolojik ilerlemelerle birlikte daha önce dışsal kabul edilen bu gelişmeler yeni büyüme kuramı olarak modellere içsel değişken olarak dahil edilmeye başlanmıştır (Yeldan, 2011, ss. 3-4).

İçsel büyüme modellerinin geliştirilmesinin ana sebebi Solow büyüme modelindeki yetersizliktir. Bu yetersizlik Solow'un uzun dönem için kişi başına çıktıda gerçekleşen artışın sebebinin verimlilikte meydana gelen artış olduğunu söyleyip bu verimlilik artışının nasıl gerçekleştiğini izah etmeyerek modelin dışında belirlenen bir veri olarak kabul etmesinden kaynaklanmaktadır. Bu yetersizlik de verimlilikteki artışın

içsel olarak açıklanmasını gerekli kılarak içsel büyüme kuramlarının çıkış noktasını oluşturmuştur (Abel vd., 2017, s. 218). Bu durumda içsel büyüme modelinin neoklasik büyüme modellerinden farkları,

- Ekonomik büyümenin belirleyicilerinin sistemin içinde oluşması,
- Teknolojik ilerlemelerin bir ekonomik sistem içinde oluşması yani teknolojinin içselleştirilmesi,
- Artan verimler kanununa dayanması,
- Yakınsama hipotezinin reddedilmesi,
- Kamu politikaları, eğitim, dış ticaret, doğurganlık oranı, sağlık gibi pek çok faktörün ekonomik büyümeyi uzun dönemde etkileyebildiğinin benimsenmesi şeklinde özetlenebilir (Berber, 2006, s. 173-174).

1.4.8.1. AK modeli

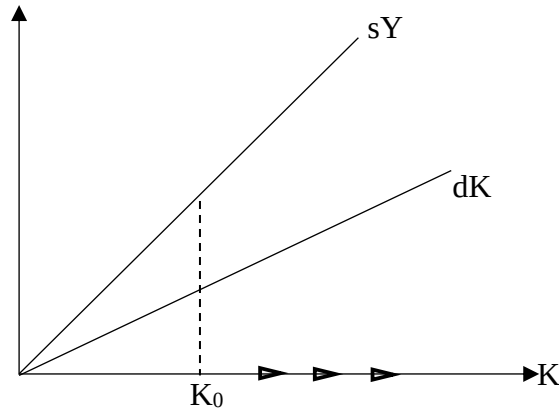
Politikaların uzun dönemli büyüme oranını etkileyebilmesi anlamında içsel büyümeye izin veren en basit modellerden biri AK modelidir (Jones, 1998, s. 148). AK modeli neoklasik modelin üretim fonksiyonundan emek, toprak gibi yeniden üretilmeyen faktörlerin çıkartılıp beşeri sermayenin eklenmesiyle oluşturulan geniş sermayenin fonksiyona eklenmesiyle elde edilen bir modeldir (Berber, 2006, s. 177) ve neoklasik modelin aksine üretimde azalan verimler kanununu ve teknolojinin dışsallığını benimsemez (Ros, 2000, s. 157). Orijinal Solow modelinden türetilerek elde edilen üretim fonksiyonu aşağıdaki gibidir (Jones, 1998, s. 148):

$$Y = AK \quad (1.6)$$

Burada A pozitif bir sabittir ve teknoloji seviyesini temsil etmektedir. Toplam üretim fonksiyonu temeline kurulan AK modeli, bir ekonomideki çalışan sayısının değişmediği yani sabit olduğu varsayımıyla işçi başına üretimdeki büyüme oranının çıktı başına üretime eşit olduğunu göstermektedir. 1.6'da yer alan fonksiyon $A=Y/K$ şeklinde yazıldığında A sabitinin bir birim sermaye (K) ile üretilen çıktı (Y) miktarını temsil ettiği görülmektedir. A'nın sabit oluşu ise sermaye (K) miktarının artması ile sermayenin marjinal ürünün sabit kaldığını ifade etmektedir. Bu da üretimin azalan verimler kanunun bu modelde işlemediğini göstermektedir (Abel vd., 2017, s. 258-259).

$$\dot{K} = sY - dK \quad (1.7)$$

Ekonomide sermaye, bireyin tüketmek yerine çıktının bir kısmını yatırım yapması ile birikmektedir. 1.7’de s yatırım oranı, d ise yıpranma oranı olup ikisi de sabit varsayılmakta ve ayrıca basitlik olması için nüfus artışının da olmadığı varsayılmaktadır. Şekil 1.8’de dK eğrisi gerekli yatırım miktarını, sy eğrisi ise toplam yatırımı temsil etmektedir. Şekil 1.8’de de gösterildiği gibi toplam yatırımın toplam amortismandan büyük olduğu ve ekonominin K_0 noktasında başladığı varsayılmaktadır. Böyle bir ekonomide toplam yatırımın toplam amortismandan büyük olması sermaye stokunun büyüdüğünü ve bu büyümenin de zamanla devam etmesi sebebiyle modeldeki büyümenin asla durmadığı anlaşılmaktadır. Bu modelde Solow büyüme modelinin aksine sermaye birikiminde azalan getiriler hâkim olmadığı için her bir sermaye biriminin marjinal ürünü her zaman A ’dır. Yerine ek sermaye konulduğu için sermaye birikimi azalmamaktadır (Jones, 1998, s. 149). Marjinal verimliliğin azalan yerine sabit oluşu, Solow’un büyüme modelinden kritik bir önemde ayrıldığını göstermektedir. Sermayenin marjinal verimliliğinin azalmamasına gerekçe olarak içsel büyüme teorisyenleri beşerî sermayeyi işaret eder. Çünkü insana yapılan yatırım zamanı geldiğinde ülke ekonomisinin verimliliğini artıracaktır. İçsel büyüme teorisyenleri, bir ülke ekonomisinde fiziki sermaye stoku arttığında beşerî sermaye stokunun da aynı oranda artma meyiline sahip olacağını kabul ettiğinden, fiziki sermaye stokunun artmasıyla bu sermayeler yine aynı miktarda beşerî sermaye ile çalışacağı için sermayenin marjinal verimliliğinde azalma meydana gelmeyecektir. Buna ek olarak da bir ekonomideki araştırma geliştirme (Ar-Ge) faaliyetleri ile ticari anlamda bilgi stokunda artış meydana geleceği için bu kazanımlarla yaratılacak verimlilik artışı sermayenin marjinal verimliliğinde yaşanabilecek olası bir azalma meyillini dengeye getirecektir (Abel vd., 2017, s. 259).



Şekil 1.10. AK Model (Jones, 1998, s.149)

Şekil 1.10’de açıklanmaya çalışılan durum matematiksel olarak şöyle ifade edilebilir:

$$\frac{\dot{K}}{K} = s \frac{Y}{K} - d$$

$$\frac{\dot{K}}{K} = sA - d$$

$$g_y = \frac{\dot{Y}}{Y} = sA - d \quad (1.8)$$

1.7’de yer alan fonksiyonun her iki tarafı K ’ya bölüldüğünde en nihayetinde elde edilen sonuç çıktıdaki büyüme oranının sermayedeki büyüme oranına eşit olduğudur. Bu da AK modelinin önemli bir sonucunu ortaya koymaktadır: Ekonomik büyüme oranının yatırım oranının artan bir fonksiyonu olduğu (Jones, 1998, s. 150).

1.8’de yer alan eşitlik, Solow büyüme modelinde reddedilen bir argümana karşı çıkmaktadır. Bu eşitlikte, çıktıdaki büyüme oranının tasarruf oranına bağlı olduğu gösterilmektedir. Bu da tasarrufun oranının uzun dönem çıktı büyüme oranını etkilediği anlamına gelmektedir ki yüksek tasarruf oranları ve sermaye, beşerî sermaye ve Ar-Ge’ye yapılacak yatırımların teşvik edilmesi demektir. Tüm bunların sonucunda kazanılacak verimlilik artışı ekonomideki uzun dönemli büyümenin canlandırılmasına katkı sağlayacaktır (Abel vd., 2017, s. 260).

1.4.8.2. Arrow-Romer modeli

Solow'un büyüme modelinde iş gücü verimliliğini artıran her şey olarak tanımlanan teknolojik ilerlemeyi Romer bilgi stokundaki artışlar yani daha verimli üretim yapılmasına ilişkin yeni bilgiler olarak tanımlamış ve modelini bunun temelinde oluşturmuştur (Valdes, 1999, s. 99). Arrow'un "The Economic Implications of Learning by Doing" makalesinden faydalandığı için bu modele "Arrow-Romer" modeli de denmektedir. Bazı sektörlerde maliyetin düşüp kalitenin yükseldiğini ve bununla birlikte üretim hızının da düşmediğini gözlemleyen Arrow bunun "yaparak öğrenme" ile mümkün olduğunu anlamıştır (Berber, 2006, s. 177). Yaparak öğrenme neticesinde emeğin elde ettiği tecrübe, teknoloji ile birlikte bilgide artışı sağlamaktadır. Arrow, bilgiden elde edilen çıktının ürün çıktısından daha kıymetli olduğunun altını çizmiştir (Erdoğan ve Canbay, 2016, s. 34).

Arrow'un yaparak öğrenme fikrine dayanarak modelini geliştiren Romer modelinde teknolojik ilerlemeleri firmaların üretim yaparken farkında olmadan ürettikleri yan ürün olarak kabul etmiştir. Bu da tıpkı Solow'un modelinde olduğu gibi teknolojik gelişmelerin bedel ödenmeksizin firmalarca elde edildiği anlamına gelmektedir. Bunu sağlayan ise yaparak öğrenme ve bilginin yayılmasıdır (Jones, 1998, s. 153).

Bir firma yatırım yaparak sermaye stokunun yanı sıra bilgi stokunu da artırır. Çünkü bilgi birikimi büyük ölçüde makineleşmenin yan ürünü olarak ortaya çıkar. Bir firmanın üretim ortamına yeni bir makine eklemesiyle birlikte firmadaki iş gücü yavaş yavaş o makineye alışır, makineyi tanır ve makineden alınabilecek maksimum verimin nasıl gerçekleşeceğini öğrenirler. Yani bunu esasen o makineyi kullanarak öğrenirler. Ayrıca, yeni makineye uyum sağlama sürecinde iş gücü yeni üretim organizasyon biçimleri tasarlayıp makineyi geliştirmek için yeni fikirler de bulabilirler. İşte bu süreç "yaparak öğrenme" olarak bilinmektedir. İnsanlar, yeni bir tekniği üretimde fiilen kullanarak öğrenirler. Diğer taraftan kullandıkları bu yeni tekniği geliştirmek için fikir üretirler. Bu yüzden, daha yüksek sermaye-emek oranı bilgi stokunun da artmasını sağlamaktadır (Valdes, 1999, s. 100-101). Yaparak öğrenme, yapay zekâ sistemlerinin de temel özelliği arasındadır. Yapay zekâ bir görevi yerine getirirken kendisine atanan eğitime verilerini kullanarak onları daha verimli hale getiren bir yaparak öğrenme işlevi içerirler. Nihayetinde düzgün ve kaliteli eğitime verileri ile beslendiği sürece yapay zekâ

Üretim sürecinde verimliliği artırma potansiyeline sahiptir (Petropoulos ve Kapur, 2022, s. 6).

Arrow-Romer modelinde de Solow modelde olduğu gibi firmalar teknolojik gelişmelere bir karşılık ödemeden sahip olabilmektedir. Bu da her firmanın bilgi stokuna başka firmaların bir maliyet olmaksızın ulaşabildikleri anlamına gelmektedir. “Bilginin yayılması” denen bu olguya göre bir ekonomideki her firma aynı teknoloji bilgi düzeyine sahiptir (nsal, 2007, s. 244).

Bir firma diğer firmaların sahip olmadığı teknik bir bilgiyi üretimde kullanarak bir nevi kamuya ifşa eder. Böylece o bilgi başka firmalar tarafından da bilinir ve kullanılabilir hale gelir. Bundandır ki teknik bilginin saklanması çok zordur. Romer (1986) bu bağlamda teknik bilginin hemen yayıldığı ve bütün firmaların da bunu ücret ödemeksizin kullanabileceği varsayımlarını benimsemiştir. Bunlar çok uę varsayımlardır. Çünkü bilginin yayılımı anlık değildir; zaman alır ve patent gibi koruyucu sistemlerle korunan bir bilgi, karşılığı ödenmeden başkası tarafından kullanılamaz. Ancak Romer’in burada kastettiği firmanın sahip olduğu bilginin bilincinde olmaması, bu bilgiyi bilinçsizce üretmesidir. Böyle bir durumda da o bilgi başka firmalar tarafından kullanılabilir (Valdes, 1999, s. 102-103). Romer’e göre yeni bir bilginin kusursuz bir şekilde patentlenmesi ve saklanması zordur ve bu da yeni bilgiyi üreten firmanın diğer firmalar üzerinde bir pozitif dışşallık yaratmasına sebep olmaktadır (Berber, 2006, s. 177).

Firmalar tarafından üretilen bilginin işareti olarak kişi başına sermaye yerine ekonomide mevcuttaki toplam sermaye stokunu dikkate alan Romer, bilgi sermayesinin azalan verimler değil artan verimler yasasına tabii olduğunu kabul etmiştir. Bir ekonominin sermaye stokunun büyüklüğüne göre ekonomik bilgi retiler. Bilgi sermaye stoku artınca ekonomik büyüme de artmaya devam edecektir. Bilgi sermayesinin büyüklüğüne ve getiri oranının yüksekliğine göre ekonomik büyüme hızı da o kadar yüksek olacaktır. Burada ekonomik büyüme araştırma geliştirme faaliyetlerine adanan zamana ve kaynağa bağlı olarak değişim gösterecektir (Parasız, 2003, s. 193-195).

1.4.8.3. Lucas modeli

İçsel bir büyümenin oluşması için dışsallığa ihtiyaç duymayan ve bu sebeple Solow'un büyüme modeline daha yakın olan Robert E. Lucas (Parasız, 2003, s. 105), 1988 yılında Solow modeline beşerî sermayeyi ekleyerek modeli geliştirmiştir:

$$Y = F(K, Lh) \quad (1.9)$$

Lucas'ın beşerî sermaye ile geliştirdiği modelinde beşerî sermaye “h” ile gösterilmektedir. Y, K ve L terimleri de Solow modelinde olduğu gibi sırasıyla toplam çıktıyı, sermayeyi ve emeği ifade etmektedir (Ünsal, 2007, s. 249). Emeğin sahip olduğu bilgi ve becerilerin tümü olarak tanımlanan beşerî sermayeye yapılan yatırımlar genel olarak eğitim yatırımları gibi düşünülse de bu yatırım yaparak öğrenmeyle birlikte çalışma esnasında kendi kendine de ortaya çıkabilir (Berber, 2006, s. 179). Lucas, teknolojinin beşerî sermaye ile önceden daha fazla işçinin yaptığı bir işin teknoloji kullanılarak daha az işçinin yapmasıyla üretkenliği artırdığını böylece ekonomik büyüme sürecine katkı sağladığını savunmuştur. Ayrıca işçilerin eğitim ve beceri kazandırılarak gelişen teknolojilere ikame ya da tamamlayıcı olarak ekonomik büyümenin motoru haline gelebileceğinin altını çizerek devletin teknolojiye ve teknolojiyi üretip kullanabilecek beşerî kaynağa önem vermesi gerektiğini ifade etmiştir (Lucas, 1988, s. 17-18).

Modelde büyüme beşerî sermaye birikiminin sonucunda gerçekleşmektedir. Modele göre beşerî sermaye birikimi dışsal büyüme gösterdiği için Solow'un modeline benzemektedir (Parasız, 2003, s. 105).

1.9'da yer alan model Solow'un modelindeki üretim fonksiyonundan çok farklı bir yapıya sahip değildir. 1.4'te yer alan “ $Y = F(K, E)$ ” fonksiyonunda etkin emeği ifade eden “E” emeğin üretimde harcadığı zaman u , toplumun ortalama beceri seviyesi h ve ülkedeki emek arzı N ile de ifade edilebileceğinden üretim fonksiyonu:

$$Y = F(K, uhN) \quad (1.10)$$

şekline dönüşmektedir ve emeğin beceri seviyesi, üretimde harcadığı zaman ve emek arzı ile çıktı arasında doğru yönlü bir ilişkinin varlığı anlaşılmaktadır (Lucas, 1988, s. 17-18). Lucas (1988), emeğin becerisini artırmasının çalışma zamanının haricinde kalan zamanla yani $(1-u)$ ile ilişkili olduğunu; boş zamanın fazlalaşmasının emeğin bilgi

birikimi ve becerisini de artırdığını belirtmiştir. Arrow-Romer'in yaparak öğrenme modelinin aksine Lucas'ın beşerî sermaye modeli üretime ayrılan zamanın değil, boş zamana ayrılan sürenin artmasının beşerî sermaye birikimini artırarak ekonomik büyümeye yol açacağını savunmaktadır (Berber, 2006, s. 180).

Lucas ayrıca, yaparak öğrenmenin beşerî sermaye birikimini artırabileceğini, özellikle ileri teknoloji kullanarak mal üreten sektörler için yaparak öğrenmenin hızlı gerçekleşeceğini, bunun da beşerî sermaye birikimini hızlandıracağını ifade etmektedir (Lucas, 1988, s. 27-28). Yüksek teknolojiye sahip ülkelerde, beşerî sermaye birikiminin artması az gelişmiş ülkelere emek hareketinin meydana gelmesine sebep olarak koşullu yakınsamanın ülkeler arasında gerçekleşmemesini sağlayabilir. Bu da az gelişmiş ülkelerde büyümenin gelişmesini engellemekte ve yüksek teknolojili gelişmiş ülkelerin de durgun duruma girmelerine sebep olmaktadır (Lucas, 1988, s. 32-33). Buradan hareketle devletin eğitim politikalarına gereken önemi vererek kendi beşerî sermayesini elinde tutup, onu geliştirebilmeyi sağlaması gerekmektedir.

1.4.8.4. Araştırma-geliştirme modeli

Teknolojik gelişmelerin büyük bir kısmı firmaların Ar-Ge faaliyetlerinden doğan bilinçli ürünlerdir. Bazı içsel büyüme modelleri de buradan yola çıkarak teknolojik gelişmelerin Ar-Ge faaliyetleri neticesinde nasıl meydana geldiğini açıklamaktadır (Ünsal, 2007, s. 251).

“Endogeneous Technological Change” isimli makalesiyle ekonomik büyümede Ar-Ge tabanlı bir yaklaşım sunan Paul M. Romer, Ar-Ge için çalışan beşerî sermaye ve bu çalışanların emeği neticesinde elde edilen ürün ve yöntemler üzerinde durmuştur (Jones, 1998, s. 2). Romer (1990)'e göre, ekonomik büyüme için teknolojik yenilikler şarttır ve bunun tohumları Ar-Ge için ayrılan birimlerin laboratuvarlarında aranmalıdır (Berber, 2006, s. 181). Bir ekonomide Ar-Ge birimlerinde çalışan beşerî sermaye (bilim insanı, teknisyen, araştırmacı vb.) ne kadar fazlaysa ve bu beşerî sermaye ne kadar yeni bilgi ve yeni teknoloji geliştiriyorsa ekonomi de o kadar büyüyecektir. Kâr amacı güdülerek yapılan Ar-Ge yatırımları sonucu kazanılan yeni bilgiler, fikirler ve bilgi birikimi Ar-Ge tabanlı içsel büyüme modelleri için kilit bir role sahiptir (Romer, 1990, s. 71).

Ar-Ge modelinin en önemli özelliği bilginin bilinçli bir şekilde oluşturulmasıdır. Romer bilgi birikimini kamusal bir mal kabul etmiş ve bir firma tarafından elde edilmiş yeni bir bilginin, tekniğin ya da ürünün alınabilmesi için o firmaya “patent hakkı”nın ödenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Ar-Ge’ye yatırım yapılmasındaki temel motivasyon ögesi yeni ürünler için elde edilecek olan monopol konumudur. Devlet tarafından bu monopol konumun korunması için ciddi bir patent sisteminin sağlanması ve bilginin yayılmasının engellenmesi gerekmektedir. Böylece monopol konumdan istenilen kâr elde edilmiş olur. Romer’e göre bilginin üretiminin sosyal getirisi özel getirisinden daha yüksektir çünkü üretilen yeni bilgi yapılan araştırmaların etkinliğini artırmaktadır. Böylece Ar-Ge çalışmalarına verilecek sübvansiyonlar ile ekonomik büyüme hız kazanmış olacaktır (Berber, 2006, s. 181; Parasız, 2003, s. 197).

Modelde, yeni bilgiler ve teknikler sayesinde ürün çeşitliliği artacak ve ürün farklılaştırması oluşacaktır. Böylece dış ticaret ile genişleyen piyasa gelir, servet ve büyüme etkisi yaratacaktır. Genişleyen piyasa daha çok araştırma yapılmasına imkân sağlayacak ve daha hızlı büyüyen bir ekonomi yaratacaktır. Romer, buradaki piyasa büyüklüğünde nüfusu değil, beşerî sermaye stokunu ölçüt olarak almıştır (Özer ve Çiftçi, 2009, s. 221). Sonuç itibarıyla, ekonomik büyüme sermaye birikiminin yanı sıra beşerî sermaye, bilgi birikimi, inovasyon ve teknoloji ile sürdürülebilir hale gelmektedir (Romer, 1990, s. 81).

Grossman-Helpman modelinde de bilinçli olarak ortaya konan teknolojik gelişmeler içseldir ve teknolojik gelişmelerle sağlanan verimlilik ekonomik büyümeye yol açmaktadır. Bir ekonominin büyümesi için o ülkenin yaptığı dış ticarete ve dışa açıklık oranına dikkat çeken Grossman-Helpman modeli, az gelişmiş ülkelerin Ar-Ge’ye gereken yatırımı ayıramayışı eksikliğini ancak gelişmiş ülkelerden teknolojiyi transfer alarak kapatabileceğini söylemektedir. Ancak, bu transferin gerçekleşebilmesi az gelişmiş ülkelerin teknoloji transferi için sağlayacağı teşvik ve ulus-aşırı firmalar için sağlayacağı kolaylığa bağlı olmaktadır (Grossman ve Helpman, 1991, s. 43).

Grossman-Helpman modelinde hem gelişmiş hem de az gelişmiş ülkeler için dış ticarete korumacı politikaların ülke ekonomisinin büyümesinde olumsuz etki yaratacağı savunulmaktadır. Gelişmiş ülkelerde bu etki harcamaların Ar-Ge sektöründen tüketim sektörüne kaymasıyla gerçekleşecektir. Ar-Ge sektörüne ayrılan yatırımların düşmesi yeni bilgi ve teknik üretimini engelleyeceğinden bu da ekonomik büyümeyi sekteye

uğratacaktır. Korumacı politikaların aksine ticaretin serbest hale gelmesi ise az gelişmiş ülkelerde gelişmiş ülkelere yapacakları teknoloji transferi ile yeni bilgiye ve teknolojiye ulaşım kolaylığı sağlarken, gelişmiş ülkelerde de Ar-Ge sektöründe vasıflı emeğin istihdamını özendirecektir (Grossman ve Helpman, 1994, s. 39).

Ar-Ge temelli diğer içsel büyüme modeli Aghion ve Howitt (1992)'in Schumpeter'in yaratıcı yıkım teorisinden etkilenecek şekilde geliştirdiği bir modeldir. Modelde dikey teknolojik yenilikler rekabet kaynağını oluşturmaktadır ve bu yenilikler ile artık “önceki” yenilikler eskilmektedir. Böylece Schumpeter'in “yaratıcı yıkım”ı oluşmakta ve bu yıkım aslında eski teknoloji ve şu anki Ar-Ge çalışmaları ya da diğer bir deyişle, mevcut yenilikler ve gelecek Ar-Ge çalışmaları arasında negatif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu negatif ilişki aslında dikey teknolojik yeniliklerden kaynaklanan kaliteyi de temsil etmektedir. Aynı zamanda mevcut yenilikler gelecekteki Ar-Ge çalışmaları için pozitif dışsallık yaratmaktadır. Ancak bu hususun üreticiler için negatif sonuçları olacaktır (Aghion ve Howitt, 1998, s. 53).

Üretim ve araştırma olmak üzere piyasada iki sektör olduğu varsayımı yapılan Aghion ve Howitt'in modelinde nihai malın üretim sektöründe, ara malın ise araştırma sektöründe üretilmektedir. Yeni icatlar, yöntemler ve yenilikler araştırma sektöründe yapılan çalışmalar sonucunda çıkmakta ve bu yenilikler -girişimcilerin kâr elde etme dürtüsünü harekete geçirdiği için- eski yeniliklerden kazanılan rantları yok etmektedir. Aghion-Howitt modeline göre büyüme tam da bu noktada gerçekleşmektedir: yeni ürünlerin yaratıcı yıkım ile eski ürünlerin yerini alması. Aghion-Howitt modeli yeni teknolojinin eskisinin yerini alacağını söylemektedir ancak bunun kolay gerçekleşeceğini söylememektedir. Çünkü teknolojinin yayılması zaman alır ve teknolojik yeniliklere uyum sağlamak kolay değildir (Aghion ve Howitt, 1992, s. 323-324).

Aghion ve Howitt, Ar-Ge faaliyetleri pozitif dışsallıklara yol açarak ekonomik büyümeyi gerçekleştireceği için devletlerin her zaman destekleyecekleri bir araç olarak kabul etmişlerdir. Devletler, Ar-Ge faaliyetinde bulunan yeni ürün, teknik icat eden firmalara/kuruluşlara piyasa düzenlemelerini sağlayarak monopol hakkı kazandırarak Ar-Ge çalışmalarını destekleyebileceği gibi direkt yardımda da bulunabilir (Berber, 2006, s. 181-182).

İçsel büyüme modelleri ile daha önce dışsal kabul edilen teknolojik gelişmeler içselleştirilmiş ve büyüme üzerinde rol oynayan önemli bir faktör haline gelmiştir. Her ne kadar içsel büyüme modelleri teknolojik gelişmelerin bir anda oluştuğunu varsaysa da teknolojik gelişmelerin bir anda değil küçük ve bazen yavaş adımlarla ilerleme katettiğini tarih bizlere göstermektedir. Teknolojik gelişmelerin gerçekleşmesinde temel rol oynayan, daha önce yeterince üzerinde durulmayan hatta dikkate alınmayan bilgi birikimi, Ar-Ge faaliyetleri ve beşerî sermaye gibi faktörler de içsel büyüme modelleri ile ön plana çıkarılmış ve ülke ekonomileri üzerindeki önemi ortaya konmuştur. Neo-klasik büyüme modellerinde geri planda kalıp içsel büyüme modelleri ile tekrar ön plana çıkan devlet ise üretimi teşvik etme, koordinasyonunu sağlama ve kontrol etme, beşerî sermayeyi güçlendirecek eğitim politikaları sunma, patent haklarını koruma gibi görevleri üstlenerek tekrar etkinlik kazanmıştır (Berber, 2006, s. 184-185; Parasız, 2003, s. 197).

İKİNCİ BÖLÜM

2. YAPAY ZEKÂNIN EKONOMİK ETKİLERİ: LİTERATÜR TARAMASI

Yapay zekâ, sürücüsüz arabalardan insansız hava araçlarına, cep telefonlarımızdaki sanal asistanlardan e-ticaret işlemlerine kadar savunma, sağlık, sanayi, finans, hizmet gibi hemen hemen her sektörün içinde, artık hayatımızın merkezinde yer almaktadır. Öyle ki yapay zekâ algoritmaları daha önce arattığımız bilgiler neticesinde bize reklam önermekte, daha önce sıklıkla peş peşe dinlediğimiz şarkılara göre çalma listesi oluşturmakta, evimizde eksik olan ürüne göre marketten sipariş vermekte, bu ay ödediğimiz faturanın geçen aya kıyasla yüksek olduğunu söylemekte, sohbet robotları sorularımıza bir müşteri temsilcisi tatminkârlığında cevaplar vermekte ve daha nicelerini yapmaktadır.

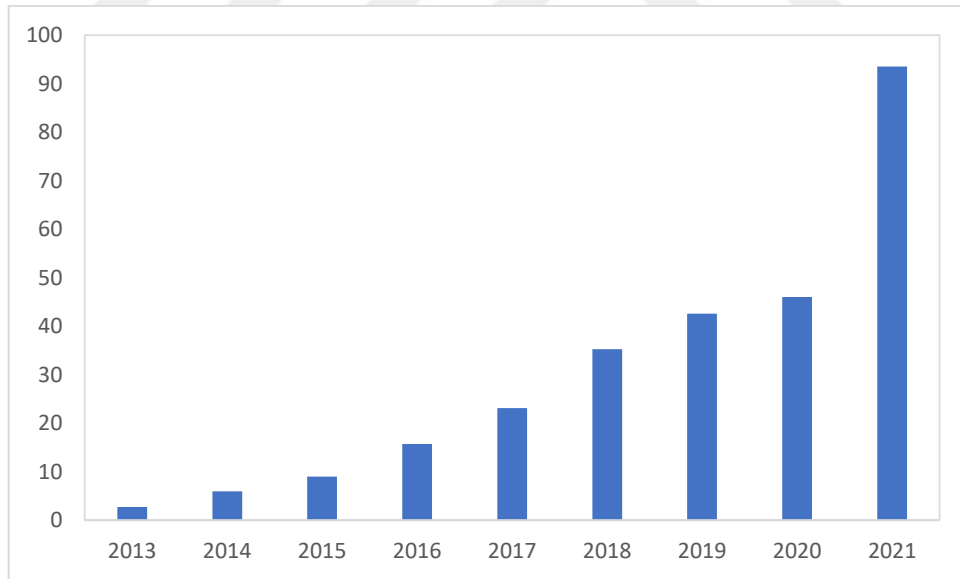
Böylesine hayatımıza nüfuz etmiş yapay zekâ teknolojileri artık bir bilim kurgu fantezisi olmaktan çıkmış, programlamada açık parametreler (explicit parameters) dahi olmadan öğrenebilen, kendi tepkilerini üretebilen, insan beyninin belli bilişsel özelliklerini geliştirebilen bir hale dönüşmüştür (Su, 2018, s. 35). Giderek artan çok büyük miktarda verinin mevcudiyeti yapay zekânın özellikle son yıllarda etkileyici bir ilerleme kaydetmesine olanak sağlamıştır (Schwab, 2016).

Yapay zekâ teknolojileri tıbbi teşhis, finans, ticaret, ulaşım, yatırım, hizmet, sosyal politika hatta savunma da dahil olmak üzere birçok alanda rol oynamaktadır. İçinde bulunduğumuz yüzyılda artık günlük hayatımızın bir parçası haline gelmeye başlayan yapay zekâ teknolojilerinin henüz net etkilerinden bahsedemesek de ülke ekonomilerini ve toplumsal refahı şu an için olumlu bir şekilde etkilediği de görülmektedir. Yapay zekâ teknolojileri ve bu alanda yapılan tüm bilimsel çalışmalar üretimde verimliliği artırma ve/veya maliyeti azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Yanisky-Ravid ve Velez-Hernandez, 2018, s. 4-5). Buna istinaden Andrew Ng (2018), yapay zekâyı “yeni elektrik” olarak addetmektedir. Yine de genel olarak yapay zekânın hem muazzam faydalar sağlayabilecek hem de muazzam riskler sunabilecek bir teknoloji olarak tasvir edildiğini unutmamak gerekir: ütopya ya da distopya, cennet ya da cehennem (Ernst ve Mishra, 2021, s. 2).

Yapay zekâdan bugüne kadar elde edilen ve elde edilmesi beklenen potansiyel avantajlar hem endüstriyel anlamda firmaların hem akademiye yönelik olarak

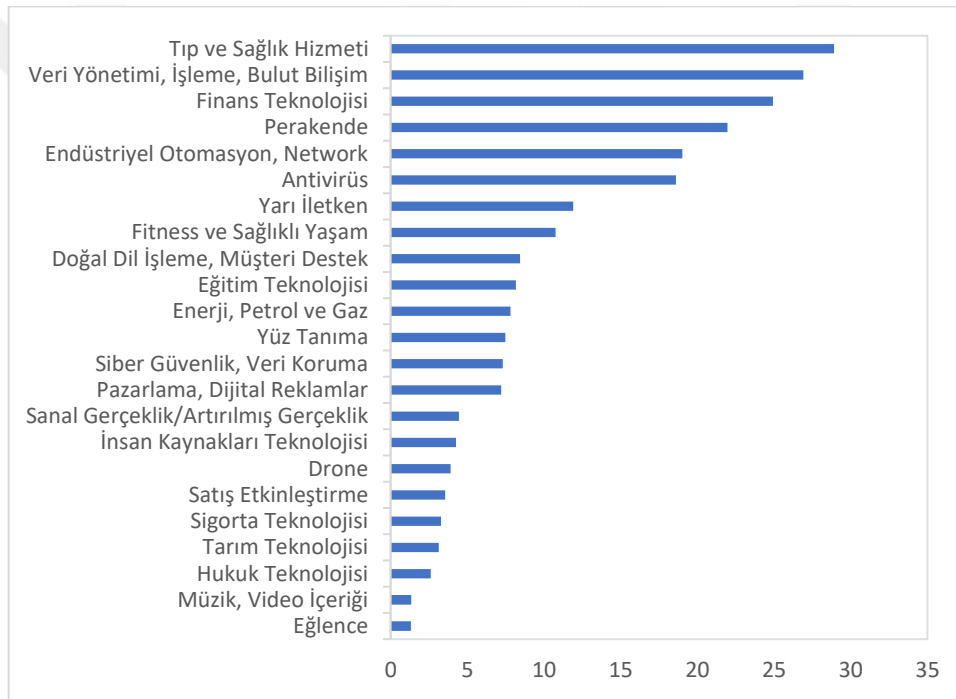
üniversiteler gibi araştırma kuruluşlarının ve devletlerin yapay zekâya yönelik yatırımlarını artırmasını teşvik etmektedir. Bu durumda yapay zekâya yatırım yapacak olan firmalar, devletler veya özerk veya bağımsız araştırma kuruluşları yapay zekâ teknolojisinin hangi sektörlerde potansiyelinin daha yoğun olduğunu ve olacağını göz önünde bulundurarak kaynaklarını bu teknolojinin yatırımlarına ayırmaktadır.

Elbette farklı sektörlerdeki girişimciler/firmalar ekonomik olarak uygulanabilmesi, kârını maksimize etmesi halinde yeni bir teknolojiyi kullanacak ve üretim kararlarında yeni bir sermaye/emek oranı seçecektir. Bu husus üretimin yanı sıra iş gücüne olan talep ve ücretler ile de ilişkili olacaktır. Yapay zekâ teknolojilerinde durumun böyle olup olmayacağı ise hâlen tartışılan bir konu (Fossen vd., 2022, s. 1) olsa da son yıllarda yapay zekâ teknolojilerine yapılan yatırımlar azımsanacak gibi değildir. Şekil 2.1.'de yapay zekâ özel yatırımlarına küresel çapta bakıldığında 10 yıllık süreçte olağanüstü bir artış yaşandığı görülmektedir. 2013'te 2,3 milyar \$ olan yatırım 2021 yılında 93,5 milyar \$'a ulaşmıştır. Sadece 2020 yılından 2021'e bakıldığında bile yapay zekâya yapılan toplam özel yatırımın ikiye katladığı görülmektedir.



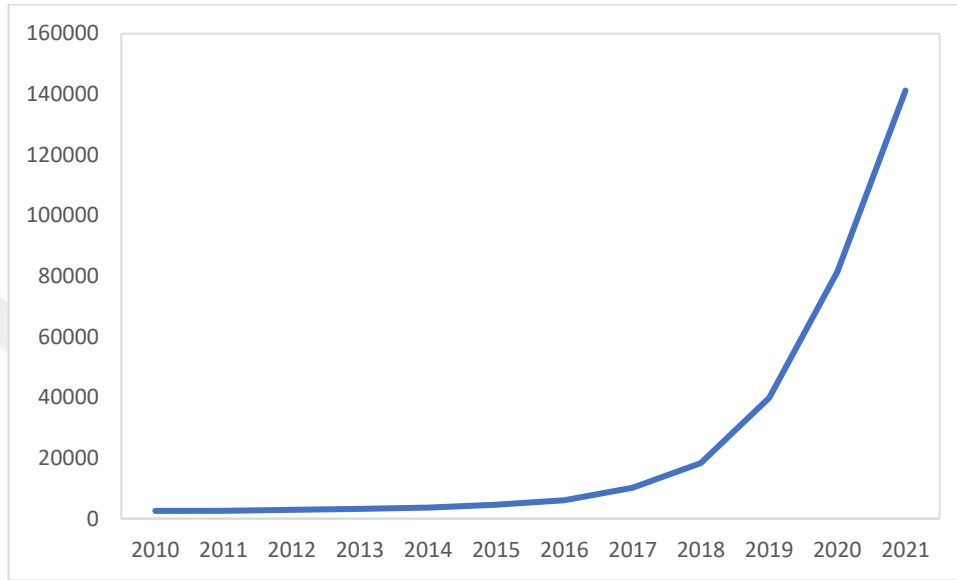
Şekil 2.1. *Yapay Zekâya Yapılan Özel Yatırımlar (Milyar Dolar Cinsinden)* (Zhang vd., 2022)

Yapay zekâ alanında yapılan yatırımlar potansiyelinin yüksek olduğu sektörlerle göre dağıldığı için çoğunlukla belli faaliyet alanlarında yoğunlaşmaktadır. Şekil 2.2.'de 2017-2021 dönemi faaliyet alanına göre yapay zekâ özel yatırımlarına yer verilmiştir. Buna göre ilgili dönemde küresel çapta yapay zekâ özel yatırımları en çok sağlık (29 milyar \$), bilişim (27 milyar \$) ve finans teknolojisi (25 milyar \$) sektörlerine yapılmıştır. Faaliyet alanlarına göre yapay zekâ yatırımları genellikle en çok ihtiyaç duyulan, yapay zekâ teknolojilerinin en çok benimsendiği ve uygulanabilirliğinin olduğu alanlara ayrıldığından yeni teknolojilerin ekonomik etkilerinin anlaşılmasında daha iyi bir çerçeve sunması için yatırımların faaliyet bazlı dağılımı büyük önem taşımaktadır.



Şekil 2.2. 2017-2021 Dönemi Faaliyet Alanına Göre Yapay Zekâ Özel Yatırımları (Milyar Dolar Cinsinden) (Zhang vd., 2022)

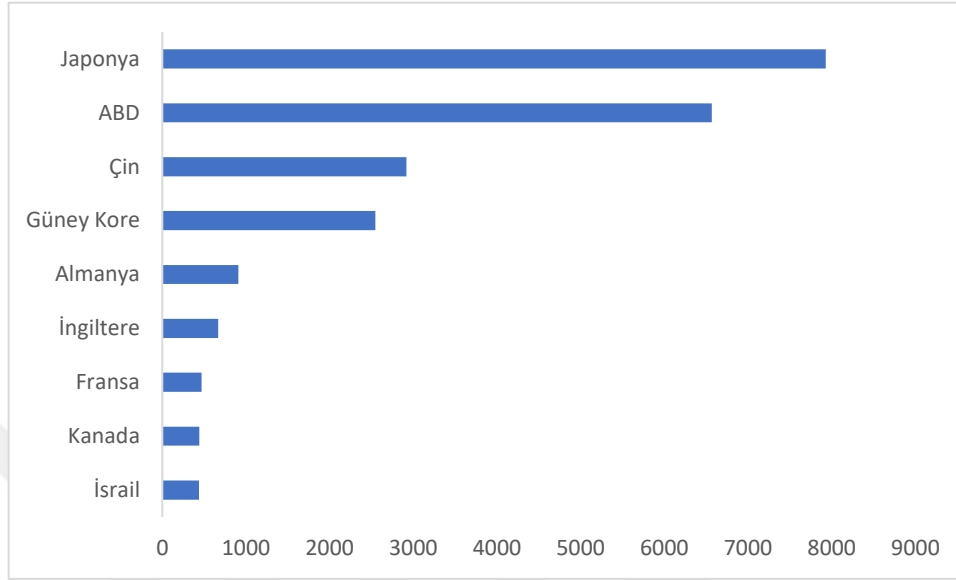
Yapay zekâda yaşanan teknolojik ilerlemelere ilişkin incelenmesi gereken diğer önemli bir gösterge ise bu alanda yapılan patent başvurularıdır. Yapay zekâyâ yatırım yapan firmalar, devletler veya özerk veya bağımsız araştırma kuruluşları bu yatırımlar neticesinde gerçekleştirilen her türlü araştırma geliştirme faaliyetlerinden ortaya çıkacak patent gibi çıktılar sayesinde daha yenilikçi ve rekabetçi bir konuma gelebileceklerdir.



Şekil 2.3. 2010-2021 Dönemi Yapay Zekâ Patent Başvuru Sayısı (Zhang vd., 2022)

Şekil 2.3.'te 2010 yılından 2021'e kadar yapılan yapay zekâ alanındaki patent başvuruları gösterilmiştir. Bu alanda 2015 yılından sonra yükselişe geçen patent başvuruları son 12 yılda 55 katına çıkmıştır. Yapay zekâ patent başvurularına bölge bazında bakıldığında %62,1 ile en çok başvuru Doğu Asya ve Pasifik'e aitken onu %17 ile Kuzey Amerika ve %4,1 ile Avrupa ve Orta Asya takip etmektedir. Yapılan başvurulara karşılık en çok patent alan bölgeler ise %56,9 ile Kuzey Amerika, %31 ile Doğu Asya ve Pasifik, %11,2 ile Avrupa ve Orta Asya olmuştur. Damoli vd. (2021) yapay zekâ alanıyla ilgili en az bir patent başvurusunda bulunan dünya çapında 5257 şirket için 2010-2016 yıllarında yaptıkları çalışmada yapay zekâ patent başvurularının şirketlerin iş gücü verimliliği üzerinde ekstra pozitif bir etki yarattığı sonucuna ulaşmışlardır. Bu pozitif etkinin özellikle Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler (KOBİ) ve hizmet sektöründe olduğu bulunmuştur. Bu da yapay zekâ patent başvurusunda yaşanan önemli artışı açıklamaktadır. Ayrıca, bilgi işlem maliyetlerindeki düşüşle birlikte bilgi işlem kapasitesinin ve depolama alanının artması, internetin, dijital

iletimin kullanımının artması ile veri biliminin yükselişi gibi gelişmeler yapay zekâ alanında patent başvurularının artmasını tetiklemiştir (Nguyen ve Vo, 2022, s. 40).



Şekil 2.4. 2010-2017 Dönemi Yapay Zekâ Alanında En Çok Patent Alan Ülkeler (IP5 Patent Ailesi) (OECD, 2022)²

Yapay zekânın küresel ölçekte ekonomik faaliyetlerin artmasına katkıda bulunmak için sahip olduğu potansiyel aşikârdır. Bu potansiyelin yapay zekâ teknolojilerinin ve uygulamalarının olgunlaşmasıyla hızlı bir ivme ile aşamalı olarak gerçekleşmesi beklenmektedir (Aarvik, 2019, s. 19). Hızla artan bilgi işlem gücü ve sistemlerin ve aygıtların birbirlerine bağlanabilirliği, artık her zamankinden daha erişilebilir olan büyük hacimli verilerin derlenmesini ve paylaşılmasını mümkün kıldığından yapay zekâ teknolojileri için bir ivme yaratılmış olmaktadır. Bunun en önemli göstergesi yapay zekâ alanındaki patentlerin dünya çapında artış göstermesidir (Szczepanski, 2019, s. 2).

Ampirik çalışmalarda patent ve bilimsel dergi sayıları teknolojik gelişmelerin yaygın ölçütleridir. Dergilerde yayınlanan makalelerden elde edilen akademik bilgi, üretim için somut teknolojik girdilere dönüştürülmesini sağlarsa bu araştırmalar da genel üretkenliğe ve büyümeye katkıda bulunmuş olur. Patentler ise Schumpeterci bağlamda ele alındığında yeni teknolojinin icadından elde edilen tekel rantlarının

²İkinci bölümde yer alan şekillerde dönem farklılıkları, verilerin mevcudiyetindeki sınırlılıklardan kaynaklanmaktadır.

sahipliğini temsil etmektedir. Verimliliği artıran yeni teknolojiler icat edildikçe *yaratıcı yıkım* sürecindeki eski teknolojiler ortadan kaldırılır. Daha iyi teknolojiler yaratıldıkça da firmalar daha üretken hale gelir ve muhtemelen ölçeğe göre artan getiri durumuna ulaşılır. Dolayısıyla, daha yüksek patent yoğunluğuna sahip ülkeler daha yüksek üretkenlik ve üretim seviyelerine ve tabii ki ekonomik büyümeye işaret edebilir (Gonzales, 2023, s. 3-4). Dünya Fikri Mülkiyet Örgütü (World Intellectual Property Organization - WIPO) yüzyılın başından bu yana yapay zekâ alandaki bilimsel makalelerin sayısında bir patlama yaşandığını ve bunu da 2013-2016 yılları arasında patent başvurularında bir yükselişin takip ettiğini ortaya koymuştur. Bu durum akademideki teorik araştırmaların yapay zekâ teknolojilerinin ticari ürünlerde ve hizmetlerinde pratik uygulamalarına doğru bir geçişe işaret etmektedir. WIPO, alınan patentlerde yapay zekânın esas uygulama alanı olarak en çok makine öğrenmesi alanında olduğunu, derin öğrenme ve sinir ağlarının ise bunu takiben en hızlı büyüyen teknolojiler olduğunu düşünmektedir. Yapay zekâ ile ilgili patentin en fazla alındığı alanlar telekomünikasyon, ulaşım, tıp, akıllı cihazlar vb. iken uygulama alanları ise çoğunlukla akıllı şehirler, tarım, bankacılık ve finanstan oluşmaktadır (WIPO, 2019, s. 38-40).

Bu dönemde araştırmaların ön saflarında yer alan ülkeler Japonya, ABD, Çin ve Güney Kore olup, bu ülkeler birlikte yapay zekâ ile ilgili patent başvurularının neredeyse üçte ikisini oluşturmaktadır ve özellikle Çin ile Güney Kore geçmiş sonuçlarına kıyasla yapay zekâ patent sayısında önemli artışlar kaydetmiştir. Ancak aynı durum Avrupa Birliği (AB) ekonomileri için geçerli değildir. 2000-2005 döneminde yapay zekâ ile ilgili toplam buluşların %19'una katkıda bulunan AB ülkeleri 2010-2015 yılları arasında ise %12'lik bir katkıda bulunarak önceki döneme göre bu oranı azaltmıştır. Yapay zekâ yarışında AB'nin yapısal bir dezavantaja sahip ve AB'deki firmaların yapay zekâyı benimseme düzeyinin düşük olması nedeniyle yapay zekâ alanındaki patent sayılarından ABD ve Asya ülkelerinin gerisinde kaldığı düşünülmektedir. Ancak AB'nin yüksek katma değerli üretim yapma ve küresel konumunu iyileştirmek için iyi nitelikli iş gücünü kullanma potansiyeline sahip olduğu da unutulmamalıdır (Szczepanski, 2019, s. 2-3). Şimdiden görünen durum ise yapay zekânın ekonomik etkilerinin ülkeden ülkeye, bölgeden bölgeye farklılık göstereceğidir. Bu farklılıklar ülkelerin ekonomik faaliyetlerine ve teknolojiyi özümsemeye hazır

olmasına bağılı olacaktır (Nguyen ve Vo, 2022, s. 41). Tüm bu sahip olunan teknolojik imkânlar kapsamında yapay zekânın özellikle verimlilik, dış ticaret, eşitsizlik, ekonomik büyüme ve istihdam gibi değişkenleri nasıl etkileyeceğı araştırmaya değer bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Hızla gelişen yapay zekâ teknolojisinin etkileme potansiyeline sahip olduğı en önemli alanlardan birinin ekonomi olması sebebiyle bu bölümün alt başlıkları yapay zekânın verimlilik, dış ticaret, eşitsizlik ve ekonomik büyüme üzerine etkileri hakkında düşünmek için başlangıç çerçevesi sunmaktadır. Yapay zekânın istihdam üzerine etkileri ise daha ayrıntılı bir çerçeveye sunulmuştur.

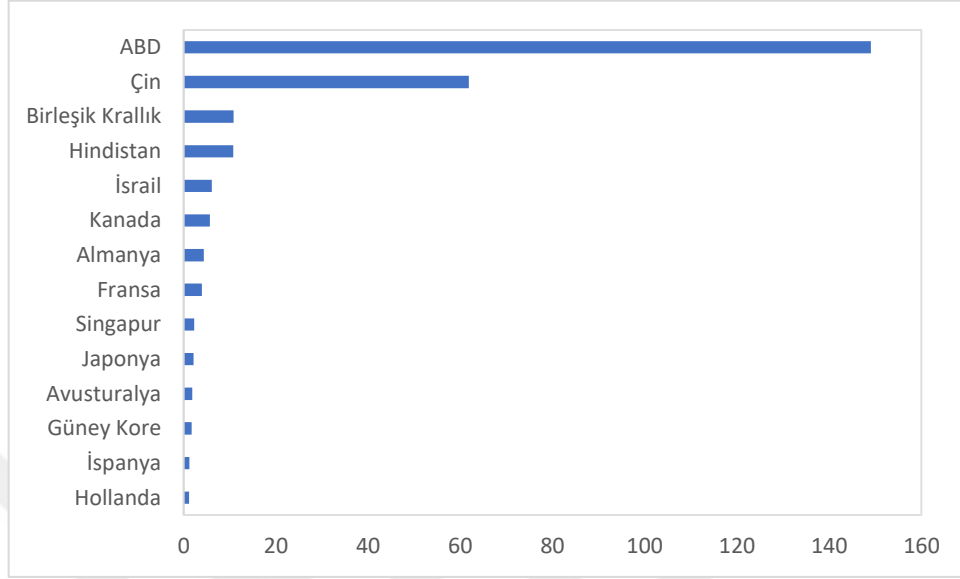
2.1. Yapay Zekânın Verimlilik Üzerine Etkisi

Yapay zekâ verimliliğı artırarak toplumsal refahı iyileştirmeyi vaat eden son yüzyılın gözde teknolojisi olarak kabul görmektedir. Bu sayede de küresel ticareti yeniden yapılandırma ve yapay zekâya yapılan yatırımlarla birlikte ekonomik büyümeye de katkı sağlama potansiyeline sahip bir gelişmedir. Yapay zekâ teknolojilerinin üretimde süreçlerin optimize edilmesiyle verimlilikte artışa yol açma potansiyeli ülkelerin yapay zekâ alanına yatırım yapma eğilimini pozitif anlamda etkilemesi beklenmektedir. Yapay zekâya yapılan yatırımlarla başta verimlilik olmak üzere dış ticaret, ekonomik büyüme ve toplumsal refah gibi ekonomik değişkenlerin olumlu etkileneceğı inancına sahip olan ülkeler rekabet güçlerini artırmak ve dünya ekonomisinde lider konuma gelebilmek için gelişen teknolojiye önem vermekte ve ulusal politika ve stratejilerini buna göre belirlemektedir.

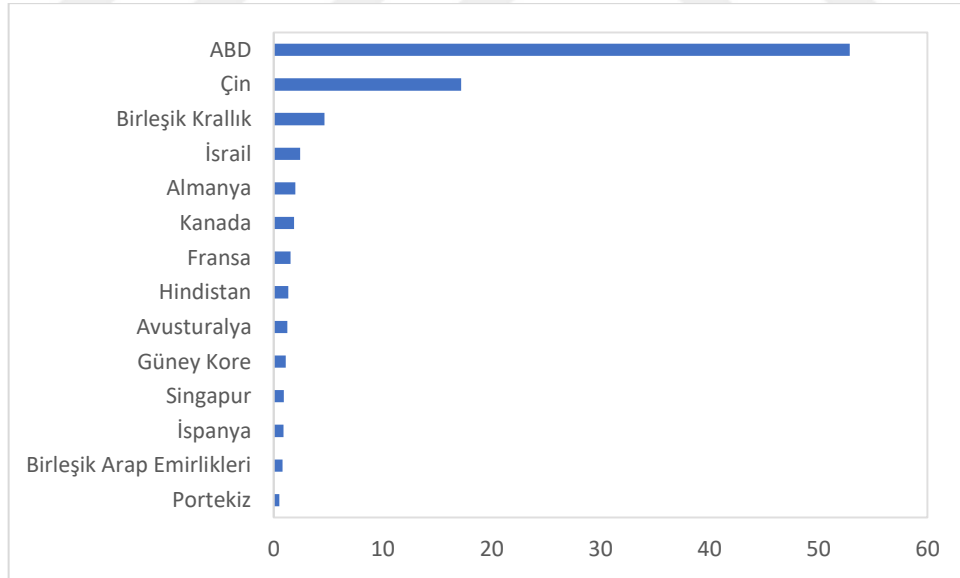
Şekil 2.5.'te yapay zekâya yatırım yapan bazı ülkelerin 2013-2021 dönemi için, Şekil 2.6.'da ise 2021 yılı için özel yatırım miktarları gösterilmiştir. Buna göre 10 yıllık dönemde yapay zekâya en çok yatırım yapan ülkeler 149 milyar \$ ile ABD, 61 milyar \$ ile Çin, 10 milyar \$ ile Birleşik Krallık ve Hindistan, 6 milyar \$ ile İsrail'dir. Sadece 2021 yılı verilerine bakıldığında zirvedeki ilk üç ülke sıralaması değişmezken, Hindistan İsrail, Kanada, Almanya ve Fransa'nın gerisinde kalmıştır.

Ekonomik büyüklüklerini de dikkate alarak konuşacak olursak, ABD ve Çin'in başı çekiyor olması şaşırtılacak bir sonuç değildir. Teknolojilerdeki ölçeğe göre büyük getiriler bu denli büyük yatırımların (diğer ülkelerde yapay zekâda yaşanacak

gelişmelerden bağımsız olarak) önümüzdeki on yıllarda bu iki ülkeyi daha da avantajlı konuma getirmesi ise kaçınılmazdır (Ernst ve Mishra, 2021, s. 5).



Şekil 2.5. 2013-2021 Dönemi Ülkelere Göre Yapay Zekâya Yapılan Özel Yatırımlar (Milyar Dolar Cinsinden) (Zhang vd., 2022)



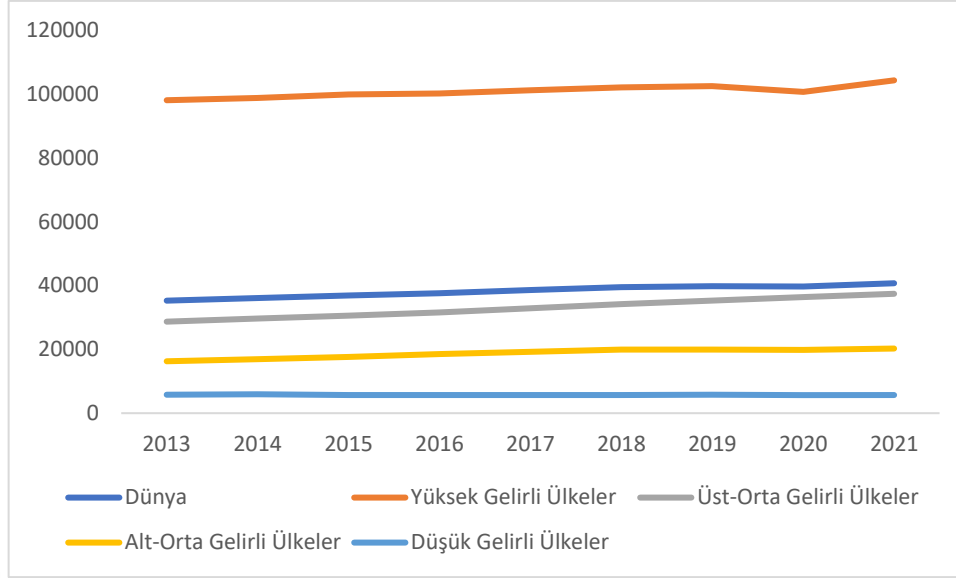
Şekil 2.6. Ülkelere Göre 2021 Yılında Yapay Zekâya Yapılan Özel Yatırımlar (Milyar Dolar Cinsinden) (Zhang vd., 2022)

Birçok ülke yapay zekâya yapılan yatırımları stratejik olarak görmektedir. Örneğin, Çin'in yapay zekâya yaptığı yatırımlar, Çinli bilim insanları tarafından bilimsel yayınların payında belirgin bir artışa yol açmıştır. Dünyanın büyük firmalarının birçoğu

yapay zekâya büyük yatırımlar yapmaktadır. Yapay zekâ için ne kadar veri o kadar fayda demek olduğu için daha büyük firmalar ve ülkelerin yapay zekâya yaptığı yatırımlar kendilerine daha fazla fayda olarak dönmektedir. Ancak yapay zekânın endüstriyel uygulaması henüz emekleme aşamasında olduğu için yapay zekâ ile ilgili rantların ne ölçüde yerleştirileceği belirsizdir (Agrawal vd., 2019, s. 145-147).

Şekil 2.1, 2.5, ve 2.6. birlikte değerlendirildiğinde hem ülke bazında hem dünya çapında yapay zekâ teknolojilerine yapılan yatırımların artmasına, bu teknolojilerde yaşanan muazzam gelişmelere rağmen yapay zekânın üretim sürecine katkısı emek verimliliği istatistiklerinde henüz yakalanamamıştır -Şekil 2.7.-. Yapay zekâ gibi son yıllarda çığır açan teknolojik ilerlemelerin etkileyici hızı dikkate alındığında, zayıf verimlilik artışı eğilimi şaşırtıcıdır. Akıllara özellikle yapay zekâ teknolojilerinde çarpıcı bir ilerleme gözlenirken üretkenlik artışında bir hızlanma olmaması nasıl mümkün olabilir sorusu gelmektedir (Brynjolfsson vd., 2018; Brynjolfsson, Rock, vd., 2019; Crafts, 2022; Venturini, 2022). Veri hacmi, işlem gücü ve bant genişliği her 2-3 yılda bir ikiye katlanırken, küresel üretim yalnızca her 20-30 yılda bir ikiye katlanmaktadır (Growiec, 2022, s. 1732).

Elbette, yapay zekânın potansiyel etkisinin çok geniş olması ve uygulanabileceği alanlara adapte olması için ihtiyaç duyulan tamamlayıcı inovasyonların büyük olması ve gerçekleşmesinin zaman alması nedeniyle yapay zekânın faydalarının toplam istatistiklerde kendini göstermesi zaman alabilir (Alderucci vd., 2020, s. 5). Ancak son yıllarda yapay zekâ gibi dijital teknolojilerin hızlı gelişimine rağmen iş gücü verimliliği artışı da yavaşlamıştır. Bu üretkenlik yavaşlaması büyük bir paradoks içermektedir. Örneğin, 1970li ve 80li yıllarda bilgi iletişim teknolojilerinin (BİT) dünya çapında yaygınlaşmasına rağmen, verimlilik istatistiklerinde önemli artışlar görülmemiştir (Petropoulos ve Kapur, 2022, s. 2,7) ve Solow (1987, s. 2) bu verimlilik paradoksunu *"Bilgisayar çağını her yerde görebilirsiniz ama üretkenlik istatistiklerinde göremezsiniz."* şeklinde özetlemiştir.



Şekil 2.7. 2013-2021 Dönemi Emek Verimliliği (Satın alma gücü paritesine göre 2017 yılı GSYH sabit fiyatlar cinsinden) (ILO, 2022)

Şekil 2.7.'de Dünyaya ve Dünya Bankası (World Bank – WB) tarafından yapılan ülke gelir sınıflamasına göre yüksek, üst-orta, alt-orta ve düşük gelirli ülkelere ait 2013-2021 döneminin işçi başına çıktı cinsinden emek verimliliği gösterilmiştir. 2013'ten 2021'e yapay zekâ yatırımlarında yaşanan muazzam artışa rağmen Şekil 2.7. incelendiğinde dünya çapında emek verimliliğinde çarpıcı bir artış Petropoulos ve Kapur (2022)'un da belirttiği gibi yakalanamamıştır. Yapay zekâya yatırımların büyük bir kısmının yüksek ve üst-orta gelirli ülkeler tarafından yapıldığı dikkate alındığında da sonuç yine değişmemektedir. Yapay zekânın sistematik olarak kullanılmaya başlanmasından bu yana geçen yıllarda, emek verimliliği büyümesinde çarpıcı bir artış görülmemiştir. Bu da yapay zekânın emek verimliliği üzerinde sonuçlarının kısa dönemde net bir şekilde görülmediği anlamına gelmektedir. Brynjolfsson vd. (2019)'e göre en kötü senaryo ise yapay zekâdan elde edilmesi beklenen yüksek verimliliğin uzun vadede de gözlemlenmeyeceği şeklindedir. 1970'lerin sonunda başlayan BİT devriminin 1995-2005 yılları arasında ancak üretkenlik istatistikleri açısından geçici olarak sonuç vermesi gibi yapay zekânın da toplam ekonomi üzerinde büyük bir etkisinin olmayacağını beklenmesi de en kötü senaryoya dahildir. Her ne kadar ekonomik teoriler teknolojik değişimin verimliliğe olumlu bir katkısı olacağını düşünse de 1970lerde başlayan özellikle gelişmiş ekonomilerde yoğun teknoloji kullanan ya da buna yatırım yapan sektörlerde bile -Verimlilik Paradoksu- üretkenlikteki yavaşlama

dikkat çekmektedir. Üretkenlikteki bu yavaşlamanın kaynaklarından biri olarak ise iş gücü verimliliği düşünülmektedir (Gordon, 2018).

Yapay zekânın, ölçülmesi kolay olmayan maddi olmayan sermaye ile ilişkisi verimliliğe olan katkısının yakalanmasını zorlaştıran nedenlerden biridir. Bu hususta, yapay zekânın verimliliğe olan katkısının yakalanması için maddi olmayan sermayenin daha iyi ölçülmesini sağlayacak ve üretim sürecine de katkı sağlayacak yeni yöntemlere ihtiyaç bulunmaktadır (Brynjolfsson, Rock, vd., 2019, s. 51). Yapay zekâ ve maddi olmayan sermaye yatırımlarının belli başlı bazı firmalarda yoğunlaşması (Kaus vd., 2020), firmaların yalnızca küçük bir kısmının yapay zekâdan elde edilen faydaları kazandığı ve sektörlerindeki konumu ilerletmesi sebebiyle de yapay zekâdan belli başlı birkaç firmanın yararlanması yapay zekâ teknolojileri yeterinde üretken olsa bile ortalama verimlilik artışının düşük kalmasına sebep olmaktadır (Petropoulos ve Kapur, 2022, s. 10).

Brynjolfsson vd. (2019, s. 31)'nin yapay zekâ ve benzer teknolojilerin faydalarının verimlilik istatistiklerinde neden görülmediğine ilişkin bir açıklaması da bu tarz teknolojilerin verimliliğe katkıda bulunması için geçen zamanla ve verimlilik J eğrisi ile ilgili olduğudur. Son on yıllar üzerinden ele alınacak olursa, yapay zekâ teknolojilerinin yeterli stok oluşturmaları, tamamlayıcı süreçlerini rayına oturtmaları ve bu teknolojilere ek yardımcı varlıkların icat edilmesi gerçekleşene kadar yapay zekânın vaat ettiği faydalar ekonomik verilere yansımaz. Yeni bir teknolojinin potansiyelinin fark edilmesi ile ölçülebilir etkilerinin ortaya çıkması arasındaki gecikme yeni teknoloji stokunun toplam etkiye sahip olacak kadar yeterli bir büyüklüğe ulaşmasının zaman almasından ve yeni teknolojinin tüm faydalarını elde etmek için tamamlayıcı yatırımların gerekli olması ve bu tamamlayıcıları keşfetmek, geliştirmek ve uygulamanın zaman almasından kaynaklanmaktadır. Buhar makinesi, elektrik, içten yanmalı motor, bilgisayar gibi teknolojiler verimliliği salt olarak kendilerinden değil tamamlayıcı yenilikleri teşvik ederek de artırmıştır. Örneğin buhar makinesinin ilk uygulama alanı kömür madenlerindeki suyun pompalanmasına yardımcı olmaktı. Ancak sonrasında makinelerin ve buharlı gemiler ile demiryolları gibi yeni ulaşım biçimlerinin icat edilmesini de teşvik etmiştir (Brynjolfsson, Rock, vd., 2019, s. 39). Gordon (2018, s. 23) ise verimliliğin istatistiklere yansımalarının zaman alacağını ancak yapay zekâdaki gelişmelerin 1920-1970 döneminde ABD'deki elektrik ve içten yanmalı motor gibi

yüksek üretkenlik artışı yaratan teknolojilere kıyasla daha az yıkıcı olduğunu söyleyerek yapay zekâdaki gelişmelerin iyimser beklentiler yarattığını savunmaktadır. Özetle, firmaların iş modellerini gözden geçirmeleri ve yeni dijital çağ için iş süreçlerini geliştirmesi, çalışanlarını bu yeni teknolojilerle etkileşim kuracak şekilde yeniden eğitmesi, bu teknolojilere uygun yazılımların kullanılması gerekmektedir. Bu tamamlayıcı yenilikler olmadan yapay zekânın hem toplam verimlilik hem de emek verimliliği istatistikleri açısından karşılığını vermesi zordur (Brynjolfsson vd., 2018, s. 2).

Brynjolfsson vd. (2018, 2019)'nin bahsettiği J-eğrisi, verimlilik J-eğrisi olarak bilinir ve yapay zekâ gibi bulunduğu çağda çığır açan bir teknolojinin kullanılmaya başlanmasıyla ilk etapta yavaş olan verimlilik artışının yıllar sonra keskin bir yükselişe geçtiği/geçeceği tarihsel bir modeli ifade etmektedir. Örneğin, elektriğin icadı. Elektriğin Amerikan fabrikalarında kullanılmasından sonra üretkenlik yirmi yıldan fazla bir süre durgun bir seyir göstermiştir. Verimlilik ancak makineleri kullanarak üretim hatlarını yeniden icat ettikten sonra gecikmeli olarak artmıştır (Petropoulos ve Kapur, 2022, s. 10). Burada fabrika elektrifikasyonu örneği, bir teknolojinin ortaya çıkışı ile ölçülen üretkenlik etkileri arasındaki zamana katkıda bulunan tamamlayıcı sermayenin kurulması ihtiyacını, diğer bir deyişle ilgili teknoloji için gereken tamamlayıcı yeniliklerin icat edilmesini, göstermektedir (Brynjolfsson, Rock, vd., 2019, s. 42).

Kimileri yanlış ölçümler nedeniyle aslında teknolojik ilerlemenin üretkenlik üzerindeki etkisinin gösterilen birçok tahminden daha büyük bir etkiye sahip olduğunu düşünmektedir. Bu yüzden OECD (2017, s. 299), büyük hacimli verilerdeki örüntülerin tespit edilmesi yoluyla yapay zekânın karar alma süreçlerini önemli ölçüde iyileştirmesini, maliyetleri düşürmesini ve böylece üretim faktörlerinin kullanımını ve kaynak tüketimini optimize etmesini beklemektedir. Bu durumda yapay zekânın üretkenliği artırmak için önemli bir potansiyele sahip olmasına rağmen, nihai etkilerin yapay zekânın ekonomi geneline yayılabilme ve tabana ulaşabilme performansı ile iş gücünde yeni teknolojilere ve emek için gereken yeni beceriler için eğitime yapılan yatırıma bağlı olacağı muhtemel görünmektedir.

Yapay zekâdan elde edilmesi beklenen yüksek verimliliğin uzun vadede de gözlemlenmeyeceği kötü senaryosunu bir kenara bırakıp yapay zekâ teknolojilerinin en temel özelliğine bakıldığında bunun yaparak öğrenme olduğu rahatça görülmektedir. Bu

da aslında yapay zekâ teknolojilerinin iyi kalitede, ilgili sağlam verilerle beslenmeleri halinde mal ve hizmet üretim süreçlerinin verimliliğini önemli ölçüde artırabilecek potansiyelde olduğuna işaret etmektedir (Petroopoulos ve Kapur, 2022, s. 6). Bu sayede yapay zekâ sistemlerinin de verimliliğinin artacağı göz önünde bulundurulduğunda, önce firma düzeyinde ardından ülke düzeyinde üretkenliği artırmaları şaşırtıcı olmayacaktır. Örneğin, Damioli vd. (2021) daha fazla YZ patent başvurusunun, özellikle KOBİ'ler ve hizmet sektörleri için firmaların emek verimliliği üzerinde olumlu bir etki yarattığını bulmuştur. Tahmine dayalı analiz yapan yapay zekâ teknolojilerine odaklanan Brynjolfsson vd. (2021) ise bu teknolojileri benimseyen firmaların daha yüksek üretkenliğe sahip olduğunu göstermiştir. Alderucci vd., (2020) de yapay zekânın çalışan başına gelir ve katma değerde yaşanan artışlarla ilişkili olduğu ile güçlü verimlilik etkileri ve firma içi ücret eşitsizliğinde artışlara da sebep olduğu sonucuna ulaşmıştır. Aynı zamanda yapay zekâyı üretiminde kullanan firmaların çok sayıda patent sahibi olan ve iyi Ar-Ge performansı gösteren işletmeler olma eğiliminde olduğunun da şaşırmayacak bir sonuç olduğunun altını çizmiştir. Graetz ve Michaels (2018), yapay zekâ olarak atadığı robotların kullanımının arttıkça iş gücü verimliliğinin de arttığını, robot yoğunluğunun iş gücü verimliliğinin yıllık büyümesini artırdığı sonucuna ulaşmıştır.

Yapay zekâ teknolojilerinin verimliliğe etkilerine ilişkin yapılan çalışmalar genel olarak bu teknolojinin iş süreçlerini etkileyerek zamandan veya maliyetten tasarruf ettirerek üretimdeki verimliliği artırması şeklindedir. Böylece büyük avantaj sağlayan firmalar, kazandıkları rekabet avantajıyla birlikte yalnızca yurt içi piyasalarda değil uluslararası piyasalarda da önemli bir rol oynamaya başlayacaklardır. Bu anlamda gerek üretim aşamasında gerekse lojistik ve tedarik zinciri yönetimi aşamasında yapay zekâ teknolojileri firmalara sağlayacağı verimlilik avantajlarıyla birlikte dış ticaretin de gelişimine katkı sağlamış olacaktır. Bu da bizi yapay zekâdan elde edilen verimlilik avantajının dış ticaret üzerinde de önemli etkileri olabileceğini göstermektedir.

2.2. Yapay Zekânın Dış Ticaret Üzerine Etkisi

Yapay zekâ dış ticaret üzerinde potansiyel olarak önemli etkileri olan ve sektörler genelinde ekonomik faaliyetleri etkileyebilecek türde bir teknolojidir (Meltzer, 2024, s. 129). Yapay zekânın ekonomik etkilerine yönelik artan ilgi ile bu teknolojinin dış ticaret üzerinde yaratacağı sonuçlar da ilgi görmeye başlamıştır (Achar, 2019, s. 119). Ancak

yapay zekânın dış ticaret üzerindeki etkisiyle ilgili teorik ve ampirik olarak çok az çalışma olduğundan bu etkiyle ilgili daha az şey bilinmektedir. Bunun yapay zekâ teknolojilerinin dış ticarete kullanımının henüz yaygınlaşmamasıyla ilgisi olduğu söylenebilir.

Yapay zekânın dış ticareti nasıl etkileyeceği hususu ise belirsizdir. Eğer yapay zekâ daha fazla otomasyona yol açıyorsa bu işlerin ülke içerisinde daha ucuza mal edilmesiyle birlikte dış ticareti azaltabileceği, mevcut işleri tamamlıyor ve daha yüksek üretkenliğe yol açıyorsa da ekonomik büyümeyi artırarak dış ticaret için yeni fırsatlar yaratabileceği düşünülmektedir (Meltzer, 2024, s. 129).

Yapay zekâ teknolojilerinin ve sistemlerinin dış ticarete ilişkin yaptığı şeyler arasında talebi tahmin ederek, envanterleri düzenleyerek, tedarik zinciri verimliliğini artırarak ve paketleri takip ederek depo kullanımını en üst düzeye çıkarmak, finansal kararları iyileştirmek, süreçleri kolaylaştırmak ve otomatikleştirmek, hizmetleri kişiselleştirmek, dolandırıcılığı tespit etmek ve müşteri hizmetleri giderlerini en aza indirmek gibi işlemler yer almaktadır (Achar, 2019, s. 120-121). Ayrıca, robotik teknolojisiyle paketleme ve envanter denetiminde verimlilik artırabilir. Firmalar tedarik zincirleri boyunca malların fiziksel denetimini, muhafaza edilme biçimini ve bakımını iyileştirmek için de yapay zekâyı kullanabilir (Meltzer, 2018, s. 2).

Yapay zekâ teknolojisini kullanan ve benimseyen firmalar ve ülkelerde üretim maliyetinde azalmayı sağlayarak hem yerel hem de uluslararası piyasalarda rekabet güçlerini artırabilirler. Yapay zekâ, fatura vb. belgelerdeki dış ticareti sekteye uğratabilecek hataları saptayarak sürecin daha sağlıklı ve hatasız ilerlemesini sağlayabilir. Benzer şekilde, yapay zekâ teknolojileri ile dış ticaret sürecindeki firmaların ve ülkelerin riskleri tespit edilerek bu risklerin azaltılması hususunda katkı sağlanabilir. Firmalar, ellerindeki verileri yapay zekâ teknolojilerini kullanarak kendileri için daha doğru kararların alınmasını sağlayacak şekilde analiz ettirebilirler. Böylece değişen tüketici talebi ve pazar yapısına yönelik olarak hareket edip daha iyi kararlar alabilirler. Bir başka avantaj ise yapay zekânın çeviri özelliğinin dış ticarete kullanılmasıdır. Uluslararası ticarete en önemli unsurlardan biri olan yabancı dili bir sorun olmaktan çıkarabilecek yapay zekânın çeviri özelliği dilleri simultane bir şekilde çevirerek firmaların küresel boyutta daha güçlü iletişim kurmasını sağlayabilir (Tüfenk, 2023, s. 16).

Ülkelerde konuşulan farklı dillerin dış ticareti büyük ölçüde engellediği düşünüldüğünde, yapay zekâ tarafından geliştirilen çeviri hizmetlerinin dijital platformların uluslararası ticaretin itici gücü olmasını daha da mümkün kıldığı görülmektedir. Sınır ötesi veri akışları böylece gerçek zamanlı ve sınır ötesi iş birliğine olanak tanımış olmaktadır. Yapay zekâ destekli çeviri hizmetleri aynı zamanda uluslararası ticaretin maliyetlerini de azaltmaktadır (Meltzer, 2018, s. 3, 2024, s. 134). Örneğin, eBay'in makine çevirisi hizmetinin bir sonucu olarak, ABD'nin İspanyolca konuşan Latin Amerika ülkelerine yapılan eBay tabanlı ihracat miktarını %17,5, ihracat gelirini ise %13,1 artış sağlamıştır. Bu da yapay zekâ tabanlı çeviri hizmetinin uygulamaya konmasının, ülkeler arasındaki mesafelerin %37,3 oranında azaltılmasıyla elde edilen ihracat artışına eşdeğer olduğu anlamına gelmektedir. Böylece makine çevirisinin dünyayı önemli ölçüde daha küçük ve daha bağlantılı hale getirdiği anlaşılmaktadır (Brynjolfsson, Hui, vd., 2019). eBay gibi yapay zekâ teknolojilerinden faydalanan dijital platformlar özellikle küçük firmaların küreselleşmesine büyük oranda yardımcı olmaktadır. eBay'in 2015 yılındaki raporuna³ göre küçük işletmelerin %93'ü sınır ötesi ticaret yapmakta ve tüm küresel pazarların erişim alanına girdiği bilinmektedir.

Yapay zekânın, dış ticaretten elde edilecek sonuçlarla birlikte ekonomik büyümenin türünü ve kalitesini etkileyeceği düşünülmektedir. Yapay zekânın otomasyonu genişletip, özellikle imalat sanayiinde düşük vasıflı emekte iş kaybına sebep olması halinde yapay zekânın hizmet ekonomilerine geçişi hızlandırması beklenmektedir. Buna paralel olarak yapay zekânın hizmet üretimine değer katmak için kullanılması durumunda hizmetlerin üretimdeki ve uluslararası ticaretteki payının daha da artmasına yol açmasına muhtemel gözüyle bakılmaktadır (Meltzer, 2018, s. 2).

Yapay zekâ gelişmeye devam eden bir teknoloji olduğundan hâlâ belli sınırlamaları olsa da dış ticareti olumlu yönde geliştirebilecek potansiyelde olduğu aşîkârdır. Örneğin, yapay zekânın tedarik zinciri verimliliğini artırma potansiyeli ticareti de artıracığından, yapay zekâyı benimseyen ülkelerin verimliliğinin artmasıyla ihracatının da artması beklenmektedir. Özellikle finans, sigorta ve çevrim içi tüketici platformları gibi yoğun şekilde veri kullanılan sektörlerde yapay zekâ gibi dönüştürücü

³Ebay 2015. "Empowering People and Creating Opportunity in the Digital Single Market" An eBay report on Europe's potential.

teknolojilerden elde edilen verimlilik faydalarının istatistiklerde kendini göstermesi zaman alacaktır. Bu nedenle yapay zekâ teknolojilerinin kullanımı yaygınlaştıkça ve tamamlayıcı yenilikler geliştirilip uygulandıkça olumlu etkiler beklenmektedir (Achar, 2019, s. 121).

Yapay zekânın dış ticaret üzerindeki potansiyel etkileri konusundaki öngörüler genel anlamda dış ticarete daha verimli ve sürdürülebilir bir geleceğe işaret etmektedir. Buna göre dış ticarete yapay zekâ teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte kullanımının artması verimlilikte artış, maliyetlerde azalış, ekonomik büyümede olumlu gelişmelerle birlikte küresel boyutta iş birliklerinde yeni fırsatların meydana gelebileceği beklenmektedir. Tüm bunların yanı sıra özellikle etik, gizlilik, teknolojiye bağımlılık ve siber güvenlik gibi konularda yapay zekâ taşıdığı risklerle dezavantaj da yaratabileceğinden firmaların ve ülkelerin yapay zekâ teknolojileriyle ilgili olası tüm senaryoları düşünerek hareket etmeleri gerekmektedir (Tüfenk, 2023, s. 17).

Yapay zekâ teknolojilerinin mal ve hizmet üretimine dahil olmasıyla birlikte hem yerel hem de dış ticarete ortaya çıkan rekabet ile baş edebilmeleri için ülkeler firmalara teşvikler sağlamaktadır. Böylece ticaret unsurunda yapay zekâ kullanımının teşvik edilmesiyle birlikte üretilen ürünlerdeki hata payının azaltılması, üretim sürelerinin kısaltılması, verimliliğin artırılması ve hatta özel nitelikli ürünlerin ortaya çıkarılması gibi küresel ekonomiyi olumlu etkileyen gelişmeler yaşanmaktadır (Al ve Bilgiç, 2023, s. 395, 405).

Yapay zekâ teknolojilerindeki gelişmeler, bu gelişmelerin benimsenmesi ve yaygınlaşmasının dış ticaret üzerinde yaratacağı potansiyel etkiler gibi ekonomik olguların yanı sıra sosyal olgular üzerinde de derin etkiler yaratması muhtemeldir. Öyle ki bu teknolojilerin yaygınlaşması eşitsizlik sorunlarını da beraberinde getirebilir. Hem ekonomik hem sosyal bir olgu olan eşitsizlik, yapay zekâ tabanlı sistemlerin iş gücü piyasasında yaratacağı değişimlerden kaynaklanabileceği gibi bu teknolojilere erişimde her ülkenin veya firmanın aynı fırsatlara sahip olamamasından da kaynaklanabilmektedir. Bu bağlamda yapay zekâ teknolojilerinin eşitsizlik üzerine potansiyel etkilerinin de değerlendirilmesinde fayda vardır.

2.3. Yapay Zekânın Eşitsizlik Üzerine Etkisi

Yapay zekâ teknolojilerinin genel anlamda pozitif etkilerinin sergilenmiş olduğu günümüzde, bu teknolojilerin kullanımının artması ve yaygınlaşmasıyla birlikte hem ekonomik hem toplumsal anlamda derin etkiler bırakabileceği potansiyel bir etki olan eşitsizliğin göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Eşitsizlik, gelir ve servet dağılımında, iş gücü piyasasında veya eğitim gibi alanlarda ülke içerisinde bireyler üzerinde görülebileceği gibi, sahip oldukları teknolojilerin farklılığından kaynaklı olarak ülkeler arasında da görülebilir.

Yapay zekânın olumsuz anlamda etkileme potansiyeli olan başlıca değişkenler ücret ve buna istinaden gelir dağılımıdır. İş gücü piyasasında yaşanacak olası dönüşümlere göre şekillenecek olan bu etki, yapay zekâ yeteneklerine sahip yüksek vasıflı emeğe olan talebin artma, aksi durumda ise düşük vasıflı emeğe olan talebin azalması şeklinde kendini gösterebilir. Bu da talebi artan emeğin ücretinin artmasına, talebi düşen emeğin ücretinin ise azalmasına ya da bu emeğin işsizlik sorunuyla karşılaşmasına neden olabilir. Bu nedenle iş gücü talebindeki değişiklikler, genel ücretleri etkileyerek genel gelir dağılımını kötüleştirebilir (Szczipanski, 2019, s. 7). Korinek ve Stiglitz (2017) daha bireysel düşünerek, teknolojiye erişimi olup bununla kendini geliştirecek emeğin, geliştirilmemiş olanlara göre çok daha üretken diğer bir deyişle *daha zeki* hale gelmesi ve nüfusun çoğunluğunu giderek daha da geride bırakmasının mümkün olduğunun altını çizmiştir. Eğer bu mümkün hale gelir de önleyici tedbirler alınmazsa son teknolojiye gücü yetmeyenler, kamuya açık olanlara güvenmek zorunda kalacaktır. Teknolojik gelişmelerin hızının arttığı bir ortamda da en iyi teknoloji ile kamuya açık olanlar arasındaki fark artacaktır (Korinek ve Stiglitz, 2017, s. 34). Böylece aynı teknolojik bilgiye erişemeyen iki emek arasındaki eşitsizlik artacaktır. Bir taraf kendisini geliştirirken, teknolojiye kendisini geliştirecek kadar erişimi olmayan emek ise beceriden yoksun kalarak iş gücü piyasasında dışarıda kalabilir. Elbette bu hususun her iki kutbun işe girmesi durumunda da ücret eşitsizliği olarak gelir bağlamında karşımıza çıkması muhtemeldir.

Emeğin geliri üzerindeki etki, büyük ölçüde yapay zekânın yüksek vasıflı, diğer bir deyişle yüksek gelirli çalışanları ne ölçüde tamamlayacağına bağlı olacaktır. Yapay zekâ yüksek gelirli emeği büyük ölçüde tamamlarsa, bu ücretlerde orantısız bir artışa sebep olabilir. Bunun yanı sıra yapay zekâyı benimseyip yoğun bir şekilde kullanan

firmaların verimliliğinde görülecek artışla birlikte kazançlarının sermaye gelirlerini artırmasının yüksek gelirlielerin lehine olması beklenecektir. Bu olgular da her halükarda eşitsizliği daha kötü hale getirecektir (Georgieva, 2024).

Yapay zekânın eşitsizlik üzerine etkisine yönelik iki senaryo üzerinde duran Brynjolfsson ve Unger (2023, s.23), ilk senaryonun yapay zekânın daha yüksek bir gelir eşitsizliğine, ikinci senaryonun ise yapay zekânın daha düşük bir gelir eşitsizliğine yol açma olasılığı olduğunu ifade etmektedir. İlk senaryoya göre doğrudan birçok insan emeğinin yerine geçecek şekilde tasarlanan ve uygulanan yapay zekâ teknolojileri, etkilediği emek grubunun ücretini düşürecektir. Bu olası kötü senaryoya göre yapay zekâ, zamanla daha fazla emeğin işini tehdit edecek şekilde işler başararak tehdit ettiği emek grubunun durumunu daha kötü hale getirecektir. Yazarlara göre, yine de bu durum kitlesel işsizliğe işaret eden bir geleceği ifade etmemektedir. Ancak bu yüksek eşitsiz gelecekte, yapay zekânın yüksek ya da daha makul ücretli iş ve görevlerin yerini alması halinde birçok emeğin daha düşük ücretli işlerde çalışmaya mahkûm edilmesine sebep olabileceğinin altını çizmektedir. Bu senaryoda, iş gücü piyasası yüksek vasıflı küçük bir elit grup ve düşük ücretli çalışanlardan oluşan büyük bir alt sınıf ile aralarında gelir eşitsizliğinin artmasıyla yaşanacak olası kutuplaşma üzerinedir. Brynjolfsson ve Unger (2023)'in bu senaryosuna, yapay zekâ teknolojilerinin yarattığı verimlilik etkisiyle gerçekleşecek büyümenin kapsayıcı olmaması halinde gelir eşitsizliğinin derinleşmesinden endişe duyan Acemoğlu ve Restrepo (2018b, s. 33), yapay zekâdan kaynaklanan reel gelirlerdeki artışın, işlerini ve gelirlerini kaybetme riski olan emeğe göre daha düşük marjinal tüketim eğilimine sahip dar bir kesimin elinde toplanabileceği ihtimalinin altını çizerek katkıda bulunmaktadır. Buna göre marjinal tüketim eğilimi daha düşük olan hanelere doğru böyle bir yeniden dağılım, toplam talebin çok daha yavaş büyümesine ve dolayısıyla ekonomik büyümenin kısıtlanmasına neden olacaktır. Emek ile yapay zekâ arasındaki ikame esnekliğinin yeterince yüksek olması halinde ise yapay zekânın eşitsizliği artırma ve talebi azaltma etkisi baskın hale geleceğinden yapay zekâdaki gelişmeler pozitif bir teknoloji şoku anlamına gelse dahi, ekonomik büyümenin yavaşlaması muhtemel olacaktır (Gries ve Naudé, 2020, s. 49).

Birinci senaryonun aksine ikinci senaryoda ise yapay zekâ düşük deneyime, bilgiye veya vasa sahip emeğin işlerinde daha iyi olmalarına yardımcı olmaktadır. Örneğin yazılımcı bir insan emeği, programcılar için kod önerileri üreten bir yapay zekâ

aracı olan Github Copilot’u kullanarak çok daha iyi işler ortaya koyabilir. Ya da bir yapay zekâ asistanından destek alan çağrı merkezi çalışanı yapay zekâ kullanmayan diğer iş arkadaşına göre daha verimli olacak müşteri memnuniyeti artacaktır. Bu kazanımlarla birlikte gelir dağılımı daha eşit hale gelecektir (Brynjolfsson ve Unger, 2023, s. 24).

Bu senaryoların yaşanması elbette hıza bağlı olacaktır. Hızlı bir değişim daha çok piyasa başarısızlığına sebep olabileceği için istenmeyen etkilerin görünmesi muhtemeldir. Yapay zekâ teknolojilerinin daha çok rutin emeğin yerini alması halinde verimlilik ve genel gelir artışı artacak ve eşitsizlik de o kadar keskin bir şekilde artacaktır. Bu da bir “bolluk paradoksu”na yol açabilir. Bu paradoksa göre, her ne kadar toplum genel olarak daha zengin olsa da birçok birey, topluluk veya bölge için teknolojik değişiklikler sadece eşitsizlikleri güçlendirecektir. Diğer taraftan pek çok ekonomist yapay zekâ teknolojilerinin standart ve rutin olmayan işler için gerekli olan sensör-motor becerilerini yerini almasının zor olacağını söyleyerek olumlu yaklaşmaktadır. Yine de en nihayetinde uzlaşılan nokta yapay zekânın eşitsizlik üzerinde etkisinin belirsizliğidir. Çünkü bu etki her geçen gün çeşitlenen ve yenilenen yapay zekâ teknolojilerinin hangi vasıf grubundaki emeği hedef alacağına bağlı olarak değişecektir. En azından bugün görülen, kısa ve orta vadede yapay zekâ nedeniyle eşitsizlikteki artışın önemli olup olmadığının belirsiz oluşudur (Szczipanski, 2019, s. 7).

Yapay zekânın iş gücü piyasası ve emek üzerinde tam olarak nasıl bir etki yaratacağı henüz net olmasa da çoğu senaryoda, yapay zekânın muhtemelen genel eşitsizliği daha da kötüleştireceği sonucuna ulaşılmaktadır. Korinek ve Stiglitz (2017), emeğin yapay zekâ teknolojilerini lehine kullanarak kendisini geliştirmesinin politikacıların bu tehdidi fark edip adım atmaması halinde emek arasında eşitsizliğe yol açacağını belirtmiştir. Bu durumda gelişen teknolojinin toplumsal gerilimleri daha da artırmasını önlemek için ülkeler kapsamlı sosyal güvenlik ağları oluşturma, savunmasız çalışanlar için yeniden eğitim programları sunma gibi proaktif politikalarla bu rahatsız edici eğilimi önlemeye gayret göstermelidirler. Böylece yapay zekâ teknolojilerine geçişi daha kapsayıcı hale getirilebilir, geçim kaynakları korunarak eşitsizlik azaltılabilir (Georgieva, 2024).

Yapay zekânın eşitsizliği nasıl etkileyeceği, yapay zekânın verimlilik ve iş gücü piyasası gibi değişkenler üzerine etkileriyle yakından bağlantılıdır. Bunun yanı sıra

yapay zekânın eşitsizlik üzerindeki olası etkisini anlamak, yapay zekânın ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini de dikkatle incelemeyi gerektirmektedir. Çünkü yapay zekâ teknolojilerinin üretim süreçlerinde verimliliği sağlayarak yeni ekonomik fırsatlar yaratması neticesinde ekonomik büyümede meydana gelecek olumlu etkilerin, eşitsizliğe nasıl etki edeceği de önem arz etmektedir. Bunun sonucunda tüm bu etkilerin iş gücü piyasasına nasıl yansıtacağı, iş gücü piyasasındaki dönüşümlerin ise bu değişkenler üzerinde tekrar nasıl bir etki yaratacağı ise büyük bir merak konusudur.

2.4. Yapay Zekânın Ekonomik Büyüme Üzerine Etkisi

Emek, toprak, sabit sermaye gibi sürdürülebilir bir ekonomik büyümenin temel yapı taşı olan üretim faktörlerinin daha verimli bir hale gelmesini sağlayan en önemli etken teknolojidir.

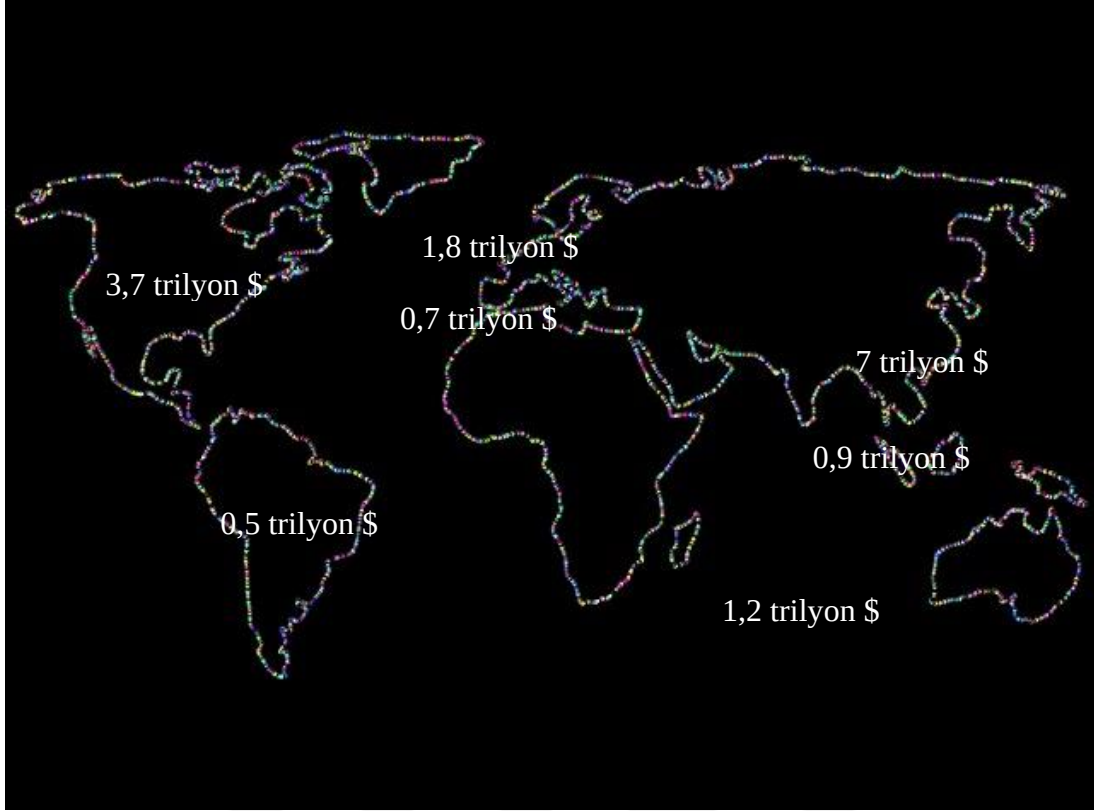
Teknolojik gelişmeler üretim süreçlerinde ihtiyaç duyulan bilgi, organizasyon ve teknikler bütünü olarak tanımlanabileceğinden, teknolojik dönüşüm ekonomik büyüme için kilit bir öneme sahiptir. Teknolojik gelişmelerin kullanımında yapılacak doğru veya yanlışlar belirli bir sektörü veya ülke ekonomisini olumlu veya olumsuz etkileyebilir (Elster (1983)'ten aktaran Kesici-Çalışkan, 2015, s. 650). Teknolojik gelişmeler ve ekonomik büyüme üzerine mevcut literatürün çoğunun merkezinde yer alan içsel büyüme modellerinin öncülerinden Arrow (1962) teknolojiyi, *yaparak öğrenme* şeklindeki bilgi birikimi yoluyla ilişkilendirmektedir. Yaparak öğrenme süreci kendini verimlilik artışlarıyla gösterir ve ekonomik büyüme için fırsatlar yaratmış olur. Bilgi ve deneyimden doğan teknik değişimin yeni fiziksel sermayede somutlaştığını savunan Arrow (1962), bunun da üretim sürecinde etkinliği artırdığını varsaymaktadır. Son yıllarda ise Lu (2021), yapay zekânın içsel büyüme üzerindeki etkisini inceleyen teorik bir çerçeve oluşturmuştur. Buna göre Lu (2021) yapay zekâyı kendi kendine öğrenebildiği ve bilgi biriktirebildiği için beşerî sermaye birikimine benzetmektedir ve kendi kendini biriktirme kabiliyetinin üretimde kullanılabildiği ve bu yolla ekonomik büyümeyi artırabildiği için yapay zekâyı rakipsiz -nonrival- bir girdi olarak kabul etmektedir. Bu da yapay zekânın fiziksel sermayeden farklı bir girdi olarak değerlendirilmesi ve benimsenmesi gerektiği anlamına gelmektedir.

Yeni teknolojilerin son dalgası olan yapay zekânın ekonomik büyüme oranını artırarak ekonomik genişleme hızını artırma potansiyeline ilişkin iyimserlik yüksektir.

McKinsey Global Enstitüsü (MGI)'nün hazırladığı raporda yapay zekâ teknolojilerinin 2030 yılına kadar Gayrisafi Yurt İçi Hasıla (GSYH) üzerinde 6 trilyon dolarlık ek bir ekonomik çıktı sağlayabileceği ve küresel GSYH'yi ise yılda yaklaşık %1,2 oranında artırabileceği tahmin edilmektedir. Ancak beklenen bu büyüme yapay zekânın sağladığı yeniliklerin ortaya çıkardığı ikame emeğin başarısı olacaktır. Bu durumda yapay zekânın emek piyasasında şok yaratması beklenmektedir. Bu şoktan iş kaybı anlamında olumsuz etkilenme ihtimali olan emeğin iç piyasada tüketim kaybına yol açma ihtimali de vardır (Bughin vd., 2018, s. 13,20).

PricewaterhouseCoopers (PwC)'ın yapay zekânın ekonomik kalkınma için önemli ölçüde fırsat sunması nedeniyle günümüzde giderek artan rolünün altını çizdiği bir projesinde yapay zekâ teknolojilerinin 2030'a kadar küresel GSYH'yi 15,7 trilyon dolar ile %14 oranında artırabileceğini tahmin etmiştir (Gillham vd., 2018, s. 3).

Yapay zekânın makroekonomik etkilerinin incelendiği PwC (2018) raporunda, yapay zekânın küresel ekonomiyi iki kanal aracılığıyla etkileyeceğini tahmin edilmektedir. Bu kanallardan ilki, özellikle imalat gibi sermaye yoğun sektörlerde otomasyona maruz kalabilecek çok fazla rutin iş olmasına bağlı olarak yapay zekânın otomasyon ile verimlilik artışı sağlamasıdır. Çünkü otomasyon emeğe olan ihtiyacı kısmi olarak yok edecek ve bu sayede verimlilikte artış yaşanacaktır. Diğer kanal ise, yapay zekâ ile geliştirilerek daha kaliteli üretilen ürünler ve sunulan hizmetlerin kullanılmasıyla tüketimde artışın olası olmasıdır. Böylece küresel anlamda yapay zekânın faydalarını hemen hemen her ekonomi hissedecektir. Ancak konu ne olursa olsun herkesin pastadan eşit pay alamadığı bu dünyada yapay zekânın da nimetlerinden daha fazla fayda sağlayacak ekonomiler olacaktır. Özellikle Çin ve Kuzey Amerika'nın pastanın büyük dilimlerini alması beklenmektedir (Gillham vd., 2018, s. 46-47).



Şekil 2.8. 2030 Yılına Kadar Küresel Çapta Yapay Zekâdan Beklenen Kazançlar (PwC, 2018)

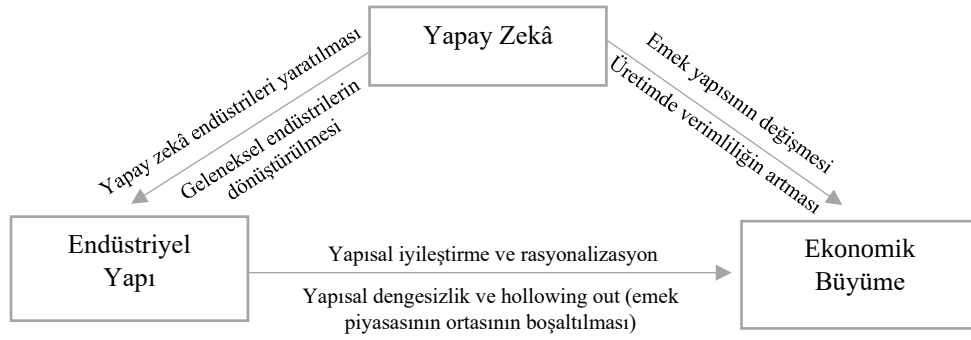
PwC (2018) raporuna göre, 2030 yılına kadar yapay zekânın küresel GSYH'ye sağlamasını beklediği 15,7 trilyon dolarlık katkının yaklaşık 6,6 trilyon dolarının artan verimlilikten, 9,1 trilyon dolarının ise tüketim etkisinden kaynaklanacağını düşünmektedir. Yapay zekânın sağlayacağı kazançlardan en çok payı 7 trilyon \$ ile Çin ve 3,7 trilyon \$ ile Kuzey Amerika'nın alması beklenmektedir. Bu ekonomileri sırasıyla 1,8 trilyon \$ ile Kuzey Avrupa, 0,9 trilyon \$ ile gelişmiş Asya ülkeleri, 0,7 trilyon \$ ile Güney Avrupa, 0,5 trilyon \$ ile Güney Amerika takip etmektedir. 2030 yılına kadar dünyanın geri kalanının ise yapay zekâdan 1,2 trilyon \$ kazanç sağlaması beklenmektedir.

Özellikle Çin ve Kuzey Amerika'nın yapay zekâdan daha büyük kazançlar elde edecek olmasının ve diğer bölgelerin daha az kazanç sağlayacak olmasının olası nedenlerinden biri yapay zekâyı sağlanan uyumdur. Yapay zekâyı benimseme, sahip olunan teknolojik imkanlar, vasıflı iş gücü ve diğer girdilerdeki farklılıklar nedeniyle yapay zekâ kaynaklı büyümede kimi ekonomilerde yüksek bir artış yaşanması beklenirken kimilerinde ise daha ılımlı ya da yavaş artış yaşanması beklenmektedir.

Aarvik (2019, s. 19), farklı ülke ekonomilerinde nasıl benimsendiğine bağlı olarak yapay zekânın hem ülkeler arasında hem de bir ülkedeki firmaların ve çalışan emeğin kendi arasındaki refah uçurumunu artırabilecek önem bir zorluk olarak görmektedir. Buna göre de yapay zekâ teknolojilerini erken bir aşamada uygulamaya başlayan firmalar ve o firmaların bulunduğu ülkeler gelişme katedecek ve diğerleri bu ekonomilerin arkasında kalacaktır.

Teknolojinin benimsenmesi sermayenin yoğunluğunu artırır ve bu durum üretim sürecinde sermayenin emeğin yerini alma riskini içerisinde barındırır. Teknoloji çıktıyı artırdığı müddetçe benimsenir. Ancak teknoloji daha fazla sermaye girdisi gerektirdiğinden, tüm ülkeler teknolojik sınıra ayak uyduramaz. Bu da ülkeler arasında teknoloji seviyelerindeki farklılıkların, toplam çıktı ve üretkenlikte farklılıkların nedenini açıklar (Zeira, 1998, s. 1091-1092). Ekonomik büyüme ve ülkeler arası gelir eşitsizliğindeki farklılıklar da ülkelerin sahip olduğu teknolojideki farklılıklar üzerinden açıklanmaktadır. İşletmeler ve bireyler teknolojileri daha verimli kullanarak maliyetlerin düşmesine ve üretkenliğin artmasını sağlarlar. Yeni teknolojiler ile daha ucuz yeni mallar üretmek ve edinilen sermaye birikimi, o ülkenin uluslararası rekabet gücünün artmasına ve diğer yandan, toplumlarının kültürel ve siyasal gelişimi üzerine olumlu etkilerde bulunmasına yardımcı olmaktadır. Teknolojik ilerlemelerin makroekonomik açıdan bakıldığında ülkelerin büyüme hızını, mikroekonomik açıdan bakıldığında ise firmaların kârlarını ve pazar paylarını artırdığı çok rahat bir şekilde söylenebilir (Kesici-Çalışkan, 2015, s. 649-650).

İster dünün ister bugünün teknolojisi olsun, teknolojik gelişmeler sosyal ve ekonomik koşullardan bağımsız bir şekilde düşünülemez ve bu koşullardan yansız da olamaz (Stewart, 1978'den aktaran Kesici-Çalışkan, 2015, s. 651). Bundandır ki her ülkelerin teknoloji düzeyleri aynı değildir. Gelişmiş ülkeler geliştirmekte olan ülkelere teknoloji transferi yapmaktadır ancak bu geliştirmekte olan ülkeler için gelir dağılımında dengesizliğe ve verimli üretim yapamamaya neden olmaktadır. Çünkü son teknolojiler ciddi maliyetlerle satın alınır ve sermaye-yoğun bu teknolojiler bir yandan ülkede işsizliğe sebep olurken diğer yandan uzmanlık gerektiren gelişmeler olduğu için verimli bir şekilde kullanılmayabilmektedir (Schumacher, 1975). Bu da her şeye rağmen gelişmiş ülkeler ile geliştirmekte olan ülkeler arasındaki teknoloji düzeyinin dolayısıyla ekonomik büyümenin yakınsamayacağını göstermektedir.

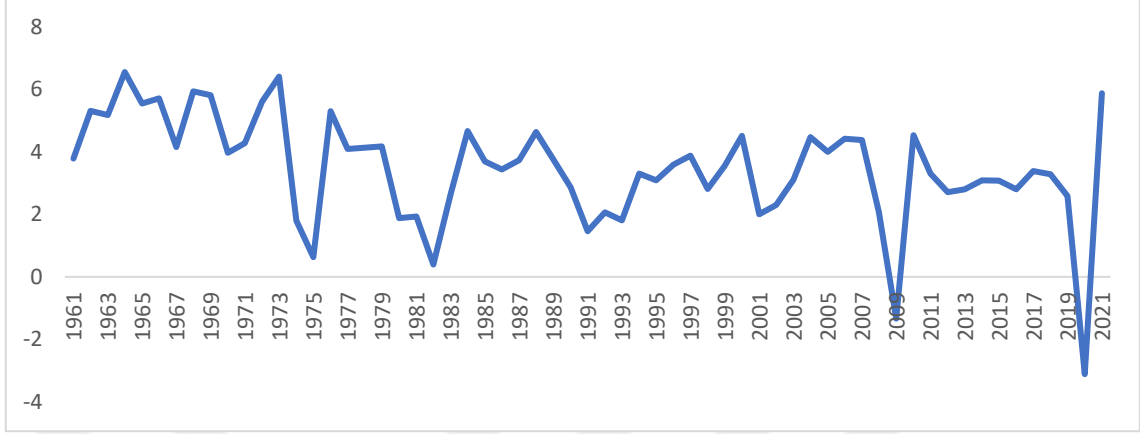


Şekil 2.9. *Yapay Zekâ ile Ekonomik Büyüme Diyagramı (Fan ve Liu, 2021, s. 3)*

Gelişmiş ülkeleri az gelişmiş ülkelerden ayıran kilit değişken endüstriyel yapıdır. Bir ülkedeki endüstriyel yapının düşük seviyeden yüksek seviyeye çıkması yapısal iyileştirme sürecini gösterir. Endüstriyel yapının rasyonalizasyonu ise ülke kaynaklarının endüstriler arasında etkili bir şekilde tahsisini ifade eder ve endüstriler arası koordinasyon gücünü gösterir. Endüstriyel yapının iyileştirilmesi ve rasyonalizasyonu eşanlı desteklendiği takdirde endüstriyel yapının optimizasyonu gerçekleştirilebilir (Fan ve Liu, 2021, s. 2; Zhou vd., 2020, s. 113-114). Böylece üretim için girdiler düşük verimliliğe sahip sektörlerden yüksek olana geçtikçe etkin bir şekilde tahsis edileceğinden daha etkin bir ekonomik büyüme istikrarlı bir şekilde artacaktır (Tsai, 2018, s. 54).

Endüstriyel gelişmelerin temel yapı taşı diyebileceğimiz teknolojik yenilikler tarihe beş endüstri devrimi sığdırmıştır. Dördüncü ve beşinci endüstri devriminin kilit teknolojilerinden biri olan yapay zekânın da endüstriyel yapıdaki değişim ile yakından ilgisi vardır. Şekil 2.9.'a baktığımızda yapay zekânın ekonomik büyümeyi direkt ve dolaylı olarak etkileme kanalları olduğu görülmektedir. Yapay zekâ geleneksel emeğe talebi azaltarak diğer bir ifadeyle emek yapısını dönüştürerek yeni teknolojileri kullanabilecek iş gücünü geliştirmekte böylece üretimde verimliliği artırmakta ve ekonomik büyümeye yol açmaktadır. Öte yandan geleneksel endüstrileri de dönüştürerek hem o endüstrilerin katma değerlerinin iyileştirilmesiyle verimliliği artırır hem de yapay zekâya ilişkin yeni endüstriler geliştirir. Böylece endüstriyel yapının da iyileştirme ve rasyonalizasyonunu sağlayarak ekonomik büyümeyi gerçekleştirir. Endüstrilerdeki teknoloji yoğunlukları elbette bir olmayacaktır. Bu da endüstriyel

yapıda bir dengesizliğe sebep olabilir ancak bu ekonomik büyümeye katkı sağlanılmasına engel bir durum oluşturmayacaktır (Fan ve Liu, 2021, s. 3).



Şekil 2.10. Yıllık GSYH Büyüme Oranı-Dünya (WB, 2022)

Şekil 2.10.'da küresel ekonominin büyüme oranlarına bakıldığında 2011 yılında Hannover'da "Endüstri 4.0" hareketi başlatıldığından bugüne küresel ekonominin ortalama büyüme oranı %2,71 olmuştur. Yarım asır kadar öncesine (1961-1971) gittiğimizde ise ortalama büyüme oranının %5,11 olduğu görülmektedir (Vyshnevskiy vd., 2019, s. 394). Her ne kadar 2011-2021 dönemi için hesaplanan ortalama büyüme oranı içerisinde küresel bir kriz (COVID-19) barındırsa da bugünün teknolojik gelişmeleri 60lı yıllarda ortaya çıkan teknolojik gelişmelerle aynı ekonomik etkiyi yaratmamıştır. Denilebilir ki yapay zekâ teknolojilerinin nimetlerini net bir şekilde görebilmek için hâlâ zamana ihtiyaç vardır. Vyshnevskiy vd. (2019, s. 396)'nin de belirttiği gibi, Schumpeter'in "yaratıcı yıkım"ı muhtemelen henüz yıkım aşamasında ve yaratma aşaması yakın bir gelecekte olabilir.

Yapay zekâ geniş veri havuzuyla sağladığı tahminlerin kesinliği, hali hazırda var olan teknolojilerin yeniden yapılandırılması, daha genel ifadeyle yeni inovasyonların üretilmesi gibi farklı kanallar aracılığıyla verimliliği sağlama potansiyeli ile ekonomik büyümeye katkı sunması beklenmektedir (Damioli vd., 2021, s. 4). GPT olarak ise yapay zekâ firmaların üretim, pazarlama ve müşteri kazanımına yardımcı olarak verimliliklerini ve tüketici erişimlerini artırma potansiyelindedir (Gonzales, 2023, s. 1). Yapay zekâ üretkenliği ve refahı artırma potansiyeline sahip teknolojiler üretmek için tasarlandığı için (Bonsay vd., 2021, s. 120) küresel ekonomide önemli bir

oynamaktadır. Etkileri ise şimdiden farklı şekillerde ortaya çıkmaya başlamıştır. Bazı araştırmacılara göre yapay zekâ ile yeni hizmetler, ürünler, sektörler, endüstriler ve pazarlar yaratılabilmekte; büyük veri setlerine erişerek ve analiz ederek operasyon verimliliğini ve müşteri talebini artırabilmektedir. Bu da özellikle gelişmekte olan ülkeler için yapay zekânın büyümenin motoru olabileceği savını destekler niteliktedir (Donepudi vd., 2020, s. 5563). Bugüne kadar teknolojilerin ve otomasyonun etkisi, daha düşük maliyetle daha fazla çıktıyı daha az zamanda meydana getirmek üzere sonuçlanmıştır. Bugün yapay zekâ da emeğin daha üretken, daha mutlu ve daha sağlıklı bir yaşam sürmesi için bir alan sağlayarak ekonomik kalkınma ile olumlu bir korelasyon sergilemektedir (Haseeb vd., 2019, s. 1297). Yapay zekâ teknolojisi genel amaçlı teknoloji (general purpose technology – GPT) olarak kavramsallaştırıldığı zaman ise yapay zekâ öncülüğünde gerçekleşen inovasyonların yalnızca rastgele bir sektöre direkt katkı sağlamayacağı buna müteakip ekonomideki diğer sektörlerle de yayılarak ve etki ederek tamamlayıcı yenilikler gerçekleştirerek katkıda bulunacağı düşünülmektedir (Kathuria vd., 2020, s. 17).

Artık birçok insan tarafından üretkenliğin ve ekonomik büyümenin motoru olarak görülen yapay zekâ, işlerin yapılma verimliliğini artırabilir ve büyük miktarda veriyi analiz ederek karar verme sürecini büyük ölçüde iyileştirebilir. Yapay zekâ, yeni teknolojilerin ve ürünlerin araştırılmasını ve geliştirilmesini teşvik etmeye, yazılım geliştirme ve veri işleme gibi yeteneklerini geliştirmeye ve böylece toplam faktör verimliliğini artırmaya yardımcı olabilir. Verimlilikte yaşanacak artışlar ile üretilen ürünlerin kalitesi ve katma değeri artabilir ve üretimin marjinal maliyetini azaltabilir. Ayrıca yeni ürün ve hizmetlerin, pazarların ve endüstrilerin yaratılmasını sağlayarak tüketici talebini artırabilir ve yeni gelir akışları oluşturabilir. Bu da ekonomik büyümeyi teşvik edebilir (Qian vd., 2023, s. 16422; Szczepanski, 2019, s. 1). Yapay zekânın ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini incelemek için teorik bir çerçeve geliştiren Wang vd. (2021), yapay zekânın uygun şekilde uygulanması ve kullanılması halinde yapay zekâ sermayesindeki bir artışın sermaye fiyatlarını düşürüp ücretleri ve üretkenliği artırdığı sonucuna ulaşarak yapay zekânın gelişmekte olan ekonomilerde ekonomik büyümeyi teşvik edebileceğini belirtmektedir.

Mevcut durumda en popüler teknolojilerden biri olan yapay zekâ ekonomik büyümeye ve kalkınmaya üç yolla katkıda bulunmaktadır (Fan ve Liu, 2021, s. 2):

- Karmaşık görevleri otomatikleştirerek insan emeğinin yerini alabilir. Bu sayede emek ucuz sermaye ile yer değiştirir. Hem iş gücü maliyeti düşürülür hem de firmaların verimliliğini artırır.
- Yapay zekâ emeğe ikâme olmak yerine tamamlayıcısı olabilir. Makine öğrenmesi gibi yapay zekâ teknolojileri tasarım, üretim, operasyon, kontrol ve izleme gerçekleştirerek emeğe yardımcı olur ve toplam faktör verimliliğini artırır.
- Akıllı teknolojiler firmaların teknolojik ilerlemesini teşvik etmeye yardımcı olabilir. Böylece bu teknolojiler teknik engelleri zayıflatarak bilginin yayılma etkisini artırır, işletmeler arasındaki bilgi akış maliyeti azaltılır ve inovasyon faaliyetlerini kolaylaştırır. Yapay zekâ teknolojileri ile büyük veriler analiz edilip kritik bilgiler elde edilebilir, bu sayede zengin bir açık bilgiye erişim sağlanmış olur.

Yapay zekânın ülke ekonomileri üzerinde makro ve mikro açıdan direkt ekonomik etkilerinin yanı sıra dolaylı etkileri de olabilir. Örneğin, yapay zekâ ve makine öğrenmesi, kara para aklamayı tespit etmek, vergi kaçakçılığı riskini tahmin etmek veya kamu alımlarında şüpheli ihaleleri veya teklifleri izlemek gibi direkt yolsuzlukla alakalı durumlarda kullanılabilir (Aarvik, 2019, s. 1-2). Özetle, yapay zekâ teknolojileri yüksek düzeyde yolsuzluğun giderilmesine katkı sağlayarak aslında dolaylı olarak ekonomik büyümeyi canlandırabilir. İçinde bulunduğumuz yüzyılda yapay zekâda katedilen müthiş ilerlemeler teknolojik gelişmelerin ülke ekonomileri için ne kadar önemli olduğunu bir kez daha anlamamıza yardımcı olmaktadır.

Teknolojik değişimin ekonomik büyüme ve kalkınma için itici güç olarak kabul edilmesi neredeyse aksi iddia edilmeyecek kadar kanıksanmış bir durumdur. Ancak bununla birlikte, yeni teknolojilerin iş gücü piyasaları üzerindeki etkileri konusunda belirsizlik hatta giderek artan bir endişe söz konusudur (Fossen ve Sorgner, 2022, s. 1). Bu yüzden her ne kadar yapay zekâ teknolojileri üretkenliği ve ekonomik büyümeyi artırma konusunda ciddi bir potansiyele sahip olsa da artan eşitsizlik, emek piyasasında kutuplaşma, yapısal işsizlik, farklı endüstriyel yapıların ortaya çıkması gibi korkular yapay zekânın istihdam üzerinde yaratacağı olumlu etkileri göz ardı etmeye hatta hiç düşünmemeye itmektedir (Szczepanski, 2019, s. 7). Çünkü emeğin farklı beceri türlerine ve seviyelerine sahip olması, her sektörün iç dinamiğinin farklı olması hatta

her ülkenin yeni teknolojileri benimseme düzeyinin farklı olması emeğe farklı şekilde yansımaktadır. Bu bağlamda bir sonraki bölümde yüzyılın en yeni teknolojisi olan yapay zekânın istihdam üzerine etkileri tartışılacaktır.

2.5. Yapay Zekânın İstihdam Üzerine Etkisi

Yüzyıllardır süregelen, teknolojinin insan emeğini elinden alacağı korkusu bilim insanlarını bu alanda çalışmaya iten temel unsurlardan biridir. Ancak literatürde yapay zekâ ve teknolojilerinin istihdama olan etkilerinde yaygın olarak iki farklı görüş vardır. Bazı araştırmacılar bu teknolojilerin emeği yerinden ederek toplumsal refahta düşüş yaratacağına inanırken, kimi araştırmacılar da yeni teknolojilerin bazı işleri yok etse dahi yeni işler de yaratacağını öne sürerek emeğe olan talebi artırarak ve ekonomik büyümeye katkı sağlayarak toplumsal refahı artıracağını savunmaktadır. Bu iki farklı görüş optimistik ve pesimistik olarak kategorize edilebilir. Bu görüşleri takiben gelir dağılımı hakkında da benzer bir fikir ayrılığı mevcuttur.

Genel anlamda teknolojik gelişmeler istihdamı iki şekilde etkiler denilebilir (Guliyev, 2023, s. 2; Petropoulos, 2018, s. 119):

- Emeği daha önce yaptığı işten doğrudan uzaklaştırması (displacement effect),
- Teknolojik gelişme sayesinde ortaya çıkan veya gelişen endüstrilerde/işlerde emek talebini artırması (productivity effect).

Gerçekten de yapay zekâ teknolojileri ülke ekonomilerinde yaygınlaştıkça, emeğin teknolojiyle değiştirilmesi nedeniyle iş sahalarında azalma yaşanması olasılığı ile bu teknolojiler nedeniyle ortaya çıkan yeni veya mevcut sektörlerde talep sonucu iş imkanları yaratılma olasılığı birbiriyle kapışır (Szczepanski, 2019, s. 6). Evet, yapay zekâ başlangıçta bazı işleri ortadan kaldırabilir ve iş gücü ücretlerdeki düşüşle birlikte teknolojik işsizlikle karşı karşıya kalabilir -displacement effect-. Ancak eninde sonunda içinde bulunduğumuz yüzyılın en yeni teknolojisi olarak addedilen yapay zekâ emek verimliliğini artırarak iş gücüne olan talebi de artırıp -productivity effect- emeğin yeni teknolojiler sayesinde artan refaktan daha fazla pay almasını sağlayacağı öngörülmektedir (Sunal, 2022, s. 149). Yerinden etme⁴ etkisi (displacement effect) yapay zekânın istihdam üzerine etkisine dair pesimist olanların olası distopik senaryosu

⁴Yerinden etme ya da yer değiştirme etkisi.

iken, verimlilik etkisi (productivity effect) ise yapay zekânın istihdama etkisine dair optimist olanların olası ütöpik senaryosudur denilebilir.

Yapay zekâ ve insan emeği arasındaki olumlu ilişkinin arkasında yatan düşünce iki varlık arasındaki tamamlayıcılık ilişkisi iken, olumsuz ilişkinin arkasında yatan fikir ise yapay zekânın insan emeğini ikame edebilecek potansiyelde olmasıdır. Bu ikili arasındaki olumlu inancın temel motivasyonu yapay zekânın emek tasarrufu etkisi ve verimliliği artırması ile ekonomik büyümeyi sağlayan bir teknoloji olarak benimsenmesidir. Tüm bu olumlu etkiler diğer sektörleri de etkileyerek daha fazla istihdam yaratılmasını sağlama potansiyelindedir. Olumsuz inanç ise yeni işler yaratılsa dahi yapay zekânın bu işleri yapabilecek yani insan emeğine ikame olabilecek konumda olmasından gelir. Bu da gelecekte ülkeleri işsiz bir ekonominin bekleyeceğine işaret etmektedir (Autor, 2015, s. 5-8).

Yapay zekânın istihdama etkisinin ütöpik mi yoksa distopik bir geleceğe mi yol açacağı ya da ikisinin arasında bir yerde mi olacağı belirsizliği bizi her olası senaryoyu düşünmeye itmektedir. İyimserler, sınırlarımızı kabul ederek kendi karar verme yeteneklerimizi artırmanın yollarını arayıp karşılıklı fayda sağlayabileceğimiz bir geleceğin gerçekleşeceğine inanırken, kötümserler ise yapay zekâ tabanlı makinelerin bizden daha akıllı hale gelmesiyle, Siri gibi bir yapay zekâ asistanının bir restoran seçip bizler için yemek sipariş etmesi gibi çok önemli olmayan kararlardan, araba sürmek veya nükleer santralleri yönetmek gibi önemli olanlara kadar tüm kararlarmızı bizim yerimize vereceklerinden endişe etmelerinin yanı sıra insanlar için mevcut iş miktarının azalarak toplumsal kırılmalara neden olmasından ve yapay zekâ teknolojileri uygulamalarında çalışanlar veya buna sahip olanlar ile geri kalanlar arasında artacak gelir eşitsizliğinden de endişe duymaktadırlar (Makridakis, 2017, s. 59).

Tüm bu olasılıklar bir arada değerlendirilecek olursa yapay zekânın istihdamı etkileme mekanizmaları ikame etkisi, telafi etkisi ve yaratma etkisi olarak karşımıza çıkmaktadır. İkame etkisi işlerin doğrudan ortadan kalkmasına yol açmakta, telafi etkisi endüstriyel ölçeğinin genişlemesi yoluyla istihdamı cezbetmekte ve yaratma etkisi yeni iş türlerinin ve yeni endüstriyel modellerin oluşturulmasını sağlamaktadır (Sarker, 2022, s. 65). Telafi ve yaratma etkisi optimistlerin çalışacağını savunduğu mekanizmalarken, ikame etkisi mekanizması ise pesimistlerin inancına hizmet etmektedir.

2.5.1. Pesimist görüş-distopik senaryo

Yeni teknolojilerin işimizi elimizden alacağı korkusu bugünkü çalışan emeğe özel bir kaygı değildir. Bu kaygı Birinci Endüstri Devrimine kadar uzanmaktadır. Çünkü geçtiğimiz yüzyıllar boyunca teknolojik gelişmeler birçok insanın işini kaybetmesine neden olmuş ve bu da toplumsal kargaşayı beraberinde getirmiştir. Bunun en tipik örneği 19. yy.'ın İngiltere'sinde yaşanan Endüstri Devriminin yarattığı iş kaybı yüzünden ortaya çıkan ve kendilerini Luddite olarak adlandıran bir grup tekstil işçileridir. Ludditeler otomatik dokuma tezgahlarının kullanımının artmasıyla işlerinin ellerinden alınacağından korkup devletten yardım istemişler ancak çağrılarına cevap bulamamışlardır. Bunun üzerine fabrikalara girip tekstil makinelerini yakıp yıkmaya başlamışlardır. Bu direniş giderek büyüyüp toplumsal kargaşaya sebep olmuştur. İngiliz hükümeti ise bu eylemi bastırması ve makinelere saldıranları ölümle cezalandırmıştır (Van den Berg, 2001, s. 478). Bazı açılardan Ludditeler'in öfkeleri haklı bulunabilir. Çünkü endüstri tarihi bize gösterdi ki otomasyon teknolojilerinin kullanılmaya başlanması iş gücü talebinde kesintilere ve kısa vadeli işsizlik artışlarına neden olmuştur (Manyika vd., 2017, s. 4).

Bugün Ludditeler, teknofobik bir grup olarak hatırlansa da yapısal işsizlik tehdidinin yarattığı korkunun kanlı canlı örnekleridir. Teknolojik gelişmelerin akıl almaz hızı, yapay zekânın yaratacağı işsizlik sorunuyla şimdiden yüzleşmemiz gerektiğini göstermektedir. Yapay zekâ birçok işi otomasyona uğratarak kimi emeği işsiz bırakıp pek çok ekonomik ve sosyal soruna neden olma potansiyeline sahiptir. Bu yüzden karşılaşılmaması en olası sorun olan işsizlik özellikle uzun vadede göz ardı edilip riske atılacak bir sorun değildir. Çünkü bireylerin işsiz kalması tüketici talebinin de düşüp ekonomik darboğazı kısır bir döngüye sokabilir (Su, 2018, s. 35-36). Emeğin aynı zamanda bir tüketici olduğu gerçeği bizi emeğin geliri ile tüketici talebi arasında doğrusal bir ilişki olduğu olgusuna götürmektedir. Yapay zekâ teknolojilerinin bazı çalışanları işinden edip o emeğin yerini almasıyla birlikte işsiz kalan ve aynı zamanda bir tüketici olan emeğin satın alma gücü azalacaktır bu da talebin arzın altında kalmasına neden olacaktır. Satın alma gücünü tüketiciye sağlayan temel mekanizmalardan biri olan istihdamın ve bu istihdama tahsis edilen ücretlerin yeni teknolojilere kurban edilmesiyle ekonominin büyümesi için gerekli olan tüketici talebinin alım gücünden yoksun kılınması modern kitle ekonomisinin de

sürdürülebilirliğini tehlikeye sokacaktır. Emeğin yerini alan herhangi bir makinenin de tüketim alışkanlığı olmayacağına göre bu da harcamalarda düşüşe sebebiyet verecektir. Kitle ekonomisinde, satın alma gücünün tüketiciler arasında dengesiz bir şekilde dağılması, varlığın yalnızca belli bir kesimin elinde toplanması ise kitle ekonomisine hizmet eden endüstrilerin ayakta durmasını sağlayan pazarları tehdit edecektir (Ford, 2021, s. 225-229). İnsan ile gerçekleştirilen işler zamanla yapay zekâ teknolojilerinin bir sonucu olan otomasyon sistemlerine geçirilince, yeni teknolojilerin insan emeğini gereksiz kılacağı endişesinin hâsıl olması çok normaldir (Bulut, 2020, s. 302). Bu yüzden anakronik düşünce yapısına girmeden Luddistleri yaşadıkları dönem ve şartlarına göre değerlendirerek haklı yanları göz ardı edilmemelidir. Geçmişin geleceğe ayna tutmasıyla bugün de benzer endişeleri görebilme ihtimalimizi unutmamak ve ona göre hareket etmek gerekmektedir.

Teknolojinin işsizlik üzerine olan tartışmalı etkileri sosyal bilimler cephesinde geçmişte olduğu gibi son yıllarda da önemli bir ilgi uyandırmıştır (Mutascu, 2021, s. 653). Tarihin karanlık dehlizlerinde kaybolmadan ve bugünden çok da uzağa gitmeden Keynes'in 1930 yılında yazdığı "Torunlarımızın Ekonomik Olanakları" isimli makalesinde makinelerin insan emeğinin yerini alacağı öngörüsünde bulunarak ortaya attığı *teknolojik işsizlik* teorisine bakmakta fayda vardır.

Keynes (1930) "Torunlarımızın Ekonomik Olanakları" adlı makalesinde 20. yy. için teknolojik gelişmelerle birlikte yaşanacak kişi başına gelirdeki istikrarlı artışı öngörmüştür. Ancak ekonomik büyümede öngördüğü iyimserliği istihdam için düşünmemiştir. Keynes, makinelerin insan emeğini yerinden edip teknolojik işsizliğe sebep olacağını düşünmekteydi. Wassily Leontief de teknolojik işsizlik konusunda benzer karamsarlığa sahipti. 20.yy.'ın başlarında atları artık gereksiz kılan teknolojik yeniliklere atıf yaparak, emeğin giderek daha önemsiz hale geleceğini ve gitgide makinelerin emeğin yerini alacağını, yaratılacak yeni endüstrilerin de yeterli istihdam sağlayamayacağı kanısındaydı. Ancak Leontief'in atlarla insan emeğini karşılaştırdığı benzetme pek sağlıklı değildir. İnsanlar yeni ve kompleks işleri yapma konusunda karşılaştırmalı üstünlüğe sahiptir. Eğer bu karşılaştırmalı üstünlük önemliyse ve yeni işler yaratılmaya devam ederse yapay zekânın/otomasyonun hızlı ilerleyişi karşısında bile istihdam uzun vadede sabit kalabilir (Acemoglu ve Restrepo, 2018a, s. 1489). Bu görüşün aksine Nilsson (1984, s. 5), yapay zekânın iş yaratsa dahi bu işlerin insanlar

için değil yine yapay zekâ teknolojileri ile yapılabilecek işler olacağının altını çizerek işsizliğin azalmayabileceğini söylemiştir.

Tüm bunların yanı sıra, firmaların/şirketlerin yapay zekâyı verimlilik sağlamak için mi yoksa inovasyon için mi kullanacakları ülke ekonomileri üzerinde büyük bir fark yaratacak sonuçlar doğuracaktır. Yapay zekânın manuel aşamaların otomasyonu için kullanılması halinde özellikle gelişmekte olan ülkeler için otomasyonun kolayca yapabileceği işleri yapan insan emeğinde işsizlik riski gibi kötü sonuçlar ortaya çıkarabilir (Aarvik, 2019, s. 19). Yapay zekâ pesimistliği etkisi ile işlerimizin yavaş yavaş elimizden alınması korkusuyla ilk etapta dijital teknolojiyle taksi endüstrisine rakip olan Uber'i birçok ülke yasaklamıştır. Daha sonrasında sürücüsüz araçları ile piyasaya çıkan Uber, tek başına taksi endüstrisinin yanı sıra buna kendi çalışanları da dahil olmak üzere bir meslek grubu olarak şoförleri de tehdit etmeye başlamıştır. Çünkü sürücüsüz bir araç trafik kurallarını ihlal etmez. Örneğin, hız sınırını aşmaz, alkollü bir şekilde araç kullanmaz, telefonla konuşmaz. Bunlara ek olarak en önemlisi yorulmaz ve insan bir sürücüden daha az hata yapar. İnsanlardan daha az hata yapma özellikleri ise onları insan emeğinden üstün kılan en önemli özellikler arasında sayılmaktadır (Makridakis, 2017, s. 51).

Uber basit bir örnek olmakla birlikte yapay zekâ ile işlerin otomatikleştirilmesi halinde ikame ve/veya tamamlayıcı olmak üzere farklı etkiler ortaya çıkabilir. İkame etkisi ile yapay zekâ teknolojileri halihazırda insan emeği tarafından yapılan bir işi doğrudan yapabilir ki bu daha önce değinilen yerinden etme/yer değiştirme etkisidir. Bu teknolojilerle yapılan makinelerin çalıştırılması veya kullanılması ya da bir robotun denetlenmesi için doğacak yeni işler de tamamlayıcı etkiler olarak ortaya çıkar ki buna da beceri-tamamlayıcılık etkisi denilebilir. Bunların yanı sıra, daha önce de bahsedildiği gibi yapay zekâ uygulamaları sayesinde gerçekleştirilecek olan yüksek üretkenlik hem daha düşük fiyatlar hem de gelirdeki genel artıştan kaynaklı doğacak talep etkisi yaratabilir. Elbette verimlilik etkisinin bir sonucu olarak ortaya çıkacak talep etkisinin sektörler arasında eşit olması beklenmektedir. Aksi takdirde yapay zekâ uygulamalarının daha yoğun olduğu sektörlerde -özellikle otomasyon- emek talebinde nispi bir düşüş yaşanması muhtemeldir ve bu da daha az istihdam fırsatı anlamına gelmektedir. Neticede bu durum gelir adaletsizliğine ve iş kutuplaşmasının artmasına da neden olacaktır (Bessen, 2016, s. 2; Chen ve Semmler, 2017, s. 8-9). Bu durumda yapay

zekâ teknolojilerinin istihdam üzerine etkileri konusunda pesimistik görüŖe sahip olanların gerekleŖeceđini savunduğu tek etki olan ikame etkisi bir sonraki bölümde tartiŖılacaktır.

2.5.1.1. İkame Etkisi

Yapay zekâ yeni bir üretim teknolojisi mi getiriyor yoksa mevcut üretim teknolojisine sadece başka bir girdi türü mü? Yapay zekâ insan sermayesinin yerine geçer mi (Lu ve Zhou, 2021, s. 1052)? Yeni teknolojiler üretimin ve işin doğasını nasıl etkileyecek? Literatürdeki standart yaklaşım üretkenliği yani işçi başına katma değeri artıran herhangi bir ilerlemenin emeğe olan talebi artırma ve dolayısıyla istihdamı ve ücretleri de artırma eğiliminde olduğu yönündedir. Her ne kadar teknolojik gelişmeler her işçiye farklı fayda/zarar sağlasa da bir sektörde yaşanan verimlilik artışı başka bir sektörde iş kaybına neden olsa da standart anlatı genel olarak çoğu sektörün genişlemesi ve genel istihdam ile ücretler artışına katkı sağlaması şeklindedir. Ancak teknolojik ilerlemelerin gerçekliği çok daha farklıdır. Otomasyon teknolojisi olarak adlandırabileceğimiz bu teknolojiler aslında emeğin üretkenliğini artırmayıp, aksine insanların yaptıkları işlere ikame edilerek emeğin katma değeri içindeki payını azaltma eğilimindedir. Bu durum emek talebini de düşürebilir. Emek talebine katkıda bulunan üretkenlik kazanımları eksik olduğu müddetçe de işçiler yeni teknolojilerle yerlerinden edileceklerdir (Acemoglu ve Restrepo, 2019, s. 2-3).

Yapay zekâ ağırlıklı olarak fiziksel emeğin kısmen de zihinsel emeğin yerini alabilir. Yapay zekâ teknolojilerinin bu özelliği ise önceki teknolojik devrimlerin başaramadığı bir olgudur. Örneğin Frey ve Osborne (2013) ABD ekonomisindeki işler için yapmış oldukları çalışmalarında toplam istihdamın yaklaşık %47'sinin yüksek risk kategorisinde yer aldığı sonucuna ulaşmışlardır. Çalışmada bu işlerin ulaştırma ve lojistik, ofis ve idari destek, üretim meslekleri olduğu öngörülmekte ve hizmet sektöründeki işlerin bilgisayarlaşmaya karşı çok hassas olduğu bulunmuştur. Yazarlar, yüksek risk altındaki bu işlerin önümüzdeki on veya yirmi yıl içinde otomatikleştirilerek yapay zekânın insan emeğine ikame olabileceğini düşünmektedirler. Artan veriler ile özellikle makine öğrenmesi ve derin öğrenme algoritmalarında meydana gelen hızlı gelişmeler otomatikleştirilerek emeğin yerini alabilecek iş yelpazesini büyük oranda genişletmiştir. Yapay zekâ tabanlı makineler yüz ve ses tanıma, doğal dil işleme, bilgisayar programları oluşturma gibi rutin olmayan bilişsel görevleri yerine getirme

konusunda giderek daha yetenekli hale gelmektedir. Aynı şekilde yetenekli robot teknolojilerinde de meydana gelen gelişmeler de makinelerin rutin olmayan manuel görevlerini yerine getirebileceği bir teknoloji ile donatılacak düzeye gelmiştir (Fossen ve Sorgner, 2022, s. 2).

Her ne kadar teknolojik gelişmeler bir sektörü çok iyi konuma getirebilecek etkiye sahip olsa da başka bir sektörün daralmasına neden olabileceği de unutulmamalıdır. Örneğin kişisel bilgisayarların piyasaya sürülmesi elektrikli daktilo üreten firmalar üzerinde yıkıcı düzeyde bir etki yaratmıştır (Walsh, 2004, s. 1). Birçok endüstride üretim yapılırken bir dizi iş ve görevin aynı anda tamamlanması gerekmektedir. Bu işlerin her biri ayrı ayrı insan emeği veya makinelerle yapılabilirken, insan emeği ve makinelerin kombinasyonu ile de gerçekleştirilebilir. İngiltere’de Sanayi Devriminin ilk ışıklarında bu görevlerin hemen hemen hepsi emek yoğun işlerden oluşmaktaydı. Zaten o dönemde başlayan yeniliklerin pek çoğu da vasıflı emeğin ve zanaatkârın yerini makineleşmiş süreçlerle ikame etme gayesiyle ortaya çıkmıştı (Mantoux, 1928, s. 25). Elbette otomasyon sürecine giren işler sanayi veya tarımla sınırlanmamıştır. Örneğin hizmet sektöründe çoğu beyaz yakalının işi otomasyona maruz kalmıştır.

Wang vd. (2023)’nin Çin için yapmış oldukları çalışmada üretim ve taşıma ekipmanı operasyonlarında çalışan işçilerin çoğu ve hizmet personelinin büyük kısmının ikameye karşı oldukça hassas oldukları ve zamanla işletme ve araştırma işleri olan orta riskli işlerin ikame edilmeye başlanacağı sonucuna ulaşmışlardır. En son ikame edilecek düşük risk seviyesindeki işlerin sezgisel, profesyonel teknoloji ve sosyal etkileşimler gerektiren, örneğin yöneticilik yapılan meslekler olduğu görülmüştür. Bu ve benzeri işler yüksek derecede sosyal zekâ gerektirdiği için ikame edilmesi çok zordur. Buna ek olarak avukat, doktor gibi bazı son derece profesyonel teknik meslekler de yaratıcılık ve sosyal zekâ gerektiren düşük riskli işlerdir. Kol gücü gerektiren işler ise düşük vasıflı işler gurubuna girerek yapay zekâ ikamesine en duyarlı yüksek risk düzeyindedir. Çünkü yapay zekâ geliştikçe, gelişmiş duyulara ve el becerisine sahip endüstriyel robotlar daha geniş bir yelpazede rutin olmayan manuel görevleri yerine getirmek için daha fazla sektöre girerek daha fazla düşük vasıflı emeği tehdit edebilirler (Wang vd., 2023, s. 4-5).

Elbette bu sonuçlar farklı ülkelerdeki iş gücü piyasası yapısı, iş sayısı ve görev kompozisyonundaki farklılıklara göre değişebilir. Ancak yapay zekânın bir ülkede bir

doktor için tehdit unsuru oluşturmayıp başka bir ülkede o doktoru işinden edecek kadar da bambaşka sonuçlar vermesini beklemek gerçekliğe çok uygun olmayacaktır. En azından düşük-orta-yüksek risk gurubundaki işler birçok ülkede benzer olacaktır.

Acemoglu ve Restrepo (2018a, 2018b), otomasyon teknolojilerini daha önce insan emeğinin yaptığı görevlerin sermaye tarafından devralınması olarak kavramsallaştırdığı görev temelli bir çerçeve önermektedir. Acemoglu ve Restrepo (2018a, 2018b)'nın ortaya koyduğu teoriye göre -AR Modeli- otomasyon teknolojileri yeni görevlerin yaratılmasına yol açarak istihdam ve ücretlerde artışa yol açabilir. Ancak işçileri yerinden eden otomasyon teknolojileri, verimlilik etkilerinin sınırlı olması halinde istihdamı ve ücretleri azaltma eğiliminde olacaktır. Bu durum yerinden etme etkisinin verimlilik etkisinden daha büyük olması halinde gerçekleşecektir. Bu görevlerin/işlerin sermaye tarafından üretilmesi emek tarafından üretilmesinden daha ucuzsa, otomasyon kısa vadede yerinden etme etkilerine, yani ücretlerde ve istihdamda azalmaya neden olacaktır. Yazarlar bir işin Adam Smith'in toplu iğne örneğinde olduğu gibi görevlere ayrıştırılabileceğini ve bu nedenle yapay zekâ ve otomasyonun işler üzerindeki etkisinin yapay zekânın yerini alacağı görevlere bağlı olduğunu vurgulamaktadırlar. Yapay zekâ emeğin makinelerle göre karşılaştırmalı bir avantaja sahip olduğu yeni görevlerin yaratılmasına yol açtıkça bir genişleme etkisi, insan emeği ile yapılan görevleri devraldıkça bir yerinden etme etkisi ve buna bağlı olarak büyüme olacağını vurgulamaktadırlar. Ancak yapay zekânın yerinden etme etkisine karşı koyabilecek birkaç etkisi vardır: Örneğin verimlilik etkisi ile otomatikleştirilemeyen görevlere/işlere olan talebi artırır. Her ne kadar daha fazla iş yapay zekâ tarafından yerine getirilebilse de artan talep emeğin yerinden edilme etkisini dengeleyebilir (Autor, 2015, s. 5,11). Ayrıca yapay zekâ hali hazırda var olan görevlerin/işlerin daha karmaşık versiyonlarını veya emeğin karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu yeni faaliyetlerin ya da işlerin yaratılmasına yol açabilir. Bunların yanı sıra yapay zekâ sermaye birikimine yol açarak emeğe olan talebi artırabilir. Bu bağlamda AR modelinden çıkarılacak önemli bir sonuç teknolojinin türüne ve tasarlanma amacına bağlı olarak emek piyasasına etkilerinin değişebileceğidir (Fossen ve Sorgner, 2022, s. 2).

Bazı çalışmalar yapay zekâ teknolojilerinin ve bu teknolojiye dayalı otomasyonun belirli sektörlerdeki işleri yerinden ettiği sonucuna ulaşsa da istihdam üzerindeki genel etkinin tüm ülkeler için önemli olduğunu gösteren kesin bir kanıt yoktur. Çünkü her

ülkenin dinamiği farklıdır ve bu teknolojilerin gelişmiş ülkelerden 3. Dünya ülkelerine kadar benimsenme düzeyi çok farklıdır. Her ne kadar her koyun kendi bacağından asılacak olsa da ülke ekonomilerinin otarşik bir düzende süregelmediğini, diğer ülke ekonomileriyle de etkileşim içerisinde olduğu için bunun bir takım oyunu olduğunun unutulmaması gerekmektedir. Bundandır ki istihdam üzerinde genel ve net etkinin ne olduğunu söylemek çok zordur. Her ülkenin hem tek başına hem de benzer ve farklı gelir grubuna sahip olan ülkelerle birlikte girdiği duruma göre hem kendi hem de diğer ülke ekonomilerinde istihdamı farklı şekilde etkileyebileceği hususuna dikkat edilmelidir. Teknolojilerin gelişme ve benimsenme derecesine göre ülkelerin off-shore ve re-shore eğilimlerinin de istihdamı etkileyebileceği unutulmamalıdır.

Bugüne kadar ki teknolojilerin emek tasarrufu sağlama hedeflerinde göstermiş olduğu önemli başarılar ve gelişen teknolojinin büyük çoğunlukla daha fazla emek tasarrufu sağlayan olduğu göz önüne alındığında, teknolojik değişimin işçilerin büyük çoğunluğu için istihdamı zaten ortadan kaldırmamış olmasına biraz şaşırmamız gerekmez mi? Yapay zekâ ve buna dayalı otomasyon teknolojilerinin üretilen çıktı başına iş gücü ihtiyacını bariz bir şekilde azaltsa bile neden toplam istihdamı zorunlu olarak azaltmadığı soru da bu kontekste sorulması gereken bir diğer sorudur (Autor, 2015, s. 6).

Yapay zekâ ve türevi teknolojiler yüzünden makine-insan ikamesine ilişkin son zamanlardaki kasvetli kehanetlerde ihmal edilen son nokta ise insan emeğinin otomasyon tarafından gerçekten gereksiz hale getirilmesi halinde başlıca ekonomik sorunun kıtlık değil dağıtım olacağıdır. Piyasa ekonomilerinde gelir dağılımının temel sistemi iş gücü kıtlığına dayanır; vatandaşlar, kıtlığı nedeniyle kariyer yolu boyunca bir gelir akışı yaratan değerli bir "insan sermayesi" demetine sahiptir (veya edinir). Eğer makineler gerçekten de insan emeğini gereksiz hale getirseydi, muazzam bir toplam servete sahip olunur ve bu servetin kime ait olduğu ve nasıl paylaşılacağını belirleme konusunda ciddi bir zorluk yaşanırdı (Autor, 2015, s. 28). Bunun yanı sıra, çıktı ve üretkenlik üzerinde genellikle olumlu etkileri nedeniyle yapay zekâ teknolojilerinin istihdam yaratma potansiyeline dikkat çekilse de bu teknolojilerin benimsenmesinin özellikle gelişmekte olan ülkelerde halen düşük olduğu, bu nedenle yapılan ampirik çalışmalarda henüz tam etkilerinin yakalanamadığının da altını çizmekte fayda vardır (Parschau ve Hauge, 2020, s. 122).

Yapay zekâ alanındaki ilerlemelerden kaynaklanan bir sonraki otomasyon teknolojisi dalgasının, daha geniş bir sektör yelpazesinde daha fazla işin tamamen otomatik hale gelmesine izin vereceğini ve işsizlikte artışa neden olacağı olasılığı da yapay zekânın istihdam üzerindeki pesimistik senaryolarından biridir. Ancak, bu tür teknolojilerin benimsenmesi önceki endüstri devrimlerinden de görüleceği üzere şu ana kadar yavaş olmuştur ve bunun istihdam üzerindeki etkisinin tarihsel modelini önemli ölçüde bozduğunu gösteren kesin bir kanıt henüz yoktur (Parschau ve Hauge, 2020, s. 130). Pesimistik görüşü genel olarak ele alacak olursak, yapay zekânın insan emeğinin yerini alacak kadar verimli olması demek yapay zekânın bir o kadar dönüştürücü olacağı anlamına gelir. Eğer dönüştürücü değilse, o zaman tanım gereği çok az etkiye sahiptir (Agrawal vd., 2019, s. 149). Bu yüzden pesimistik senaryolarla karamsarlığa kapılmanın kimseye faydası olmayacaktır.

2.5.2. Optimist görüş-ütopik senaryo

Yıllardır süregelen ve sık sık tekrarlanan yeni teknolojilerin işimizi elimizden alacağı endişelerine rağmen toplum pozitif olarak derin dönüşümler geçirmiş, ekonomi büyümeye, teknoloji ilerlemeye ve işçiler iş sahibi olmaya devam etmiştir. Peki bu gereksiz endişenin geçmişi göz önüne alındığında, insan emeğini yeni teknolojilere karşı dirençli kılan nedir? Yapay zekâ geçmişteki teknolojilerden farklı yeni bir endişe midir (Frank vd., 2019, s. 6532)? Bu durumda optimistik görüş, yeni teknolojilerin birçok işin kaybına neden olacağını kabul etmekte, ancak uzun vadede telafi etkilerinin ortaya çıkarak yeni işleri, görevleri ve meslekleri yaratarak emek piyasasının uyum sağlayacağını öngörmektedir (Marengo, 2019, s. 326).

Son iki yüzyılda yaşanan otomasyon ve teknolojik ilerlemenin insan emeğini kullanılmaz hale getirmediği açıktır. 20. yüzyıl boyunca kadınların ev işlerini bırakıp emek piyasasına geçerken bile istihdamın nüfusa oranı artmış ve işsizlik oranı konjonktürel olarak dalgalansa da uzun vadede belirgin bir artış söz konusu olmamıştır. Ancak yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisi konusunda endişe duyanlar, teknolojiler ve istihdam arasındaki geçmiş etkileşimlerin, gelecekte de benzer olacağı konusunda garantinin olmadığını altını çizmektedir. Gelecek ne getirirse getirsin, geçmişin korkularının bugün de benzer kaygıları yeniden canlanmasına yol açacağı açıktır (Akst, 2013). Bunun altındaki temel etken, yeni teknolojilerin geçmişte yok ettiği veya yer değiştirdiği iş ve meslek gruplarının hatırlanıp yarattığı yeni işlerin ve

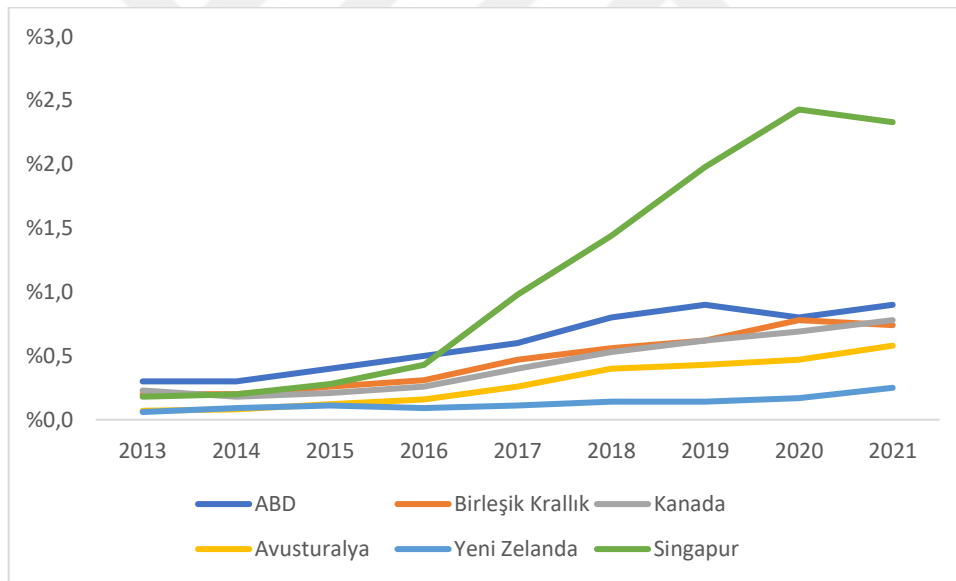
istihdamın hatırlanmamasıdır. Tıpkı insanoğlunun iyiliği çabuk unutup, kötülüğü asla unutamaması gibi. Bu yüzden sadece kaybedilenlere odaklanmak, yapay zekânın istihdamı etkilediği temel bir ekonomik mekanizmadaki faydaları gözden kaçırmak demektir.

Yapay zekânın istihdama etkisi, insan beyninin bilişsel işlevlerini taklit etmek için makinelerin kullanılması ve böylece insana ait bazı zihinsel emeğin yoğun olduğu işlerin yerini almasıdır ki bu sadece üretkenliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda bilgi yoğunluğu yüksek birçok iş yaratabilir ve böylece emeğin yapısını etkileyebilir (Acemoglu ve Restrepo, 2019, s. 1-2). Esasen, yapay zekâ gibi yeni bir teknolojinin ilk etkisi kuşkusuz emeğin yerini almaktır. Ancak zamanla üretkenlik arttıkça ve sermaye derinleştikçe büyüyecek olan ekonomi, emek için yeni talepler yaratacak ve iş gücü piyasası ayarlamaları yavaş da olsa emeğin makinelere göre karşılaştırmalı bir avantaja sahip olduğu yeni görevler yaratacaktır (Crafts, 2022, s. 2). Çünkü yapay zekâ önceki yüzyıllarda gerçekleşen teknolojilerden çok farklı değildir ve önceki teknolojiler gibi benzer şekilde yüksek verimlilik yaratır. Sonucunda ekonomide meydana gelecek genişleme ile daha fazla iş yaratılıp işsizlik oranı azalacaktır. Dönem dönem yapısal işsizlik kaydedilebilir ancak bu durum geçicidir zira iş gücü piyasası dengeye döndüğünde işsizlik oranı tekrar azalacaktır (Mutascu, 2021, s. 654). Albus da tarihte artan verimliliğin iş kaybına yol açtığının görülmediğini ve aslında iş yaratmanın zor olmadığını, esas meselenin robotların/yapay zekâ teknolojilerinin yarattığı servetin ihtiyacı olan insanlara gelir olarak dağıtılabileceği mekanizmalar bulmak olduğunu belirtmiştir (Rosalie, 1983, s. 180).

Yapay zekâ teknolojisi sektörler arasında yeni iş rolleri ve becerilere olan talebi de artıracaktır. Bu teknolojinin elbette değiştireceği veya yok edeceği iş kolları da olacaktır. İşlerdeki bozulmanın boyutu, bir çalışanın mesleğine ve becerilerine bağlı olarak değişecektir ve en kötü ihtimalle bile işlerde, mesleklerde yaşanan bozulma yarının işleri olarak adlandırılan yeni alanlarda yaratılan yeni işler ile dengelenecektir. Önümüzdeki on yıl boyunca, yeni yaratılan işlerin dikkate değer bir kısmı tamamen yeni mesleklerde veya hem içerik olarak ve hem de beceri gereksinimleri açısından önemli dönüşümler geçiren mevcut mesleklerde olacaktır. 2025 yılına kadar 85 milyon işin insanlar ve makineler arasındaki iş bölümündeki değişim nedeniyle yer değiştirebileceğini ve insanlar, makineler ve algoritmalar arasındaki yeni iş bölümüne

daha uyumlu 97 milyon yeni rolün ortaya çıkabileceği tahmin edilmektedir. Son gelişmelerle birlikte teknolojinin yeni işler yarattığı ana alanlar veri ve yapay zekâ, mühendislik, bulut bilişim, insan kaynakları, ürün geliştirme, satış, pazarlama ve içerik üretme olarak görülmektedir (World Economic Forum, 2020, s. 29-30).

Şekil 2.11.'de tüm iş ilanları arasından yapay zekâ ile ilgili iş ilanlarının yüzdesi ABD, Birleşik Krallık, Kanada, Avustralya, Yeni Zelanda ve Singapur için gösterilmiştir. Yapay zekâ emek talebinin en yüksek olduğu ülke %2,33 ile Singapur olurken, Singapur'u %0,90 ile ABD, %0,78 ile Kanada ve %0,74 ile Birleşik Krallık takip etmektedir. Yapay zekâ emek talebinde 2016 yılından 2020 yılına kadar ciddi bir ivme kaydeden Singapur'un 2020 yılından sonra emek talebi düşmüştür. Benzer şekilde Birleşik Krallık'ın da yapay zekâ emek talebinde 2020 yılından 2021 yılına gelindiğinde düşüş yaşandığı görülmektedir. ABD, Kanada, Avustralya ve Yeni Zelanda ise 2020'den 2021'e yapay zekâ emek talebinde artış kaydedilmiştir.



Şekil 2.11. *Yapay Zekâ Emek Talebi (Ülkelere Göre Yapay Zekâ İş İlanları (Toplam İş İlanları İçinden))* (Zhang vd., 2022)

Yapay zekâ, daha önce emek tarafından yapılan işleri otomatikleştirebilir ve/veya emeğin verimli bir şekilde istihdam edilebileceği yeni işler yaratabilir. Ancak teknolojiye son gelişmeler yapay zekânın yeni işler yaratması olgusuna yeterince odaklanmadığından otomasyona karşı ön yargı oluşturmuştur (Acemoglu ve Restrepo, 2019). Haklı veya haksız hâlâ net bir cevabı olmayan bu ön yargının geçmişte yaşanan

teknolojik gelişmelerin daha çok olumsuz etkilerinin hatırlanmasından kaynaklanmaktadır.

Tabii ki hem olumlu hem de olumsuz bu iki etkinin ortaya çıkması için şartlar vardır. Autor (2015), yeni teknolojilerin emeği ikame etme düzeylerinin çok yüksek olmadığını şayet öyle olsaydı bugüne kadar gerçekleşen tüm teknolojik gelişmelerin çoktan ciddi oranda bir işsizliğe sebep olacağının altını çizmiştir.

Yapay zekâ ve otomasyon teknolojilerinin iş gücü piyasasına etkileri konusundaki anlaşmazlık bahsedilen etkinin kısa/uzun dönem ayrımı yapılarak bir nebze de olsa giderilebilir. Bu teknolojilerdeki hızlı gelişmeler kısa vadede iş gücü piyasasını önemli ölçüde bozma potansiyeline sahipken (Frank vd., 2019, s. 6531), uzun vadede ise yeni işler yaratarak insanın becerilerini geliştirmesinin sağlanması beklenmektedir (Mutascu, 2021, s. 654).

Bu belirsizlik içerisinde yadsınamayacak bir gerçek vardır ki o da yapay zekâ kullanımının hem kısa hem de uzun dönemde emek talebinde hareketlenmelere sebep olacağıdır. Kısa dönemde, yapay zekâ ve otomasyon teknolojisinde yaşanan hızlı gelişmeler iş gücü piyasasını önemli ölçüde bozma eğilimine sahiptir (Frank vd., 2019, s. 6531). Uzun dönemde ise yapay zekâ insan becerilerinden daha farklı şekillerde faydalanmanın yollarını arayarak aslında yeni işler de yaratacaktır (Mutascu, 2021). Çünkü uzun vadede teknolojik yenilikler refaha yol açar. İnsanlar yeni duruma uyum sağladıkça yeni beceriler geliştirir; insan, becerilerini kullanmanın yeni yollarını buldukça da yeni işler ortaya çıkacaktır. Kısa vade içinse ne yazık ki bir aksama olması kaçınılmazdır (Stevenson, 2019, s. 191). Guliyev (2023) de uzun dönem ve kısa dönem ayrımı konusunda benzer görüşe sahiptir. Son olarak uzun vadede cevapların kısa vadede olanlardan çok farklı olabileceğinin bilincinde olunmalıdır. Kısa vadede durumun nasıl ele alındığı uzun vadedeki sonuçları nihai olarak etkileyecektir. (Stevenson, 2019, s. 194). Özetle, uzun vadede yeni işler yaratılana kadar iş kaybı olacağı da bir gerçektir ancak uzun vadede cevapların kısa vadede olanlardan çok farklı olabileceğini fark etmeli ve kısa vadeyi nasıl ele aldığımızın uzun vadedeki sonuçlarımızı nihai olarak etkileyeceğinin bilincinde olmalıyız.

David Ricardo, teknolojik değişikliklerde uzun ve kısa vade farklılıklarının altını çizerek makinelere yani teknolojiye yapılacak yatırım sonucu istihdamda meydana

gelecek azalmanın -makineye yapılan yatırımın işçiye ödenecek fonlardan karşılandığı ücret fonu teorisi nedeniyle- kısıtlayıcı bir durum olduğunu, uzun vadede daha yüksek verimliliğin daha yüksek tasarrufa ve nihayetinde emeğe olan talebin artmasına yol açacağını düşünmüştür. Karl Marx teknolojik işsizliğin kısa vadede işçilerin kapitalist sistem altında köleleştirilmesi bağlamında ciddi bir sorun olduğunu ancak teknolojik gelişmelerin nihayetinde yaygın bir refaha yol açan sosyal ve siyasi bir sürecin parçası olduğunu savunmuştur (Mokyr vd., 2015, s. 34).

20. yüzyılın başlarında Knut Wicksell (1901) de saf bir neoklasik modelde, teknolojik ilerlemenin emeğin marjinal ürününü ve dolayısıyla ücretleri, teknolojinin emek tasarrufu sağlayan ya da emek artıran bir tür olup olmadığına bağlı olarak düşürebileceğini ya da yükseltebileceğini bu yüzden kısa vadedeki olası zararlı etkilerin uzun vadedeki sonuçlardan ayrılmasına dikkat edilmesi gerektiğinin altını şu sözlerle çizmiştir: *"Zaman zaman sanayide devrim yaratan büyük icatlar ilk başta bir dizi işçiyi dilenciliğe düşürmüştür. Ancak birikim devam ettikçe bu kötülükler ortadan kalkacak ve ücretler yükselecektir."*(Wicksell, 1977, s. 164). Benzer şekilde John Bates Clark (1907) da işçilerin refahının teknolojik ilerlemelerin devam etmesine bağlı olduğunu ve bunu emeğin geçici olarak yerlerinden edilmesine neden olmadan yapamayacağı yorumunda bulunmuştur (Clark, 1907, s. 452).

Teknolojik gelişmelerin kısa dönemli maliyetleri hakkında yapılan tartışmalar ışığında, Endüstri Devrimi sırasında yeni teknolojilerin ilk etapta neden olduğu işsizliğin ciddi bir sorun olduğunun düşünülmesi normaldir. Ancak bu durumun geçici bir işsizliğe yol açması başka, meydana gelen bu denli bir teknolojik işsizliğin büyük ölçekte meydana geldiğini göstermek bambaşka bir şeydir (Mokyr, 2002, s. 256).

Elbette yapay zekâ teknolojilerinin yerinden etme etkisi vardır ve bu etki emeğin milli gelirdeki payında düşüşe neden olma eğilimindedir. Çünkü teknolojik gelişmeler bir miktar sermaye yatırımı gerektirmektedir ve bunun da dolayısıyla sermayenin payını artırıp emeğin üretimdeki payını azaltması beklenmektedir. Ancak endüstrinin teknolojiyle birlikte tarihinden de bilindiği üzere dünya ekonomisindeki birkaç otomasyon dalgasına rağmen büyüme süreci genel anlamda dengeden çıkmamış ve emeğin milli gelirdeki payında seküler bir düşüş eğilimi yaşanmamıştır. Çünkü yapay zekâ gibi otomasyon teknolojilerini dengeleyen telafi edici bir mekanizma vardır. Emeğin karşılaştırmalı avantaja sahip olduğu yeni işlerin ve görevlerin yaratılması ile

yaratma/tamamlama ve eski haline getirme etkisi teşvik edilmektedir. Yaratılan bu yeni görevler emeğe olan talebi kuşkusuz artıracaktır. İnsan emeği ve yapay zekâ teknolojileri el ele gittiğinde, büyüme süreci dengede kalır ve insan emeği için kasvetli senaryolardan uzaklaşılır (Acemoglu ve Restrepo, 2018b, s. 32).

2.5.2.1. Telif Mekanizması

Yapay zekâ teknolojileri üretimde süreç inovasyonu sağladığında bunun kaçınılmaz doğrudan etkisinin iş yıkımı olması beklenir. Çünkü süreç inovasyonu ya aynı miktarda üretim faktörüyle daha fazla çıktı üretmektir ya da aynı miktarda çıktının daha az miktarda üretim faktörü ile üretilmesi demektir. Burada korkulan nokta bahsi geçen *az miktarda üretim faktörünün* emek olmasıdır. Ancak en başından beri ekonomi teorisi, süreç inovasyonunun neden olduğu istihdamda azalmayı kısmen de olsa dengeleyebilecek ekonomik güçlerin olduğunu işaret etmiştir (Piva ve Vivarelli, 2017, s. 4, 2018, s. 15).

Yapay zekâ teknolojilerinin kullanımının artması ve yaygınlaşmasıyla kısa vadede potansiyel iş kayıplarının, artan verimliliğin uzun vadede daha yüksek iş gücü talebine yol açtığı dengeleyici mekanizmalarla telafi edileceği düşünülmektedir. Bu telafi etkisi temelde yapay zekânın emeğe ikame edilmesi ile sağladığı verimlilik artışının söz konusu endüstri ölçeğini genişletmesi ve ölçeğin genişlemesiyle çıktı başına düşen işteki azalmayı telafi etmesi şeklinde gerçekleşir. Telif mekanizması böylece pesimistlerin inanmak istemediği yapay zekânın yeni endüstri ve hizmetler aracılığıyla doğrudan yeni işler yaratabileceği gerçeğini de ifade etmektedir. Yapay zekâ ve türevi teknolojilerin uygun maliyetli olması firmaların üretimini genişletip, üretim hattını ve iş sayısını artırma koşullarını sağlayarak ve verimlilikte yaşanacak artışın ürünlerin daha düşük maliyetle üretilip daha düşük fiyatlara satılması ile tüketici talebinin artmasını sağlayarak firmaları üretim ölçeğini genişletmeye itecektir. Bu da ölçek genişlemesi yoluyla telafi mekanizmasının nasıl çalışabileceğini göstermektedir (Sarker, 2022, s. 65-66).

Yeni faaliyetlerde veya iş kollarında emeği yeniden devreye sokan ve yapay zekâ teknolojilerinin etkisini dengelemek için emek payını artırma eğiliminde olan yeni emek-yoğun görevlerin yaratılması anlamına gelen telif mekanizması, Acemoglu ve Restrepo (2018b, 2019b) tarafından verimlilik, sermaye birikimi ve otomasyonun

yaygınlaşması kanallarının yaratacağı etkilerin iş gücü talebindeki herhangi bir azalmayı eninde sonunda telafi edebileceği gerekçesiyle savunulmuştur.

Yapay zekânın yerinden etme -ikame- etkisinin varlığı, yapay zekâ gibi otomasyon teknolojilerinin her zaman iş gücü talebini azaltacağı anlamına gelmez. Hatta tarih boyunca otomasyona iş gücü talebinde genişleme ve yüksek ücretlerin eşlik ettiği birkaç dönem vardır. Bu teknolojilerin iş gücü talebi üzerinde olumlu bir etki yaratması verimlilik etkisi ve sermaye birikiminden kaynaklanmaktadır (Acemoglu ve Restrepo, 2018b, s. 6). Bu teknolojiler üretimde maliyeti düşürerek otomatikleştirilmeyen/bilgisayarlaştırılmayan işlerde iş gücüne olan talebi artırarak bir verimlilik etkisi yaratmaktadırlar. Yapay zekâ teknolojileri belirli görevleri emeğe kıyasla daha ucuz hale getiriyorsa sermayenin emeğin yerine ikame edilmesine yol açmaktadır. Bu da üretim süreci otomatikleştirilen mal ve hizmetlerin fiyatlarını düşürerek o mal ve hizmetlere olan talebi artırmaktadır (Autor, 2015, s. 11). Firmaların üretim maliyetlerini düşürmek için sermayeye yaptıkları yatırımlar verimliliği -birim zamanda işçi başına çıktı- artırmaktadır. Üretim süreci otomatikleştirilen sektörlerdeki mal ve hizmetler tüketiciler için daha düşük fiyatlar anlamına geldiğinden bu düşük fiyatlar hane halklarını etkin bir şekilde daha zengin hale getirir ve sonuçta mal ve hizmetlere yönelik genel talep artar. Mal ve hizmetlere yönelik genel talepteki bu artış da iş gücüne yönelik talep artışını da beraberinde getirir (Wolla vd., 2019, s. 85). Bunun sonucunda başka sektörlerde meydana gelen iş gücü talebi, otomasyonun olumsuz yerinden etme etkisini telafi edebilir. Tarihte buna verilebilecek en iyi örnek ABD ve birçok Avrupa ekonomisinin tarımda makineleşmeye uyum sağlamasıdır. Makineleşme gıda fiyatlarını düşürdüğü için daha fazla tarım dışı ürün talep eden tüketicileri zenginleştirmiş (Herrendorf vd., 2013, s. 2753) ve başta makineleşme süreci tarafından yerinden edilen işçilerin çoğu için istihdam fırsatları yaratmıştır. Ancak bu telafi edici etki mal ve hizmetlere olan talebi artırarak işlediği için eşitsizliği artırma eğilimindedir. Yapay zekânın sağladığı reel gelirlerdeki artış, düşük marjinal tüketim eğilimine sahip bir kesimin eline geçerse bu dengeleyici telafi edici güçler zayıflayacak ve çok daha yavaş işleyecektir. Bu yüzden yapay zekânın sağladığı kazançların dağılımındaki bu dengesizliğin yeni işlerin yaratılmasını yavaşlatma riski de bulunmaktadır. Özetle, verimlilik etkisinin birbirini tamamlayan iki tezahürü vardır: yapay zekâ teknolojilerinin kullanıldığı sektörlerde bu teknolojilerle otomatikleştirilmeyen işlerde iş gücü talebini artırması ve yapay zekânın kullanılmadığı diğer sektörlerdeki iş gücü talebini artırması.

Sermaye birikimi ise yüksek sermaye talebi ile tetiklendiğinden daha fazla sermaye birikimi daha sonra iş gücü talebini artırır (Acemoglu ve Restrepo, 2018b, s. 7-8,19,33).

Daha ucuz makinelerin insan emeğinin yerine ikame edilmesi ile ortaya çıkan verimlilik etkisinin yarattığı maliyette azalma ile ekonomi genişleyecek ve otomatikleştirilmemiş görevlerde iş gücü talebi artacaktır. Yapay zekâ teknolojisi ile artan otomasyonun tetiklediği sermaye birikimi de iş gücü talebini de artıracaktır. Bu teknolojiler daha önce insan emeği tarafından gerçekleştirilen bazı görevlerin yerini almanın yanı sıra hali hazırda bu teknolojiler ile gerçekleştirilen otomatikleştirilmiş olan görevlerde makinelerin de üretkenliğini artırır. Otomasyonun derinleşmesi olarak adlandırılan bu olgu üretkenlik etkisi yaratma eğiliminde olup yerinden etme etkisi yaratmaz çünkü bu görevlerde emeğin yerini zaten sermaye almıştır. Dolayısıyla iş gücü talebinin artmasını sağlar. Ancak bu telafi edici etkiler dengeli bir büyüme patikası oluşturmak için yetersizdir. Bu etkiler güçlü olsa bile, devam eden otomasyon yine de emeğin milli gelirdeki payını azaltma eğilimindedir. Ancak emek talebini ve emeğin milli gelirdeki payını artıran daha güçlü bir dengeleyici güç vardır. Emeğin makinelere göre karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu yeni görevler, işler ve faaliyetlerin yaratılması. Yeni görevlerin yaratılması, yerinden etme etkisini doğrudan dengeleyen bir eski haline getirme etkisi -reinstatement effects- yaratır (Acemoglu ve Restrepo, 2018b, s. 1-2). AR Modelinin bir öngörüsü olan emeğin eski haline getirilmesi, yapay zekâ teknolojilerinin insan emeğinin karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu yeni görevleri veya mevcut görevlerin daha karmaşık versiyonlarını yaratması neticesinde ortaya çıkabilecek bir etkidir (Fossen ve Sorgner, 2022, s. 3). Yapay zekânın istihdam üzerindeki eski haline getirme etkisinin özünde yapay zekâ teknolojisinin iş gücü verimliliğini, ücretleri ve bu yolla toplam talebi artırabilmesidir. Bunlar da dolaylı yoldan iş gücü talebinin artmasına neden olur. Elbette yapay zekânın istihdam üzerindeki net etkisi yerinden etme etkisi ile bunu telafi eden eski haline getirme etkisinin göreceli gücüne bağlı olacaktır (Gries ve Naudé, 2020, s. 5,47).

Bir başka telafi mekanizması firmaların yeni yatırımları destekleme kararına bağlı olarak işleyebilir. Yapay zekâ teknolojilerinin sağladığı maliyetlerdeki düşüşün fiyatlardaki düşüşe yansımada gecikme olması yenilikçi girişimci firmalar tarafından fazla kâr elde edilmesine yol açabilir. Bu önerme ilk olarak David Ricardo (1951, s. 396) tarafından ortaya atılmış ve Alfred Marshall (1961, s. 542) gibi neo-klasikler ve

Hicks (1973) ve Stoneman (1983, s. 177-181) gibi daha yeni dinamik modeller tarafından da dile getirilmiştir. Bu kârların yatırıma dönüştürülmesi gecikmeli olarak yeni üretimler ve iş fırsatları yaratabilir. Elbette yeni yatırımların içsel niteliği de önemli olduğundan bu yatırımlar sadece sermaye yoğun ise telafi etkisi sadece kısmi olarak işleyecektir. Bu ihtimalden daha kötü olanı ise kötümser beklentilere sahip olanların bu kârların her zaman yeni yatırım kararı anlamına gelmeyebileceği aksine yatırımları erteleme kararı anlamına gelebileceği inancında olmalarıdır. Keynes'in de tabiriyle *hayvani içgüdülerle* hareket edip karamsarlığa kapılan firmalar telafi mekanizmasının işleyişine ket vurarak önemli yapısal teknolojik işsizlik yaratma potansiyeline sahiptirler (Piva ve Vivarelli, 2017, s. 7-11). Buradan da anlaşıldığı üzere telafi mekanizmalarının %100 işleyeceği garanti edilmemektedir. Bu mekanizmaların etkinliğini azaltabilecek kritik hususlar da bulunmaktadır. Oligopolistik ya da daha az rekabetçi piyasa yapılarının düşük maliyetlerin her zaman düşük fiyatlara dönüşmesine izin vermemesi telafi mekanizmanın etkinliğini azaltabilecek bir husustur. İkinci olarak, emek tasarrufu sağlayan bir teknolojinin ilk etkisi, işten çıkarılan işçilerden gelen toplam talepteki düşüştür. Bu nedenle telafi mekanizması toplam satın alma gücündeki ilk düşüşü dengelemekten daha fazlasını yapmak zorundadır. Bu telafi mekanizmasının gecikmesi çok önemliyse, zaman içinde devam eden yapısal işsizlik yaratabilir (Piva ve Vivarelli, 2018, s. 16).

Yapay zekânın istihdam üzerindeki nihai etkisine ilişkin kesin bir cevaba ulaşmak çok zordur. Telafi mekanizmalarının yapay zekâ teknolojilerinin sağlamış olduğu süreç yeniliklerinin neden olduğu yerinden etme/yer değiştirme etkisini dengelemede etkili olabilmesi rekabet derecesi ve talep esnekliği gibi birçok eşzamanlı faktöre dayanmaktadır. Dolayısıyla kurumsal, sosyal ve ekonomik bağlamlara bağlı olarak telafi mekanizmaları teknolojik işsizliği elimine etme konusunda bu şartlara bağlı olarak başarılı olabilir. Ancak her ne kadar yapay zekâ teknolojilerinin kullanıldığı endüstrilerde yaşanan süreç yeniliklerinin o endüstride yerinden ettiği işçileri, yeni makineler üretme yoluyla sermaye sektöründe yeni işler yaratılmasına fırsat tanıyarak geri kazandırsa da (Say, 2001, s. 37), teknolojik değişimleri yalnızca süreç inovasyonuna indirgemek eksik bir bakış açısı olarak kalacaktır. Çünkü madalyonun diğer yüzü ürün inovasyonudur. Ürün inovasyonu ile yeni ürünler piyasaya sürülmesi, ardından yeni pazarların ortaya çıkmasına neden olabilir. Bunun da bir istihdam yaratma etkisi ise kaçınılmazdır. Jean-Baptiste Say ürün inovasyonunun emek yoğun ve

iş gücü dostu etkisini vurgularken, Marx ise teknolojik değişimlerin istihdama etkileri konusunda iyimser olanları her ne kadar eleştirse de yeni ürünlerin piyasaya sürülmesinden kaynaklanabilecek olumlu istihdam faydalarını kabul etmiştir (Piva ve Vivarelli, 2017, s. 10, 2018, s. 16-17).

Nihayetinde iktisat teorileri teknolojik yeniliklerin, inovasyonların istihdama nihai etkisi konusunda net bir cevap verme iddiasında değildir. Gerçekten de süreç inovasyonunun neden olabileceği direkt etki olan emeği yerinden etme etkisi fiyatların düşmesini ve gelirlerin artmasını sağlayıp başlangıçtaki iş kayıplarını telafi edebilecek bir talep ve üretim artışını teşvik etmeyi dengelemede fiyat ve gelir mekanizmalarının çalışma olasılığı vardır. Ancak bunların nasıl işleyeceği ve etkin olacağı konusunda bilinmezlikler mevcuttur ve bu etkinlik rekabet derecesi, talep esnekliği, iş beklentilerinin nasıl şekillendiği gibi birçok parametreye bağlı olup bu yüzden ampirik analizlere önem verilmelidir (Piva ve Vivarelli, 2017, s. 9, 2018, s. 26).

2.5.2.2. Yaratma/Tamamlama Etkisi

Yapay zekâ ile insan emeği arasında bir ikame edilebilirliğin de sınırları vardır. İnsan, sınıflandırma ve kategorize etme sistemini kendi evrimsel ve gelişimsel geçmişine dayalı bilinçli bir varlık olması sebebiyle yapabiliyorken, yapay zekâ ise sınıflandırma ve kategorize etme sistemini bir insan tarafından formüle edilip mekanik yapısına gömülmesi ile yapabilmektedir. Bu durumda sanat başta olmak üzere derin yaratıcılık gerektiren işler, muhakeme gerektiren süreçler, sofistike bilgi gerektiren her türlü sosyal ve fiziksel faaliyetlerde insan emeği ve yapay zekâ arasında ikame edilebilirliğin sınırları hep olacaktır (Markey-Towler, 2018, s. 16). Ekonomik, legal veya toplumsal başta olmak üzere başka birçok engeller nedeniyle yeni teknolojilerin kullanımı genellikle yavaş bir süreç olarak ilerlemektedir. Bu yüzden teknolojik ikame beklendiği gibi hemen gerçekleşen bir olgu değildir. Ayrıca, yeni teknolojiler kullanılmaya başlansa dahi yaptığı işi veya görevi değiştirerek değişen teknolojik donanımına uyum sağlayabilecek emek muhakkak olacaktır. Bunun yanı sıra yeni teknolojilere talep ve daha yüksek rekabet gücünün ek istihdam yaratabileceği atlanmamalıdır (Arntz vd., 2016, s. 4)

Geçmiş bizlere her zaman teknolojilerin daha önce olmayan roller yaratarak yeni iş fırsatları sunduğunu göstermiştir. Veri analistleri, yapay zekâ ile ilişkin yeni

mühendislik alt dalları, veri etiketleme/koruma uzmanları gibi meslekler ya da görevler son dönem teknolojisi yapay zekânın yarattığı yeni iş fırsatları arasında gösterilebilir. Tarihin tekerrürden ibaret olması ise bizlere yapay zekâ teknolojileri konusunda o kadar da endişeli olunmaması gerektiğini işaret etmektedir.

Yapay zekâ emek payını azaltma eğilimindeyse neden son iki yüzyıl boyunca emek payı kabaca sabit kaldı ve verimlilik artışı ücret artışı ile el ele gitti? Tarihsel olarak yapay zekâ türevi otomasyon teknolojileri kullanılmaya başlandığında, diğer teknolojik gelişmeler de eş zamanlı olarak emeğin rekabet avantajına sahip olduğu yeni görevlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Örneğin; 19.yy'ın ikinci yarısında başlayan tarımsal makineleşme ilk etapta tarımdaki istihdamı azaltsa da imalat ve hizmette yeni işler yaratarak iş gücü talebini artırmıştır. Genel olarak yeni teknolojiler emeği uzmanlaştıkları işlerden uzaklaştırırsa da günün sonunda emek, yaratılan yeni işlerle teknolojik gelişmelerden faydalanmıştır. Bu kritik noktada, emeğin yerini almak yerine, icat etmeye ve talep yaratmaya yeterince dikkat edilmezse, bu, sosyal ve ekonomik açıdan yanlış türde bir yapay zekâ olacaktır. Yaygın otomasyon, üretkenlik artışı, istihdam ve paylaşılan refahı desteklemek yerine, cansız büyümeye ve eşitsizliğe katkıda bulunacaktır (Acemoglu ve Restrepo, 2019, s. 4). Burada bahsi geçen yaratılan yeni iş ve görevlerin önemi, yalnızca posta arabasının demiryoluyla, yelkenlilerin buharlı gemilerle veya liman işçilerinin vinçlerle değiştirilmesini içermez. Aynı zamanda yeni emek yoğun görevlerin yaratılmasını da içerir ki bu İkinci Endüstri Devrimi sırasındaki teknolojik ve örgütsel değişikliklerle iyi bir şekilde gösterilmiştir. Bu görevler mühendisler, makinistler, tamirciler, idareciler ve yeni teknolojilerin tanıtılması ve işletilmesiyle ilgilenen yöneticiler için işler yaratmıştır (Acemoglu ve Restrepo, 2018a, s. 1489). Bunun yanı sıra gelişen son teknoloji ile yeni makineleri çalıştırmak, kullanmak ve denetlemek için ortaya çıkan yeni işler de tamamlayıcı bir etki yaratır. Yeni teknoloji ile görevler veya işler otomatikleştirilebilse dahi tamamen ortadan kalkar şeklinde kesin bir ifade doğru olmaz. Örneğin, otomatik pilotların kullanılmaya başlanması pilotların rolünü ortadan kaldırmamıştır. Çünkü uçak otomatik pilotta olsa dahi kontrol panelinde oturan bir insanın olması olağan dışı, otomatik pilotun öngerelemeyeceği herhangi bir teknik arıza vb. durumlarda müdahale etmesi için gerekmektedir (Ernst vd., 2019, s. 10-11). Günümüzde yapay zekânın emeğin yerini alıp insanları işsiz bırakacağını savunanların yapay zekânın gelişmesiyle ortaya çıkan

mühendislik ve programlama işlevlerinden görsel-işitsel uzmanlar gibi yeni görevleri yapacak emeğin, yönetici asistanları, veri yöneticileri ve analistleri gibi yeni görevlerin ortaya çıkışını göz ardı ettiklerine şahit olmaktadır. 2000 yılında bilgisayar yazılımı geliştiren emeğin yaklaşık %70'i yeni iş unvanlarına sahipti. Benzer şekilde, 1980 yılına kadar yönetim analisti, 1990'a kadar radyoloji teknisyeni diye bir iş yoktu (Acemoglu ve Restrepo, 2018a, s. 1489-1490). Wilson vd. (2017, s. 14-15)'nin yaptığı halihazırda yapay zekâ sistemlerini kullanan veya test eden firmalar üzerinde yapılan bir çalışmada yapay zekâ gelişimi sayesinde ortaya çıkacak ve insanlar tarafından gerçekleştirilecek üç farklı iş türü belirlenmiştir: yapay zekâ sistemlerini bizzat geliştirecek eğitmenler, yapay zekâ sistemleri tarafından üretilen çıktıları yorumlayacak olan açıklayıcılar ve yapay zekâ sistemlerinin tasarlandığı gibi çalıştığından emin olmak ve istenmeyen sonuçların uygun aciliyetle ele alınmasını sağlamak için çalışmalarını izleyecek olan sürdürücüler/devam ettirenler.

Yapay zekânın gelişimi ve kendisinden edinilen verimlilik ile yeni mesleklerde ve alanlarda işler yaratacağı inkâr edilemez. Aynı zamanda yapay zekâ sistemlerinin inovasyonları ile bu endüstriden yayılmalar neticesinde yeni işler ve görevler yaratma potansiyeli de vardır. Yaratılan tüm bu işlerin ve görevlerin insan emeği için yüksek üretkenli olması önemlidir. Yapay zekânın yalnızca insan emeğinin yapabileceği emek yoğun görevler yaratma potansiyeli, yapay zekânın hem yerinden etme etkisine karşı koymak hem de yapay zekâdan elde edilecek verimlilik faydalarının işçilerle paylaşılmasını sağlamak için önemli bir mekanizmadır (Lane ve Saint-Martin, 2021, s. 36). Ekonomide talep genel olarak arttıkça fiyat esnekliği yüksek olan emek yoğun sektörler ek olarak iş ve görev yaratılmasına yardımcı olabilir. Örneğin İngiltere'de otomasyon teknolojileri sayesinde ucuzlayan giyim, gıda gibi sektörlerle daha az harcama yapan tüketici, talebini eğlence, kültürel faaliyetler gibi daha çok hizmet olan sektörlerle kaydırmıştır. Bu da İngiltere'de 1988-2017 döneminde bu faaliyetlerin tüketici sepetine %5'ten daha fazla puan artışı olarak yansımaları sağlamıştır. ABD'de benzer şekilde 1998-2017 döneminde sağlık harcamaları ortalama tüketici sepetinde %2 puan artmıştır. Daha emek yoğun sektörlerle yönelik değişen nispi harcama kalıpları daha geniş çapta gözlemlenebilir. Bu, teknolojik işsizliğin genellikle geçici bir olgu olduğunu açıklayan temel faktörlerden biridir (Ernst vd., 2019, s. 13). Gelecekte yaratılacak işleri tahmin etmek en az gelecekteki olası iş kaybını tahmin etmek kadar zor olsa da bir Amerikan teknolojik araştırma firması olan Gartner yapay zekânın 2020

yılından itibaren yapay zekâ ile ilgili istihdam yaratımının pozitif bölgeye geçerek 2025 yılında iki milyon net yeni işe ulaşılacağını tahmin etmektedir (Van Der Meulen ve Pettey, 2017).

Mokyr vd. (2015) yapılan çalışmalarda yeni oluşan iş ve görevlerin yeterince dikkate alınmayıp hali hazırda mevcut olan iş ve görevlere odaklanıldığı için yapay zekâ gibi otomasyon teknolojilerinin iş gücü üzerine etkilerinin tam olarak analiz edilmemesi nedeniyle erken dönem politik iktisatçıları eleştirmiştir. Birçok işin veya görevin yerinden edildiğini inkâr etmeyen yazarlar, tarihte teknolojik gelişmelerin yerinden etme etkisinden daha fazla iş ve görev yarattığını savunmuşlardır. Buna göre teknolojik gelişmeler aynı zamanda ürün inovasyonu biçimini alarak yeni sektörler yaratmıştır. Örneğin, Birinci Endüstri Devriminde yerlerinden edilen el tezgâhı dokumacılarının çocukları makine yoğun pamuk fabrikalarında çalışabilecekleri gibi aynı zamanda eğitilmiş mühendisler de olabilirlerdi. Bu yüzden 19. yy. politik iktisatçıları, 21. yy.'ın kişisel moda danışmanları veya siber güvenlik uzmanları gibi yeni iş kategorilerini tahmin edemediğinden yeni teknolojilerin yalnızca iş yıkımı etkilerine odaklanmıştır (Mokyr vd., 2015, s. 36).

Önceki endüstri devrimlerinden edinilen deneyimler teknolojik gelişmelerin yeni iş ve görevler yaratacağı gerçeğinin göz ardı edilmesine izin vermemektedir. Ancak göz ardı edilmemesi gereken bir husus daha vardır: yeni teknolojilerin yarattığı yeni iş ve görevlerin gereklilikleri ile emeğin becerisi arasındaki oluşabilecek potansiyel uyumsuzluk. Yeni işler ve görevler için gerekecek yeni vasıflar veya becerilerin emek ile uyumu yavaş olabilir ve dengeli bir büyüme için hem yeni teknolojilerin hem bu teknolojilerin yarattığı yeni iş ve görevlerin hem de emek arzının da bu trendlerle birlikte el ele hareket etmesi gerekmektedir (Acemoglu ve Restrepo, 2018b, s. 26, 28).

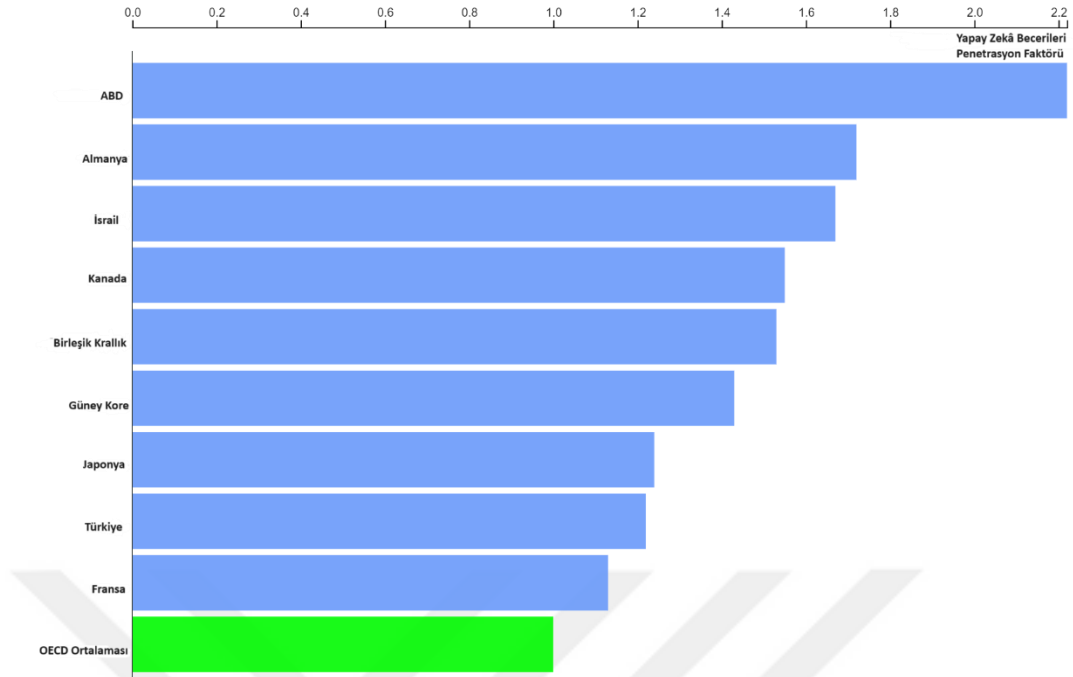
Bir sektördeki verimlilik artışı o sektörde iş kaybına yol açabilir ve o sektördeki emek bundan zarar görebilir. Ancak bu kayıp tüm sektörler için geçerli olmayacaktır ve diğer sektörler genişleyecek, genel istihdam ve ücret artışına katkıda bulunacaktır. Daha fazla verimlilik fiyatları düşürebilir ve böylece ürün talebini artırarak iş gücü tasarrufu etkisini dengeleyebilir. Teknolojik gelişmeler farklı becerilere sahip emeğe farklı etkilerde bulunacaktır ve bu etkilerin eşit olması da beklenemez (Acemoglu ve Restrepo, 2019a, s. 2; Bessen, 2016, s. 3). Bu noktada emeğin sahip olduğu vasıf düzeyi ve becerileri belirleyici olacaktır.

İşçilerin yeniden düzenlenen veya yeni çıkan iş ve görevlere uyum sağlamak ve olası iş kaybı tehlikesini atlatmak için yeni beceri kazanmaları veya mevcut becerileri geliştirmeleri kaçınılmaz olacaktır. Bu beceriler iş veya görevlerden bazıları, yaratıcı ve sosyal zekâ, muhakeme becerileri ve eleştirel düşünme gibi yapay zekânın çok iyi yapamayacağı alanlarda olabilir. Kimi işçiler fırsatları daha iyi değerlendirmek için yapay zekâ ile ilgili beceriler edinmeyi seçebilir ancak yapay zekânın insan emeğine tamamlayıcı olduğu her iş özel olarak yapay zekâ becerileri gerektirmeyecektir. Bazı işçiler gelen yeni teknolojik değişimle birlikte tüm bu beceri kazanımlarını elde etmek için daha fazla yeteneğe ve vasma veya daha iyi eğitime sahip olabilir. Bu da iş kutuplaşmasına yol açarak potansiyel olarak halihazırda var olan eşitsizliği daha da kötüleştirebilir (Lane ve Saint-Martin, 2021, ss. 35, 38).

2.5.3. İş gücü vafı ve iş kutuplaşması

Yapay zekâ beceri taleplerini, kariyer fırsatlarını ve emeğin endüstriler ve meslekler arasındaki dağılımını yeniden şekillendirme potansiyeline sahip bir teknolojidir (Frank vd., 2019, s. 6537). Bu yüzden yapay zekânın gelişiminin istihdam becerilerinin yapısını önemli ölçüde etkileyeceği beklenmektedir. Yapay zekâ teknolojilerinin kullanımının artmasıyla da önümüzdeki yıllarda insan emeği arasında beceri farklılaşması nedeniyle iş kutuplaşmalarının yaşanması ve bu kutuplaşmanın gelirden ve servette eşitsizliğe yol açması muhtemeldir.

Autor (2015, s. 9), yapay zekânın işlerin miktarında azalmaya sebep olmasa bile mevcut işlerin niteliklerini büyük ölçüde etkileyebileceğini ifade ederek iş gücü vafındaki farklılaşma nedeniyle oluşabilecek iş kutuplaşmasına dikkat çekmiştir. Teknoloji ve emeğin becerileri arasında oluşabilecek potansiyel uyumsuzluk ise iş gücü talebinin ayarlanmasını yavaşlatıp eşitsizliğe katkıda bulunabilir ve yapay zekâdan ve yeni işlerin meydana gelmesiyle elde edilen verimlilik kazanımlarını azaltma riski bulunmaktadır (Acemoğlu ve Restrepo, 2018b, s. 2).



Şekil 2.12. Ülkeler Arası Yapay Zekâ Becerileri Yoğunluğu (OECD.AI, 2023)

Şekil 2.12’de 2015-2022 yılları arasında LinkedIn üyeleri tarafından bildirilen yapay zekâ becerilerine sahip çalışanların yaygınlığını ülkelere ve OECD ortalamasına göre göstermektedir. Yapay zekâ beceri penetrasyon oranı, meslekler arasında yapay zekâ becerilerinin yaygınlığına veya LinkedIn’de bu bildirimi yapan çalışanların işlerinde yapay zekâ becerilerini kullanma yoğunluğuna işaret etmektedir. Bir ülkenin yapay zekâ becerileri penetrasyonunun 1.5 olması o ülkedeki çalışanların yapay zekâ becerilerini bildirme olasılığının kıyaslama ölçütündeki (OECD ortalaması) çalışanlara göre 1.5 kat daha fazla olduğu, diğer bir deyişle yapay zekâ becerilerinin kıyaslama ölçütüne göre 1.5 kat daha yoğun ve yaygın olduğu anlamına gelir. Bu durumda ABD’deki çalışanların yapay zekâ becerilerinin yaygınlığı OECD ortalamasına göre 2.22, Almanya’daki çalışanların 1.72, İsrail’deki çalışanların 1.67, Kanada’daki çalışanların 1.55, Birleşik Krallık’taki çalışanların 1.53, Güney Kore’deki çalışanların 1.43, Japonya’daki çalışanların 1.24, Türkiye’deki çalışanların 1.22, Fransa’daki çalışanların 1.13 kat daha fazladır. Yapay zekâ beceri gruplamasını oluşturan en önemli beceriler arasında yapay zekâ, makine öğrenme, doğal dil işleme, veri yapıları, bilgisayarlı görü, görüntü işleme, derin öğrenme yer almaktadır. Bu beceriler bir meslek, iş, görev veya endüstri olabilir.

Şekil 2.12’den de anlaşılacağı üzere, başta gelişmiş ülkeler olmak üzere gelişmekte olan ülkelerde de yapay zekâ becerilerine sahip diğer bir ifadeyle yapay zekâ teknolojilerini kullanabilecek beceriye veya eğitime sahip emeğe ilgi artmaktadır. 100 yıl önceye göre bugün daha üretken olunmasının sebebi salt olarak makineleşme veya teknolojik ilerleme değildir. Emeğin sahip olduğu ve nasıl kullanacağını bildiği teknik bilgidir. Bu teknolojileri üreten emek kadar kullanabilen emek de önem arz etmektedir (Acemoğlu ve Robinson, 2019, s. 78). Bu yüzden beceriler işe alım kararında işverenler için önemli bir kriterdir. Son dönemlerde iş gücü piyasasında yapay zekâ ve teknolojilerine yönelik becerilere sahip olan emeğe yönelik talebin artmasının sebebi bu teknolojilerin hemen hemen her sektörde çalışma şeklini az ya da çok değiştirmeye başlamasıdır. Ancak sektörden sektöre beceri ihtiyacı değişeceğinden iş gücü piyasasındaki talep dinamiklerinde de farklılıklar olması beklenmektedir. Bu durumda çoğunlukla sosyal, teknolojik ve yıkıcı teknolojik becerilerin öneminin arttığı görülmektedir (Banescu vd., 2021, s. 142, 144, 149). Sahip olduğu iş eğitimi ve iş becerisi bağlamında vasıflı iş gücü ile vasıfsız iş gücü arasında teknolojiyi kullanabilme, yapay zekâ teknolojilerini benimseme açısından ücret farklılıkları olabileceği buna göre istihdam edilme durumlarının değişebileceği de söz konusudur.

Teknolojik gelişmeler farklı beceri türlerine ve düzeylerine sahip emeğe farklı şekillerde fayda veya zarar sağlayabileceğinden bu durum istihdam ve ücretlerdeki iş gücü piyasası kutuplaşmasında açık bir şekilde görülebilir (Autor ve Dorn, 2013). Teknolojinin tamamlayıcı olduğu rutin olmayan işler arasında, genellikle yüksek ücrete sahip vasıf gerektiren profesyonel ve yönetsel işler yer almaktadır. Teknolojinin insan emeğini ikame edebileceği rutin işler ise düşük vasıf gerektiren işler olarak düşünülmektedir. Eğer bu doğruysa, teknolojinin etkisi iyi ücretli, rutin olmayan ve bilişsel beceriler gerektiren yüksek vasıflı ve düşük ücretli az vasıflı ama rutin olmayıp el becerisi gerektiren işlerde göreceli olarak emek talebinin artmasına ve rutin el becerileri ve bilişsel beceriler gerektiren *orta halli* işlerde göreceli emek talebinin düşmesine yol açacaktır ki bu sürece iş kutuplaşması ya da iş polarizasyonu denilmektedir (Goos ve Manning, 2007, s. 118).

Daha hızlı bir ekonomik büyümenin bilgide ve teknolojide yaşanan hızlı gelişmelerle sağlanacağı savı kabul edildiğinde, bilgide yaşanan ilerlemeler, teknolojik gelişmeler kendini endüstrilerdeki yeniliklerde somut bir şekilde gösterdikçe yaratıcı

yıkım süreciyle ilgili otomasyon, becerinin/vasfın yetersiz kalması gibi nedenler işleri yok etme oranını artırabilir (Aghion ve Howitt, 1994, s. 477). Yapay zekânın, emek piyasasında bazı işleri yok ederken yaratacağı yeni iş alanlarının yüksek eğitim düzeyi gerektirecek olması da muhtemeldir (Aarvik, 2019, s. 32). Çünkü yapay zekâ akıllı teknolojisi gereğiyle sağlam bir bilgi altyapısına ve nitelikli emeğe ihtiyaç duymaktadır. Bu aşamada kullanılabilecek kaliteli emek sayısı yeterli değildir ve bu yüzden beceri gerektiren bu pozisyonların çoğunda yapay zekâ emek yerine ikame edilmeyecektir (Fan ve Liu, 2021, s. 2). Autor ve Dorn (2013), çalışmalarında teknolojik gelişmelere ve ekonomik yapıya uyan yüksek nitelikli iş gücünün bir ülkenin temel rekabet gücünü artırmada kilit bir faktör olduğunu tespit etmiştir. Küresel çapta yapay zekânın giderek artan önemi dünya geneline bakıldığında eşit olmayan bir şekilde dağıtılan eğitim kaynakları nedeniyle eşitsizliklerin artmasına da neden olabilir (Vinuesa vd., 2020, s. 6). Bu durumda eğitim sisteminin emeği yeni yaratılacak işler için daha kalifiye hale getirecek şekilde düzenlenmesi gerekeceği düşünülmektedir (Aarvik, 2019, s. 20).

Esasen, teknolojik gelişmelerin emek üzerindeki etkisine ilişkin genel kanı düşük vasfa sahip emeğin yüksek vasıflı emek tarafından dışlanacağı şeklindedir (Moreno-Galbis ve Sneessens, 2007, s. 241). Bunun arkasında yatan sav, yüksek vasıflı emeğin basit işler de yapabileceği bu yüzden rutin, basit işlerin yüksek vasıflı emek tarafından işgal edilme olasılığının hep var olmasıdır (Çelik, 2008, s. 3). Teknolojik gelişmelerin yüksek becerili emeği tamamladığı görüşünü savunan yaklaşım olan Beceri Yanlı Teknolojik Değişme, teknolojik gelişme ile insan emeği arasında ikame etkisinin değil tamamlayıcılık etkisinin hâkim olması nedeniyle düşük vasıflı emeğe talebin azalıp yüksek vasıflı emeğe talebin artacağını bu yüzden de beceriye dayalı ücret farklılığı oluşacağını iddia etmektedir (Weiss ve Garloff, 2011, s. 811-812). Bu açıklamaya göre, yeni teknolojiler doğaları gereği becerileri tamamlayıcı nitelikte olduklarından her zaman bir miktar beceri yanlı teknik değişim olmuş ve yeni teknolojiler hızla devreye girdikçe de beceri yanlılığı hızlanmıştır. Her ne kadar tarih vasıflı emekten tasarruf etmek için tasarlanan teknolojik gelişme örnekleriyle dolu olsa da yeni teknolojilerin beceri tamamlayıcı nitelikte olması vasıflı emeğin daha fazla olduğu durumda becerileri tamamlayan teknolojiler için pazarın daha büyük olacağı anlamı taşımaktadır. Bu da daha büyük pazar payı için daha fazlasının icat edilip yeni teknolojilerin beceri tamamlayıcı nitelikte olacağına işaret etmektedir. Hangi teknolojik gelişmelerin vasıflı emek için tamamlayıcı olduğunun belirlenmesi genel olarak zor olsa da çoğu ekonomist

bilgisayarların vasıfsız işçilere kıyasla vasıflı ve eğitilmiş işçiler için daha tamamlayıcı olduğuna inanmaktadır (Acemoğlu, 1998, s. 1055, 1082-1083). Buradan yapay zekâ teknolojileri için de benzer çıkarımda bulunularak yapay zekânın özellikle vasıflı emek için tamamlayıcı nitelikte bir teknoloji olduğu söylenebilir.

Otomatikleştirilmesi zor ve bu yüzden insan emeğine özgü kalması muhtemel görevler çoğunlukla yaratıcılık ve sosyal zekâ ile ilgilidir. Yaratıcılık gerektiren edebiyat, müzik, resim gibi dallardaki eserler elbette bir noktaya kadar otomatikleştirilebilir. Bir yapay zekâ sistemine tanımlanan makine öğrenmesi algoritmaları ile ünlü bestecilerin tarzlarını taklit ederek yeni bir müzik oluşturabilir elbette. Ancak bu tarz işler muhtemelen toplumun gerçek yaratıcılığı tercih etmesiyle domine edilecektir. Benzer şekilde de sosyal zekâ gerektiren bir insana akıllıca ve empati kurarak cevap verme, ikna etme, müzakere etme gibi görevlerin insana özgü kalması muhtemeldir (Arntz vd., 2016, s. 9). Trajtenberg (2019, s. 180-181), yapay zekâ teknolojilerinin kullanımının artması ile analitik ve yaratıcı düşünme ve kişiler arası iletişim ve duygusal kontrol gibi sosyal beceriler gerektiren beceri türlerine ihtiyacın artacağını ifade etmektedir. Çünkü yapay zekâ teknolojilerinin daha fazla tahmin, karar alma veya teknik gibi işlerde görev almaları neticesinde insanların payına yalnızca insanlar tarafından daha doğru yapılabilen sosyal beceri gerektiren işler düşmektedir. Elbette mevcut veya yeni yaratılacak işlerin ve devam eden ekonomik büyümenin teknik beceriler mi, sosyal beceriler mi yoksa başka bir şey mi gerektireceği ise ekonominin büyük payını oluşturan sektörlere bağlıdır (Agrawal vd., 2019, s. 150).

Bilgisayarların benimsenmesi, kesin ve iyi tanımlanmış prosedürleri takip ettikleri için kolayca bilgisayarlaştırılabilen yani otomatikleştirilebilen defter tutma, büro işleri ve tekrarlayan üretim ve izleme faaliyetleri gibi rutin görevleri yerine getiren düşük vasıflı emeğin yerini alabilir. Bilgisayarlaşma için yapılan “kesin ve iyi tanımlanmış prosedürleri takip etme” tanımı yapay zekâ sistemlerini ve teknolojilerini de karşıladığından, yani yapay zekânın bilgisayarlaşmanın ileri teknolojisi olarak kabul edilebilmesinden ötürü onun da rutin işleri yerine getiren düşük vasfa sahip emeğin yerini alabileceği söylenebilir. Rutin işlerin yapay zekâ teknolojisi ile yapılmasından kaynaklanan maliyette azalma ile düşen fiyat, soyut yaratıcı ve problem çözücü gibi sosyal zekâ ve algı gerektiren işleri yapan vasıflı emeğin görevlerini tamamlayacaktır. Maliyet avantajı ile sağlanan düşük fiyatlar rutin işleri yerine getiren emeğin ücretini

düşürebileceğinden bu işçiler de emek arzlarını otomatikleştirilmesi daha zor olan hizmet sektöründeki işlere tahsis etmeleri beklenebilir (Autor ve Dorn, 2013, s. 1559).

Bu görüşün aksine Frey ve Osborne (2013, s. 42-45), özellikle hareketlilik ve el becerisi gerektiren görevlerde insan emeğinin karşılaştırmalı üstünlüğü zamanla azalacağından, hizmet sektöründeki mesleklerde emeğin ikame edilme hızının daha da artması muhtemel olduğu sonucuna ulaşmıştır. Örneğin hizmet sektörü olarak satış yapan mesleklerin interaktif görevler içermesine rağmen yüksek derecede sosyal zekâ gerektirmediğini söyleyerek kasiyerler, baristalar, gişe memurları, tele pazarlamacılar gibi mesleklerin otomatikleştirmeye maruz kalacağını belirtmiştir. Sosyal zekâ gerektiren işlerin ise genellikle yönetim, işletme ve finans gibi alanlarda yoğun olduğunu ve bu anlamda büyük ölçüde düşük risk kategorisine girdiğini ve benzer eğitim, sağlık, sanat ve medya alanlarındaki mesleklerin çoğu için de bu durumun geçerli olduğunu savunmuşlardır. Mühendislik, fen bilimleri, bilgisayar bilimleri gibi meslekleri ise bu işleri yapmanın gerekliliği olarak yüksek derecede yapay zekâ gerektirmesinden ötürü düşük risk grubunda kabul etmektedir. Bu durumda yazarlar çalışma sonucunun ışığında düşük beceri gerektiren ve düşük ücretli işlerin teknolojik gelişmeler neticesinde ikame edilebileceğini buna karşın yüksek beceri gerektiren ve yüksek ücretli mesleklerin ise yeni teknolojik gelişmelerin sermayesine en az duyarlı olan meslekler olduğunu öngörmektedirler. OECD de yapay zekânın emek piyasası üzerine etkilerini incelediği 2021 yılı raporunda benzer bir sonuca ulaşarak insanların yaratıcı, sosyal zekâ, muhakeme becerileri ve belirsizliklerle başa çıkma konusunda yapay zekâdan daha iyi performans sergilemelerinden ötürü bu becerileri içeren iş ve görevlerin insanlar tarafından yapılmaya devam edeceği sonucuna ulaşılmıştır. Yapay zekâyâ en çok maruz kalacak mesleklerin ise Frey ve Osborne (2013)'den farklı olarak laboratuvar teknisyenleri, mühendisler ve aktüerler gibi rutin olmayan bilişsel görevleri içeren yüksek vasıf gerektiren işler olacağını düşünülmektedir (Lane ve Saint-Martin, 2021, s. 9, 19).

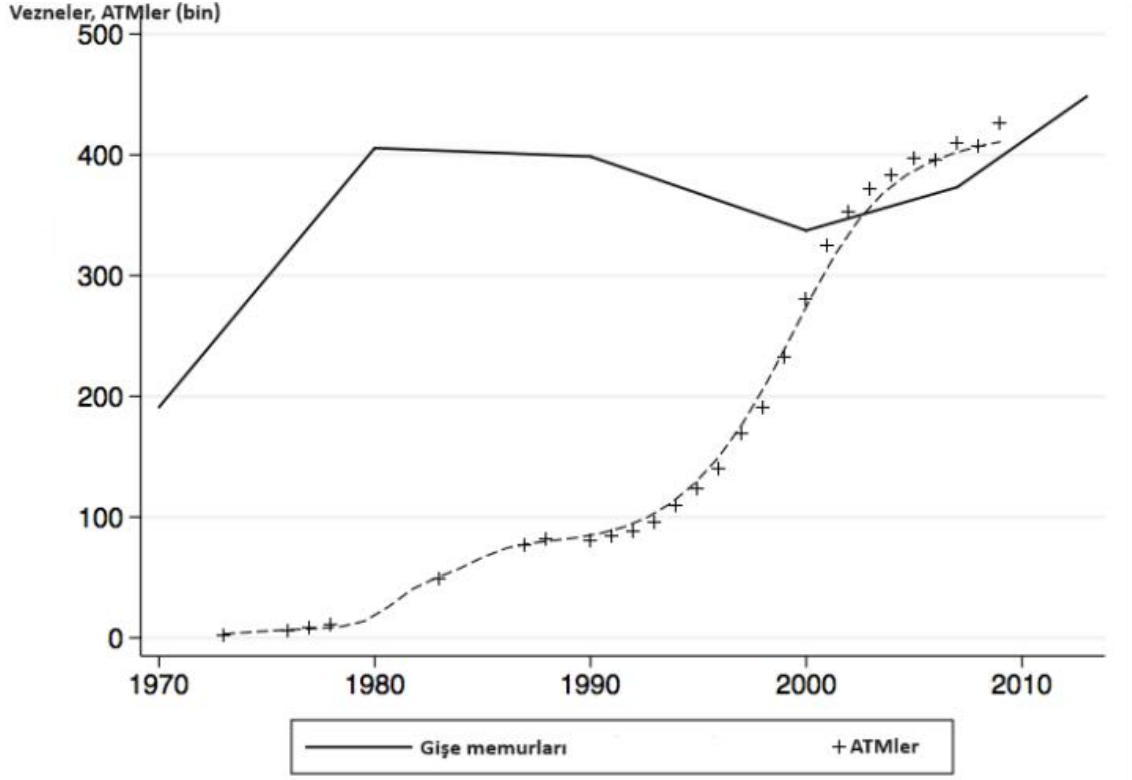
OECD raporundan çıkan sonuca destek niteliğinde bir görüş de Haenlein ve Kaplan (2019)'dan gelmiştir. Yazarlara göre yapay zekâ teknolojileri ile üretim süreçlerinin otomasyona uğraması mavi yakalı emeğin işinin yerinden edilmesinin yanı sıra yapay zekâ kullanımının artmasıyla beyaz yakalı emeğe hatta daha yüksek vasıf gerektiren işlere daha az ihtiyaç duyulabilir. Örneğin, görüntü tanıma araçları cilt

kanseri tespiti yapılırken doktorlardan daha iyi performans göstermesi bu duruma verilebilecek en basit örnektir (Haenlein ve Kaplan, 2019, s. 7). Bu görüşü destekleyen Fossen ve Sorgner (2022, s. 15) de yapay zekâ teknolojilerinin ikame etkisiyle ilgili olarak, yüksek eğitimli işçilerin yapay zekâ gibi yeni dijital teknolojilerin yarattığı yeni ve daha karmaşık görevlere daha kolay uyum sağlayabileceğinin beklenebileceğini, bunun nedeninin ise eğitimin kişinin yeni bilgileri öğrenme yeteneğini geliştirmesi ve yüksek eğitimli çalışanların genellikle yeni teknolojilere daha iyi uyum sağlayabilmesi olduğunu belirtmiştir. Ancak yazarlar, önceki teknolojik devrim dalgalarının aksine yüksek vasıflı emeğin, iş gücünü yerinden edebilecek teknolojilerinden en çok etkilenecek kesim olduğunu ifade etmişlerdir. Campa (2017, s. 36) da yaptığı çalışmada yalnızca düşük ve orta vasa sahip emeğin değil, aynı zamanda yüksek vasıflı emeğin de etkilendiğini, bu yüzden eğitimde daha fazla matematik, fen ve mühendisliğin gelişen yapay zekâ teknolojisinin ileride sebep olabileceği işsizliği önlemek için tek başlarına yeterli olmayacağını savunmuştur. Eleştirel düşünme, sanatsal yaratıcılık, felsefi anlayış ve sosyal duyarlılık gibi farklı yeteneklerin gelecekte bizi bekleyen olası istihdam sorunlarına karşın şimdiden eğitimde önemli oranda yer alması gerektiğinin altını çizmiştir.

Her dönem farklı bir teknolojik gelişmenin yaşanması bizi, emeğin teknolojinin türüne göre de farklı şekilde etkilendiği gerçeğiyle karşılaştırır. Bu durumda 19., 20., ve 21. yy.'larda etkilenen emek becerileri farklılık göstermektedir. 19. yy.'ın yarattığı imalat teknolojileri, işlerin basitleştirilmesi yoluyla vasıflı emeği büyük ölçüde ikame ederken (Goldin ve Katz, 1998; James ve Skinner, 1985), 20. yy.da teknolojik yeniliklerin üretimde yayılmasıyla ikame etkilerin aksine teknoloji-beceri tamamlayıcılığı baş göstermiş (Goldin ve Katz, 1998) ve 21. yy.'a gelindiğinde bilgisayar devrimi orta gelirli işlerin içinin boşalmasına neden olmuş (Autor ve Dorn, 2013; Goos vd., 2009) ve içinde bulunduğumuz yüzyıl son teknolojik gelişmelerle birlikte hem vasıflı hem vasıfsız emeğe ayrı ayrı önem atfetmiştir. Henry Braverman (1974) 19. yy.'daki teknolojik yeniliklerin daha önce zanaatkârların yani vasıflı emeğin yaptığı işleri küçük basit parçalara ayırmak suretiyle iş bölümünü artırarak emeği vasıfsızlaştırdığını belirtmiştir. Böylece 19. yy.'ın vasıflı emeği olan zanaatkârların önemi azalmış ve vasıfsız emek düşük maliyetiyle iş gücü piyasasında yerini almıştır. 20. yy.'ın teknolojik gelişmeleri ise öncekinden farklı olarak emeğin vasfını ve becerisini ikame etmek yerine ona önem veren tamamlayan bir konumda olmuştur

(Özalp ve Arda-Özalp, 2020, s. 15-16). Goldin ve Katz (1998) 20. yy.'da elektriğe geçiş ve aktif kullanımı neticesinde fabrikalardaki seri üretim yöntemlerinde ve üretimde vasıflı emeğe yönelik nispi talep artışının oluştuğunu ifade etmişlerdir. Böylece teknolojik gelişmelerin vasıfsız emek yerine artık vasıflı emeği gözetmesi olgusu 20. yy.'da vuku bulmuştur (Acemoğlu, 2002, s. 8). 21. yy. ise daha önce tartışıldığı gibi emek becerisindeki heterojenliğin yapay zekâdan farklı şekillerde etkilenmesi nedeniyle önceki iki yüzyıl gibi net sonuçlar verememektedir.

Teknolojiler belirli görevleri yerine getirerek belirli iş becerilerine olan talebi değiştirebileceğinden, beceri talebindeki bu mikro değişiklikler mesleki becerilerin yeniden tanımlanması, istihdamın yeniden dağılımı gibi sistemik iş gücü eğilimlerine dönüşebilir (Frank vd., 2019, s. 6535). Bu karmaşık dinamiklerin sembolik örneği olan vezneden çalışan bankacıları -gişe memurları- ve otomatik para çekme makinesini (automated teller machine-ATM) ele alalım. ATM'ler 1970'lerde kullanılmaya başlanmış ve 1995-2010 yılları arasında ABD ekonomisindeki sayıları yaklaşık 100.000'den 400.000'e çıkarak dört katına çıkmıştır. Bu durumda ATM'lerin bu dönemde gişe memurlarını tamamen ortadan kaldırdığı düşünülebilir. Ancak ABD'de gişe memurlarının istihdamı 1980-2010 döneminde 500.000'den yaklaşık 550.000'e yükselmiştir (Autor, 2015, s. 6).



Şekil 2.13. *Gişe Memuru ve ATM'ler (Bessen, 2016, s. 43)*

Şekil 2.13.'den görüleceği üzere ATM'lerin 1990'ların sonu ve 2000'lerin başında yaygın olarak kullanılmaya başlanmasından bu yana bankalardaki gişe memurlarının sayısı artmıştır. Bu durumda akla gelen ilk soru ATM'lerin hızla yaygınlaşmasına rağmen istihdam neden düşmedi? Bu sorunun cevabı talep esnekliği ile verilebilir. ATM'ler bankaların şubeleri daha düşük maliyetle işletmesine olanak sağlamış ve bu da bankaları artan tüketici talebini karşılamak için daha fazla şube açmaya itmiştir. Bu soruya verilebilecek diğer bir cevap ise bu bankacıların temel beceri gerekliliklerinin büro becerilerinden, satış elemanları ve müşteri hizmetleri temsilcileri tarafından kullanılan sosyal ve ikna becerilerine doğru kaydırılmasıdır. Gişe memurlarının rutinde yaptıkları nakit türü işlemlere dair işleri azalırken, bankalar bu becerileri müşterilerle ilişki kuran ve onlara kredi kartları, krediler ve yatırım ürünleri gibi ek banka hizmetleri sunan daha sosyal becerilere dönüştürülmesini sağlayarak gişe memurlarının istihdamındaki eski kayıp telafi edilmiştir (Bessen, 2016, s. 6; Frank vd., 2019, s. 6535). Elbette basit bir örnek ile teknolojik değişimler muhakkak ve her zaman istihdam artırıcı veya Pareto iyileştiricidir denilemez. Örneğin, kazma kürek kullanabilen ancak kepçe gibi bir iş makinesi kullanamayan bir inşaat işçisi teknoloji geliştikçe ve buna ayak uyduramadıkça ücretinde düşüş yaşayabilir ya da bir önceki örnekte yer alan

sosyal becerilerini kullanamayan yalnızca para sayabilen bir gişe memurunun modern bir bankada başarılı olması beklenemez (Autor, 2015, s. 6-7). Önemli olan iş gücü piyasasında bu dengenin nasıl sağlanacağıdır.

Otomasyonun bu iş gücü piyasası etkilerini daha iyi anlamak için görev yaklaşımı, ekonomistlerin teorik araç setine değerli bir katkı olmuştur. Görev yaklaşımının temel katkısı, işler ve görevler arasında bir ayrım yapmak ve dahası, otomasyona duyarlı olup olmadıkları açısından farklılık gösteren çeşitli görevleri ayırt etmek olmuştur. Örneğin, rutin bilişsel ve manuel görevler, soyut analitik ve yönetsel görevler ve rutin olmayan manuel görevler arasında sıklıkla bir ayrım yapılmaktadır. Sermayede (makineler, robotlar ve bilgisayarlar) somutlaşan yapay zekâ teknolojileri tüm görevleri değil, yalnızca rutin görevler gibi daha kolay kodlanabilenleri otomatikleştirir ve bu görevlerin bazıları orta vasıflı işçiler tarafından yapılırsa, bu işçiler yapay zekâ tarafından yerinden edilebilir ve bu da aynı zamanda daha yüksek işsizlik ve eşitsizliğe yol açabilir (Gries ve Naudé, 2020, s. 46). Bu durumda yapay zekâ teknolojilerinin kullanımının yaygınlaşmasından kaynaklanan bir konu da eşitsizlik olarak karşımıza çıkmaktadır. Pek çok ekonomist uzun vadede istihdam ve genel büyüme beklentileri olumlu olsa dahi yapay zekânın eşitsizliği artırabileceğini savunmuşlardır (Agrawal vd., 2019, s. 151). Yapay zekâ ikame etkisinin ağır basması halinde emek ve sermaye arasında ve emeğin vasfına göre kendi içinde eşitsizliğe sebep olması su götürmez bir gerçektir. Bu elbette ülkelerin ve firmaların yapay zekâ teknolojilerini kullanma şekline bağlı olacaktır. Her ülke ekonomisinin sahip olduğu teknolojik imkanlar ve benzer şekilde her ülkenin vatandaşlarına sağladığı eğitim imkânı da aynı olmadığından yetiştirilen potansiyel vasıflı iş gücü de aynı olmayacaktır. Bu durumda yapay zekânın ekonomik önemi küresel çapta artarken ülkelerdeki eşit olmayan eğitim ve teknolojik kaynaklar neticesinde eşitsizliklerin daha da artması olasıdır. Bu eşitsizlik, yapay zekâdan kaynaklı verimlilik artışının yarattığı zenginlikten eğitilmiş/vasıflı olanın daha çok pay alması durumunda daha da büyüyebilir (Vinuesa vd., 2020, s. 6). Graetz ve Michaels (2018) de çalışmalarında yapay zekânın düşük vasıflı iş gücünün yerini alabileceğini ve yüksek vasıflı iş gücünü ise iş gücü verimliliğini artırmak için tamamlayıcı olarak kullanabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

Yapay zekânın da bilgisayar ve internet devriminde olduğu gibi beceri yanlısı olma ve yüksek vasa sahip emeğin ücretinin orantısız bir biçimde artması ve/veya

düşük vasfa sahip emeğin ücretlerinin düşürülmesi gibi ihtimaller yapay zekânın eşitsizlikte bir artışa yol açmasının sebepleri arasında sayılabilir. (Agrawal vd., 2019, s. 152; Autor vd., 1998, s. 1169-1170). Bazı çalışmalar, yapay zekânın düşük vasıflı emeğin yerini aldığını ve daha yüksek vasıflı emeğe olan talebi artırdığını öne sürmektedir. Bu durum da en azından kısa dönem için gelir eşitsizliği üzerinde yukarı yönlü bir baskı oluşturabilir. Böylece kaliteli eğitime erişim önem kazanır. Çünkü nispeten iyi bir gelire sahip olan ebeveynler çocuklarına o kaliteli eğitimi sağlayabilecek ve bu çocuklar gelecekte emek piyasasına girdiklerinde rekabet edebilecek kapasiteye sahip olacaklardır (Lu ve Zhou, 2021, s. 1058). Bu da ileride doğacak fırsat eşitsizliğinin bugünkü tohumları olacaktır.

Yapay zekâ teknolojilerini kullanabilecek eğitimi almış veya becerilere sahip yüksek vasıflı emeğe artan talep ile bu emeğin ücretlerini artırabilirken aynı zamanda diğer vasıflara sahip emeğin birçoğu düşük ücret veya işsizlik sorunuyla karşı karşıya kalabilirler. Böylece vasfa göre değişebilecek olan emek talebindeki değişiklikler genel ücretleri etkileyerek gelir dağılımını kötü bir duruma sokabilir. Teorik olarak yapay zekâ ne kadar çok rutin emeğin yerini alırsa verimlilik ve genel gelir artışı o kadar artacak ve bu da beraberinde artan eşitsizliği getirecektir. Bu da bolluk paradoksuna yol açabilir. Bu paradoksta toplum her ne kadar daha çok zengin olmuş olsa da birçok birey veya bölge için eşitsizlik güçlenecektir. Hali hazırda zaten var olan eşitsizliklerin yapay zekâ ile daha da derinleşebileceği korkusunun yanında pek çok ekonomist ise güvenlik personeli, bahçıvan, şef gibi standart ve rutin olmayan işlerde gerekli olan sensör-motor becerilerinin yapay zekâ tarafından yerinden edilmesinin zor olacağını belirleterek bu teknolojilere olumlu yaklaşmaktadır (Szczepanski, 2019, s. 7). Ve ekonomi ancak yapay zekâ tarafından devralınan iş kadar farklı işler yaratmayı başarabilirse ve aynı zamanda eğitim ve istihdam edilebilirlik sorunlarıyla ilgilenirse, yapay zekâdan kaynaklanacak olan eşitsizliği dengeleyebilir (Kathuria vd., 2020, s. 37). Çünkü eğitime gereken önem verilmemesi halinde iş kutuplaşması olması kaçınılmazdır. Bu anlamda rutin, manuel, el becerileri ve yüksek vasıf gerektirmeyen düşük ücretli işlerin yapay zekâ ve otomasyon tarafından değiştirilme riski en yüksek seviyede olan işler olacaktır. Bu işlerin aksine, rutin olmayan bilişsel beceriler gerektiren iyi ücretli vasıflı işler ise daha yüksek talep görecektir. Önceki sanayi devrimlerinin emek piyasası üzerindeki etkileri dikkate alındığında, kısa ve muhtemelen orta vadede iş yıkımının daha güçlü, uzun vadede ise iş yaratımının hâkim olması beklenmektedir (Szczepanski, 2019, s. 6).

Yapay zekânın yaratacağı muhtemel eşitsizlik sorunu ile başa çıkmak için tartışılan politikaların başında sosyal güvenlik ağındaki değişiklikler gelmektedir. Bunlardan biri sermayenin vergilendirilmesi bir diğeri ise evrensel temel gelirdir. Ağırlıklı olarak robotların vergilendirilmesini kapsayan sermayenin vergilendirilmesinin daha az yatırıma ve daha yavaş üretkenlik artışına sebep olma riski bulunmaktadır. Ancak sermayenin arz esnekliği yeterince düşükse, fikri mülkiyet hakları ve sermaye vergilendirmesi kombinasyonu ile bozulma minimumda tutulup yeniden dağıtımı mümkün kılabilir (Agrawal vd., 2019, s. 153). Evrensel temel gelir politikası için Furman (2019), transfer ödemelerinin aksine gelirden bağımsız olarak toplumdaki her kesimin bu gelire ulaşacağını altını çizerek evrensel temel gelir politikasının eşitsizliği artırma olasılığının yüksek olduğundan bahsetmiştir. Yapay zekâ teknolojilerinin yaygınlaşması ve emek piyasasını dönüştürmeye başlamasıyla birlikte bazı emeğin becerilerine olan talebin azalması bu insanların geçici bir işsizlik durumuyla zarar görmesine neden olabilir. Bu durumda yapay zekânın dönüştürdüğü veya sıfırdan yarattığı iş ve görevleri yapmak için emek yeterli niteliğe sahip olmayabilir. Bu zararı en aza indirmek için emeğin yeniden eğitime ihtiyaç duyulacaktır (Stevenson, 2019, s. 194).

Özetle, optimistlik görüşte, yapay zekânın otomasyonu destekleyen ve verimliliği artıran diğer teknolojilerden çok farklı olmayacağı kanısı hakimdir. Bu görüşe göre, yapay zekâ istihdam fırsatlarının artmasıyla birlikte genişleyen bir ekonomiye de yol açabilir. En kötü ihtimalle bazı iş kollarında değişiklikler olsa da bu durum toplam iş sayısında düşüşe sebep olmayacaktır. Pesimistlik görüşte ise yapay zekânın emek tasarrufu sağlayan önceki teknolojilerden çok farklı olduğu kabul edilmektedir. Bu görüşte, henüz yapay zekânın çoğu önemli işlevde insan düzeyinde bir performans elde edemese de ilerleyen yıllarda insanların yaptığı her şeyi yapabileceğini, insanın zihinsel yeteneklerine eşit hatta onu geçebilecek bir potansiyeli olduğu düşünülmektedir. Bunun sonucu olarak da yapay zekâ daha fazla iş yaratsa bile yaratılan bu işlerin insanlar için değil yine yapay zekâ tarafından yapılabilecek işler olacağı düşünülmektedir (Nilsson, 1984, s. 5-6,14). Bu bağlamda önemli olan yapay zekâ teknolojilerinin sektörlerce kullanılması ile yaratılan yeni iş ve görevlerin arasındaki dengedir. Bu noktada kritik soru şudur: Yapay zekânın şu anda insanların yaptığı tüm işleri aynı derecede iyi veya daha iyi ve çok daha ucuza yapabildiği bir zamanda insanların rolü ne olacaktır? (Makridakis, 2017, s. 50).

Teknolojinin istihdam üzerindeki etkisi konusunda yaşanan fikir ayrılığı biraz da teknolojiye nasıl baktığımızdan kaynaklanmaktadır. Hanehalkının, devletin, şirketlerin teknolojiye nasıl reaksiyon verdiği bu hususta önem arz etmektedir. Bu bağlamda yapay zekâyı işimizi elimizden alacak bir öcü olarak mı göreceğiz yoksa onu kucaklayarak lehimize doğru verimlilik mi elde edeceğiz?

2.6. Literatür Taraması

Yapay zekânın ekonomik dinamikler üzerinde etkisi istihdamdan eşitsizliğe, verimlilikten ekonomik büyümeye kadar pek çok alanı kapsar. Literatürde yapay zekânın genel görünümü ve olası ekonomik etkileri çoğunlukla kavramsal anlamda tartışılırken, ampirik bağlamda çalışmalar hala yeterli olmayıp incelenmesi gereken önemli bir eksikliklerdir.

Teknolojik gelişmelerin ekonomiye etkileri konusunda literatürde önceki dönemlerde geniş anlamda çalışmalar yapılmış olsa da yapay zekânın ekonomiye etkileri konusundaki çalışmalar çok sınırlı kalmıştır. Yapay zekâ teknolojilerinin ekonomiye etkilerini inceleyen çalışmaların büyük bir bölümü istihdama ve gelir eşitsizliğine odaklanmıştır. Yapay zekânın özellikle istihdama olan etkileri göz ardı edilemeyecek büyüklükte olsa da ekonomik büyümeye olan etkileri yeterince analiz edilmemiştir.

Stevenson (2019), yapay zekâ kullanımının üretkenliği artırarak ekonomik büyümeyi artırdığını ve bunun da gelecekteki gelir düzeyini yükselttiğini iddia ediyor. Ayrıca yapay zekânın sağladığı faydaların, ücret/iş kaybından olumsuz etkilenen işçilerin durumunu telafi edebildiği sürece geçerli olduğunu da gösteriyor.

Gonzales (2023), yapay zekâ ile ekonomik büyüme arasında varsaydığı pozitif bir ilişkiyi test etmek için ülkelerin 1970-2019 dönemindeki panel veri seti ile sabit etkiler ve genelleştirilmiş momentler yöntemini kullandığı çalışmada, tahmin edildiği gibi yapay zekâ ile ekonomik büyüme arasında pozitif bir ilişki bulmuş olup, yapılan analiz yapay zekânın büyüme üzerindeki etkisinin gelişmiş ekonomiler arasında daha güçlü olduğunu ve veri setinin son dönemlerine doğru bu etkinin daha belirgin olduğunu bulmuştur.

Bonsay vd. (2021), Yapay Zekâ Hazırlık Endeksinde üst sıralarda yer alan 4 Asya ülkesi için 1988-2019 yıllarını kapsayan dönemde yapay zekâ (yapay zekâyı temsilen yüksek teknoloji ihracatını kullanmıştır), emek verimliliği ve işsizliğin ekonomik büyüme ile ilişkisini incelemişlerdir. Sonuçlar, ekonomideki teknolojik ilerlemeyi kolaylaştıran; genişleme için özellikle teknoloji transferini, yeni iş alanlarının yaratılmasını ve ekonomik büyümeyi sağlayacak doğrudan yabancı yatırımları çeken ve teşvik eden yapay zekânın, yeni pazarların açılmasını sağlayan çeşitli serbest ticaret anlaşmalarına karşı açık olmasına yardımcı olup ticaretin serbestleştirilmesi yoluyla büyümeyi artırdığını göstermektedir. Çalışmaya konu 4 Asya ülkesi arasında ise Japonya'nın diğer ülkelere kıyasla yapay zekâ teknolojisini daha uygun kullanması hem emek üretkenliğini hızlandırmış hem de teknolojik işsizliğin yaşanmasını engelleyecek dengeyi oturtmuştur.

Fan ve Liu (2021), yapay zekâ kalkınma seviyesi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 2005-2018 dönemini kapsayan yıllarda Çin'in 28 bölgesi için araştırmışlardır. Sabit etkiler modeli, genelleştirilmiş moment modeli (GMM) ve aşamalı regresyon analizi yapılan çalışmada yapay zekânın uygulanmasının ekonomik büyümeye olumlu bir katkı sağladığı ve yapay zekânın Çin'in sürdürülebilir ekonomik büyümesinde temel itici güç haline geldiği sonucuna ulaşılmıştır.

Haseeb vd. (2019)'nin çalışmalarındaki amaç Asya-Pasifik bölgesindeki seçilmiş 8 ekonomi üzerinde yapay zekânın ekonomik sonuçlarını çeşitli sektörlerden seçilmiş 18 ekonomik gösterge ile 1998-2016 yıllarını kapsayan dönem için analiz etmektir. Sonuçlar, yapay zekânın Asya Pasifik bölgesinin ekonomik büyümesinde ana itici güç olma potansiyeline sahip olduğu ve yapay zekâ ile 2030 yılına kadar üretimde %16'lık bir verim alınabileceğini göstermektedir. Asya-Pasifik bölgesinin Kuzey Amerika gibi gelişmiş bölgeler ile kıyaslandığında geride kaldığı ancak sahip olduğu geniş bir kullanıcı verisi havuzuyla, daha iyi kaynaklarla ve vasıflı emek ile bölgenin daha da ilerleyebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışılan 8 ekonomiden Çin'de yapay zekânın daha fazla GSYH büyümesi ile genel ekonomik refah anlamında olumlu bir etkiye sahip olduğu, ancak iş gücüne ise negatif etkileri olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Yapay zekâ Singapur, Japonya, Tayvan, Güney Kore, Hong Kong ve Endonezya'nın ekonomik büyümesinde farklı sektörler aracılığıyla olumlu rol oynamaktadır. GSYİH büyümesi açısından, Çin, Singapur, Hindistan, Japonya, Tayvan, Güney Kore, Hong Kong ve

Endonezya gibi ülkeler için yapay zekânın olumlu etkisi gözlemlenmiştir. Yapay zekâda yaşanan ilerlemeler Hindistan için ise daha düşük iş fırsatı dolayısıyla daha fazla işsizlik ile iş gücü piyasasını olumsuz etkilemektedir. Ayrıca Çin ve Tayvan'da da iş gücü üzerinde olumsuz etki gözlenmiştir.

Graetz ve Michaels (2018), çalışmalarında 17 gelişmiş ülkenin 14 sektöründe 1993-2007 yıllarını kapsayan dönem için modern endüstriyel robotların yoğunlaşmasının ekonomiye olan katkısını panel veri analizi (OLS-2SLS) ile araştırmışlardır. Artan endüstriyel robot kullanımının yıllık emek verimliliği artışına katkısını yaklaşık 0.36 yüzde puan olarak hesaplayan Graetz ve Michael (2018), robot kullanımının aynı zamanda toplam faktör verimliliği artırdığı, çıktı fiyatlarını düşürdüğü ve toplam GSYH'ye ise destek verdiği sonucuna da ulaşmışlardır. Robotların düşük vasıflı işçilerin istihdam payını azaltsa dahi toplam istihdamı önemli ölçüde azaltmadığı bulgusu ise çalışmada değinilen diğer bir sonuçtur.

Yapay zekâ, büyük veri, otomasyon gibi yeni nesil teknolojileri akıllı teknolojiler olarak niteleyen Venturini (2022), 32 sanayileşmiş ekonominin 1990-2014 yılları arasındaki patent verilerini kullanarak bu akıllı teknolojilerin üretkenlik yayılımı ile ilişkisini incelemiştir. Sonuçlar akıllı teknolojilerin toplam faktör verimliliği üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu, analize konu patent stoğunda meydana gelecek %1'lik bir artışın toplam faktör verimliliğini %0,010-%0,027 arasında artırdığını göstermektedir.

80 ülke için bir yapay zekâ yetenek ve hazırlık endeksi oluşturan Porcher (2020), bu endekslerin kalkınma, kurumlar, demokrasi ve bireycilik değişkenleri üzerine etkisini en küçük kareler yöntemi ile analiz etmiştir. Sonuçlar, ekonomik kalkınma göstergesi olarak kullanılan kişi başına düşen servetin; mülkiyet haklarıyla ölçülen kurumların kalitesinin; demokrasinin ve bireyciliğin yapay zekâ yetenek ve hazırlık endeksleri üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir.

Yapay zekâyı, toplam talep üzerindeki kısıtlamalarla birlikte bir ekonomik büyüme modeline emeği ikame edebilen/tamamlayan bir teknoloji hizmeti olarak ekleyen Gries ve Naudé (2018), yüksek ikame esnekliklerinin istihdamda, ücrette, gelirin emek payında düşüşe neden olacağını ve bunların da eşitsizliğe yol açacağı sonucuna varmışlardır. İş gücü gelirin yapay zekâdaki ilerlemenin yarattığı ekonomik

kazançlardan kâr sağlamaması halinde ise tüketimin durgunlaşabileceğini ve bunun büyümeyi kısıtlayabileceği sonucuna da ulaşılmıştır. Ancak yazarlar, yapay zekânın yavaş yayılmasından ötürü, işsizlikte ani bir artış görülmeyeceğini ve ekonomilerin bu teknolojilerin sağlayabileceği arz yönlü kapasite genişletme potansiyelinden yeterince faydalanmaması sebebiyle yavaş GSYH ve verimlilik artışına paralel olarak ücretlerin istihdam seviyelerini koruyabilmek için düşebileceği durumuna da dikkat çekmişlerdir.

Ernst ve Mishra (2021), veri zarflama analizi ile yapay zekânın 27 ülke ve 2015-2018 dönemi için üç boyutta (verimlilik-uygulama-yayılma) etkinliğini ölçtükleri çalışmalarında yapay zekâ etkinliğinin Ar-Ge yatırımları için vergi sübvansiyonları, ürün piyasası düzenlemelerini yansıtan göstergeler gibi bir ülkenin yenilik sisteminin genel özellikleriyle ilişkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Çalışmada, yapay zekâ üretim zincirinin farklı aşamaları için farklılaştırılmış politika müdahaleleri gerektiğinin altı çizilmiştir.

Dağlı (2022), yapay zekâ teknolojilerinde en çok patent almış 17 ülke için 2005-2017 dönemini kapsayan dönemde yapay zekânın kişi başına düşen milli gelir, Ar-Ge harcamaları, araştırmacı sayısı ve bilimsel yayın sayısı ile arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yapılan analiz neticesinde, Ar-Ge'ye yapılan harcamaların, bilimsel yayınların ve araştırmacı sayısının yapay zekâ teknolojileri üzerinde olumlu etkisi tespit edilirken, ekonomik büyümenin yapay zekâ teknolojileri ile ilişkisi bulunamamıştır.

İktisat alan yazınında yer alan çalışmalarda yapay zekâ ve teknolojilerinin en çok istihdama ardından gelir eşitsizliğine olan etkilerinin incelendiği görülmektedir.

Leontief (1983), önümüzdeki 30-40 yıl içerisinde neredeyse tüm işlerin yerini yapay zekâya bırakacağını ve bunun sonucunda işsizliğin artacağını altını çiziyor. Yazar bu etkinin, hükümet yeni teknolojilerin faydalarını kullanarak doğru yeniden dağıtım politikalarına sahip olduğunda emilebileceğini savunmuştur. Leontief, hükümetin uygulayacağı politikaların önemini makalesinde atların, arabaların ortaya çıkmasıyla gereksiz hale geldiğini ve insanların da benzer durumu yaşayacağı örneği üzerinden belirtmiştir.

Nilsson (1984), insan emeğini makinelerle değiştirmek için yapay zekânın insan emeğine göre nispeten ucuz olması kabul edilebilir bir gerekçe olsa bile bunun tercih edilmeyebileceğini, insanların boş kalmamasını ve para kazanmasını sağlamak için

onları basit/rahat işlerde (next to the window) çalıştırmaya devam edilebileceğini öne sürmüştür.

Su (2018), yapay zekâ ve onun yapısal işsizlik üzerine etkisini incelediği çalışmasında yapay zekânın otomasyonu hızlandırıp yapısal işsizliğe neden olacağı sonucuna ulaşmıştır. Bu sonuca istinaden hükümetlerin, endüstri ve kuruluşların yapay zekânın yok ettiği işler yerine yapay zekâ tarafından yaratılacak işleri nasıl artırabileceklerine odaklanmaları gerektiğini vurgulamıştır.

Webb (2020), farklı dijital teknolojilerin meslekler üzerindeki etkilerini tahmin etmek için geliştirdiği yöntemde mesleklerin görev tanımları ve patent tanımları arasındaki benzerlikleri kullanmıştır. Maruz kalma ölçüsü olarak yapay zekâ, yazılım ve endüstriyel robot teknolojilerini kullanan Webb, 1980-2010 dönemi için ABD'nin meslek ve endüstri düzeyinde istihdam ve ücret dinamiklerinin yapay zekâ teknolojileri ile ilişkisine dair ampirik kanıtlar sunmuştur. Sonuçlar, yapay zekânın mesleki maruziyetinin farklı sosyoekonomik grupları ilgilendirmesinden dolayı yazılım ve robotların iş gücü piyasasına etkilerinin yapay zekâninkinden çok farklı olduğunu göstermektedir. Buna göre, düşük vasıflı ve düşük ücretli erkek işçiler robotlara daha fazla maruz kalırken, orta vasıflı meslekler daha çok yazılıma, yüksek vasıflı meslekler ise yapay zekâya maruz kalmaktadır. Bunlara ek olarak yapay zekânın önceki teknolojik etkilere kıyasla daha eğitilmiş ve yaşlı işçileri etkileme olasılığının yüksek olduğu tespit edilmiş, çalışmaya konu teknolojilere maruz kalan mesleklerin ücretlerinde ve istihdamında negatif bir etki bulunmuştur. Webb'in çalışmasının temel katkısı, yapay zekânın yazılım ve robotlardan niteliksel olarak farklı olması ve sonuç olarak farklı türdeki işleri ve insanları etkileme olasılığıdır.

Webb (2020)'nin çalışmasından hareketle Fossen vd. (2022), yapay zekâ, yazılım ve endüstriyel robotların bireysel düzeydeki ücret değişikliklerini ABD ekonomisi için 2011-2021 yıllarını kapsayan dönem için incelemişlerdir. Yapay zekâ teknolojilerinin kullanılabilirliğinin bireysel işçilerin ücretlerini etkileyip etkilemediğini ve bu etkinin yazılım ve endüstriyel robot olan önceki inovasyonlarla nasıl karşılaştırılabileceğini amaçlayan yazarlar, yazılım ve endüstriyel robotların ücretleri düşürerek emeği yerinden etme etkisine (displacement effect) sebep olurken yapay zekânın ise emek için yeni işler yaratarak üretkenlik etkisiyle ücretleri artırdığı bulgusuna ulaşmışlardır.

Fossen ve Sorgner (2022), ABD ekonomisinde 2011-2018 dönemi için yeni dijital teknolojilerin bireysel düzeyde ücret ve istihdam dinamikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Mesleklerin bilgisayarlaşma olasılıkları, yapay zekânın mesleki etkileri, görevlerin makine öğrenmesi için uygunluğu ve onların meslek içi varyansları yeni dijital teknolojilerin ölçüleri olarak kullanan yazarlar, emeği yerinden eden (displacement effect) teknolojilerin daha yavaş ücret artışı ve kişinin mesleğini değiştirme ve işsiz kalma olasılığının daha yüksek olmasıyla ilişkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu sonucun aksine de emeği eski haline getiren (reinstatement effects) dijital teknolojiler yani bu çalışmada yapay zekânın mesleki etkilerinin ölçütü ise bireysel iş gücü piyasasının sonuçlarını iyileştirdiği görülmüştür. Yapay zekâdaki ilerlemelerin insan emeğini ortalama olarak yerinden etmediğini, aksine onları eski haline getirdiği, yapay zekâ teknolojilerinin insan emeği için yeni görevler yarattığı sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada, önceki teknolojik gelişmelerin aksine yeni nesil dijital teknolojilerinden en çok yüksek vasıflı emeğin etkilendiği de dikkat çekilmiştir.

İşlerin bilgisayarlaşmaya ne kadar duyarlı olduğu sorusuna cevap arayan Frey ve Osborne (2013), çalışmalarında 702 mesleğin otomasyona uğrama riskini hesaplamışlardır. Bunun sonucunda ABD ekonomisindeki işlerin %47'sinin yerini yapay zekânın alacağını, başka bir ifadeyle ABD ekonomisinde toplam istihdamın %47'sinin otomasyona uğrama riskinin yüksek olduğuna ulaşmışlardır. Çalışmalarında inceledikleri mesleklerin otomasyona uğrama riskini ücret ve eğitim düzeyi açısından da inceleyen Frey ve Osborne (2013), iki değişken arasında güçlü bir negatif korelasyon bulmuşlardır. Vasıfsız çalışanların, eğitim düzeylerini ilerletmedikleri sürece gelişen teknoloji ile ancak otomasyona uğramamış işlerde veya yaratıcılık gerektiren yeni işlerde istihdam edilebileceklerini ancak bunun için çalışanların sosyal becerilerini geliştirmeleri gerektiğini vurgulamışlardır.

Arntz vd. (2016), Frey ve Osborne'un çalışmasının görev değil meslek temelli bir yaklaşımı benimsemiş olması nedeniyle eleştirmektedir. Aynı mesleğe sahip işçilerin iş içerisinde farklı görevleri yerine getirdiği buna ilişkin olarak meslek içindeki görevlere odaklanan Arntz vd. (2016), 21 OECD ülkesi için işlerin otomasyona maruz kalma olasılığını hesapladıkları çalışmalarında ortalama %9'luk bir oranda işlerin otomatikleştirilebilir olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Frey ve Osborne (2013)'un çalışmasına kıyasla işlerin çok daha düşük otomatikleştirilebilir olduğu sonucuna ulaşan

yazarlar bunu göreve dayalı yaklaşımla incelemiş olmalarına bağlamaktadır. Bu sonuca ek olarak düşük vasıflı işçilerin yaptığı işlerin otomasyona uğrama riskinin yüksek vasıflı işçilerin yaptıkları işlere kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun için ileride teknolojik değişimden kaynaklanabilecek potansiyel eşitsizliklerle baş edebilmenin yolu düşük vasıflı işçileri gereken eğitimi vermekten geçmektedir.

Wang vd. (2023), Çin'deki işlerin yapay zekâ ile ikame olasılığını hesapladıkları çalışmalarında Çin'deki işlerin %54'ünün kısa vadeli bir gelecekte yüksek ikame riski altında olduğu sonucuna ulaşmışlardır. %54'ün içerisine giren bu işler çoğunlukla rutin, destek işler yani ağırlıkla manuel yapılan işler olup, üretim, taşıma gibi operasyonlarda çalışan işçiler, imalat işçileri, hizmet sektöründe çalışan işçiler de ikameye karşı oldukça hassas olan çalışan grubu olarak öne çıkmaktadır. En son ikame edilebilecek düşük riskteki işler ise Çin'deki işlerin %38'ini kapsamakta olup ağırlıklı olarak sezgi, sosyal zekâ ve sosyal etkileşim gerektiren birim amirliği gibi idarecilik işlerinden oluşmaktadır. Yazarlar sonuçlarını Frey ve Osborne (2013)'un çalışmasında ABD'deki farklı risk seviyelerindeki işlerin oranlarıyla karşılaştırdıklarında, Çin'deki yüksek ve düşük risk seviyelerindeki işlerin oranlarının daha büyük, orta risk seviyesindeki işlerin oranının ise daha küçüktür olduğunu görmüşlerdir.

Chiacchio vd. (2018), endüstriyel robotların istihdam ve ücretler üzerindeki etkisini AB endüstriyel robot pazarının %85'ini oluşturan 6 AB ülkesi için 1995-2007 yıllarını kapsayan dönem için incelemişlerdir. Çalışmada bin işçi başına ilave bir robotun istihdam oranını 0,16 ile 0,20 puan azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Yerinden etme etkisinin (displacement effect) önemini vurgulayan çalışma özellikle orta eğitimli ve genç yaşlardaki çalışanların bu etkiye maruz kalacağını bulmuşlardır. Ancak robotların ücret artışına herhangi bir etkisini bulamamışlardır.

Dauth vd. (2017), Almanya için artan robotlaşmanın imalat sanayiinde çalışanların üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında ABD'den farklı olarak Almanya'da robotların iş kaybına neden olduğuna dair bir sonuca ulaşamamışlardır. Makaleden çıkan diğer sonuçlara göre, robotlar mevcut bir işçiyi işinden çıkarma riskini artırmayıp yalnızca iş gücü piyasasına yeni girecek genç işçiler için daha az iş olanaklarına neden olmaktadır. Ayrıca robotlar yüksek vasıflı iş gücünü tehdit etmezken orta vasıflı işçilerin ücretlerinin düşmesine -işlerini korumasının karşılığı olarak- neden

olabilirler. Neticede robotlar emek üretkenliğini artırmakta ancak ücretleri artırmamaktadır.

Jongwanich vd. (2022), ileri teknoloji ve ithalat penetrasyonunun Tayland'ın emek piyasası ve gelirdeki değişiklikler üzerindeki etkisini ve teknolojik ilerleme nedeniyle işçilerin işini kaybetme olasılıklarını 2012-2017 dönemi için incelemişlerdir. İleri teknolojiyi temsilen bilgi ve iletişim teknolojileri ve robot kullanım yoğunluğu göstergelerini/verilerini kullanan yazarlar ileri teknolojinin emeği iş piyasasının dışına itme etkisinin (displacement effect/yerinden etme etkisi) sınırlı olduğu, bunun yerine emeğin vasıflı ve vasıfsız olmasına göre pozisyonlarındaki dağılımı etkileme eğiliminde olduğu, teknolojinin benimsenmesinin ve ithalat penetrasyonunun ise çoğu durumda emeğin gelirini düşürebileceği bulgusuna ulaşmışlardır.

Acemoglu ve Restrepo (2017), endüstriyel robot kullanımındaki artışın ABD iş gücü piyasaları üzerine etkisini 1990-2007 dönemi için analiz ettikleri çalışmalarında robot kullanımının ABD'nin iş gücü piyasaları için yıkıcı bir etkisi olduğu ve ücret seviyesini de düşürdüğü sonucuna ulaşmışlardır. Buna göre bin işçi başına ilave bir robot istihdam oranını yaklaşık 0.18-0.34 ve ücretleri de 0.25-0.5 oranında azaltmaktadır.

Carbonero vd. (2018), otomasyonun işçi maliyetinde yaratacağı avantajın gelişmekte olan ülkeleri tehdit edebileceği olgusunu 41 ülke, 15 sektör bazında 2005-2014 yılları için robot kullanımı üzerinden En Küçük Kareler (EKK) Yöntemi ve Araç Değişken (IV-Instrumental Variable) Yaklaşımı ile analiz etmişlerdir. Bu bağlamda robot kullanımının istihdamda %1,3 oranında bir düşüş ile dünya çapında negatif bir etkisi olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu negatif etkinin gelişmiş ülkeler için küçük (%-0,54) olduğu gözlemlenirken; gelişmekte olan ülkelere ise bu olumsuz etkinin yaklaşık yüzde 14 olduğuna işaret etmektedir. Yazarlar ayrıca robotların gelişmiş ülkelerdeki offshoring⁵ eğilimini ve bu durumun gelişmekte olan ülkelerin istihdamına etkisini de araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar, robotların gelişmiş ülkelere offshore etkinliğini azaltarak gelişmekte olan ülkelerin istihdamını olumsuz etkilediğini göstermektedir.

⁵Bir işin (üretim sürecinin bir kısmının) maliyetlerini azaltmak amacıyla başka bir ülkede yaptırılması. (<https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/offshoring>)

Krenz vd. (2021), re-shoring⁶ faaliyetlerinin robot yoğunluğu (otomasyon) ile ilişkisi ve emek piyasası üzerine etkisini Dünya Girdi Çıktı tablosunu kullanarak 2000-2014 dönemi için analiz eden yazarlar re-shoring ve otomasyon arasında güçlü bir ekonomik ilişki bulmuşlardır. Buna göre ortalama olarak 1000 işçi başına 1 robot artışı re-shoring faaliyetinde %3,5 oranında artışa sebep olmaktadır. Re-shoring faaliyetlerinin vasıflı emeğin istihdamı ve ücreti üzerinde olumlu etkileri olurken, düşük vasıflı emek üzerinde bu etkinin olmadığı ve bunun da artan eşitsizliğe sebep olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada, otomasyonda artan üretkenliğin daha önce off-shore olarak yapılan üretimin düşük vasıflı emeğin ücretini iyileştirmeden ve onlar için iş yaratmadan ülkede yapılmasına yol açtığı teorisi desteklenmiştir.

Acemoğlu ve Restrepo (2018a), insan ve makine arasındaki yarış fikri üzerine kurdukları sermayenin sabit ve teknolojinin dışsal olduğu statik modeli daha sonra sermaye birikimini endojenleştirdikleri dinamik modele dönüştürerek otomasyon, yapay zekâ, robotik teknolojilerinin istihdam üzerine etkilerini incelemişlerdir. Modeli emeğin yaptığı iş ve görevlerin otomatikleştirilebildiği ve emeğin karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu mevcut iş ve görevlerin yeni versiyonlarının yaratılabildiği bir çerçeve oturtan yazarlar statik modelde otomasyonun istihdamı, iş gücü payını azalttığı ve ücretleri düşürdüğü; aksi durumda, yani emeğin karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu yeni görevlerin yaratılması ya da mevcut görevlerin yeni versiyonlarının oluşturabildiği hallerde ise tam tersi etkilerin mevcut olduğunu gözlemlemişlerdir.

Acemoğlu ve Restrepo (2018b), otomasyon ve yapay zekânın emek talebi, ücret ve istihdam üzerindeki etkilerini inceledikleri bu çalışmalarında makineler olarak otomasyon ve yapay zekânın yerinden etme/yer değiştirme etkisiyle emeğin yerini aldıklarını; bu durumun emek talebi ve ücretleri azaltma eğiliminde olduğu sonucuna varmışlardır. Otomasyon ve yapay zekânın ek sermaye birikimi ile üretim seviyesini artıracaklarını savunan yazarlar, bunun sonucunda işçi başına ücretin daha fazla artacağını ve emeğin milli gelir içindeki payının ise azalacağı gözlemlemiş olsalar da bunun kalıcı bir durum olmadığını, otomasyona uygun olmayan işlerde ise emek talebini artıran, otomasyonun yarattığı maliyet tasarrufundan kaynaklanan bir üretkenlik etkisi ile dengelendiği sonucuna ulaşmışlardır.

⁶Farklı bir ülkede yaptırılan imalatın (offshoring) ülkeye geri getirilmesi. (<https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/reshoring>)

Banescu vd. (2021), Dünya Bankası tarafından LinkedIn ile ortak olarak hesaplanan 2015-2019 dönemine ait beceri ihtiyaçları ve beceri penetrasyon oranı verilerini kullanarak yaptıkları tek yönlü varyans analizinde emeğin sahip olduğu beceriye göre iş gücü talebinde yaşanan değişimi incelemişlerdir. Analiz sonucunda, yapay zekâ, veri bilimi gibi yeni teknolojilere yönelik edinilen becerilere sahip emeğe talebin arttığı bulunmuştur.

Donepudi vd. (2020), yükselen piyasa ekonomilerinde yapay zekânın işlerin geleceğine etkilerini incelemişlerdir. Yapay zekâ değişkeni olarak 100 kişinin katılım sağladığı anket sonuçlarını kullanarak korelasyon analizi yapan yazarlar, yapay zekânın kullanımında yaşanan artışın iş geliştirmede, gelirden, üretkenlikte ve iş kaybında artışa yol açabileceği bulgusuna ulaşmışlardır. Ancak çalışmada, yapay zekâ tabanlı uygulamaların ortaya çıkmasının yaygın iş kayıplarına ve eşitsizliğe yol açacağı anlamına gelmeyeceği, yapay zekânın etkisinin kullanıldığı sektöre, yaratıcılığın ve teknolojinin boyutuna göre değişeceği kanısına varılmıştır.

Albarrán-Lozano vd. (2021), 2018 yılında İspanya’da 6308 kişiye yapılan anket ile yapay zekâ algısını ve bununla ilişkili faktörleri logit regresyon modeli ile analiz etmişlerdir. Sonuçlar insanların bilimsel keşifler ve teknolojik gelişmelerle ilgilenmedikleri durumda ve yapay zekâ ve robotların işte yararlı olmadığını düşündükleri durumlarda olumsuz bir tutuma sahip olduklarını göstermektedir.

Guliyev (2023), yapay zekânın işsizlik üzerindeki etkisini yüksek teknolojiye gelişmiş 24 ülke için 2005-2021 yıllarını kapsayan dönemde sistem GMM yöntemi ile analiz etmiştir. Guliyev (2023)’ün elde ettiği bulgular yapay zekânın işsizlik oranını düşürdüğü negatif ilişkiyi işaret etmektedir.

Mutascu (2021), çalışmasında yüksek teknolojiye sahip gelişmiş 23 ülke için 1998-2016 yıllarını kapsayan dönemde EKK panel regresyon ve sistem GMM yöntemi ile yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisini gerçek ve beklenen enflasyon seviyelerini dikkate alarak araştırmıştır. Elde edilen sonuçlar literatürün genelinden farklı olarak, yapay zekânın işsizlik üzerinde doğrusal olmayan bir etkisi olduğunu, yapay zekâ kullanımındaki hızlı artışın düşük enflasyon seviyelerinde işsizliği azalttığını göstermiştir.

Nguyen ve Vo (2022), 25 gelişmiş ve 15 gelişmekte olan toplam 40 ülke için 2000-2019 dönemini için yapay zekânın işsizlik üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında Mutascu (2021)'nın çalışmasında olduğu gibi çeşitli enflasyon seviyeleri altında bu ilişkiyi analiz etmişlerdir. Yapılan analizden elde edilen sonuçlar enflasyon düzeyine bağlı olarak yapay zekâ ve işsizlik arasında doğrusal olmayan bir ilişkiyi göstermektedir. Buna göre, yapay zekâ belli bir enflasyon eşik seviyesine kadar işsizliği olumlu yönde etkilemekte, bu eşik seviyesine ulaşılmasının ardından yani enflasyon seviyesi artmaya devam ettiğinde etkiler tersine dönmektedir. Bu bulgu enflasyonun beklenen oranda olması halinde yapay zekânın işsizliği düzelttiği anlamına gelmektedir. Bu durumda Nguyen ve Vo (2022)'nin Mutascu (2021) ile aynı sonuca ulaştığı görülmektedir.

Otomasyonun istihdam üzerindeki etkisini Güney Afrika'nın tekstil endüstrisi için nitel vaka çalışması ile analiz eden Parschau ve Hauge (2020), otomasyonun işsizlik üzerindeki genel etkisinin ihmal edilebilir olduğu sonucuna ulaşırken, bazı durumlar için artan otomasyonun firma düzeyinde verimliliği artırarak istihdamı artıracağını tahmin etmişlerdir.

Klenert vd. (2022), çalışmalarında otomasyon teknolojilerinden gelişmiş endüstriyel robotların 14 Avrupa ülkesi için 1995-2015 yıllarını kapsayan dönemde toplam istihdam ve düşük vasıflı istihdamın payı üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir. Literatürdeki çoğunluğun aksine endüstriyel robotlarla toplam istihdam arasında pozitif ilişki bulmuşlardır. Yine literatürdeki diğer çalışmalardan farklı olarak, robot kullanımı ile düşük vasıflı istihdam arasında olumsuz bir ilişkinin varlığına dair bir sonuç elde etmemişlerdir.

Yapılan literatür taraması özetlenecek olursa, yapay zekânın ekonomik büyümeye etkisine ilişkin genel kanı olumlu yöndeysen istihdama olan etkisi ise belirsizdir. Yapay zekânın emeği yerinden etme/yer değiştirme etkisinin yanı sıra iş yaratma ve verimlilik etkileri de mevcuttur. Bu durumun tarihsel bağlamda bakıldığında da böyle olduğu görülmektedir. Geçmiş yıllarda yaşanan teknolojik yenilikler ekonomik büyümeye olumlu katkı sağlarken, istihdam üzerinde hem iş yok etme hem de yeni işler yaratma etkileri olmuştur.

Bu çalışmalarla ilgili olarak vurgulanmak istenen en önemli nokta, yapay zekâ teknolojilerinin özellikle istihdam üzerindeki etkisine ilişkin tahminlerin büyük farklılıklar göstermesidir. Bu hususun en makul açıklaması, çalışmalarda yapay zekâyı temsilen farklı değişkenler atanması, farklı veriler kullanılması, farklı metodolojiler uygulaması ve farklı ülkelerin incelemesidir.

Mevcut literatürde yapay zekânın toplam istihdam etkisine ilişkin nicel analiz eksikliği bulunmaktadır. Bu eksikliğin en can alıcı noktası ise yapay zekâyı temsilen kullanılan değişkendir. Bu bağlamda üçüncü bölümde yapay zekâyı geniş anlamda temsil edebilecek bir endeks ile yapay zekânın toplam istihdam üzerindeki etkisine dinamik bir panel regresyon modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Bu ampirik inceleme, ele alınan seçilmiş ülkelerin toplam istihdam oranları üzerinde yapay zekânın nasıl bir etkisi olduğuna dair kanıt sunacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. YAPAY ZEKÂNIN İSTİHDAMA ETKİSİ: PANEL VERİ ANALİZİ

3.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Bu çalışmada amaç yapay zekânın seçilmiş ülke ekonomilerinde istihdam üzerindeki etkilerini incelemektir. Literatürde teknolojinin ekonomik etkilerine ilişkin pek çok çalışma mevcuttur. Ancak yapay zekâ teknolojilerinin ekonomiye etkilerini inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmalarda yapılan analizlerde yapay zekâyı temsilen Ar-Ge harcamaları, yüksek teknoloji ihracatı, bilgi iletişim teknolojileri ihracatı, patent veya robot sayıları gibi değişkenler kullanılmıştır. Ne yazık ki bu değişkenler yapay zekâyı tek başına temsil etmekte yetersiz kalmaktadır. Ar-Ge harcamaları ve yüksek teknoloji ihracatı tek başına yapay zekâ teknolojilerini kapsamayıp daha geniş bir yelpazeyi ele aldığı, bilgi iletişim teknolojileri ihracatı ise yapay zekâyı direkt bağlamadığı için bu verilerin yapay zekâyı temsilen kullanılması uygun değildir. Rammer vd. (2022, s. 3), yapay zekâ teknolojilerinin yalnızca bir kısmının patentli olmasından ve firmaların başkaları tarafından icat edilen teknolojilere dayalı yapay zekâ yöntemlerini de uygulayıp kullanabildiğinden, patent verilerinin de yapay zekânın kullanımı ve yayılımı hakkında eksik bir resim sunacak olması nedeniyle yapay zekâyı temsilen kullanılmasını doğru bulmamaktadır. Son 40-50 yılda yapay zekâ alanındaki ilerlemelerin ve yarattığı etkilerinin ölçülmesinden kaynaklı zorluklar nedeniyle de yapay zekânın ekonomik etkileri net olarak halen bilinmemektedir. Yapay zekâyı temsilen ele alınan göstergelerdeki belirsizlikler/tutarsızlıklar sebebiyle de ölçüm zorlaşmaktadır. Bundandır ki bu çalışmada yapay zekâyı temsilen Stanford Üniversitesi tarafından hazırlanan “Yapay Zekâ Endeksi” kullanılmıştır.

3.2. Stanford Yapay Zekâ Endeksi

Stanford Üniversitesi tarafından 2017-2021 yıllarını kapsayan dönemde 29 ülke için hesaplanan Yapay Zekâ Endeksi (YZE), Ar-Ge ve Ekonomi olmak üzere iki kategoriden oluşan 23 değişkenden oluşmaktadır. Tablo 3.1.'de endeksi oluşturan değişkenler ve tanımlarına yer verilmiştir.

Tablo 3.1. *Stanford Yapay Zekâ Endeksi Değişkenleri ve Tanımları* (D. Zhang vd., 2022)

<i>Değişkenler</i>	<i>Tanımları</i>
<i>Araştırma ve Geliştirme</i>	
Yapay Zekâ Dergi Yayınları Sayısı	İlgili ülkede yayınlanan yapay zekâ dergi yayınlarının sayısı
Yapay Zekâ Dergi Atıfları Sayısı	İlgili ülkede yayınlanan yapay zekâ dergi atıflarının sayısı
Yapay Zekâ Konferans Yayınları Sayısı	İlgili ülkede yayınlanan yapay zekâ konferans yayınlarının sayısı
Yapay Zekâ Konferans Atıf Sayısı	İlgili ülkede yayınlanan yapay zekâ konferans atıflarının sayısı
Yapay Zekâ Arşiv Yayınları Sayısı	İlgili ülkede yayınlanan yapay zekâ arşiv yayınlarının sayısı
Yapay Zekâ Arşiv Yayınları Atıf Sayısı	İlgili ülkede yayınlanan yapay zekâ arşiv yayınlarının atıf sayısı
Yapay Zekâ Patent Başvuru Sayısı	İlgili ülkede yayınlanan yapay zekâ patent başvuru sayısı
Yapay Zekâ Patent Sayısı	İlgili ülkede yayınlanan yapay zekâ patent sayısı
Kişi Başına Düşen Yapay Zekâ Dergi Yayınları Sayısı	İlgili ülkede kişi başına düşen yapay zekâ dergi yayınlarının sayısı
Kişi Başına Düşen Yapay Zekâ Dergi Atıf Sayısı	İlgili ülkede kişi başına düşen yapay zekâ dergi atıflarının sayısı
Kişi Başına Düşen Yapay Zekâ Konferans Yayınları Sayısı	İlgili ülkede kişi başına düşen yapay zekâ konferans yayınlarının sayısı
Kişi Başına Düşen Yapay Zekâ Konferans Atıf Sayısı	İlgili ülkede kişi başına düşen yapay zekâ konferans atıflarının sayısı
Kişi Başına Düşen Yapay Zekâ Arşiv Yayınları Sayısı	İlgili ülkede kişi başına düşen yapay zekâ arşiv yayınlarının sayısı
Kişi Başına Düşen Yapay Zekâ Arşiv Yayınları Atıf Sayısı	İlgili ülkede kişi başına düşen yapay zekâ arşiv yayınlarının atıf sayısı
Kişi Başına Düşen Yapay Zekâ Patent Başvuru Sayısı	İlgili ülkede kişi başına düşen yapay zekâ patent başvuru sayısı
Kişi Başına Düşen Yapay Zekâ Patent Sayısı	İlgili ülkede kişi başına düşen yapay zekâ patent sayısı
<i>Ekonomi</i>	
Toplam Yapay Zekâ Özel Yatırımı	Yapay zekâ girişimlerine yapılan toplam özel yatırım miktarı
Yeni Kurulan Yapay Zekâ Şirket Sayısı	İlgili ülkede yeni kurulmuş yapay zekâ şirketlerinin toplam sayısı

Tablo 3.1. (Devam) Stanford Yapay Zekâ Endeksi Değişkenleri ve Tanımları (D. Zhang vd., 2022)

Yapay Zekâ İşe Alım Endeksi	Yapay zekâ işe alım oranı, ilgili ülkede LinkedIn profilinde yapay zekâ becerileri bilgisi olan veya yapay zekâ ile ilgili işlerde çalışan LinkedIn üyelerinin aynı ülkedeki LinkedIn üyelerinin toplam sayısına bölünmesiyle yüzde olarak hesaplanır. Daha sonra bu oran, 2016 yılında baz alınan ortalama aya göre endekslenir.
Görelî Yapay Zekâ Beceri Penetrasyonu	Meslekler içinde yapay zekâ becerilerinin yaygınlığını ya da LinkedIn üyelerinin işlerinde yapay zekâ becerilerini kullanma yoğunluğunu gösterir.
Yapay Zekâ Yetenek Yoğunluğu	Bir LinkedIn üyesi, profiline yapay zekâyâ dair becerilerini eklediye ve/veya yapay zekâ ile ilgili bir işte çalışıyorsa Yapay Zekâ Yeteneği olarak kabul edilir. İlgili ülkede yapay zekâ yeteneğine sahip üyelerin sayısı ile o ülkedeki LinkedIn üyelerinin sayısı karşılaştırarak hesaplanır.
Kişi Başına Düşen Toplam Yapay Zekâ Özel Yatırımı	Kişi başına düşen yapay zekâ girişimlerine yapılan toplam özel yatırım miktarı
Kişi Başına Düşen Yeni Kurulan Yapay Zekâ Şirket Sayısı	İlgili ülkede kişi başına düşen yeni kurulmuş yapay zekâ şirketlerinin toplam sayısı

Tablo 3.1.'de tanımlarıyla birlikte verilen Ar-Ge kategorisindeki 16 göstergeden 8'i, Ekonomi kategorisindeki 7 göstergeden ise 2'si aynı değişkenlerin kişi başına cinsinden hesaplanmasıyla elde edilmiştir. Buna ilişkin olarak Stanford Yapay Zekâ Endeksinin mutlak (absolute) ve kişi başına (per capita) olmak üzere iki değeri bulunmaktadır. Bu çalışmada Yapay Zekâ Endeksinin mutlak (absolute) değeri kullanılmıştır.

Endeks çalışmasına dahil edilen 29 ülkenin 23 tanesi Birleşmiş Milletlerin ülke sınıflandırmasına⁷ göre “Gelişmiş Ülkeler”, 6 tanesi ise “Gelişmekte Olan Ülkeler” kategorisinde yer almaktadır. Endekse konu olan 29 ülke Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Stanford Yapay Zekâ Endeksinde Yer Alan Ülkeler (D. Zhang vd., 2022)

Avusturalya	Danimarka	İsrail	Norveç	İsveç
Avusturya	Finlandiya	İtalya	Polonya	İsviçre
Belçika	Fransa	Japonya	Portekiz	Türkiye
Brezilya	Almanya	Güney Kore	Rusya	Birleşik Krallık
Kanada	Hindistan	Malezya	Singapur	Amerika Birleşik Devletleri
Çin	İrlanda	Hollanda	İspanya	

⁷<https://unctadstat.unctad.org/EN/Classifications.html> (Erişim Tarihi: 02.02.2023)

3.2.1. Stanford yapay zekâ endeks metodolojisi

Yapay Zekâ Endeksi, Stanford Üniversitesi tarafından 2017-2021 yıllarını kapsayan dönemde 29 ülke için hazırlanmıştır. 23 göstereyi içeren bu endeks 4 aşamada hazırlanır (http-12):

1. Adım: Her ülkeye ve zamana göre bireysel veriler toplanır, uyumlu hale getirilir ve entegre edilir.

2. Adım: Her ülkeye özgü göstergenin 0-100 arasında bir değere normalize edilmesi için Asgari-Azami Normalizasyonu (Min-Max Normalisation) kullanılır. Ölçü birimlerindeki farklılıkları ayarlamak ve bütün parametreleri aynı ölçekte görmek için endeks içerisinde yer alan tüm göstergeler 0-100 aralığında normalleştirilir. Değerin 100'e yaklaşması ilgili ülkedeki o göstergenin daha iyi olduğu anlamına gelir. Normalizasyon formülü aşağıdaki gibidir:

$$\text{MinMax} = 100 \times (((\text{değer}) - (\text{min})) \div ((\text{max}) - (\text{min}))) \quad (3.1)$$

3.1'de yer alan denklemde “değer” normalizasyon işlemi yapılan göstergenin belli bir yılda ilgili ülke için kendi değerini ifade eder. “min” 29 ülke içerisinde ilgili göstergedeki en düşük değeri, “max” ise 29 ülke içerisinde ilgili göstergedeki en yüksek değeri ifade eder.

3. Adım: İlgili yılda her ülke için gösterge başına aritmetik ortalama alınır.

4. Adım: Kategori ve gösterge bazında modüler ağırlıklı ortalama oluşturulur.

$$YZE_{c,t} = (\Psi_{kategori} x [\Omega_{c,t} x \Psi_{gösterge}] \div N) \quad (3.2)$$

3.2'de yer alan denklemde “YZE” Yapay Zekâ Endeksini, “c” ülkeyi, “t” zamanı, “ $\Psi_{kategori}$ ” iki kategoriden (Ar-Ge ve Ekonomi) birine özgü ağırlığı, “ $\Omega_{c,t}$ ” ilgili göstergenin 0-100 arasında normalize edilen değerini, “ $\Psi_{gösterge}$ ” ilgili göstereye atanan ağırlığı, “N” ise gösterge sayısını ifade eder.

Tablo 3.3.'te Stanford Yapay Zekâ Endeksinin 2021 yılı sıralaması gösterilmiştir. Mutlak ve Kişi Başına şeklinde iki ayrı değerde hesaplanan endeksin mutlak değer sıralamasına bakıldığında ilk beşte ABD, Çin, Hindistan, Kanada ve Birleşik Krallık; kişi başına değer sıralamasına bakıldığında ise ilk beşte İsrail, Singapur, İsviçre, ABD ve Avustralya yer almaktadır. Mutlak değer endeksin Ekonomi kategorisinde ABD,

Hindistan, Kanada, Güney Kore ve Çin öne çıkarken, Araştırma Geliştirme kategorisinde ise ABD, Çin, Birleşik Krallık, Hindistan ve Almanya öne çıkmaktadır. Kişi başına değere göre hesaplanan endeksin Ekonomi kategorisinde İsrail, Singapur, ABD, İsviçre ve Birleşik Krallık yer alırken Araştırma Geliştirme kategorisinde ise Singapur, İsviçre, Avustralya, İsrail ve ABD bulunmaktadır.



Tablo 3.3. Stanford Yapay Zekâ Endeksi 2021 Yılı Sıralaması⁸

ÜLKELER	MUTLAK		NİHAİ SIRALAMA	KİŞİ BAŞINA		NİHAİ SIRALAMA
	EKONOMİ	ARAŞTIRMA GELİŞTİRME		EKONOMİ	ARAŞTIRMA GELİŞTİRME	
ABD	1	1	1	3	5	4
Almanya	7	5	7	17	17	16
Avustralya	11	7	8	9	3	5
Avusturya	25	23	27	11	15	15
Belçika	23	21	24	20	16	18
Birleşik Krallık	6	3	5	5	10	6
Brezilya	19	18	20	27	28	28
Çin	5	2	2	21	23	23
Danimarka	22	27	23	18	9	14
Finlandiya	16	25	18	15	7	11
Fransa	21	10	17	13	20	19
Güney Kore	4	8	6	14	6	8
Hindistan	2	4	3	28	29	29
Hollanda	10	16	11	8	12	10
İrlanda	12	29	14	6	14	9
İspanya	17	14	15	19	22	21
İsrail	8	15	9	1	4	1
İsveç	13	20	13	10	13	13
İsviçre	18	12	16	4	2	3
İtalya	14	11	12	23	21	22
Japonya	24	6	21	22	18	20
Kanada	3	9	4	7	11	7
Malezya	26	24	29	24	24	24
Norveç	20	26	22	16	8	12
Polonya	27	22	28	25	25	25
Portekiz	15	28	19	12	19	17
Rusya	29	17	25	29	26	27
Singapur	9	13	10	2	1	2
Türkiye	28	19	26	26	27	26

⁸Tablo, 2021 yılı Stanford Yapay Zekâ Endeks verilerine dayanarak yazar tarafından hazırlanmıştır.

3.3. Metodoloji

Belirli ekonomik önermeleri ve modelleri kanıtlamak ya da çürütmek amacıyla ekonomik verilerde istatistiksel ve matematiksel araçlar kullanılmaktadır. Bunun için ampirik olarak test edilebilir bir ekonometrik model formüle edilmektedir. Ardından gerekli veriler toplanmakta ve modelin tahmini yapılmaktadır. Modelin tahmini yapıldıktan sonra modelin uygun olup olmadığını, tahminin performansını ve doğruluğunu kontrol etmek için spesifikasyon testleri yapılmaktadır. Testler ile modelin yeterliği tespit edildikten sonra teorik tahminlerin geçerliliğinin test edilmesi için hipotez sınaması uygulanmaktadır. Sonucunda model, tahmin ve politika önerileri yapabilmek için kullanılır hale gelmektedir (Asteriou ve Hall, 2007, s. 2).

Araştırılmak istenen önermeler/modeller farklı ekonomik veri setleri üzerinde tahmin edilebilir. Ülke, şehir, firma gibi birimlerin tek bir zamana ait verileri (yatay kesit veri analizi); tek birimin belli bir zaman aralığına ait verileri (zaman serisi analizi) ve bu iki verilerin bir arada yer aldığı hem birden fazla birimin hem de zaman aralığının olduğu panel veri analizi ile tahminler yapılabilir. Araştırmacı, belirleyeceği bir yöntemle ekonometrik analizini yapar. Bu çalışmada ise panel veri analizi kullanılmıştır.

3.3.1. Panel veri analizi

Panel verinin hem zaman boyutu hem de birim boyutu vardır. Bir panel veri setindeki her yatay kesit elemanı bir zaman serisinden oluşmaktadır. Panel verilerde aynı kesit birimler (ülke, şehir, firma, hane halkı vb.) bir zaman aralığı içinde araştırılır (Asteriou ve Hall, 2007, s. 9; Gujarati ve Porter, 2009, s. 591).

Genellikle i (kesit) ve t (zaman) alt indisi ile gösterilen, $N \times 1$ ve $T \times 1$ matrisleri (3.3) olarak sırasıyla bir yatay kesit ve zaman serisi değişkeni formunda olan bir panel veri $Y_{i,t}$ değişkeni 3.4'te gösterildiği üzere $N \times T$ matris formunda olacaktır (Asteriou ve Hall, 2007, s. 9):

$$Y_t^{Avustralya} = \begin{pmatrix} Y_{2017} \\ \vdots \\ Y_{2021} \end{pmatrix}, Y_i^{2017} = \begin{pmatrix} Y_{Avusturalya} \\ Y_{Avusturya} \\ \vdots \\ Y_{ABD} \end{pmatrix} \quad (3.3)$$

$$Y_{i,t} = \begin{pmatrix} Y_{Avusturalya,2017} & Y_{Avusturya,2017} & Y_{ABD,2017} \\ Y_{Avusturalya,2018} & Y_{Avusturya,2018} & Y_{ABD,2018} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ Y_{Avusturalya,2021} & Y_{Avusturya,2021} & Y_{ABD,2021} \end{pmatrix}_{T \times N} \quad (3.4)$$

Genellikle ekonomik araştırmalarda panel veri seti, yatay kesit veya zaman serisi veri setlerine nazaran daha avantajlı konumdadır (Baltagi, 2021, s. 6-9; Hsiao, 2014, s. 4-10; Matyas ve Sevestre, 1996, s. 17):

- Panel veri setlerinde genellikle daha çok seri (data point) olması serbestlik derecesini artırmakta ve açıklayıcı değişkenler arasındaki çoklu doğrusal bağıntıyı azaltmaktadır. Böylece daha verimli ekonometrik tahminler yapılmaktadır.
- Panel verilerde söz konusu kesitlerde (ülke, birey, firma vb.) zaman içerisinde heterojenlik olması kaçınılmazdır. Panel veri tahmin modelleri heterojenliği hesaba katmaktadır.
- Yatay kesit veya zaman serisi verilerine nazaran panel veriler ile daha karmaşık davranış modelleri daha iyi ele alınıp incelenebilir, dinamik ilişkiler ortaya çıkarılabilir.
- Kısa zaman serisine ve/veya az/eksik yatay kesit gözleme sahip panel verilerle dahi analiz yapılmasına imkân sağlamaktadır.

Kısacası, ampirik analiz panel veriler ile yalnızca yatay kesit veya zaman serisi verilerinin kullanılmasıyla mümkün olmayacak şekilde zenginleştirebilir. Elbette bu panel veriler ile çalışmanın kusursuz olduğu anlamına gelmez (Gujarati ve Porter, 2009, s. 593). Örneğin, veri setinin büyük olması nedeniyle ölçüm hatalarının olma olasılığı artmaktadır. Heterojenliğin dikkate alınmadığı hallerde modellerde sapmalar meydana gelebilmekte ve bu da sonuçların tutarsız olmasına sebep olabilmektedir. Panel verilerinde seçicilik de önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Yanlış veya eksik seçilmiş örneklemeler analizlerde hatalı sonuçlara neden olmaktadır. Ayrıca, birimler arası bağımlılığın bulunduğu panel verilerinde yatay kesit bağımlılığının dikkate alınmaması yanıltıcı çıkarımlara yol açabilmektedir. (Baltagi, 2021, s. 9-12; Hsiao, 2014, s. 4-10).

3.3.2. Panel veri regresyon modelleri

Tek açıklayıcı değişkeni olan basit bir doğrusal panel veri modeli gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$y_{i,t} = \alpha + \beta x_{i,t} + u_{i,t} \quad (3.5)$$

3.5'teki modelde yer alan y bağımlı değişken, x ise bağımsız değişken, u sıfır ortalama ve sabit varyanslı hata terimidir. y ve x değişkenlerin her ikisi de i -kesit ($i = 1, 2, 3, \dots, N$) ve t -zaman ($t = 1, 2, 3, \dots, T$) alt indislerine sahiptir. Hem kesit hem de zaman boyutlarında tam bir veri kümesi mevcutsa yani her kesit aynı sayıda gözleme sahipse buna dengeli panel veri, bazı kesitlerde veya bazı zamanlarda eksik veri varsa yani her gözlem için aynı sayıda kesit ve zaman serisi yoksa buna da dengesiz panel veri seti denir (Asteriou ve Hall, 2007, s. 345; Gujarati ve Porter, 2009, s. 593). Ancak bu modelde α ve β katsayılarının bir alt indisi yoktur. Bu da bunların tüm kesitler ve zamanlar için aynı olacağını düşüncesini doğurur. Bu modele (3.5) *Basitleştirilmiş Regresyon Modeli* denir. Bu modelde katsayıların kesitler ve/veya zaman için farklılık teşkil etmediği varsayılmaktadır. Bu panelde bir dereceye kadar heterojenlik sağlanabilmesi için α katsayısının (sabitinin) tüm kesitlerde aynı olması gerektiği varsayımının gevşetilmesi gerekmektedir (Asteriou ve Hall, 2007, s. 345; Tüzüntürk, 2007, s. 3).

$$y_{i,t} = \alpha_{i,t} + \beta_{i,t} x_{i,t} + u_{i,t} \quad (3.6)$$

3.6'da gösterilen modelde, 3.5'te gösterilenden farklı olarak her kesitin her zamana göre farklı katsayısının olduğu anlaşılmaktadır (Matyas ve Sevestre, 1996, s. 27).

Genel anlamda, basit doğrusal panel veri modelleri üç yöntemle tahmin edilebilir: 3.5'te yer alan denklemdeki gibi ortak bir sabitle (Klasik Model), sabit etkilere izin vererek (Sabit Etkiler Modeli) ve rassal etkilere (Rassal Etkiler Modeli) izin vererek.

3.3.2.1. Klasik model

Daha önce denklem 3.5'te gösterilen modeldir ve Havuzlanmış En Küçük Kareler Yöntemi olarak da bilinmektedir. Bu modelde α sabiti ve β parametresi kesitlere ve/veya zamana göre değişmemekte, her kesit için aynı sabit tahmin edilmektedir. Yani α sabitinin tüm kesitler için aynı olduğu ve hata teriminin kesitlere ve/veya zamana göre

farklılaştığı, sıfır ortalama ve sabit varyans ile bağımsız, özdeş ve normal dağıldığı varsayılmaktadır (Gujarati ve Porter, 2009, s. 594).

Havuzlanmış EKK yöntemi yalnızca yatay kesit boyutunun (N) veri matrisleri arasında hiçbir farklılık olmadığı temel varsayımı altında sonuç verdiği, diğer bir ifadeyle modelin tüm yatay kesitler için ortak bir α sabiti tahmin etmesi tahmin edilen yatay kesitler arasında hiçbir fark olmadığı anlamına geldiği için kullanılan veri setinin homojen olması varsayımı altında kullanışlıdır. Örneğin, yalnızca Sahra Altı Afrika ülkelerinden veya yalnızca gelişmiş ülkelerden oluşan bir veri seti. Bu husus fazla kısıtlayıcı olduğundan aksi durumlar için tahmin yöntemine sabit veya rastgele etkilerin dahil edilmesi daha uygundur (Asteriou ve Hall, 2007, s. 345).

3.3.2.2. Sabit etkiler modeli

Sabit etkiler modelinde sabit terim kesite özgü olarak ele alınmaktadır. Bu da modelin her kesit için farklı sabitlere izin verdiği anlamına gelmektedir. Sabit etkiler tahmincisi aynı zamanda en küçük kareler kukla değişkenler tahmincisi olarak da bilinmektedir. Her kesit için farklı sabitlere izin verdiği için aslında her kesit için bir kukla değişken içerir (Asteriou ve Hall, 2007, s. 346).

Bu modelde eğim parametresi sabittir. Sabit parametre de içinde birim etki barındırdığı için birimden birime değişiklik göstermektedir. Verilerde oluşan değişimden sadece sabit katsayı etkilenmektedir. Modelde her bir birimin kendi kesişim/kesim (intercept) değerine sahip olmasına izin verilerek birimler arasında heterojenliğe de izin verilmiş olmaktadır. "Sabit etkiler" terimi, kesişimin birimler arasında farklılık gösterebilmesine rağmen zamanla değişmez olmasından kaynaklanmaktadır (Asteriou ve Hall, 2007, s. 346; Gujarati ve Porter, 2009, s. 596). Bir sabit etkiler modelinde katsayılar birime, zamana ve hem zamana hem de birime göre değişebilmektedir. Model yalnızca birim ya da zaman etkilerini içeriyorsa "Tek Yönlü Sabit Etkiler Modeli", birim ve zaman etkilerini bir arada içeriyorsa "Çift Yönlü Sabit Etkiler Modeli" olarak bilinmektedir (Gujarati ve Porter, 2009, s. 598).

Sabit etkiler modeli tahmin edilirken aşağıdaki varsayımlar dikkate alınmaktadır (Yerdelen-Tatoğlu, 2020, s. 19):

- Katı dışsallık $E(u_{it} | X_{itsi}, \mu_i) = 0$ $t=1,2,\dots,T$ bağımsız değişkenler ve birim etkinin hata terimiyle ilişkisiz olması varsayımdır.

- Çoklu doğrusal bağlantı $rank[\sum_{t=1}^T E(s_{it}\ddot{x}_{it}'\ddot{x}_{it})] = K$ durumunda bağımsız değişkenler arasında çoklu doğrusal bağlantı olmaması varsayımdır.

- Sabit varyans ve otokorelasyon olmaması $E(\ddot{u}_i\ddot{u}_i' | \ddot{x}_i s_i, \mu_i) = \sigma_u^2 I_T$ varsayımdır.

Bu varsayımlar ile sabit etkiler modeli tahmin sürecinde etkin ve tutarlı olmaktadır.

Yalnızca birim etkinin olduğu varsayımı altında bir panel veri modeli ele alınacak olursa:

$$Y_{it} = X_{it}\beta + \mu_i + u_{it} \quad (3.7)$$

grup içi sabit etkiler tahminçisi tutarlı olacak şekilde 3.8'deki gibi düzenlenebilir:

$$\hat{\beta}_{GIT} = (\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T s_{it}\ddot{x}_{it}'\ddot{x}_{it})^{-1} (\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T s_{it}\ddot{x}_{it}'\ddot{y}_{it}) \quad (3.8)$$

s_{it} değişkeni bir gölge değişkendir. Bu gölge değişken, ana kütleden tesadüfi bir biçimde seçilmiş birimin bağımlı ve açıklayıcı değişkenlere ait verileri gözlenmişse 1 değerini, aksi durumlarda 0 değerini almaktadır.

$$\ddot{x}_{it} = X_{it} - T_i^{-1} \sum_{t=1}^T s_{it}X_{it}, \ddot{y}_{it} = Y_{it} - T_i^{-1} \sum_{t=1}^T s_{it}Y_{it} \text{ ve } T_i = \sum_{t=1}^T s_{it} \quad (3.9)$$

3.9'da yer alan eşitliklerde T_i , yatay kesit için gözlenen zaman boyutunun sayısını ifade etmektedir. 3.8'de yer alan eşitlik ele alınan zamanlarda grup içi dönüşüm yapıldığını ve ilgili modelin havuzlanmış EKK metoduyla tahmin edildiğini göstermektedir. Bu tahmin gruplar arası yapılmak istenirse (Yerdelen-Tatoğlu, 2020, ss. 18, 23);

$$\hat{\beta}_{GAT} = (X'PX)^{-1}X'PY \quad (3.10)$$

burada $P = diag[\bar{J}_{T_i}]$ 'dir.

Bu yöntem ile ulaşılan tahminçilerin tutarlı olabilmesi, bağımsız değişkenlerle hata teriminin birim ortalamasının ve bağımsız değişkenin birim hata teriminin ortalaması ile korelasyonsuz olmasını gerektirdiği unutulmamalıdır.

3.3.2.3. Rassal etkiler modeli

Bir modeli tahmin etmenin başka bir yöntemi de rassal etkiler modelidir. Sabit etkiler ve rassal etkiler modeli arasındaki fark, sabit etkilerin aksine rassal etkiler modelinde her bir kesit için sabitleri rastgele parametreler olarak ele almasıdır. Rassal etkiler modelinde gözlemlenemeyen gruba özgü etkiler bağımsız değişkenlerle korelasyon içerisindeyse tahminlerin yanlış ve tutarsız olması bu modelin dezavantajıyken, sabit etkiler modeline kıyasla tahmin edilmesi gereken daha az parametre olması ve bir grup içindeki tüm gözlemler için eşit değere sahip ek açıklayıcı değişkenlere yani kukla değişken kullanılmasına izin verdiği için de avantaja sahiptir (Asteriou ve Hall, 2007, s. 347,348).

Rassal etkiler modeli tahmincisi ile birim etkiler ve bağımsız değişken arasında korelasyon olmaması halinde tahmin yapılabilir. Rassal etkiler modelinde birim etki sabit olmadığı için sabit parametre içerisinde gösterilememektedir. Birim etki bu yüzden hata terimi içerisinde gösterilmektedir:

$$u_{it} = \mu_{it} + \varepsilon_{it} \quad (3.11)$$

Genelleştirilmiş EKK tahmincisi $\delta=(\mu_i, \beta)$ için, aşağıda gösterildiği şekilde elde edilmektedir:

$$\hat{\delta}_{GEKK} = (X'\Omega^{-1}X)^{-1}X'\Omega^{-1}Y \quad (3.12)$$

Ω, u_{it} 'nin varyans kovaryans matrisidir:

$$\Omega = E(u_i u_i') = \sigma_u^2 I_t + \sigma_\mu^2 e e' \quad (3.13)$$

şeklindedir. Katı dışsallık, serisel korelasyon olmaması ve çoklu doğrusal bağlantının olmaması koşulları mevcut iken genelleştirilmiş EKK tahmincileri tutarlı olsa bile sapmalı sonuç vermektedir (Baltagi, 2021).

Regresyon parametreleri ile varyans bileşenlerinin rassal etkilerin en çok olabilirlik tahmincisi 3.14'te yer alan eşitliğin maksimize edilmesi sonucu elde edilmektedir (Baltagi vd., 2001):

$$\log L = C - \frac{m}{2} \log \sigma_u^2 - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M \log(N_i T_i \rho_1 + T_i \rho_2 + 1) - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M (N_i - 1) \log(T_i \rho_2 + 1) - \frac{1}{2} u' \Sigma^{-1} u / 2 \sigma_u^2 \quad (3.14)$$

Burada, $m = \sum_{i=1}^M (N_i T_i)$, $\rho_1 = \sigma_\mu^2 / \sigma_u^2$, $\rho_2 = \sigma_v^2 / \sigma_u^2$ ve $\Omega = \sigma_u^2 \Sigma^{-1}$ 'dir. Katsayı ile hata terimine ilişkin tahminler 3.15'teki gibidir:

$$\hat{\beta}_{ML} = \left(X' \Sigma^{-1} X \right)^{-1} X' \Sigma^{-1} y \text{ ve } \hat{\sigma}_u^2 = \frac{(y - X\beta)' \Sigma^{-1} (y - X\beta)}{m} \quad (3.15)$$

En çok olabilirlik tahmincisinin ρ için birinci ve ikinci türevleri 3.16 ve 3.17'de gösterilmiştir:

$$\frac{\sigma \log L}{\sigma \rho_1} = -\frac{1}{2} \text{tr} \left[Z_\mu' \Sigma^{-1} Z_\mu \right] + \frac{1}{2 \sigma_u^2} (y - X\beta)' \Sigma^{-1} Z_\mu Z_\mu' \Sigma^{-1} (y - X\beta) \quad (3.16)$$

$$\frac{\sigma \log L}{\sigma \rho_2} = -\frac{1}{2} \text{tr} \left[Z_v' \Sigma^{-1} Z_v \right] + \frac{1}{2 \sigma_u^2} (y - X\beta)' \Sigma^{-1} Z_v Z_v' \Sigma^{-1} (y - X\beta) \quad (3.17)$$

Bu tahminciler tutarlı ve asimptotik olarak etkindirler. Hata teriminin normallik varsayımını sağlaması koşuluyla da bu yöntem uygun bir tahminci haline gelmektedir (Antweiler, 2001, s. 299).

Sabit etkiler ve rassal etkiler modelinden hangisinin yapılan analiz için daha iyi bir yöntem olduğu sonucuna en bilinen ve en çok kullanılan Hausman (1978) testi ile karar verilebilmektedir (Wooldridge, 2010, s. 288). Hausman spesifikasyon testi için hipotezler aşağıdaki gibidir:

$$H_0: E(\mu_i X_{ijt}) = E(\gamma_j X_{ijt}) = E(\lambda_t X_{ijt}) = 0 \quad (3.18)$$

$$H_1: E(\mu_i X_{ijt}) \neq E(\gamma_j X_{ijt}) \neq E(\lambda_t X_{ijt}) \neq 0 \quad (3.19)$$

Test istatistiği ise;

$$H = (\hat{\beta}_{SE} - \hat{\beta}_{RE})' [Avar(\hat{\beta}_{SE}) - Avar(\hat{\beta}_{RE})]^{-1} (\hat{\beta}_{SE} - \hat{\beta}_{RE}) \quad (3.20)$$

şeklinde hesaplanmaktadır (Hausman, 1978). 3.20’de yer alan Hausman test istatistiğinde sabit etkiler modelinde yer alan parametre tahmincileri ile rassal etkiler modelinde yer alan parametre tahmincileri arasındaki farkın istatistiki olarak anlamlılığı sınanmaktadır. Söz konusu anlamlılık bu farkın sıfıra eşit olup olmaması üzerinedir ve farkın büyük olması halinde tahminler arasındaki fark anlamlı olacağından rassal etkiler modelinin tutarlı olduğunu gösteren sıfır hipotezi reddedilir ve sabit etkiler model tahmincisinin tercih edilmesi gerekmektedir (Cameron ve Trivedi, 2005, s. 717). Özetle, sıfır hipotezi parametreler arasındaki farkın sistematik olmadığını bu yüzden sıfır hipotezinin kabul edilmesi halinde rassal etkiler modelinin seçilmesinin uygun olduğunu, aksi durumda sıfır hipotezi reddedildiğinde ise sabit etkiler modelinin seçilmesi gerekmektedir.

3.3.3. Dinamik panel veri modelleri

İktisadi davranışlar ele alındıkları dönem içerisinde aslında geçmiş tecrübelerden ve davranış şekillerinden etkilendikleri için modelde yer alan değişken/lerin gecikmeli değerlerinin de açıklayıcı değişken olarak modelde yer alması iktisadi ilişkilerin araştırılmasında önem arz etmektedir. Modeldeki bağımsız değişken/lerin gecikmeli değerlerine yer verilmeyen statik panel veri modellerinin aksine, dinamik panel veri modellerinde dinamik ilişkiler bağımsız değişkenin/lerin arasında gecikmeli değişken varlığı ile karakterize edilmektedir (Baltagi, 2021, s. 187; Yerdelen-Tatoğlu, 2020, s. 115). Dinamik panel veri modelleri otoregresif ve dağıtılmış gecikmeli panel veri modelleri olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Otoregresif panel veri modellerinde bağımlı değişkenin gecikmeli değer/leri, dağıtılmış gecikmeli panel veri modellerinde

ise bağımsız değişken/lerin gecikmeli değer/leri bağımsız değişken olarak modelde bulunmaktadır. Genel anlamda dinamik panel veri denilince akla otoregresif panel veri modelleri gelmektedir. Bağımlı değişkenin bir gecikmeli değerinin bağımsız değişken olarak bulunduğu otoregresif panel veri modeli aşağıdaki hali ile gösterilebilir: (Yerdelen-Tatoğlu, 2020, s. 115).

$$Y_{it} = \delta Y_{it-1} + \beta X'_{it} + \mu_i + u_{it} \quad (3.21)$$

Model 3.21’de Y_{it} bağımlı değişkeni, Y_{it-1} bağımlı değişkenin bir gecikmeli değerini, δ ise onun katsayısını, X'_{it} bağımsız değişkeni, β ise onun katsayısını, μ_i birim etkiyi, u_{it} hata terimini (kesite ve zamana göre değişen gözlemlenemeyen değişkenlere ait etkiler) ifade etmektedir.

Model 3.21.’deki gibi gecikmeli bir bağımlı değişkenin modele bağımsız değişken olarak dahil edilmesiyle ortaya bazı temel problemler çıkmaktadır. Y_{it} , μ_i ’nin bir fonksiyonudur ve aynı zamanda Y_{it-1} de μ_i ’nin bir fonksiyonudur. Dolayısıyla bağımlı değişkenin gecikmeli değeri μ_i ’yi de kapsayan hata terimiyle ilişkilidir. Tüm açıklayıcı değişkenler sabit veya hata terimine göre katı dışsal olduğunda kovaryans tahmincisi sabit etkiler varsayımı altında en iyi doğrusal yansız tahminci ve etkin olmasa bile rassal etkiler varsayımı altında tutarlı ve yansız bir tahminci olacaktır. Ancak bağımsız değişken olarak ortaya çıkan gecikmeli bağımlı değişken hususu katı dışsallık varsayımını bozmakta ve modelde içsellik problemine yol açmaktadır. (Hsiao, 2014, s. 81). Bu da EKK tahmincilerinin sapmalı ve tutarsız sonuçlar üretmesine sebep olmaktadır (Baltagi, 2021, s. 187). EKK tahmincilerine ek olarak, birim etkiler ile regresör değişken(ler)in ilişkili olması halinde Tesadüfi Etkiler ve Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (GEKK) tahmincileri de sapmalı ve tutarsız olacaktır (Maddala, 1971). Bu yüzden dinamik panel veri modelleri tahmin edilirken birim etkileri ortadan kaldıran ve birim etkilerle regresör değişkenlerin ilişkili olmasına izin veren sabit etkiler ve birinci fark (first difference) dönüşümü üzerinde durulmaktadır (Baltagi, 2021, s. 188).

Sabit etkiler tahmincisi ile yapılan grup içi dönüşüm, modelde birim etkiyi ifade eden μ_i ’yi ortadan kaldırmaktadır. Gölge değişkenli EKK tahmincisiyle de aynı sonuca ulaşılmaktadır. Bu dönüşüme rağmen yine de bağımlı değişkenin gecikmeli değeri ile hem zamana hem de kesite göre değişebilen stokastik hata terimi vektörü korelasyonlu olmaya devam edecektir. Ayrıca “Nickell sapması” olarak da bilinen “dinamik panel

sapması” sorunu N’in büyük ve T’nin küçük olduğu gölge değişkenli EKK tahmininde ortaya çıkarak tutarsızlığa sebep olmaktadır (Nickell, 1981). Bu doğrultuda sabit etkiler tahmincisi yansız ve tutarlı sonuçlar üretmeyecektir (Baltagi, 2021, s. 15, 189).

$$Y_{it} = \beta_{it} + \delta Y_{it-1} + \mu_i + u_{it} \quad (3.22)$$

Birim etkileri dikkate almayıp birim etki ile açıklayıcı değişken/ler arasında ilişkiye olanak sağlayan diğer bir dönüşüm olan birinci farklar yöntemi ile Model 3.22’nin birinci farkı alındığında Δ dönüşümü ile yaratılan model 3.23’te gösterildiği gibi olacaktır:

$$\Delta Y_{it} = \beta \Delta_{it} + \delta \Delta Y_{it-1} + \Delta u_{it} \quad (3.23)$$

Yapılan birinci fark dönüşümüyle modelden birim etki düşürülmüştür. Bağımlı değişken ile hata terimi arasındaki korelasyon ilk farklar ile birim etki göz ardı edilerek dikkate alınmıştır. Yine de modelde bağımsız değişken olarak yer alan gecikmeli bağımlı değişken hata terimi ile ortogonal olmadığı için içsellik problemi olmakta ve bu da tahminlerde sapmaya neden olmaktadır. Bu yüzden ki birinci fark dönüşümünün uygulanmasının ardından Y_{it-1} ile u_{it} arasındaki ilişkinin araç değişken kullanılarak denetlenmesi gerekmektedir (Hsiao, 2014, ss. 98-100; Yerdelen-Tatoğlu, 2020, s. 126).

Literatürde dinamik panel veri modellerini araç değişken tahmin yöntemleri ile analiz edebilecek başka tahminciler mevcuttur.

3.3.3.1. Anderson ve Hsiao tahmincisi

Anderson ve Hsiao (1982), panel verilerde içsel araçlar sorunda birinci farklar yöntemini önererek öncü olmuşlardır. Birinci fark tahmininde, birinci fark tahmini araç değişken olarak içsel değişkenlerin gecikmeleri ile birleştirilmektedir (Nguyen ve Doytch, 2022, s. 6).

3.21'deki gibi bir dinamik panel veri modelinin birinci farkı aşağıdaki gibi alınmaktadır (Hsiao, 2014, s. 98) :

$$Y_{it} - Y_{it-1} = \gamma(Y_{it-1} - Y_{it-2}) + \beta(X'_{it} - X'_{it-1}) + (u_{it} - u_{it-1})$$

$$\Delta Y_{it} = \delta \Delta X_{it} + \Delta u_{it}$$

$$\Delta X_{it} = [(Y_{it-1} - Y_{it-2}), (X'_{it} - X'_{it-1})] = [\Delta Y_{it-1}, \Delta X'_{it}] \quad (3.24)$$

3.24'de gösterildiği gibi yapılan dönüşüm ile birim etki ve sabit parametre modelden düşürülmüştür. Y_{it-2} ya da $(Y_{it-2} - Y_{it-3})$, $(Y_{it-1} - Y_{it-2})$ ile korelasyonlu ancak $(u_{it} - u_{it-1})$ ile korelasyonsuz olduğu için bunlar $(Y_{it-1} - Y_{it-2})$ için bir araç olarak kullanılabilmekte ve γ ve β parametreleri araç değişken yöntemiyle tahmin edilebileceğinden

$$\begin{pmatrix} \hat{\delta}_{iv} \\ \hat{\beta}_{iv} \end{pmatrix} = \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=3}^T \begin{pmatrix} (Y_{it-1} - Y_{it-2})(Y_{it-2} - Y_{it-3}) & (Y_{it-2} - Y_{it-3})(X_{it} - X_{it-1})' \\ (X_{it} - X_{it-1})(Y_{it-1} - Y_{it-2}) & (X_{it} - X_{it-1})(X_{it} - X_{it-1})' \end{pmatrix} \right]^{-1} \cdot \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=3}^T \begin{pmatrix} (Y_{it-2} - Y_{it-3}) \\ (X_{it} - X_{it-1}) \end{pmatrix} \cdot (Y_{it} - Y_{it-1}) \right] \quad (3.25)$$

ve

$$\begin{pmatrix} \tilde{\gamma}_{iv} \\ \hat{\beta}_{iv} \end{pmatrix} = \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T \begin{pmatrix} Y_{it-2}(Y_{it-1} - Y_{it-2}) & Y_{it-2}(X_{it} - X_{it-1})' \\ (X_{it} - X_{it-1})(Y_{it-1} - Y_{it-2}) & (X_{it} - X_{it-1})(X_{it} - X_{it-1})' \end{pmatrix} \right]^{-1} \cdot \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T \begin{pmatrix} Y_{it-2} \\ (X_{it} - X_{it-1}) \end{pmatrix} \cdot (Y_{it} - Y_{it-1}) \right] \quad (3.26)$$

tutarlıdır.

3.25'te yer alan tahminci $t=3$ iken, 3.13'te $t=2$ 'dir. Bu durumda 3.26'daki tahminci 3.25'teki tahminciye göre daha fazla avantaja sahiptir. Çünkü 3.25'te ΔY_{it-2} araç değişken olarak kullanılırken, 3.26'da Y_{it-2} araç değişken olarak kullanılmıştır. Arellano (1989) da çalışmasında araç değişken olarak Y_{it-2} 'nin kullanılması halinde ΔY_{it-2} 'ye göre bir dönem daha az kayıp⁹ olacağı için daha uygun olduğunu kanıtlamıştır.

Araç değişkenlerin belirlenmesinin ardından birinci fark dönüşümü uygulanmış araç değişkenli model için EKK tahmincisi 3.27'teki gibi gösterilmektedir:

$$\hat{\delta} = (\Delta X'Z(Z'Z)^{-1}Z'\Delta X)^{-1}\Delta X'Z(Z'Z)^{-1}Z'\Delta Y \quad (3.27)$$

Anderson-Hsiao tahmincisi tutarlı sonuçlar üretse de bütün moment şartlarının kullanılmaması ve artığın fark alınmış yapısı nedeniyle otokorelasyon sorunu dikkate alınmadığından etkin olmamaktadır. Arellano ve Bond (1991), Anderson ve Hsiao (1982) tahmincisinden daha etkin olan genelleştirilmiş momentler yöntemi (GMM) prosedürünü önermiştir.

Arellano-Bond ve Arellano-Bover/Blundell-Bond dinamik panel tahmincileri giderek daha popüler hale gelmektedir. Çünkü bu tahminciler küçük “ T ” ve büyük “ N ” panelleri, katı şekilde dışsal olmayan bağımsız değişkenler yani hata teriminin geçmiş ve muhtemel mevcut gerçekleştirmeleriyle korelasyonlu bağımsız değişkenler, sabit etkiler ve birimler içinde değişen varyans, otokorelasyon gibi durumlar için tasarlanmışlardır (Roodman, 2009a, s. 86).

3.3.3.2. Arellano ve Bond genelleştirilmiş momentler (GMM) tahmincisi

Arellano-Bond tahmini, tüm regresörleri genellikle fark alma yoluyla dönüştürerek başlar ve genelleştirilmiş momentler yöntemini (GMM) kullanır (Hansen, 1982) ve fark GMM olarak adlandırılır (Roodman, 2009a, s. 86). GMM tahmincisi yansız ve tutarlı sonuçlar üretmenin yanı sıra etkin bir tahmin yöntemidir. Yöntem, her ne kadar ilk olarak Holtz-Eakin vd. (1988) tarafından önerilmiş olsa da daha sonra Arellano ve Bond (1991) tarafından geliştirilmiştir. Bu yaklaşım ile model, değişkenlerin birinci farkları kapsamında ele alarak açıklayıcı değişkenlerin gecikmeli değerlerini araç değişken olarak kullanıp kesitlerin spesifik etki bileşenlerini elimine

⁹ Y_{it-2} 'nin araç değişken olarak kullanılması durumunda iki dönemlik, ΔY_{it-2} 'nin araç değişken olarak kullanılması durumunda ise üç dönemlik bir kayıp olacaktır.

etmektedir (Soto, 2009, s. 2). Bireysel etkiler tamamıyla ortadan kalktığı için etkilerin de sabit veya rassal oluşunun bir önemi kalmamaktadır (Drukker, 2008).

Arellano-Bond GMM tahmincisi çok sayıda birim ve daha kısa zaman boyutu panellerinde, dinamik yapıda bağımlı değişken ve bu değişkenin geçmiş dönem değerlerine bağlı ve katı şekilde dışsal olmayan bağımsız değişkenlerin varlığı halinde kullanılan bir yöntemdir (Roodman, 2009a).

Anderson-Hsiao tahmincisi birinci fark dönüşümünde hata terimlerinin sabit varyanslı ve otokorelasyonlu olmaması halinde uygun bir yöntemdir. Ancak birinci fark hata terimleri genelde negatif otokorelasyona sahip olduğundan Arellano-Bond tahmincisinin kullanımı daha uygun olmaktadır. Araç değişken matrisi kullanılarak birinci fark dönüşümü yapılan ve sonrasında dönüştürülmüş modelin genelleştirilmiş EKK ile tahmininin yapıldığı GMM tahmincisi aynı zamanda “iki aşamalı araç değişkenler tahmincisi” olarak da bilinmektedir (Yerdelen-Tatoğlu, 2020, s. 131).

$$Y_{it} = \alpha Y_{i(t-1)} + \mu_i + u_{it} \quad (3.28)$$

Arellano-Bond tahmincisi 3.28’teki gibi bir dinamik panel veri modelinde “T” boyutunun küçük “N” boyutunun büyük olduğu hallerde daha uygun olmaktadır. Arellano ve Bond (1991, s. 278-279), $t \neq s$ için hata teriminin sınırlı momentlere sahip olduğunu varsaymaktadır. Bu varsayım $E(u_{it}) = E(u_{it}u_{is})$ serisel korelasyonun olmadığı ancak zaman içinde bağımsızlığı da gerektirmediğini ifade etmektedir. Bu varsayımlar ile iki dönem veya daha fazla gecikmeli y değerleri birinci fark denklemlerinde geçerli araçlar olmaktadır. Yani $T \geq 3$ için model $m = (T - 2)(T - 1)/2$ doğrusal moment kısıtlamalarını ifade etmektedir (Arellano ve Bond, 1991, s. 279):

$$E[(\bar{y}_{it} - \alpha \bar{y}_{it-1})y_{i(t-j)}] = 0 \quad (j = 2, \dots, (t-1); t = 3, \dots, T) \quad (3.29)$$

3.29’da $\bar{y}_{it}$, $y_{it} - y_{it-1}$ ’e eşittir. Buradaki moment koşullarına dayanarak $N \rightarrow \infty$ ve sonlu T için α parametresinin optimal tahmincisi elde edilmeye çalışılmaktadır.

3.28’teki gibi bir dinamik panel veri modelinde birinci fark modeli şu şekildedir:

$$Y_{it} - Y_{it-1} = \alpha(Y_{it-1} - Y_{it-2}) + (u_{it} - u_{it-1}) \quad (3.30)$$

3.30, 3.28 ile kıyaslandığında birim etkinin modelden düştüğü açıkça görülmektedir. 3.30'de Y_{it-1} , u_{it-1} ile ilişkilidir ve birinci farklar tahmincisi bu haliyle aşağı doğru sapmalıdır. Aynı zamanda $u_{it} - u_{it-1}$ ise MA (1) birim köke sahiptir.

Arellano ve Bond (1991), $(Y_{it-1} - Y_{it-2})$ için Y_{it-2} 'nin dışında araç değişkenler olduğunu ortaya koymuşlardır. Y_{it-2-j} ($j=0,1,2,\dots,n$) değişkeni

$E = [(y_{it-2-j}(y_{it-1} - y_{it-2}))] \neq 0$ ve $E = [(y_{it-2-j}(u_{it-1} - u_{it-2}))] = 0$ şartlarını sağladığı için Y_{it-2} , Y_{it-3} , $\dots$, Y_{i0} değişkenlerinin tamamı $(Y_{it-1} - Y_{it-2})$ için uygun araç değişkenlerdir. Örneğin 3.30'da $T=3$ için u_{it} otokorelasyonlu olmadığı sürece $Y_{i2} - Y_{i1}$ ile yüksek korelasyonlu ve $u_{i3} - u_{i2}$ korelasyonu olmayan Y_{i1} uygun bir araç değişken olarak kabul edilmektedir (Baltagi, 2021, s. 189).

Ancak 3.30'daki farklılaştırılmış hata terimini bu araç değişken yöntemi hâlâ hesaba katmamaktadır. Aslında,

$$E(\Delta u_i \Delta u'_i) = \sigma_u^2 G \quad (3.31)$$

3.31'de $\Delta u'_i = (u_{i3} - u_{i2}, \dots, u_{it} - u_{it-1})$ dir ve $(t-2) \times (t-2)$ boyutlu araç değişkenler matrisi aşağıdaki gibidir:

$$G = \begin{bmatrix} 2 & -1 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 2 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 2 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & -1 & 2 \end{bmatrix}$$

ve Δu_i MA(1) birim köküne sahip olduğu için:

$$W_i = \begin{bmatrix} [y_{i1}] & 0 \\ [y_{i1}, y_{i2}] & \vdots \\ 0 & [y_{i1}, \dots, y_{it-2}] \end{bmatrix} \quad (3.32)$$

Bu durumda araç değişkenler matrisi $W=[W'_1, \dots, W'_N]'$ olarak ifade edildiğinden moment denklemi de 3.32'deki gibi tanımlanmaktadır $E(W'_i \Delta u_i) = 0$.

3.30'deki denklemin vektörel haldeki W' ile çarpımı bize

$$W'\Delta_y = W'(\Delta_{y-1})\alpha + W'\Delta_u \quad (3.33)$$

verecektir. 3.33 üzerine genelleştirilmiş EKK uygulanınca Arellano-Bond'un tek aşamalı tutarlı tahmincisi elde edilir:

$$\widehat{\alpha}_1 = [(\Delta_{y-1})'W(W'(I_N \otimes G)W)^{-1}W'(\Delta_{y-1})]^{-1}x[(\Delta_{y-1})'W(W'(I_N \otimes G)W)^{-1}W'(\Delta_y)] \quad (3.34)$$

N sonsuza gittiği ve T sabit olduğu için Hansen (1982), $\widehat{\alpha}_1$ 'e ait GMM tahmincisini elde edebilmek için 3.34'teki aynı moment şartlarını kullanmıştır:

$$W'(I_N \otimes G)W = \sum_{i=1}^N W_i'GW_i \quad (3.35)$$

3.35, 3.36'daki gibi de ifade edilebilmektedir:

$$V_N = \sum_{i=1}^N W_i'(\Delta u_i)(\Delta u_i)'W_i \quad (3.36)$$

Buradaki GMM tahmincisi, başlangıç koşulları veya birim etki, hata terimi gibi dağılımlar hakkında hiçbir bilgi gerektirmemektedir. Bu tahminciyi daha işlevsel hale getirebilmek için Δu yerine ilk tutarlı tahminci olan $\widehat{\alpha}_1$ 'den elde edilen artıkların farkı alınmaktadır. Sonucunda elde edilen tahminci bize Arellano-Bond (1991)'un iki aşamalı GMM tahmincisini verecektir:

$$\widehat{\alpha}_2 = [(\Delta_{y-1})'W\widehat{v}_N^{-1}W'(\Delta_{y-1})]^{-1}[(\Delta_{y-1})'W\widehat{v}_N^{-1}W'(\Delta_y)] \quad (3.37)$$

Asimptotik $\text{var}(\widehat{\alpha}_2)$ 'ın tutarlı bir tahmini ise 3.37'deki ilk terim $[(\Delta_{y-1})'W\widehat{v}_N^{-1}W'(\Delta_{y-1})]^{-1}$ tarafından verilmektedir. Eğer $u_{it} \text{ IID}(0, \sigma_u^2)$ ise, $\widehat{\alpha}_1$ ve $\widehat{\alpha}_2$ 'nın asimptotik olarak eşit olacağını unutmamak gerekmektedir (Baltagi, 2021, s. 190-191).

Ahn ve Schmidt (1995), Arellano ve Bond (1991)'un GMM tahmincisi tarafından kullanılmayan ilave doğrusal olmayan moment koşulları türetmiştir. Bu literatür Arellano ve Bover (1995) ve Blundell ve Bond (1998) tarafından genelleştirilmiş ve genişletilmiştir (Baltagi, 2021, s. 189). Arellano ve Bover (1995) Sistem Genelleştirilmiş Momentler (Sistem-GMM)'i, GMM tahmincisi dengesiz panel verileri durumunda yanlışlık gösterdiği için bu yanlışlıkla başa çıkabilmek adına (Roodman, 2009a, s. 107) geliştirmiştir. Blundell ve Bond (1998) ise sistem GMM'i büyük N (kesit)'li kısa panellere uygulanacak şekilde genişletmiştir. Arellano-Bover/Blundell-

Bond tahmincisi, araç değişkenlerin birinci farklarının sabit etkilerle korelasyonlu olmadığına dair ek bir varsayım yaparak Arellano ve Bond tahmincisini geliştirmiştir. Bu, daha fazla aracın kullanılmasına olanak tanıyarak verimliliği önemli ölçüde artırabilir. Bu tahminci ile orijinal denklem ve dönüştürülmüş denklem olmak üzere iki denklemden oluşan bir sistem kurulur ve bu da sistem GMM olarak bilinir (Roodman, 2009a, s. 86).

3.3.3.3. Arellano ve Bover/Blundell ve Bond sistem genelleştirilmiş momentler (S-GMM) tahmincisi

Arellano ve Bover (1995), dinamik panel veri modelleri için etkin araç değişken (Instrumental Variables-IV) tahmincilerini incelemek üzere daha kapsayıcı bir GMM yapısı geliştirmiştir (Baltagi, 2021, s. 195). Arellano-Bover'ın geliştirdiği bu yapı sistem GMM yaklaşımıdır ve fark denklemiyle düzey denklemlerinin birleştirilmesine dayanmaktadır (Dikmen, 2012, s. 46).

Arellano-Bond'un GMM tahmincisinin, birim etkinin varyansının kalıntı hatanın varyansına oranının aşırı yüksek veya otoregresif olan parametrelerin büyük olduğu, dengesiz panellerle çalışıldığı ya da zaman (T) boyutu küçük olduğu durumlarda etkinliği zayıf kalan yanlı bir tahminci olduğu bulunmuştur (Blundell ve Bond, 1998, s. 115). Dengesiz panellerin ya da kısa zaman boyutlarının sebep olduğu veri eksikliğinin birinci fark tahmincisi yerine “ileri ortogonal sapmalar” da denilen “ortogonal sapmalar” yöntemiyle giderilebileceği önerilmiştir. “Ortogonal sapmalar” yöntemi ışığında etkin araç değişken tahmincisini öneren Arellano ve Bover (1995), bu yöntem ile, birinci fark yönteminden farklı olarak bir değişkenin mümkün olabilecek tüm gelecek değerlerinin ortalamasının farkını almakta ve bilhassa dengesiz panellerde birinci fark yöntemi ile yapılan tahminlerden kaynaklanan veri kaybını da en aza indirmiş olmaktadır.

$$Y_{it} = X'_{it}\beta + Z'_{it}\gamma + u_{it} \quad (3.38)$$

3.38'deki gibi statik panel veri modeli ele alındığında, Z_i zamanla değişmeyen değişkenler iken X_i ise zamana ve birimlere göre değişmektedir. Bu eşitlik vektör formunda tek yönlü bir hata bileşeni modelini takip eden bozukluklarla aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir:

$$Y_i = W_i\eta + u_i \quad (3.39)$$

$$u_i = \mu_i \iota_T + v_i \quad (3.40)$$

Burada $\eta' = (\beta', \gamma')$, $W_i = [X_i, \iota_T, Z_i']$ ve ι_T zaman boyutu T 'nin birim vektörüdür. Genel olarak $E(u_i u_i' / w')$, $w_i = (x_i', Z_i')'$ 'ye kısıtsız olarak bağımlı olacaktır. Ancak literatürde yatay kesit homoskedastisitesinin (eşvaryanslılık) olduğu iki durum üzerinde durulmaktadır. Birincisi, $E(u_i u_i') = \Omega$ iken sabit ve kısıtı olmayan Ω , serisel korelasyon ve rassal zaman serileri için değişen varyans ihtimaline izin vermektedir. İkincisi, geleneksel hata bileşeni modeli $\Omega = \sigma_v^2 I_T + \sigma_\mu^2 \iota_T \iota_T'$ şeklindedir (Baltagi, 2021, s. 195).

Arellano-Bover (1995), 3.39'da yer alan eşitliğin sistem dönüşümünü kullanıp 3.40'a ulaşmıştır:

$$H = \begin{bmatrix} C \\ \iota_T' / T \end{bmatrix} \quad (3.41)$$

C , $C_{1T} = 0$ koşulunu yerine getiren satır $(T-1)$ 'in bir $(T-1) \times T$ boyutundaki matrisidir. Tüm bağımsız değişkenler ilk $(T-1)$ eşitliği için geçerli olan araçlardır. m_i 'nin μ_i ile korelasyonu olmayan W_i 'nin bir alt kümesi ve m_i 'nin boyutunun η 'nin boyutuna eşit veya büyük olduğu varsayımı altında Hausman ve Taylor (1981) çalışmalarında $X = [X_1, X_2]$ ve $Z = [Z_1, Z_2]'$ 'dir. X_1 ve Z_1 $N \times k_1$ ve $N \times g_1$ boyutunda dışsal değişkenler iken, X_2 ve Z_2 $N \times k_2$ ve $N \times g_2$ boyutundaki birim etki ile ilişki içerisinde olan değişkenlerdir. Bu hususta, m_i X_1 ve Z_1 değişkenlerini içerisinde barındırmaktadır.

$$M_i = \begin{bmatrix} w_i' & \cdots & \cdots & 0 \\ \cdots & \ddots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & w_i' & \cdots \\ 0 & \cdots & \cdots & m_i' \end{bmatrix} \quad (3.42)$$

Tam dönüştürülmüş sistem için geçerli araç değişken matrisi 3.42'deki gibi gösterilmektedir. Moment şartı da $E(M_i' H v_i) = 0$ biçimindedir. $\bar{H} = I_N \otimes H$ ve $\hat{\Omega} = I_N \otimes \Omega$ şeklindedir. 3.39'da yer alan eşitlik $M' \bar{H}$ ile ön çarpım yapılmasıyla,

$$M' \bar{H} Y = M' \bar{H} W \eta + M' \bar{H} v \quad (3.43)$$

elde edilmektedir. Sonuç olarak 3.43'teki eşitliğin genelleştirilmiş EKK ile tahmin edilmesi sonucunda Arellano-Bover tahmincisi elde edilmiş olmaktadır. Öyleyse, η aşağıdaki gibi tahmin edilecektir:

$$\hat{\eta} = [M' \bar{H} M' (M' \bar{H} \hat{\Omega} + \bar{H}' M)^{-1} M' \bar{H} W]^{-1} W' \bar{H}' M (M' \bar{H} \hat{\Omega} + \bar{H}' M)^{-1} M' \bar{H} Y \quad (3.44)$$

Uygulamada ise $\Omega^+ = H \Omega H'$ dönüştürülmüş sistemin varyans kovaryans matrisi genellikle tutarlı bir tahminci ile değiştirilmektedir:

$$\hat{\Omega}^+ = \sum_{i=1}^N \hat{u}_i^+ \hat{u}_i^{+'} / N \quad (3.45)$$

$\hat{u}_i^+$ tutarlı ön tahminlere dayanan kalıntılardır. $\hat{\eta}$ yukarıdaki moment kısıtlamalarına dayanan sabit Ω 'le birlikte η 'nin optimal tahmincisidir (Baltagi, 2021, s. 196).

Özetle, orijinal ve dönüştürülmüş hali olmak üzere iki sistemli bir eşitlik kurulur ve bunların birlikte sistem olarak tahmini yapılmaktadır. Bu yüzden bu tahminciye “Sistem GMM” adı verilmiştir (Yerdelen-Tatoğlu, 2020, s. 140).

T'nin küçük yani $N > T$ olduğu hallerde dinamik panel veri modelinin etkin tahmincisine ulaşmak için kullanılan ekstra moment koşulunun önemini vurgulayan Blundell ve Bond (1998), dışsal değişkeni olmayıp $E(\mu_i) = 0$, $E(u_{it}) = 0$ ve $E(\mu_i u_{it}) = 0$ varsayımlarını karşılayan 3.46'daki gibi bir otoregresif modeli ele aldıklarında,

$$Y_{it} = \delta Y_{it-1} + \mu_i + u_{it} \quad (3.46)$$

yalnızca $T=3$ ve ortogonalite şartlarının olduğu duruma odaklandıkları görülmektedir (Yerdelen-Tatoğlu, 2020, s. 140). $T=2$ için, 3.46'da yer alan eşitliğin her iki tarafından Y_{i1} çıkarılır ve sonuç olarak ΔY_{i2} 'nin Y_{i1} üzerine regresyon ulaşılmış olur:

$$\Delta Y_{i2} = (\delta - 1) Y_{i1} + \mu_i + u_{i2} \quad (3.47)$$

$E(Y_{i1} \mu_i) > 0$ beklendiğinden ötürü $(\delta - 1)$ yukarıya doğru sapmalı olacaktır:

$$plim = (\hat{\delta} - 1) = \frac{(\delta - 1)c}{c} + (\sigma_\mu^2 + \sigma_u^2) \quad (3.48)$$

$c = (1 - \delta) / (1 + \delta)$ 'dir. Sistem GMM tahmincisinin etkinliği $\delta \rightarrow 1$ ve $(\sigma_\mu^2 + \sigma_u^2)$ 'nin büyümesi koşulu ile birinci fark GMM tahmincisine göre hayli artmaktadır. Bu durum, birinci farkları alınmış araçların zayıf olduğu durumlarda düzey kısıtlamalarının bilgilendirici olmaya devam ettiğini açıkça göstermektedir. T arttıkça birinci fark GMM için durum iyileşmektedir. Ancak, kısa T ve kalıcı/devam eden serilerde, Blundell ve Bond'un bulguları ekstra moment koşullarının kullanımını desteklemektedir (Baltagi, 2021, s. 202).

3.3.4. Dinamik panel veri modellerinde problemler ve sına testleri

Dinamik panel veri modellerinde en sık karşılaşılan ve en önemli problemler içsellik ve otokorelasyondur. Dinamik panel modellerinde GMM tahmincisiinden elde edilen sonuçların tutarlılığı birinci fark denklemindeki hata terimlerinin ikinci veya daha yüksek dereceden serisel korelasyona sahip olmaması ve araç değişkenlerin dışsal olması varsayımları altında sağlanmaktadır (Akkoç ve Şahin, 2019, s. 207)

3.3.4.1. Araç değişken geçerlilik testleri

Arellano ve Bond (1991), modelde kullanılan araç değişkenleri zayıf dışsal olarak kabul edilebilse dahi GMM tahmininden sonra araçların dışsal olup olmadığını test etmek gerektiğini vurgulamışlardır. Arellano ve Bover (1995) ve Blundell ve Bond (1998)'ın önerdiği araç değişkenlerin geçerliliğini test etmek için kullanılan iki test vardır: Sargan ve Hansen testi. Sargan testi tahmin aşamasında kullanılan moment koşullarının örneklem analogunu analiz ederek, Hansen testi ise aşırı özdeşleşme kısıtlamalarını test ederek araçların geçerliliğini kontrol etmektedirler (Hasan vd., 2009, s. 166).

Araç değişkenlerin dışsallığını sınamak için Sargan testini öneren Arellano ve Bond (1991), modelde kullanılan araç değişkenlerin dışsal olması halinde kalıntıların (hata teriminin) bağımsız değişkenle ilişkisiz olacağını Sargan testi ile kanıtlanacağını belirtmişlerdir. Bu durumda aşırı belirleyici kısıtlamalara ilişkin Hansen (1982, s. 1049) tarafından sunulan Sargan test istatistiği;

$$s = \Delta \hat{u}' Z \left(\sum_{i=1}^N Z_i' \Delta \hat{u}_i \Delta \hat{u}_i' Z_i \right)^{-1} Z' \Delta \hat{u}_{\bar{a}} X_{p-k-1}^2 \quad (3.49)$$

şeklinde olup, $Z_i = \text{diag}(Y_{i1}, \dots, Y_{is})$ ve $s = 1, \dots, T-2$ eşitlikleri mevcuttur. $\Delta \hat{u}$ iki aşamalı tahmin sonucundaki kalıntılardır. Z 'nin sütun sayısı p olmak üzere Sargan istatistiği de $p-k-1$ serbestlik derecesi ile X^2 dağılımına uymaktadır. Sargan test istatistiğinin sıfır hipotezi aşırı kısıtlamaların geçerli olduğu diğer bir ifadeyle araç değişkenlerin dışsal yani geçerli olduğu biçimindedir (Yerdelen-Tatoğlu, 2020, s. 150). Sıfır hipotezinin kabul edilmesi halinde araç değişkenlerin dışsal yani geçerli olduğu anlaşılır ve modelin doğru belirlendiği sonucuna ulaşılır.

Sargan test istatistiği şartlı sabit varyans varsayımı ile Hansen testinin özel bir durumu olup modelde değişen varyans olması halindeyse dirençli Hansen testinden yararlanılabilmektedir (Yerdelen-Tatoğlu, 2020, s. 150).

Sistem-GMM tahmininde, modele eklenen araç değişkenlerin geçerliliği fark-Sargan testi ile sınanmaktadır. Bu testte Sistem-GMM ve fark-GMM tahminleri ile hesaplanan iki ayrı Sargan testinin arasındaki farkla hesaplanmaktadır. Bu testin değişen varyans altında da tutarlı olan bir önceki paragrafta açıklanan fark Hansen testi versiyonuyla birlikte tüm bu testler C testi olarak da bilinmektedir. Modelde araç değişken sayısının çok fazla artması çok fazla aşırı tanımlama kısıtlamalarının sınanmasını gerektireceğinden bu testler zayıf kalmaktadır (Roodman, 2009a, s. 98).

3.3.4.2. Otokorelasyon testi

Otokorelasyon, regresörler arasında gecikmeli bir bağımlı değişkenin varlığından ve kesitler arasındaki heterojenliği karakterize eden bireysel etkilerden kaynaklanmaktadır (Baltagi, 2021, s. 187). Otokorelasyon (AR) testi hem fark regresyonunda hem de sistem fark düzeyi regresyonunda hata teriminin serisel korelasyona sahip olup olmadığını analiz eden otoregresif bir testtir. Yapısal olarak, farkları alınmış hata teriminin birinci dereceden seri korelasyonlu olmasına izin verilmektedir. Ancak hata teriminin ikinci dereceden seri korelasyonu GMM prosedürünün varsayımını ihlal edeceği için seri korelasyona izin verilmemesi gerekmektedir (Hasan vd., 2009, s. 166; Levine vd., 2000, s. 53).

Seri korelasyonun mevcudiyeti bağımlı değişkenin gecikmeli değer(ler)inin içsel olduğunu ya da kullanılan araç değişkenlerinin dışsal olmadığını göstermektedir. Arellano ve Bond (1991)'un GMM tahmincisinde, birincil fark denklemindeki hata terimlerine uygulanan test ile otokorelasyonun mevcut olup olmadığı kontrol edilmektedir (Akkoç ve Şahin, 2019, s. 207).

Arellano ve Bond (1991)'un önerdiği otokorelasyon testinde birinci fark modelinde bulunan kalıntılar için “İkinci dereceden otokorelasyon yoktur.” sıfır hipotezi test edilmektedir. Bu test, GMM'in etkinliği açısından önemlidir. Bir GMM tahmincisinin etkin olabilmesi için ikinci dereceden otokorelasyon olmaması $[E[\Delta u_{it} \Delta u_{it-2}] = 0]$ gerekmektedir (Arellano ve Bond, 1991, s. 281).

Otokorelasyon testinin sıfır hipotezi

$$H_0: E(u_{it}, u_{it-2}) = 0 \quad (3.50)$$

şeklindeyken test istatistiği ise;

$$m_2 = \frac{\hat{u}'_{-2} \hat{u}_*}{\hat{u}^{1/2}} \quad (3.51)$$

şeklindedir ve $\hat{u}_{-2}$ iki gecikmesi alınan kalıntıların vektörünü ifade etmektedir. 3.51’de birinci farklar modelinde ulaşılan kalıntılarda ikinci mertebeden otokorelasyonun varlığı test edilir ve sıfır hipotezi “Otokorelasyon yoktur.” şeklindedir. $E(u_{it}, u_{it-2}) = 0$ varsayımı altında $\hat{u}$ ise;

$$\begin{aligned} \hat{u} = & \sum_{i=1}^N u'_{i(-2)} \hat{u}_i * u'_i * \hat{u}'_{i(-2)} - 2\hat{u}'_{i(-2)} X(X'ZA_N Z'X)^{-1} X'ZA_N . \\ & (\sum_{i=1}^N Z'_i \hat{u}_i \hat{u}'_i * \hat{u}_{(i-2)}) + \hat{u}'_{i-2} X_* \text{avâr}(\hat{\delta}) X'_* \hat{u}_{i-2} \end{aligned} \quad (3.52)$$

şeklindedir. 3.51’de m_2 sadece $T_i \geq 5$ iken hesaplanmaktadır. 3.51’de elde edilen test istatistiği sonucunda sıfır hipotezi kabul edilirse u_{it} otokorelasyona sahip değildir, diğer bir ifadeyle rassal yürüyüşe uymakta olduğu sonucuna ulaşılır. Bu durumda birinci farklar modelinde EKK ve GMM tahmincileri etkin ve tutarlı olmaktadır (Arellano ve Bond, 1991, s. 282).

3.4. Veri Seti

Yapay zekânın ekonomi genelinde istihdam edilebilirliğinin insan emeği üzerinde yaratacağı olası etkilerin ampirik ölçümü önemlidir. Yapay zekânın istihdama etkisinin seçilmiş ülkeler üzerinde incelendiği bu çalışmada ekonometrik analize istihdam oranı, yapay zekâ endeksi, ekonomik büyüme, nüfus artış oranı, emek verimliliği ve işsizlik oranı değişkenleri dahil edilmiştir. Çalışmaya konu olan dönem ve ülkeler, yapay zekâ endeksi verisinin kapsadığı dönem ve ülkelere göre belirlenmiştir. Bu bağlamda yapay zekânın istihdama etkisi 2017-2021 döneminde 29 ülke için analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan veriler Dünya Bankası (World Bank-WB), Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization-ILO) ve Stanford Üniversitesi İnsan Merkezli Yapay Zekâ Enstitüsü (Stanford University Human-Centered Artificial Intelligence Institute)’nden elde edilmiştir. Yapılan analizde Stata 15.0 paket programı kullanılmıştır. Analizde kullanılan değişkenlere ait bilgiler Tablo 3.4.’te gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Değişken Seti

<i>Değişken Türü</i>	<i>Değişken</i>	<i>Kısaltma</i>	<i>Kaynak</i>
Bağımlı Değişken	İstihdam Oranı	emp_rate	Dünya Bankası
Bağımsız Değişken	Yapay Zekâ Endeksi	ai	Stanford Üniversitesi-İnsan Merkezli Yapay Zekâ Enstitüsü
Kontrol Değişkenler	Ekonomik Büyüme	gdp	Dünya Bankası
	Nüfus	popg	Dünya Bankası
	Emek Verimliliği	lp	Uluslararası Çalışma Örgütü
	İşsizlik Oranı	unemp_rate	Dünya Bankası

Bağımlı değişken olarak kullanılan istihdam oranı bir ülkenin istihdam edilen nüfusunun çalışma çağındaki toplam nüfusa oranıdır. Bu durumda ILO istihdamı belli bir referans döneminde¹⁰ ücret kazanmak veya kâr elde etmek gayesiyle mal üretmek veya hizmet sağlamak için herhangi bir faaliyette bulunan çalışma çağındaki 15 yaş ve üstü kişiler olarak tanımlamaktadır. İstihdam oranı bir ekonominin çalışmak isteyen

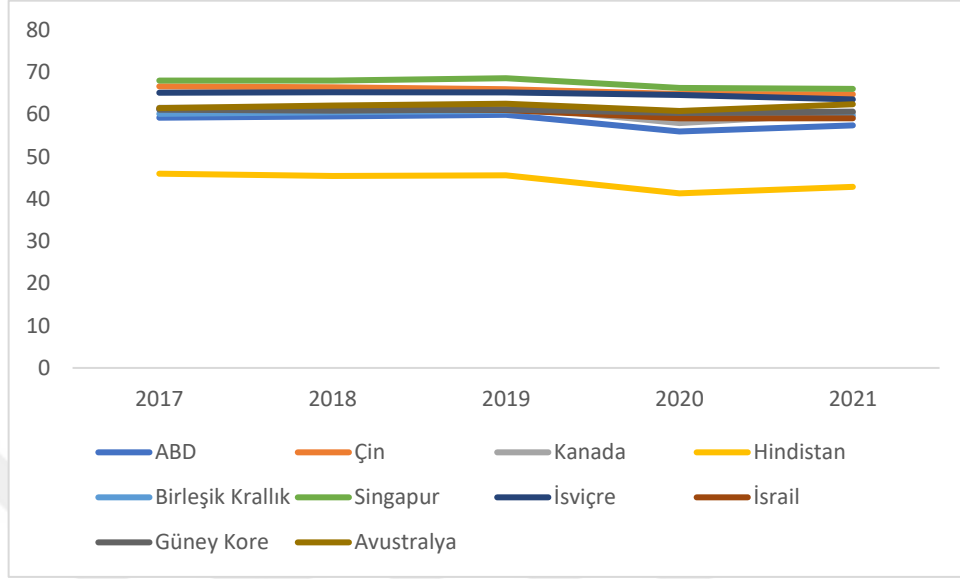
¹⁰ILO, ilgili referans döneminde en az bir saat bir işte çalışmış olan kişileri ve hastalık, yıllık izin, doğum izni, çalışma saati düzenlemeleri gibi nedenlerle geçici olarak işinde olmayanları da bu tanıma dahil etmektedir.

bireylere ne kadar etkin iş sağladığını gösterir. Yüksek istihdam oranı ilgili ülke nüfusunun büyük bir kısmının istihdam edildiği anlamına gelmektedir.

Yapay Zekâ Endeksi, Stanford Üniversitesi tarafından 2017 yılından beri hazırlanan bir endeks olup çalışmada bağımsız değişken olarak yer almaktadır. Yayınlanan son verilere (2021 yılı) göre bu endeks iki kategoriden oluşan 23 göstereyi kapsamakta ve 29 ülke için hesaplanmaktadır. Endeksin mutlak (absolute) ve kişi başına (per capita) olmak üzere iki değeri bulunmaktadır. Bu çalışmada Yapay Zekâ Endeksinin mutlak (absolute) değeri kullanılmıştır.

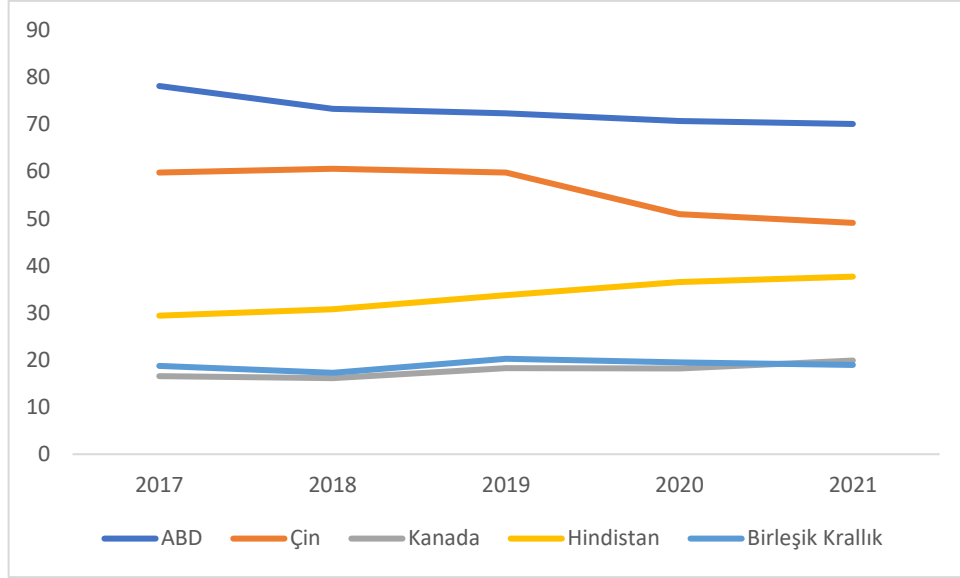
Ekonomik büyümeyi temsilen GSYH (Dolar cinsinden 2015 yılı sabit fiyatlarla), emek verimliliğini temsilen işçi başına çıktı, nüfus artış oranı ve işsizlik oranı kontrol değişkeni olarak çalışmaya eklenmiştir. Emek verimliliği belli bir referans döneminde işçi başına üretilen toplam çıktı hacmini temsil etmektedir. “İşçi başına” çalışan kişi sayısı veya çalışılan saat cinsinden ölçülürken, toplam çıktı hacmi ise GSYH cinsinden ölçülmektedir. Matematiksel olarak işsizlik oranı toplam işsiz sayısının iş gücüne (çalışan ve işsiz bireylerin toplamı) bölünmesi ile elde edilen bir orandır. ILO tarafından yayınlanan standart işsizlik tanımı ise belirlenen referans döneminde çalışma çağında olup işsiz olan ve aynı zamanda iş arayan, çalışmaya hazır/elverişli bireyler şeklindedir.

Yapay Zekâ Endeksinde üst sıralarda yer alan ülkelere ait, çalışmada kullanılan veriler Şekil 3.1., 3.2., 3.3., 3.4., 3.5. ve 3.6.'da gösterilmiştir.



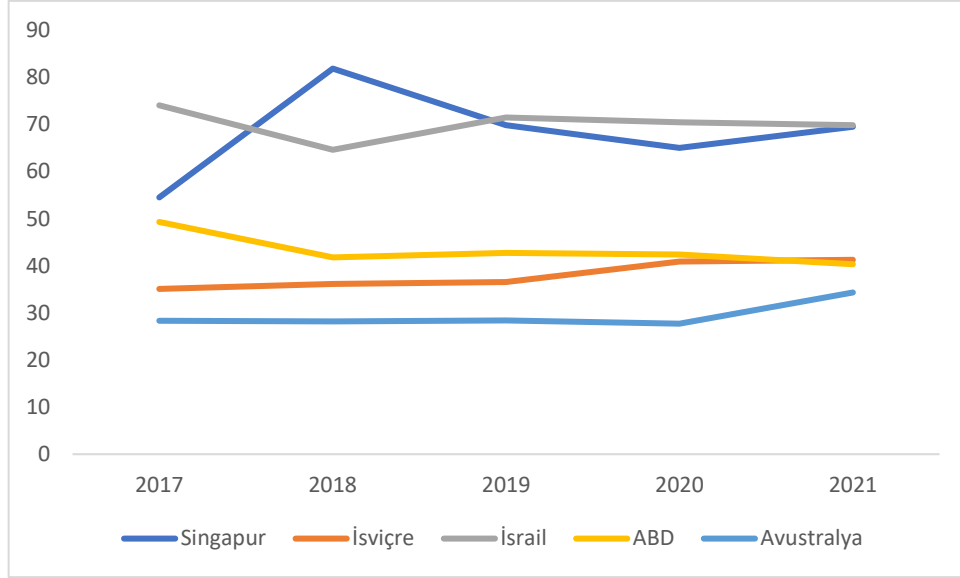
Şekil 3.1. *Yapay Zekâ Endeksinde Üst Sıralarda Yer Alan Ülkelerin İstihdam Oranları (WB, 2022)*

Şekil 3.1.'de YZE'de üst sıralarda yer alan ülkelerin istihdam oranları gösterilmiştir. Buna göre yapay zekâda ileride olan ülkelerin istihdam oranlarının %60 dolaylarında olduğu görülmektedir. Ancak daha düşük istihdam oranıyla Hindistan dikkat çekmektedir. Hindistan %40 dolaylarındaki istihdam oranı ile yapay zekâda önde olan ülkeler arasında geride kalmaktadır.



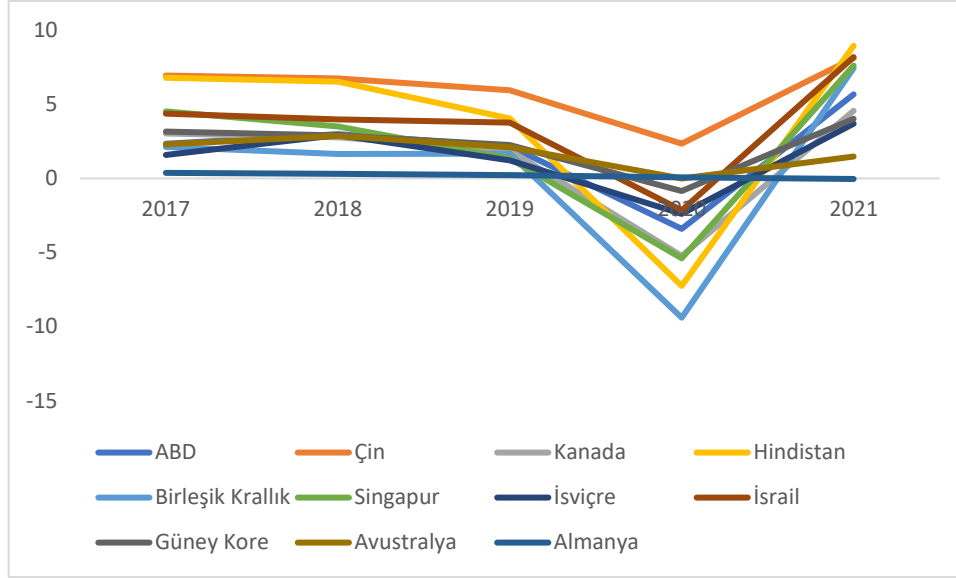
Şekil 3.2. YZE Sıralamasında İlk 5 Ülkenin Endeks Değerleri (Zhang vd., 2022)

Şekil 3.2.'de YZE'de ilk beşte yer alan ülkelerin 5 yıllık gelişimi gösterilmiştir. Buna göre ABD 2017'den sonra düşüş yaşamış olsa da yapay zekâda lider olarak bayrağı taşımaya devam etmektedir. ABD'yi takip eden Çin'in 2020 yılında COVID-19'un etkisiyle beraber yaşadığı düşüş net bir şekilde görülmektedir. Hindistan ise tüm dünyayı çok kötü biçimde etkileyen pandemiye rağmen 2020'de yükselişe geçmiştir.



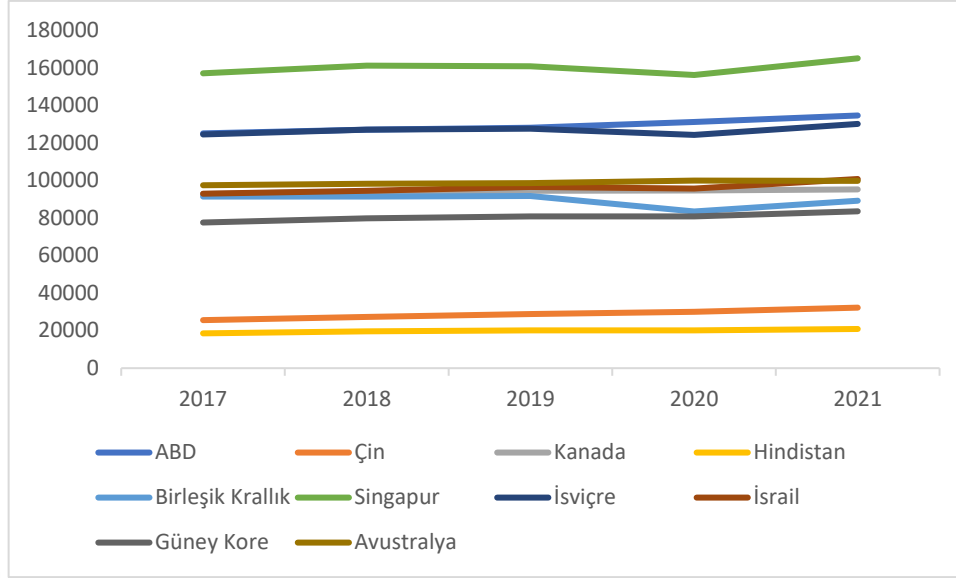
Şekil 3.3. YZE (Kişi Başına) Sıralamasında İlk 5 Ülkenin Endeks Değerleri (Zhang vd., 2022)

Şekil 3.3.'te YZE'nin kişi başına hesaplanan değerlerinde ilk 5'te yer alan ülkeler ve 5 yıllık gelişimleri gösterilmiştir. İsrail, Singapur, İsviçre ve Avustralya'nın kişi başına hesaplanan endekste öne çıkmalarının temel sebebi nüfuslarının diğer ülkelere nazaran daha düşük olmasıdır. 2017'den 2018'e hızlı bir çıkış yapan Singapur'u İsrail 2019'da Singapur'un formdan düşmesiyle yakalamıştır. İstikrarlı bir şekilde ilerleyen İsviçre'nin 2020 yılında ABD'yi yakaladığı görülmektedir. Avustralya'nın 2020'den sonra yaşadığı ilerleme ise yapay zekâya yaptığı özel yatırımların büyük oranda artmasından kaynaklanmaktadır.



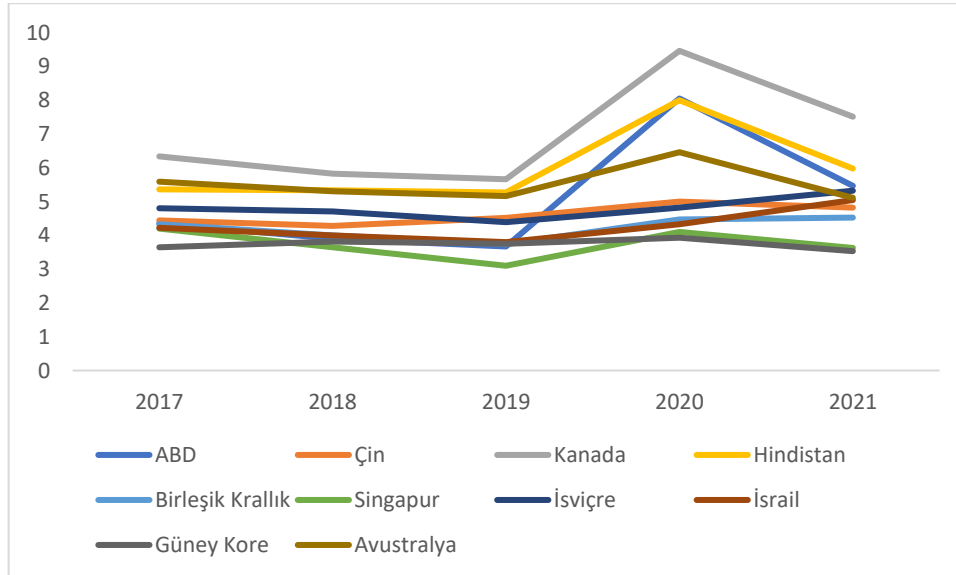
Şekil 3.4. *Yapay Zekâ Endeksinde Üst Sıralarda Yer Alan Ülkelerin Büyüme Oranları (WB, 2022)*

Şekil 3.4.'te YZE'de üst sıralarda yer alan ülkelerin büyüme oranları gösterilmiştir. Şekildeki ülkeler 2020 yılına kadar istikrarlı denilebilecek büyüme oranlarına sahipken 2020 yılına gelindiğinde yaşanan COVID-19 pandemisi nedeniyle hepsinde ciddi düşüşler yaşanmıştır. Çin ve Almanya hariç diğer ülkelerin negatif büyüme oranına sahip olduğu net bir şekilde görülmektedir. 2021 yılında Almanya hariç bütün ülkeler baz etkisiyle de birlikte ekonomilerinde canlanma yaşamış, toparlanma eğilimine girmişlerdir.



Şekil 3.5. Yapay Zekâ Endeksinde Üst Sıralarda Yer Alan Ülkelerin Emek Verimliliği (ILO, 2022)

Şekil 3.5.'te YZE'de üst sıralarda yer alan ülkelerin emek verimlilikleri gösterilmiştir. İşçi başına üretilen toplam çıktı hacmi ile ölçülen emek verimliliğinde zirvede yer alan Singapur'u ABD ve İsviçre takip etmektedir. Şekil 3.5.'teki 10 ülke arasından Çin ve Hindistan ise en düşük emek verimliliğine sahip olan ülkeler olarak görülmektedir.



Şekil 3.6. Yapay Zekâ Endeksinde Üst Sıralarda Yer Alan Ülkelerin İşsizlik Oranları (WB, 2022)

Şekil 3.6.'da YZE'de üst sıralarda yer alan ülkelerin işsizlik oranları gösterilmiştir. 2020 yılında ülkeler COVID-19 pandemisinin etkisiyle beraber işsizlik oranlarında artış yaşamışlardır. En keskin artış gösteren ülkeler ABD, Kanada ve Hindistan olurken, görece daha az artış yaşayan ülkeler ise Güney Kore, İsviçre ve Çin olmuştur.

Tablo 3.5. *Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler*

Değişken	Gözlem Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Max.
emp_rate	145	57.24	6.185	41.33	68.58
ai	145	13.74	15.83	0.557	78.16
gdp	145	2.357e+12	4.183e+12	2.035e+11	2.034e+13
popg	145	0.508	0.674	-4.170	1.939
lp	145	95.421	36.250	18.541	219.127
unemp_rate	145	6.209	3.120	2.400	17.22

Tablo 3.5.'te değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler gösterilmektedir. Tabloda değişkenlere ait serilerin gözlem sayısı, ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri yer almaktadır. Her bir değişkene ait 145 gözlem sayısı ile oluşturulan veri seti dengeli panel veri seti şeklindedir. Panel veri setlerinde ilgili değişkenin merkezi eğilimini öğrenmek için ortalama değerine bakmak gerekmektedir. Bu durumda bağımlı değişken istihdam oranının ortalaması %57,24 iken veri aralığı minimum %41,33 ve maksimum %68,58 değerlerindedir. Bağımsız değişken olan yapay zekâ endeksinin ise ortalama değeri 13.74 iken minimum değeri 0.557, maksimum değeri 78.16 olup verilerin ortalama değerden daha büyük ölçüde yayıldığı görülmektedir. Bu da çalışmaya dahil edilen 29 ülkeden 23 ülkenin gelişmiş 6 ülkenin ise gelişmekte olan ülke olmasına rağmen yapay zekâda ülkeler arasındaki büyük asimetrinin altını çizmektedir. Aynı şekilde emek verimliliği verisinde de ortalama değer 95.421 iken minimum ve maksimum değer 18.541-219.127 aralığında yayılmaktadır.

Modelde kullanılan değişkenler arasındaki ilişkiyi veren ve korelasyon katsayılarını gösteren matris Tablo 3.6’da gösterilmektedir.

Tablo 3.6. Korelasyon Matrisi

	emp_rate	ai	gdp	popg	lp	unemp_rate
emp_rate	1.0000					
ai	0.1568	1.0000				
gdp	0.1363	0.9044*	1.0000			
popg	0.0952	0.0564	-0.0679	1.0000		
lp	0.2339*	-0.1186	-0.1351	-0.0206	1.0000	
unemp_rate	-0.6842*	-0.1687*	-0.1226	0.0168	-0.1176	1.0000

* %5 seviyesinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Bir regresyon modelinde iki veya daha fazla değişkenin yüksek oranda ilişkili olduğu anlamına gelen çoklu doğrusal bağıntı, Klasik Doğrusal Regresyon Model varsayımlarından biridir. Bu varsayıma göre açıklayıcı değişkenler arasında çoklu bağıntı sorunu olmamalıdır. Çoklu bağıntı açıklayıcı değişkenler arasındaki karşılıklı ilişkilerden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle çoklu bağıntı problemini tespit etmenin en mantıklı ve kolay yolu korelasyon katsayısına bakmaktır. Çoğu araştırmacı “0.9” değerini çoklu bağıntı sorunu için eşik değer olarak kabul etmektedir (Asteriou ve Hall, 2007, s. 86,91). Tablo 3.6’da açıklayıcı değişkenler arasında çoklu bağıntı sorunun varlığına ilişkin korelasyon matris sonuçları gösterilmiştir. Buna göre açıklayıcı değişkenler arasındaki korelasyonun zayıf olduğu yalnızca yapay zekâ (ai) değişkeni ile ekonomik büyüme (gdp) değişkeni arasında sınırdan (0.90) bir çoklu bağıntı olduğu görülmektedir. Ancak ekonomik büyüme değişkeni modele logaritması alınarak eklenmiştir ve logaritma alınınca çoklu bağıntı sorunu ortadan kalkmaktadır.

Tablo 3.6.’da değişkenlerin birbirleri arasındaki korelasyona bakıldığında *emp_rate* değişkeninin *ai*, *gdp*, *popg* ve *lp* değişkenleri ile pozitif, *unemp_rate* değişkeni ile negatif; *ai* değişkeninin *emp_rate*, *gdp* ve *popg* değişkenleri ile pozitif, *lp* ve *unemp_rate* değişkenleri ile negatif; *gdp* değişkeninin *emp_rate* ve *ai* değişkenleri ile pozitif, *popg*, *lp* ve *unemp_rate* değişkenleri ile negatif; *popg* değişkeninin *emp_rate*, *ai* ve *unemp_rate* değişkenleri ile pozitif, *gdp* ve *lp* değişkenleri ile negatif; *lp* değişkeninin *emp_rate* değişkeni ile pozitif, *ai*, *gdp*, *popg* ve *unemp_rate* değişkenleri

ile negatif; *unemp_rate* değişkeninin *popg* değişkeni ile pozitif, *emp_rate*, *ai*, *gdp* ve *lp* değişkenleri ile arasında negatif bir korelasyon olduğu görülmektedir.

3.5. Ekonometrik Model

Yapay zekâ ve istihdam arasındaki ilişki literatürde farklı yönleriyle tartışılrsa da bu ilişki hakkında ampirik çalışma oldukça sınırlıdır. Bu yüzden bu çalışma yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisine yönelik ampirik bir ekonometrik model geliştirmektedir. Ayrıca, yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisini belirlemek için kullanılan değişkenlerin tam anlamıyla yapay zekâyı temsil etmemesi bu konudaki araştırma boşluklarından bir diğeridir ve bu çalışma yapay zekâ değişkeni olarak Yapay Zekâ Endeksi kullanarak bu boşluğu doldurmaktadır.

Bu çalışma temel anlamda yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisiyle ilgilenmektedir. Bu etkiyi tahmin etmek için aşağıdaki dinamik panel veri modeli kullanılmıştır:

$$emp_rate_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 emp_rate_{i,t-1} + \beta_2 ai_{i,t} + \beta_3 lngdp_{i,t} + \beta_4 popg_{i,t} + \beta_5 lp_{i,t} + \beta_6 unemp_rate_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (3.53)$$

i , t ve β sırasıyla ülke, zaman ve katsayıları, $emp_rate_{i,t}$ istihdam oranını, $emp_rate_{i,t-1}$ istihdam oranının bir yıllık gecikmesi, $ai_{i,t}$ yapay zekâ endeksini, $lngdp_{i,t}$ ekonomik büyümeyi, $popg_{i,t}$ nüfus artış oranını, $lp_{i,t}$ emek verimliliğini, $unemp_rate_{i,t}$ işsizlik oranını, $\varepsilon_{i,t}$ hata terimini ifade etmektedir.

2017-2021 yıllarını kapsayan dönemde 29 ülke için dengeli panel veri analizi yapılmıştır. Ele alınan dönem ve ülkeler yapay zekâ endeksinin veri setine göre belirlenmiştir. Bağımlı değişken istihdam oranı, bağımsız değişken yapay zekâ endeksi olurken, ekonomik büyüme, nüfus artış oranı, emek verimliliği ve işsizlik oranı çalışmaya kontrol değişken olarak eklenmiştir. *gdp* değişkeni modele logaritması alınarak eklenmiştir.

Çalışmada kurulan ekonometrik modelde çalışmanın amacı ve ulaşılabilir veri türü göz önünde bulundurulmuştur. İstihdam oranının önceki dönem değerlerinden etkileneceği düşünülerek dinamik bir panel veri modeli kullanılmıştır. İşgücü piyasasındaki değişiklikler analiz edilirken dinamik etkinin göz önünde bulundurulması istihdam dinamiklerinin ve buna etki eden faktörlerin daha doğru ve kapsamlı bir

şekilde anlaşılmasını sağlayabilir (Guliyev, 2023, s. 3; Zhao vd., 2022, s. 4). Dinamik panel veri modelleri açıklayıcı değişkenlerin içselliklerine izin verip, gözlemlenemeyen ve zamanla değişmeyen ülke etkilerini hesaba kattığı için olası içsellik sorunu olan ekonometrik modeller için tercih edilmesi uygun modeller olarak kabul edilmektedir (Bond, Hoeffler ve Temple, 2001, s. 22; Lachenmaier ve Rottmann, 2011, s. 212). Bu modelleri tahmin etmek için de birkaç farklı ekonometrik yöntem bulunmaktadır. Bir sonraki bölümde bu ekonometrik yöntemler uygulanarak çalışmadaki modele en uygun yöntem tercih edilecektir.

3.6. Bulgular

Dinamik modellerin spesifikasyonunda değişkenlerin gecikmeli değerleri de yer aldığı için statik modellerden ayrılmaktadır. Ancak modele bağımsız değişken olarak gecikmeli değeri eklenen değişken bağımlı değişken ise dışsallık varsayımını ihlal edeceğinden modelde içsellik sorunu olası bir hale gelmektedir. Bu durumda model EKK yöntemi ile tahmin edildiğinde birim, zaman ve içsellik etkisi ihmal edilecek ve Rassal Etkiler tahmincisinin uygulanması halinde de modelde bağımlı değişkenin gecikmeli hali olarak yer alan bir bağımsız değişkenin gözlemlenemeyen etkiler ile korelasyon göstermesi yine kullanılan tahmincinin varsayımını ihlal edecektir (Baltagi, 2021, s. 187-191).

Sabit etkiler tahmincisi her ne kadar bağımsız değişkenler ile birim etkilerin korelasyonlu olmasına izin vermesi nedeniyle dinamik modellerde kullanılabilese de dinamik panel sapmasına yani diğer bir adıyla Nickell Sapmasına neden olabileceğinden dikkatli olunması gerekmektedir. Nickell (1981)'e göre $N > T$ yani birim kesiti zaman kesitinden büyük olduğunda bu sapma meydana gelecektir (Yerdelen-Tatoğlu, 2020, s. 121). Bu çalışmada kullanılan veri setinde birim kesiti $N=29$, zaman kesiti $T=5$ olduğundan yani $N > T$ olması sebebiyle de EKK veya sabit etkiler tahmincisi kullanılması uygun olmayacaktır.

İçsellik sorunu ile başa çıkmak için literatürde önerilen bazı teknikler mevcuttur. Bu teknikler arasında en iyi seçeneğin ise araç değişken kullanımı olduğu düşünülmektedir (Bascle, 2008; Semadeni vd., 2014). Bu doğrultuda, literatürde iki tür araç değişkenden bahsedilir; içsel ve dışsal. Her ne kadar dışsal araç değişkenler içsel olanlara tercih edilse de (Donald vd., 2009), iyi bir dışsal araç bulmak zor olduğundan içsel araç değişken kullanımına yönelinmektedir. Dinamik panellerde meydana gelebilecek önemli sorunlardan biri içsellik yanlılığıdır. Statik modellerin içsellik

etkisine neden olabilecek etkenleri dikkate almak hususunda kısıtlı olmaktadır. Çünkü içsellik yanlılığı denilen şey geçmişin bugünün üzerinde yarattığı etki olduğundan bu sorun da haliyle bağımlı değişkenle hata terimi arasında oluşan korelasyondan kaynaklanmaktadır.

Anderson ve Hsiao (1982) panel verilerde içsel araç kullanımı için birinci farklar yöntemini önererek bu konuda ilk adımı atmışlardır. Bu tahminde, birinci fark tahmini araç değişkenler olarak içsel değişkenlerin gecikmeleriyle birleştirilmektedir. Böylece tüm moment şartlarının sağlanabileceği savunulmaktadır. Daha sonra Arellano ve Bond (1991) tarafından birinci fark tahmininden daha etkin bir tahmin olarak GMM tahmincisi geliştirilmiştir. Ancak GMM tahmincisi dengesiz panel verilerde yanlılık sorununa sebep olabilmektedir. Arellano ve Bover (1995) de bu yanlılıkla başa çıkmak için sistem GMM'i geliştirmiş, Blundell ve Bond (1998) ise sistem GMM'i büyük kesitli (N) kısa panellere uygulanacak şekilde genişletmiştir (Roodman, 2006, s. 1). Böylelikle içsellik yanlılığıyla baş etmek konusunda en iyi kabul edilen tahminci Sistem-GMM olarak karşımıza çıkmaktadır.

Model spesifikasyonda dinamik etkiler ve eşzamanlılıklar olduğu zaman EKK, Sabit Etkiler gibi tahmincilerin yanlı ve tutarsız olduğu bilindiğinden (Baltagi, 2021; Hasan vd., 2009; Hasan ve Tucci, 2010; Levine vd., 2000; Zhao vd., 2022) bu etkileri hesaba katmak için literatürde panel tahmini için Arellano ve Bond ve diğerleri tarafından geliştirilen GMM yöntemi sık kullanılan yöntemler olarak kabul görmektedir. Arellano ve Bond'un GMM yöntemi büyüme regresyonlarında da olduğu gibi modele dahil edilen gecikmeli bağımlı değişken ile dinamik hale gelen modellerin gözlemlenemeyen gruba özgü etkiler ve açıklayıcı değişkenlerden kaynaklanabilecek içsellik gibi sorunları ele almak için özel olarak geliştirilmiştir. GMM ile tahmin iki aşamada gerçekleşmektedir. Birinci aşamada birinci fark modeli araç değişkenlerle dönüştürüldükten sonra ikinci aşamada dönüştürülen bu modelin genelleştirilmiş EKK metodu ile tahmini yapılmaktadır (Yerdelen-Tatoğlu, 2020, s. 131-132). Arellano ve Bover (1995, s. 41-42) da yapılan dönüşümü yeterli görmeyip başka bir dönüşüm modeli olarak Helmert dönüşümü kullanmıştır. Bu dönüşüm ile birinci farkları almak yerine ileri ortogonal sapmalarla daha etkin sonuçlara ulaşıldığını göstermiştir. Hem Arellano ve Bover (1995) hem Blundell ve Bond (1998)'un tahmincisi araç değişkenlerin birinci farklarının sabit etkilerle korelasyonlu olmadığına ilişkin ek bir

varsayım yaparak Arellano-Bond'un tahmincisini geliştirmişlerdir. Daha fazla aracın kullanılmasına imkân sağlayarak verimliliği önemli ölçüde artıran bu yöntem orijinal ve dönüştürülen olmak üzere iki denklemlilik bir sistem kuran Sistem-GMM'dir. Arellano ve Bond'un GMM tahmincisiinden daha gelişmiş bir tahminci olan Blundell ve Bond'un GMM yönteminde de düzeylerdeki regresyonun araçları ilgili değişkenlerin gecikmeli farkları iken farklardaki regresyonun araçları ise gecikmeli düzeylerdir (Roodman, 2009a, s. 86). Bu yüzden dinamik panel veri analizleri yapılırken modelin, gecikmeli değişkenleri hem fark hem düzey denklemlerinde araç olarak kullanan Sistem-GMM ile tahmin edilmesi önerilmektedir (Arellano ve Bover, 1995; Bond, Bowsher, Windmeijer 2001; Hauk ve Wacziarg, 2009).

Standart dinamik panel veri modellerini tahmin etmek için yaygın olarak kullanılan tahmincilerden farklılaştırılmış-GMM ve sistem-GMM'in her ikisinde de;

- Küçük zaman (T) kesitli ve nispeten büyük birim (N) kesitli paneller,
- Tam olarak dışsal olmayan yani hata teriminin geçmiş ve olası mevcut gerçekleşebilecek değerleriyle korelasyonlu bağımsız değişkenler,
- Dinamik bağımlı değişkenli modeller,
- Sabit bireysel etkiler ve birimler arasında değişen varyans ve otokorelasyon gibi durumlar için tasarlanmıştır (Roodman, 2009a, s. 1).

Bu çalışmada ele alınan örneklem kısa bir zaman dilimi ($T=5$) ve nispeten büyük birim ($N=29$) ile karakterize edildiğinden, yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisini tahmin etmek için Sistem-GMM tahmincisi kullanılmaktadır. İşsellikğin yanı sıra yukarıda belirtilen temel varsayım ihlalleri nedeniyle daha avantajlı bir tahminci olması Sistem-GMM kullanılmasındaki başlıca sebeplerdendir.

Genişletilmiş GMM tahmincisinin, fark GMM tahmincisinin zayıf performans sergilediği durumlarda çarpıcı bir şekilde verimlilik kazanımı sunduğunu, diğer bir deyişle Sistem-GMM'den fark GMM'e göre daha etkin ve verimli sonuçlar elde edildiğini asimptotik varyans hesaplamalarıyla ve Monte Carlo simülasyonlarıyla ortaya konmuş (Ahn ve Schmidt, 1995, s. 23) ve Blundell vd., (2000) Sistem-GMM yöntemi kullanılarak yapılan tahminlerin hassasiyetini arttırarak GMM tahmininde elde edilen katsayıların yanlış ve sonlu örneklemde sapma nedeniyle zayıf tahmin gücü sorununu da

azalttığını tespit etmişlerdir. Bu nedenle de Sistem-GMM yönteminin daha iyi bir tahminci olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Tüm bu tekniklerle elde edilen 3.53'te yer alan dinamik panel modelinin tahmin sonuçları Tablo 3.7'de yer almaktadır. GMM, iki adımlı GMM (GMM_TS), Sistem-GMM (SGMM) ve iki adımlı Sistem-GMM (SGMM_TS) sonuçları bütünlük açısından sonuçlara dahil edilmiştir. Wald testi, AR (2) testi, Sargan testi sonuçları ve değişkenlerin anlamlılıkları göz önünde bulundurularak Sistem-GMM (SGMM) sonuçları dikkate alınmıştır.

Tablo 3.7. Tüm Tahmincilere Ait Sonuçlar

DEĞİŞKENLER	(1) GMM	(2) GMM_TS	(3) SGMM	(4) SGMM_TS
L.emp_rate	0.110 (0.372)	0.0419 (0.548)	-0.0574 (0.486)	-0.202 (0.105)
ai	0.0840*** (0.009)	0.0479** (0.026)	0.0298*** (0.000)	0.0215 (0.766)
lngdp	16.65*** (0.000)	11.90** (0.023)	-0.113 (0.258)	-0.138 (0.840)
popg	0.363** (0.026)	0.309** (0.011)	0.764*** (0.000)	0.670 (0.234)
lp	-0.000147*** (0.000)	-9.06e-05 (0.236)	2.95e-05*** (0.000)	3.49e-05 (0.186)
unemp_rate	-0.787*** (0.000)	-0.780*** (0.000)	-1.361*** (0.000)	-1.418*** (0.000)
Constant	-392.8*** (0.002)	-260.4* (0.062)	68.43*** (0.000)	77.56*** (0.000)
Gözlem Sayısı	87	87	116	116
Ülke Sayısı	29	29	29	29
Araç Sayısı	12	12	10	10
AR (1) (p-value)	0.4361	0.4361	0.0453	0.285
AR (2) (p-value)	0.5935	0.5935	0.434	0.567
Sargan (p-value)	0.0000	0.0280	0.0930	0.0930
Wald Test (p-value)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Not: Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini ifade etmektedir. *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1'de anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 3.7 incelendiğinde Arellano-Bond'un tek ve iki adımlı varyantları olan GMM tahmin edicileri sırasıyla (1) ve (2) no'lu model olarak görülmektedir. (1) no'lu model olan GMM modelinde istihdam oranının bir dönem gecikmeli teriminin yani bir önceki yıl istihdam oranındaki %1 puanlık artışın cari yıl istihdam oranı üzerindeki

etkisi olasılık değerinin herhangi bir seviyede istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle mevcut dönemin istihdam oranlarının önceki dönemlerin düzeyi ile ilişkili olmadığı anlaşılmaktadır. Aynı durum (2) no'lu model için de geçerlidir. Bağımsız değişken olan yapay zekânın GMM modelinde %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu, iki adımlı GMM modelinde ise %5 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bu anlamlılık hem (1) hem de (2) no'lu modelde katsayı işaretinin pozitif olması sebebiyle yapay zekânın istihdam üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu durumda GMM modelinde yapay zekâda meydana gelecek bir birimlik artış istihdam oranını %0.084 puan artırırken, iki adımlı GMM modelinde ise yapay zekâdaki bir birimlik artış istihdam oranını %0.0479 puan artırmaktadır. Modele dahil edilen kontrol değişkenlerden ekonomik büyüme (1) no'lu modelde %1 seviyesinde (2) no'lu modelde ise %5 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır ve pozitif katsayı işaretiyle istihdam oranını olumlu etkilediği görülmektedir. Ancak GSYH'de meydana gelecek %1'lik bir artışın istihdam oranını (1) no'lu model için %16,65 puan, (2) no'lu model için %11,9 puan artırdığı görülmektedir. Her ne kadar her iki model için de ekonomik büyüme değişkeni istatistiksel olarak anlamlı çıksa da katsayılardaki bu oranlar herhangi bir ülke ekonomisi için gerçekleşmeyecek kadar ütöpiktir. Diğer bir kontrol değişken nüfus artış hızı da hem (1) hem de (2) no'lu modelde %5 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır ve katsayı işareti pozitifdir. Bu durumda nüfus artış hızında meydana gelecek %1 puanlık artış istihdam oranını (1) ve (2) no'lu modelde sırasıyla %0,363 ve %0,309 puan artıracaktır. Emek verimliliği kontrol değişkenine bakıldığında (1) no'lu modelde %1 oranında istatistiksel olarak anlamlı olduğu ancak (2) no'lu modelde hiçbir seviyede istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Her ne kadar (2) no'lu model istatistiksel olarak anlamlı olmasa da her iki modelde de emek verimliliği istihdam oranını negatif etkilemektedir. Son kontrol değişken işsizlik oranının ise (1) no'lu modelde %1 (2) no'lu modelde %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Her iki modelde de işsizlik oranı değişkeninin katsayı işareti negatif olup istihdam oranı ile arasında olması gerektiği gibi negatif bir ilişki mevcuttur.

Tablo 3.7'nin son kısmı kurulan dört dinamik panel veri modeli için tanısıl test sonuçlarını göstermektedir. Arellano ve Bond (1991)'un önerdiği otokorelasyon testinde birinci fark modelinde bulunan kalıntılar için "İkinci dereceden otokorelasyon yoktur."

sıfır hipotezi test edilmektedir. GMM'in etkinliği açısından önemli olan bu test sonucunda GMM tahmincisinin etkin olabilmesi için ikinci dereceden otokorelasyonun olmaması $[E[\Delta u_{it}\Delta u_{it-2}] = 0]$ gerekmektedir (Arellano ve Bond, 1991, s. 281). Yapılan (1) no'lu modelin tahmininde Arellano-Bond'un (1991) birinci farkı alınmış AR (2) hatalarında otokorelasyon testi olasılık değeri ($p>0.05$) artıkların 2. dereceden otokorelasyona sahip olmadığını göstermektedir. Aynı şekilde (2) no'lu modelde de AR (1) ve AR (2) olasılık değeri modelde otokorelasyon sorunu olmadığını göstermektedir. Tahmincilerden elde edilen sonuçların sapmalı olmaması için dikkat edilen diğeri husus ise kullanılan araç değeri sayısıdır. Bu durumda araç değeri sayısının N'e (kesit) eşit ya da ondan küçük olması gerekmektedir. Çünkü modeldeki araç sayısı T (zaman) ile birlikte arttığı için N'i aşabilmektedir (Yerdelen-Tatoğlu, 2020, s. 132). Hem (1) hem (2) no'lu modelde görüldüğü üzere araç sayısı N'den küçüktür.

Arellano ve Bond (1991), modelde kullanılan araç değeri zayıf dışsal olarak kabul edilebilse dahi GMM tahmininden sonra araçların dışsal olup olmadığını test etmek gerektiğini vurgulamışlardır. Araç değeri dışsallığını sınamak için Sargan testini öneren Arellano ve Bond (1991), modelde kullanılan araç değeri dışsal olması halinde kalıntıların (hata teriminin) bağımsız değeri ile ilişkisiz olacağını Sargan testi ile kanıtlanacağını belirtmişlerdir. Sargan (1958) aşırı özdeşleştirme kısıtlamaları testi araçların iyi tanımlanıp tanımlanmadığını ve aşırı özdeşleştirme kısıtlamalarının geçerli olup olmadığını anlamak için kullanılmaktadır ve boş hipotezi aşırı kısıtlamaların geçerli olduğu diğeri bir ifadeyle araç değeri dışsal yani geçerli olduğu şeklindedir ve bu da modeldeki araç değeri dışsal olduğunu söylemek için boş hipotezin kabul edilmesi anlamına gelmektedir. Ancak hem (1) hem de (2) no'lu modelde Sargan testinin olasılık değeri sırasıyla 0.0000 ve 0.0280 olduğundan boş hipotez kabul edilememektedir. Bu ise her iki model için de kullanılan araç değeri dışsal olduğunu göstermektedir. Bir bütün olarak modelin anlamlılığının sınıandığı Wald test istatistiğinin olasılık değeri 0.05'ten küçük olması bize modelin bir bütün olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Ancak GMM tekniğı için önemli bir spesifikasyon testi olan Sargan testinin istenildiğı gibi çıkmaması araçların geçerliliğini desteklemediğini gösterdiğinden tahmin edilen katsayıların içsellik yanlılığından arınmadığı yorumunu güçlendirmektedir. Çalışmaya konu olan panelin zaman boyutunun kısa olması ve/veya zaman serilerinde güçlü bir kalıcılık

olması GMM tahmincisinin etkinliğinin azalmasına neden olmakta ve Sistem-GMM'in fark GMM'e göre daha etkin olduğu belirtmektedir (Bond, Hoeffler ve Temple, 2001, s. 22-23; Bond, 2002; Conte ve Vivarelli, 2011, s. 47; Piva ve Vivarelli, 2004, s. 374). Buna göre, Sistem-GMM yöntemi nispeten büyük (N) ve küçük (T) olması nedeniyle tercih edilmektedir. Son zamanlarda birçok çalışma da bu yöntem ile analiz yapmıştır: Dağlı (2022; Damioli vd. (2021); Guliyev (2023); Mutascu (2021) vb. Bu yüzden tek aşamalı ve iki aşamalı GMM tekniklerinin kullanıldığı (1) ve (2) no'lu model yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisini tahmin etmek için tercih edilmemiştir.

Tablo 3.7'deki sonuçlara tekrar dönülecek olursa, (3) no'lu SGMM modelinde bir önceki yıl istihdam oranındaki %1 puanlık artışın cari yıl istihdam oranı üzerindeki etkisi olasılık değerinin herhangi bir seviyede istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle mevcut dönemin istihdam oranlarının önceki dönemlerin düzeyi ile ilişki olmadığı anlaşılmaktadır. Bağımsız değişken yapay zekânın %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bu anlamlılık katsayı işaretinin pozitif olması yapay zekânın istihdam üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu durumda yapay zekâda meydana gelecek bir birimlik artış istihdam oranını %0.0298 puan artırmaktadır. Modele dahil edilen kontrol değişkenlerden ekonomik büyüme herhangi bir seviyede anlamlı değilken; nüfus artış hızı, emek verimliliği ve işsizlik oranının %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Buna göre nüfus artış hızındaki %1 puanlık bir artış istihdam oranını %0.764 puan artırmaktadır. Emek verimliliğindeki bir birimlik artış ise istihdam oranını %0.0000295 puan artırmaktadır. Bu artış her ne kadar çok küçük olsa da emek verimliliğinin istihdamı olumlu etkilediği gerçeğini değiştirmemektedir. Bir diğer kontrol değişken işsizlik oranının istihdam üzerindeki etkisi %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ve işsizlik oranındaki %1 puanlık artış istihdamı %1.3 puan azaltmaktadır. (4) no'lu iki adımlı Sistem-GMM (SGMM_TS) modelinde ise işsizlik oranı hariç hiçbir değişkenin istatistiksel olarak anlamlılığı bulunmamaktadır. Bir değişken haricinde hiçbir değişkeni istatistiksel olarak anlamlı çıkmayan (4) no'lu modeldeki her değişkenin katsayı işaretlerine bakıldığında, tüm katsayı işaretlerinin (3) no'lu modeldeki katsayı işaretleriyle aynı olduğu görülmektedir. Özellikle yapay zekâ değişkenine dikkat edilirse, tüm yöntemler neticesinde yapay zekâ gibi son model bir teknolojinin istihdamı artırdığı görülmektedir. Bu da yapay zekâ teknolojisinin ikame değil tamamlayıcı ve yaratma etkisinin ortaya çıktığını, bir nevi telafi mekanizmasının çalıştığını

göstermektedir. Yapay zekâ yeni iş fırsatları yaratarak veya emeği tamamlayarak istihdamı artırmaktadır. Fossen ve Sorgner (2022), yapay zekânın insan emeği için yeni işler yaratacağını ve bunun üretkenlik etkisiyle ücretleri de artıracacağını; Acemoğlu ve Restrepo (2018a) da özellikle yapay zekânın emeğin karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu yeni işler ve görevler yaratılacağını veya mevcut iş ve görevlerin yeni versiyonlarının ortaya çıkacağını söylemişlerdir. Guliyev (2023), Mutascu (2021) ve Nguyen ve Vo (2022) yaptıkları çalışmalarında yapay zekânın işsizlik oranını azalttığına dair kanıtlara ulaşmışlardır. Bu durumda literatürde, çalışmada yapılan analizin sonuçlarıyla uyumlu çalışmalar olduğu görülmektedir.

Tahminin ardından sonuçlar, araçların ve modellerin geçerliliğini sağlamak amacıyla değişkenlerin zayıflığı açısından test edildiğinde AR (2) ve Sargan testinin anlamsız istatistikler üretmesi tek adımlı ve iki adımlı Sistem-GMM tahmincilerinin sonuçlarının yansız olduğunu göstermektedir. AR (2) hatalarında otokorelasyon testi olasılık değerlerinin (3) ve (4) no'lu modelde de 0.05'ten büyük olması boş hipotezin kabul edildiğini, artıkların 2. dereceden otokorelasyona sahip olmadığını göstermektedir. Aynı şekilde (2) no'lu modelde de AR (1) ve AR (2) olasılık değerleri modelde otokorelasyon sorunu olmadığını göstermektedir. Sapmalı sonuç olmaması için dikkat edilen diğer husus olan araç sayısının hem (3) hem de (4) no'lu modelde N'den küçük olduğu görülmektedir. Modelde kullanılan araçların iyi tanımlanıp tanımlanmadığını ve aşırı özdeşleştirme kısıtlamalarının geçerli olup olmadığını anlamak için kullanılan Sargan testi sonuçlarına bakıldığında her iki model için de boş hipotezin kabul edildiği yani aşırı kısıtlamaların geçerli olduğu diğer bir ifadeyle araç değişkenlerin dışsal olduğu görülmektedir. Bu durum, tahmin edilen katsayıların içsellik yanlılığından arınmış olduğu yorumunu desteklemektedir. Her iki model için Wald test istatistiğinin olasılık değerlerine bakıldığında ise modellerin bir bütün olarak anlamlı olduğu da görülmektedir. Wald, AR (2) ve Sargan testi sonuçlarıyla birlikte değişkenlerin anlamlılıkları da göz önünde bulundurularak değerlendirildiğinde yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisini tahmin etmek için Sistem-GMM (SGMM) sonuçları tercih edilmiştir.

Teknolojik gelişmeler ve verimlilik artışı arasında yıllardır kompleksliğini koruyan belirsizlikler mevcuttur. Bu iki değişken arasındaki karmaşık yapı son yıllarda yapay zekâ teknolojilerinin büyük oranda gelişmesiyle de tekrar gündeme gelmiştir.

Aynı zamanda teknolojik gelişmelerin -bu çalışmada yapay zekânın- emek dostu olup olmadığı da net cevap alamayan konulardan biridir. Bu yüzden, yapay zekânın temelde istihdam üzerindeki etkisini ampirik olarak araştıran bu çalışmada emek verimliliğinin de yapay zekâ teknolojileri ile ilişkili olarak istihdamı etkileme potansiyeli göz ardı edilememiştir.

Yapay zekâ ile emek verimliliği arasındaki etkileşimin işareti belirsizdir. Bu etkileşim hem olumlu hem de olumsuz olabilir (Gries ve Naudé, 2018, s. 45). Yapay zekânın verimliliği artırarak (Acemoglu ve Restrepo, 2018b; Damoli vd., 2021; Makridakis, 2017; Parteka ve Kordalska, 2023; Yang, 2022; Zhai ve Liu, 2023) - modern verimlilik paradoksuna göre en azından uzun dönemde- iş gücü verimliliğini etkilemesi ve bu yolla da istihdamın etkilenmesi yapay zekâ ve emek verimliliği arasındaki etkileşimin istihdamı nasıl etkileyeceğini görmek için merak uyandırmaktadır. Çünkü yapay zekâ, becerilerine göre kimi emeğin verimliliğini artırabilirken, kiminin de yerinin makineler tarafından ele alınmasına sebep olabilir (Autor, 2015; Autor ve Dorn, 2013; Fossen ve Sorgner, 2022; Goos ve Manning, 2007; Graetz ve Michaels, 2018; Gries ve Naudé, 2018; Jongwanich vd., 2022; Szczepanski, 2019). Örneğin kısa dönemde, iş gücü verimliliğinin değişmediği varsayımı altında, ürünlerine talebi artan firmalar buna üretimi artırarak yanıt vermeleri halinde üretimi artırabilmek için daha fazla emek talep etmeleri gerekecektir. Eğer iş gücü verimliliği artıyorsa bu durum firmaların emek talebinde azalma eğiliminde olmalarına neden olabilir. Çünkü daha az emekle ürüne olan talep karşılanabilecektir. Benzer şekilde, ekonomide genel talepte genişleme yoksa ve iş gücü verimliliğinde artış olursa bu kısa vadede istihdamda düşüşe yol açabilir. Bu kontekste daha hızlı verimlilik artışı, yeni ve genişleyen endüstrilerde iş yaratmaya karşılık gelen bir artış olmadan iş kaybında artışa yol açabilir. Ücretlerdeki bir artış iş gücü verimliliğinin sabit olduğu varsayımı altında iş gücü maliyetlerini artırabilirken, iş gücü verimliliğinde artış olması varsayımında ise belirli bir ücret ve yan haklar düzeyinde iş gücü maliyetleri düşebilir. Daha yüksek verimlilik ile iş gücünü maliyeti azalırsa firmalar için istihdamı genişletmek kârlı olacaktır (Walsh, 2004, s. 2).

Bu çalışmada iş gücü verimliliği her bir çalışanın ürettiği toplam çıktı hacmi olarak ele alınmıştır. Peki çalışanların ne kadar verimli olduğunu tam olarak ne belirlemektedir? Bu soruya öznel cevaplar da verilebilir ancak iş gücü verimliliğinin üç

temel belirleyicisi vardır: fiziksel sermaye, beşerî sermaye ve teknolojik bilgi (OECD, 2001, s. 20). Teknoloji ve iş gücü verimliliği arasındaki ilişki oldukça karmaşık olduğundan teknolojik gelişmelerin hem doğrudan hem de dolaylı sonuçları olacaktır. Yapay zekâ ve iş gücü verimliliği arasındaki potansiyel ilişki betimsel ve ampirik olarak da ele alınarak incelenmiştir (Damioli vd., 2021; Graetz ve Michaels, 2018; Yang, 2022; Zhai ve Liu, 2023). Yapay zekâda yaşanan teknolojik gelişmeler ile iş gücü verimliliği arasındaki etkileşimin süregelen tartışmaları neticesinde çelişkili tahminlerin olması (Brynjolfsson, Rock, vd., 2019; Cockburn vd., 2018), bu iki değişkenin istihdam üzerinde birlikte etkisini ampirik olarak araştırmanın değerli içgörüler sağlayabileceğini düşündürmektedir. Bu yüzden 3.53'te yer alan modele yapay zekâ ve emek verimliliğinin etkileştirildiği bir etkileşim terimi dahil edilerek model tekrar tahmin edilmiştir.

Damioli vd. (2021), yapay zekânın iş gücü verimliliği üzerinde ekstra pozitif bir etki yarattığı sonucuna ulaşmıştır. Bu da yapay zekânın iş gücü verimliliği üzerinde olumlu ve önemli bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. Graetz ve Michaels (2018), yapay zekâ değişkeni olarak robotları ele aldığı çalışmasında robot kullanımı arttıkça iş gücü verimliliğinin de arttığını, robot yoğunluğunun iş gücü verimliliğinin yıllık büyümesini artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Alderucci vd. (2020), yapay zekâda yaşanan gelişmelerin daha yüksek istihdam, çalışan başına daha fazla gelir, çalışan başına daha fazla katma değer ve daha az üretim işçisi (daha düşük vasıflı iş gücü) ile pozitif ve anlamlı bir şekilde ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Belchik (2022) de çalışmasında yapay zekânın gelişiminin iş gücü verimliliği üzerindeki etkisini incelemiştir ve yapay zekânın gelişiminin gerçekten de iş gücü verimliliğinin artışında bir faktör olduğu sonucuna ulaşmıştır. Yapay zekâ teknolojilerinin gelişiminin kaçınılmaz olduğunu ancak genel anlamda ekonominin gelişmesinde ve iş gücü verimliliği üzerindeki etkisinin hızlı ve basit olmayacağını altını çizmiştir.

Alderucci vd. (2020), Belchik (2022), Damioli vd. (2021), Graetz ve Michaels (2018) vurguladığı gibi, bir ekonominin sahip olduğu emek verimliliği, yapay zekânın istihdam üzerindeki farklı etkilerini açıklamada önemli bir faktördür. Bu nedenle 3.53'te yer alan modele yapay zekâ ve emek verimliliğinin etkileştirildiği bir etkileşim terimi dahil edilmiştir. 3.54'te yapay zekâ (ai) ve emek verimliliği (lp) değişkenlerinin etkileşime sokulmasıyla elde edilen etkileşim terimi (it) gösterilmektedir:

$$it = ai * lp \quad (3.54)$$

$$emp_rate_{i,t} = \beta_0 + \beta_1 emp_rate_{i,t-1} + \beta_2 ai_{i,t} + \beta_3 lngdp_{i,t} + \beta_4 popg_{i,t} + \beta_5 lp_{i,t} + \beta_6 unemp_rate_{i,t} + \beta_7 it_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (3.55)$$

3.55'te yer alan dinamik modelin Havuzlanmış Sıradan En Küçük Kareler (Pooled Ordinary Least Squares-POLS) ve Sabit Etkiler tahmincileri tarafından doğru bir şekilde tahmin edilemeyeceği, bu tahmincilerle yapılacak tahminlerin yanlış ve tutarsız sonuçlar vereceği iyi bilinmektedir (Hasan vd., 2009; Hasan ve Tucci, 2010; Levine vd., 2000). Dinamik denklemler ise yapısı gereği gecikmeli bağımlı değişken içermesi nedeniyle içsellik sorununundun mustarıptır. 3.55'te yer alan dinamik istihdam denkleminde gecikmeli bağımlı değişken belirgin bir şekilde içsel bir değişken olsa da yüksek kalıcılık diğer değişkenler için de potansiyel içsellğe işaret etmektedir. Ayrıca yapay zekâ ve istihdam değişkenlerinin olduğu bir analizde içsellik karşımıza çıkan en önemli problemidir. Bu değişkenlerin yer aldığı modelde içsellğe sebep olabilecek en önemli nedenler ölçüm hataları ile ihmal edilen veya gözlemlenemeyen etkilerin var oluşudur (Heijs vd., 2019, s. 4). Ayrıca ülkelerin zamana bağlı olarak değişmeyen yapısal özellikleri, regresör değişkenlerle korelasyonlu olmasına sebep olabilir (Mileva, 2007, s. 1). İçsellik sorunu elbette modeldeki diğer ortak değişkenlerden (işsizlik oranı, çıktı vb.) de kaynaklanabilmektedir. Ortak değişkenlerle ilgili kararlar birlikte veya eş zamanlı alınabilir veya bunların geçici bir şoktan birlikte etkilenmesi söz konusu olabilir. Bunlar da model içerisinde içsellğe sebep olabilecek etkenlerdir. Özellikle istihdam değişkeni için dinamik gecikme etkisi çok önemlidir. Bunun sebebi ülke ekonomisinin genel koşulları ve uygulanan politikaların emek piyasasını etkilemesinin zaman almasıdır. Örneğin, hükümetin bir teşvik programı uygulayıp bu programın iş yaratma etkisini ya da en azından işinden etmeme etkisini göstermesi zaman alacaktır. Ya da bir ekonomik kriz çıkışı emek piyasasının tam anlamıyla toparlanması, istihdam oranının kriz öncesi seviyesine gelmesi de zaman alacaktır. Bu anlamda emek piyasasında meydana gelen veya gelecek değişiklikleri analiz ederken dinamik etkinin dikkate alınması hem istihdam dinamiklerinin hem de bu dinamiklere katkı sağlayan faktörlerin daha doğru ve kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlayabilir (Guliyev, 2023, s. 3). Bu nedenle, çalışmanın daha güvenilir olması açısından tüm açıklayıcı değişkenler ihtiyatlı bir şekilde istihdam oranına potansiyel olarak içsel olarak kabul edilmiş ve araç değişken olarak kullanılarak enstrümente edilmiştir. Sistem-GMM

yönteminde tüm bağımsız değişkenler içsel kabul edilmektedir. Buna göre çalışma örneklemini yüksek kalıcılık ile karakterize edildiğinden modeldeki bariz içsellik sorununu çözmek için Blundell ve Bond (1998) tarafından geliştirilen sistem GMM yaklaşımını kullanarak 3.55'te yer alan model tahmin edilmiştir. Böylece tahminler eş zamanlı olarak çalıştırılan birinci farklar ve düzeyler denklem sistemlerinin çalıştırılmasıyla elde edilmiş olmaktadır (Bahrini ve Qaffas, 2019, s. 5; Piva ve Vivarelli, 2017, s. 19; Piva ve Vivarelli, 2018, s. 24; Van Roy vd., 2018, s. 1767). Sistem GMM, bağımlı değişkenin gecikmeli değer(ler)ini bir araç olarak kullanarak içsellik yanlılığıyla başa çıkmayı ilgili değişkenin geçmiş değerini şimdiki değerinden çıkaran istatistiksel süreci ifade eden veriyi içsel olarak dönüştürerek gerçekleştirmektedir (Roodman, 2009a). Sistem-GMM, içsellik sorununu ele almanın yanı sıra, POLS ve Sabit Etkiler tahmincilerinde çoğunlukla ihmal edilen değişken yanlılığı, çoklu doğrusallık sorunları, gözlemlenemeyen heterojenliği (ülkeye özgü etkiler) sorunları ve ölçüm hataları ile de ilgilenmektedir (Bond, Hoeffler ve Temple, 2001, s. 22; Lachenmaier ve Rottmann, 2011, s. 212). Tüm bu nedenler göz önüne alındığında daha güvenli tarafta olmak adına Sistem-GMM'in tek aşamalı metodolojisi tercih edilmiştir.

3.55'te yer alan modelde kullanılan değişkenler arasındaki ilişkiyi veren ve korelasyon katsayılarını gösteren matris Tablo 3.8'de gösterilmektedir. Bu tablo, Tablo 3.6'ya etkileşim terimi olan "it" değişkeninin eklenmiş halini sunmaktadır.

Tablo 3.8. Korelasyon Matrisi (it değişkeniyle birlikte)

	emp_rate	ai	gdp	popg	lp	unemp_~e	it
emp_rate	1.0000						
ai	0.1568	1.0000					
gdp	0.1363	0.9044*	1.0000				
popg	0.0952	0.0564	-0.0679	1.0000			
lp	0.2339*	-0.1186	-0.1351	-0.0206	1.0000		
unemp_rate	-0.6842*	-0.1687*	-0.1226	0.0168	-0.1176	1.0000	
it	0.1946*	0.8065*	0.7832*	0.0266	0.3219*	-0.1594	1.0000

* %5 seviyesinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 3.6’da değişkenlerin birbirleri arasındaki korelasyon yorumlanmıştı. Tablo 3.8’de Tablo 3.6’ya ek olarak *it* değişkeninin diğer değişkenlerle arasındaki korelasyona bakılması yeterli olacaktır. Bu durumda *it* değişkeninin *unemp_rate* değişkeni hariç diğer tüm değişkenlerle arasında pozitif bir korelasyon olduğu görülmektedir.

3.53’te kurulan modelde yer alan bir bağımsız değişkenin (yapay zekâ) kısmi etkisi bir başka bağımsız değişkenin (emek verimliliği) -vice versa- aldığı değere bağlı olabileceği ihtimali göz önünde bulundurularak bu etkileşimin etkisini yakalamak için modele yapay zekâ ve emek verimliliğinin etkileştirildiği etkileşim terimi “*it*” dahil edilmiştir: model 3.55.

3.55’te yer alan modelde yapay zekâ (*ai*) ve emek verimliliği (*lp*) değişkenleri karşılıklı etkileşime sahip olduğundan yapay zekânın istihdam üzerindeki kısmi etkisi emek verimliliğinin değerine bağlıdır. Bu kısmi etkinin istatistiki olarak anlamlı olup olmadığını test etmek için etkileşim terimine konu olan bağımsız değişkenlerin ayrı ayrı anlamlılıklarına değil, bu iki bağımsız değişkenin birlikte bağımlı değişken üzerindeki etkisine bakılmaktadır. Bunun için Tablo 3.9’da yer alan yapay zekâ ve emek verimliliği değişkenlerinin birlikte ki-kare testi sonucu verilmiştir.

Tablo 3.9. *Yapay Zekâ ve Emek Verimliliği Değişkenlerinin Birlikte Ki-kare Test Sonucu*

. test ai lp	
(1)	ai = 0
(2)	lp = 0
chi2(2) = 85.21	
Prob > chi2 = 0.0000	

Tablo 3.9’da etkileşim terimini oluşturan değişkenlerin bağımlı değişken üzerinde birlikte anlamlılığını gösteren ki-kare testi sonucuna göre olasılık değerinin 0.05’ten küçük olması boş hipotezin ($H_0 = \beta_2 = \beta_5 = 0$) yani iki değişkenin ayrı ayrı sıfır olduğu hipotezin kabul edilmediği, reddedildiği görülmektedir. Bu da etkileşim terimini oluşturan yapay zekâ ve emek verimliliği değişkenlerinin istihdam oranı üzerinde birlikte anlamlı olduğunu göstermektedir. Bu değişkenlerin birlikte anlamlı olması nedeniyle analize etkileşim terimi üzerinden devam edilmiştir. 3.55’te etkileşim

teriminin yer aldığı dinamik panel modelinin Sistem-GMM yöntemi ile elde edilen tahmin sonuçları Tablo 3.10’da gösterilmektedir.

Tablo 3.10. Etkileşim Terimli Model Tahmin Sonuçları

DEĞİŞKENLER	(1)
L.emp_rate	-0.0602 (0.464)
ai	0.0480*** (0.000)
lngdp	-0.0861 (0.390)
popg	0.766*** (0.000)
lp	3.39e-05*** (0.000)
unemp_rate	-1.361*** (0.000)
it	-2.13e-07** (0.029)
Constant	67.45*** (0.000)
Gözlem Sayısı	116
Ülke sayısı	29
Araç Sayısı	11
AR (1) (p-value)	0.0480
AR (2) (p-value)	0.435
Sargan (p-value)	0.107
Wald Test (p-value)	0.0000

Not: Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini ifade etmektedir. *, **, *** sırasıyla %10, %5 ve %1’de anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 3.10 incelendiğinde Sistem-GMM yöntemi ile elde edilen etkileşim teriminin olduğu 3.55 no’lu modelin tahmin sonuçları (1) no’lu modelde görülmektedir. Modelde istihdam oranının birinci dereceden gecikmeli teriminin yani bir önceki yıl istihdam oranındaki %1 puanlık artışın cari yıl istihdam oranı üzerindeki etkisi olasılık değerinin herhangi bir seviyede istatistiksel olarak anlamlı olmaması nedeniyle mevcut dönemin istihdam oranlarının önceki dönemlerin düzeyi ile ilişkili olmadığı anlaşılmaktadır. Bağımsız değişken olan yapay zekânın Sistem-GMM modelinde %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve katsayı işaretinin pozitif olması sebebiyle yapay zekânın istihdam üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Ancak modelde *ai*’in katsayısı (0.0480), denklemde etkileşim terimi

olduğu için emek verimliliğinin sıfır yani $lp=0$ olduğu durumda geçerli olan etkiyi göstermektedir. Emek verimliliği serisinde ise sıfır olmadığı için yapay zekâ değişkeni ai 'ın işaretinin bir önemi yoktur. Çünkü ai 'ın katsayısı, bu modelde etkileşim terimi olduğu için tek başına yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisini ölçmemektedir. Yapay zekânın istihdam üzerindeki kısmi etkisini Model 3.55'te yer alan β_7 katsayısı yani it değişkeni vermektedir. Modelde etkileşim terimi yer aldığı için bu etkileşim terimini oluşturan bağımsız değişkenler artık ayrı ayrı yorumlanmaz. Dikkate alınan değişken etkileşim terimidir. ai ve it değişkeni ayrı ayrı tek başına anlamlı olup, ayrıca ikisinin birlikte anlamlılığı da Tablo 3.9'da gösterilmiştir.

Modelde yer alan kontrol değişkenleri yorumlamak için tekrar Tablo 3.10'a bakıldığında ekonomik büyümenin herhangi bir seviyede anlamlı değilken nüfus artış hızı, emek verimliliği ve işsizlik oranının %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Buna göre nüfus artış hızındaki %1 puanlık bir artış istihdam oranını %0,766 puan artırmaktadır. Emek verimliliğindeki bir birimlik artış ise istihdam oranını %0.0000339 puan artırmaktadır. Bu artış her ne kadar çok küçük olsa da emek verimliliğinin istihdamı olumlu etkilediği gerçeğini değiştirmemektedir. Bir diğer kontrol değişken işsizlik oranının istihdam üzerindeki etkisi %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır ve işsizlik oranındaki %1 puanlık artış istihdamı %1,361 puan azaltmaktadır. Yapay zekâ ve emek verimliliği değişkenleri istihdamı ayrı ayrı pozitif etkilemekteyken modelde it değişkeninin katsayısının negatif olması ise etkileşime sokulan yapay zekâ ve emek verimliliğinin istihdam üzerindeki olumlu etkisini birlikteyken hafiflettiği anlamına gelmektedir.

Tahminin ardından sonuçlar, araçların ve modellerin geçerliliğini sağlamak amacıyla değişkenlerin zayıflığı açısından test edildiğinde AR (2) ve Sargan testinin anlamsız istatistikler üretmesi modelde tahmin sonuçlarının yansız olduğunu göstermektedir. AR (2) hatalarında otokorelasyon testi olasılık değerinin 0.05'ten büyük olması boş hipotezin kabul edildiğini, artıkların 2. dereceden otokorelasyona sahip olmadığını göstermektedir. Bu da modelde otokorelasyon sorunu olmadığını göstermektedir. Modelde kullanılan araçların iyi tanımlanıp tanımlanmadığını ve aşırı özdeşleştirme kısıtlamalarının geçerli olup olmadığını anlamak için kullanılan Sargan testi sonucuna bakıldığında boş hipotezin kabul edildiği yani aşırı kısıtlamaların geçerli olduğu diğer bir ifadeyle araç değişkenlerin dışsal olduğu görülmektedir. Bu durum,

tahmin edilen katsayıların içsellik yanlılığından arınmış olduğu yorumunu desteklemektedir. Wald test istatistiğinin olasılık değerlerine bakıldığında ise modelin bir bütün olarak anlamlı olduğu da görülmektedir.

Yapay zekânın ekonomik etkilerine ilişkin gelecekteki görünümü büyük çoğunlukla kavramsal anlamda veya teorik düzeyde tartışıldığı için ampirik bağlamın hâlâ yetersiz olması konunun gelecekteki çalışmalarda da ampirik olarak incelenmesi gerekliliğini doğurmaktadır. Bundandır ki yapay zekânın istihdam üzerindeki net etkisi konusunda literatürde henüz bir fikir birliği bulunmamaktadır. Fikir birliğinin olmaması literatürde yetersiz sayıda çalışma olmasının yanı sıra bu çalışmalarında ele aldığı dönem, ülkeler, kullanılan metodoloji ve yapay zekâ olarak atadıkları değişkenlerin farklılığından da kaynaklanmaktadır denilebilir.

Her ne kadar literatür sayı olarak yetersiz olsa da hem olumlu hem olumsuz etkisine ilişkin sonuca ulaşan ampirik çalışmalar mevcuttur. Ampirik çalışmaların gerçek hayatta edinilen deneyimleri yansıtması açısından önemli olması bu konuyu ampirik olarak incelemeye teşvik etmiştir. Bu çalışmanın literatüre ayırt edici katkısı ise yapay zekâyı tam anlamıyla temsil ettiği düşünülen bir değişken kullanılmış olması, yapay zekânın popüler olduğu son yılları kapsamı ve farklı gelişmişlik düzeyinde olan ülkelerin seçilmiş olmasıdır.

Yapılan analiz neticesinde elde edilen yapay zekânın istihdamı olumlu etkilediği bulgusu Fossen ve Sorgner (2022), Fossen vd. (2022), Acemoğlu ve Restrepo (2018a, 2018b), Parschau ve Hauge (2020), Guliyev (2023), Mutascu (2021), Nguyen ve Vo (2022) ve Banescu vd. (2021)'nin çalışmalarıyla uyumludur.

Fossen ve Sorgner (2022), ABD ekonomisinde 2011-2018 dönemi için yeni dijital teknolojilerin bireysel düzeyde ücret ve istihdam dinamikleri üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında yeni dijital teknolojilerin ölçüleri olarak mesleklerin bilgisayarlaşma olasılıkları, yapay zekânın mesleki etkileri, görevlerin makine öğrenmesi için uygunluğu ve onların meslek içi varyanslarını kullanmışlardır. Yapay zekânın mesleki etkilerinin ölçütünde yapay zekâdaki ilerlemelerin insan emeğini ortalama olarak yerinden etmediğini, aksine onları eski haline getirdiği sonucunu yakalayarak sonuçların yapay zekâ teknolojilerinin insan emeği için yeni görevler yarattığı yorumuyla tutarlı olduğunu göstermişlerdir.

Fossen vd. (2022), yapay zekâ, yazılım ve endüstriyel robotların bireysel düzeydeki ücret değişikliklerini ABD ekonomisi için 2011-2021 yıllarını kapsayan dönem için incelediği çalışmasında yapay zekânın emek için yeni işler yaratarak üretkenlik etkisiyle ücretleri artırdığı bulgusuna ulaşmış ve verimlilik ile yeni iş ve görev yaratılmasından kaynaklanan etkilerin yapay zekânın yerinden etme etkilerinden daha büyük olduğu göstermiştir. Bu durumda yapay zekânın pozitif etkisine ilişkin sonuçlara ulaşan bu çalışmanın Fossen ve Sorgner (2022)'in yapay zekânın meslekleri dönüştürdüğü ve insan emeğini daha üretken hale getirebileceği yorumuyla tutarlı olduğu görülmektedir.

Acemoğlu ve Restrepo (2018a), insan ve makine arasındaki yarış fikri üzerine kurdukları ilk etapta sermayenin sabit ve teknolojinin dışsal olduğu statik modelde ardından sermaye birikimini endojenleştirdikleri dinamik modelde otomasyon, yapay zekâ, robotik teknolojilerinin istihdam üzerine etkilerini inceledikleri görev temelli bir çerçeve inşa etmişlerdir. Yazarlar konuyu, daha önce emeğin yaptığı iş ve görevlerin otomatikleştirilebildiği ve emeğin karşılaştırmalı üstünlüğe sahip olduğu mevcut iş ve görevlerin yeni versiyonlarının yaratılabildiği bir çerçevede incelemişlerdir. Sermayenin sabit ve teknolojinin dışsal olduğu statik bir versiyonda, otomasyonun istihdamı, iş gücü payını azalttığı ve ücretleri düşürdüğü, yeni görevlerin yaratılmasının ise tam tersi etkilere sebep olmaktadır. Otomasyon teknolojisine ek olarak, emeği tamamlayan başka bir teknolojik değişim türünü de modele ekleyen Acemoğlu ve Restrepo (2018a), modelde emek arzının esnek olması nedeniyle otomasyonun istihdamı azaltma eğiliminde olduğu, yeni görevlerin yaratılmasının ise istihdamı artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Uzun vadede sermaye emeğe göre çok ucuzsa, otomasyon teknolojileri hızla ilerleyecek ve emek gereksiz hale gelecektir. Ancak, uzun vadede sermayenin kira oranı emeğe göre o kadar düşük olmadığı durumda, çalışmada kurulan çerçeve her iki yenilik türünün de el ele gittiği bir dengeli büyüme modeli üretildiğini göstermektedir. Bu dengeli büyüme modeli ise otomasyonun emek kullanarak üretim yapmanın maliyetini düşürmesi ve dolayısıyla daha fazla otomasyonu caydırıp ve yeni görevlerin yaratılmasını teşvik etmesinin bir sonucudur.

Bir diğer çalışmalarında ise Acemoğlu ve Restrepo (2018b), otomasyon ve yapay zekânın emek talebi, ücret ve istihdam üzerindeki etkilerini inceledikleri görev temelli model çerçevesinde makineler olarak otomasyon ve yapay zekânın yerinden etme/yer

değiştirme etkisiyle emeğin yerini aldıklarını; bu durumun emek talebi ve ücretleri azaltma eğiliminde olduğunu gözlemlemişlerdir. Ancak Acemoğlu ve Restrepo (2018b), bu olumsuz etkinin ilelebet sürmeyeceğini ve otomasyonun yarattığı maliyet tasarruflar ile otomatikleştirilmeyecek iş ve görevlerde emek talebini artıran bir verimlilik etkisi ile dengeleneceği sonucuna varmışlardır. Yazarlar, otomasyona karşı daha güçlü olan telafi mekanizmasının, yeni iş ve görevlerde emeği yeniden devreye sokan ve otomasyon, yapay zekâ teknolojilerinin etkisini dengelemek için emek payını artırma eğiliminde olan yeni emek yoğun görevlerin yaratılması olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumda yeni yaratılan iş ve görevlerin veya dönüşüme uğrayan mevcut işlerin yapay zekâ gibi teknolojilerle el ele gittiği takdirde büyüme sürecinin de dengeleneceğini ve emek için kasvetli bir senaryo çizmeye gerek olmadığı kanaati hakimdir.

Yapay zekâdaki ilerlemeler sayesinde kullanılan makine ve cihazları otomasyon olarak kabul edip bunun istihdam üzerindeki etkisini Güney Afrika'nın tekstil endüstrisi için nitel vaka çalışması ile analiz eden Parschau ve Hauge (2020), otomasyonun işsizlik üzerindeki genel etkisinin ihmal edilebilir olduğu sonucuna ulaşırken, bazı durumlar için artan otomasyonun firma düzeyinde verimliliği artırarak, fiyatları düşürdüğüne ve böylece talebin artarak istihdamı artırdığını tahmin etmişlerdir. Tarihsel olarak da yaratılan işler ve mevcut işler için ortaya çıkan yeni talebin iş kayıplarından daha ağır bastığını vurgulayan yazarlar böylece artan otomasyon ve verimlilikle beraber toplumsal refah ve istihdamın artmasının sağlandığının altını çizmişlerdir.

Yapay zekânın işsizlik üzerindeki etkisini yüksek teknolojiye gelişmiş 24 ülke için 2005-2021 yıllarını kapsayan dönemde sistem GMM yöntemi ile analiz eden Guliyeve (2023), yapay zekânın işsizlik oranını düşürdüğü negatif ilişkiyi işaret eden bulgulara ulaşmıştır. Yazarın elde ettiği sonuç yapay zekânın, yeni iş rolleri yaratarak, rutin görevleri otomatikleştirerek ve üretkenliği artırarak iş gücünde devrim yaratma potansiyeline sahip olduğu şeklindedir. Bu etkilerin yanı sıra yazar, yapay zekâ teknolojilerinin emeği eleştirel düşünme ve problem çözme gibi insan becerileri gerektiren daha karmaşık ve yaratıcı işlere odaklanmaları için serbest bırakabileceğini de belirterek bunun daha tatmin edici bir iş deneyimine ve iş memnuniyetinin artmasına yol açacağını, ayrıca yapay zekânın veriye dayalı iş modeli içgörülerini ve analitiği sağlayarak firmaların daha iyi kararlar almasına yardımcı olabileceğini bunun da kârlılık ve büyüme sağlayacağını altını çizmiştir. Büyümeyle birlikte ise yeni iş

rollerinin yaratılması ve mevcut olanların genişletilmesiyle istihdam yaratılmasına da katkı sağlanabilir.

Mutascu (2021), çalışmasında yüksek teknolojiye sahip gelişmiş 23 ülke için 1998-2016 yıllarını kapsayan dönemde EKK panel regresyon ve sistem GMM yöntemi ile Guliyev (2023) gibi, yapay zekânın işsizlik üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Bu etkiyi gerçek ve beklenen enflasyon seviyelerini dikkate alarak araştırmıştır. Bulgular, yapay zekâ kullanımındaki hızlı artışın düşük enflasyon seviyelerinde istihdamı artırdığı aksi durumda yani enflasyon oranının beklenenden yüksek olduğu durumda yapay zekânın işsizlik üzerinde etkisinin olmadığını göstermiştir. Enflasyonun beklenen oranın altında olduğu zaman ise yapay zekânın işsizliği iyileştirdiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumda bulgular enflasyon düşük olduğunda, ücretleri artırma eğilimi büyüme ve yeni işlerin yaratılmasıyla telafi edildiği sürece, yoğun yapay zekâ kullanımı işsizliği azalttığına işaret etmektedir.

Nguyen ve Vo (2022), 25 gelişmiş ve 15 gelişmekte olan toplam 40 ülke için 2000-2019 dönemini için yapay zekânın işsizlik üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında Mutascu (2021)'nin çalışmasında olduğu gibi çeşitli enflasyon seviyeleri altında bu ilişkiyi analiz etmişlerdir. Yapılan analizden elde edilen sonuçlar enflasyon düzeyine bağlı olarak yapay zekâ ve işsizlik arasında doğrusal olmayan bir ilişkiyi göstermektedir. Buna göre, yapay zekâ belli bir enflasyon eşik seviyesine kadar işsizliği olumlu yönde etkilemekte, bu eşik seviyesine ulaşılmasının ardından yani enflasyon seviyesi artmaya devam ettiğinde etkiler tersine dönmektedir. Bu bulgu enflasyonun beklenen oranda olması halinde yapay zekânın işsizliği düzelttiği anlamına gelmektedir. Bu bağlamda Nguyen ve Vo (2022) ve Mutascu (2021)'nin aynı sonuca ulaştığı görülmektedir.

Yapay zekânın hem olumlu hem de olumsuz etkileri konusunda önem arz eden en kritik husus belki de emeğin sahip olduğu vasıftır. Önceki yüzyıllardaki teknolojik gelişmelerin ve değişmelerin aksine teknolojik gelişmelerin vasıfsız emek yerine artık vasıflı emeği gözetmesi olgusu 20. yy.'da vuku bulmuştur (Acemoğlu, 2002, s. 8). 21. yy. ise emek becerisindeki heterojenlik nedeniyle emeğin yapay zekâdan farklı şekillerde etkilenmesi önceki yüzyıllar gibi net sonuçlar verememektedir. Yine de yapay zekânın daha çok vasıflı emeğin yanında olacağı düşünülmektedir. Örneğin Fossen ve Sorgner (2022), bu teknolojiden en çok yüksek vasıflı emeğin etkileneceği sonucuna

ulaşmıştır. Çünkü yüksek vasıflı emek yüksek eğitimli emek demektir ve yüksek vasıflı emek düşük vasıflı emeğe göre değişikliklere daha iyi ve hızlı ayak uydurup ve mesleklerinde kalabilir. Böylece yapay zekâdaki ilerlemelerden en fazla yararı sağlayacaklardır. Dolayısıyla, yapay zekânın istihdam üzerinde olumlu eski haline getirme etkisi yarattığı durumlarda bile, farklı beceri ve vasıf seviyelerindeki işçilerin bu değişikliklerden faydalanabilmeleri için hazırlıklı olmaları gerekmektedir. Bu durumda Fossen ve Sorgner (2022)'in ulaştığı sonuç, Acemoğlu ve Restrepo (2018a)'nın yüksek vasıflı emeğin düşük vasıflı emeğe göre yeni görevlerde karşılaştırmalı bir avantaja sahip olmasından ötürü yeni görevlerin vasıflı işçiler gerektirdiği genişletilmiş teorik modeli ile de tutarlıdır. Banescu vd. (2021) da 2015-2019 dönemine ait beceri ihtiyaçları ve beceri penetrasyon oranı verilerini kullanarak yaptıkları tek yönlü varyans analizinde emeğin sahip olduğu beceriye göre iş gücü talebinde yaşanan değişimi incelemişlerdir. Analizden elde edilen bulgular yapay zekâ, veri bilimi gibi yeni teknolojilere yönelik edinilen becerilere sahip emeğe talebin arttığına işaret etmektedir. Bu becerilerin yüksek vasıf ve eğitim gerektirdiği kabul edildiğinde Banescu vd. (2021)'nin sonucunun da Fossen ve Sorgner (2022) ve Acemoğlu ve Restrepo (2018a) gibi yapay zekânın daha çok yüksek vasıflı emeği desteklediği olgusuna ulaşılmaktadır.

Esasen yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisini ampirik olarak araştıran bu çalışmada yapay zekâda yaşanan gelişmeler ile emek verimliliği arasındaki etkileşimin süregelen tartışmaları neticesinde çelişkili tahminlerin olmasından ötürü (Brynjolfsson, Rock, vd., 2019; Cockburn vd., 2018), emek verimliliği ve yapay zekânın birlikteyken yapay zekâ üzerindeki etkisi ayrıca araştırılmak istenmiştir. Bu gaye ile çalışmada 3.53'te yer alan modele yapay zekâ ve emek verimliliğinin etkileştirildiği bir etkileşim terimi dahil edilerek model tekrar tahmin edilmiştir. Yeni modelde etkileşim terimi yer aldığı için bu etkileşim terimini oluşturan bağımsız değişkenler olan yapay zekâ ve emek verimliliği ayrı ayrı yorumlanmazken dikkate alınan değişken artık etkileşim terimidir. Yapılan tahmin neticesinde etkileşim terimi katsayısının negatif olması etkileşime sokulan yapay zekâ ve emek verimliliğinin istihdam üzerinde ayrı ayrı yarattıkları olumlu etkiyi birlikteyken azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç emek verimliliğinin yapay zekâ üzerindeki etkisi açısından yapay zekânın, belirli bir zaman diliminde üretilen brüt ürünün maliyetinde ve çalışan sayısında bir azalmaya katkıda bulunduğu gerçeğiyle ilişkilidir (Belchik, 2022, s. 533).

Yapay zekânın istihdam üzerinde yarattığı olumsuz etkiye dair endişelerin temel sebebinin yapay zekânın sadece yerinden etme/yer değiştirme etkisinin dikkate alınmıyor olmasından kaynaklandığı daha önce de belirtilmiştir. Halbuki yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisi emeği yerinden etmekten ibaret değildir. Yapay zekânın yaratma, tamamlama, eski haline getirme ve verimlilik etkileri de vardır. Ancak yapay zekânın iş gücü piyasasında bozulma anlamındaki negatif etkisi ve yeni iş yaratma, tamamlama gibi pozitif etkileri muhtemelen aynı anda gerçekleşmeyecektir. Buradaki ayrım bu etkilerin hangi vadede gerçekleşeceği hususudur. Yapay zekâdaki gelişmelerin iş gücü piyasası üzerine etkilerinde yaşanan fikir ayrılığı kısa ve uzun dönem için ayrıca incelendiğinde ise bu anlaşmazlıktan bir nebze uzaklaşmış olur.

Elbette tüm bu etkilerden hangisinin ağır basıp negatif veya pozitif bir etkiye neden olacağı emek talebi ve arzının esnekliğine, emek becerisine (vasıflı/vasıfsız işçi), kullanılan yapay zekâ teknolojilerinin benimsenmesine vb. bağlı olarak değişebilir. Net bir etkiden söz etmek şu an için mümkün olmadığından yapay zekâ teknolojilerinden korkarak, kötü senaryolar yazıp işsizlik endişesi ile yapay zekâdaki gelişmeleri yavaşlatmaya ya da görmezden gelmeye veya her şeyin çok iyi olacağı gibi ütöpik duygulara kapılarak en azından iş değiştireceği süre içerisinde bundan negatif etkilenebilecek emeği göz ardı etmeye gerek yoktur. Tüm bunlar için henüz çok erkendir. Bu yüzden ülke ekonomileri her türlü ihtimali eşit değerlendirerek yaklaşmalı, buna uygun olarak gereken politikaları devreye sokmalıdır.

3.7. Sonuç ve Politika Önerileri

Binlerce yıl avcılık-toplayıcılık ile hayatlarını sürdüren insanlık, avcılık-toplayıcılık döneminden sonra hayat tarzlarını değiştirip daha önce sadece avladıkları hayvanları evcilleştirmeye başlamış, mahsul ekip yetiştirerek toprağı kullanmış ve yerleşik hayata da geçerek avcı-toplayıcı toplumdan tarım toplumuna evrilmiştir. Bu da beraberinde insanlık tarihinin en önemli dönüm noktalarından biri olan Tarım Devriminin başlamasını sağlamıştır. Bu devrimle tüketici toplumdan üretici topluma dönüşen insanlık hiçbir zaman yerinde saymamış ve yıllarca süregelen bir keşfe çıkmıştır. Bu keşifte bilimin ışığında yeni teknolojiler geliştirmiş, icatlar bulmuştur. Böylece hem toplumu hem ekonomiyi hem de dünyayı değiştiren endüstri devrimlerini de beraberinde getirmiştir. Teknolojik değişimin özellikle insan emeğine olan talebi nasıl değiştirdiğine dair yapılan tartışmaların geniş bir tarihsel bağlama yerleştirilmesi evrimsel sürecin anlaşılması açısından önemlidir. İçinde bulunduğumuz yüzyılın son teknolojisi olan yapay zekânın genel istihdam için tehdit oluşturup oluşturmadığı, önceki yüzyıllarda yaşanan teknolojik yeniliklerden istihdama etkisinin “bu sefer” farklı olup olmadığının anlaşılması açısından Tarım ve Endüstri Devrimi geçmişte dönüp bakılacak en önemli değişimleri içermektedir.

Teknolojik değişimin ekonomik ve toplumsal dönüşümlerine en iyi örnekler Tarım Devrimi ve Endüstri Devrimidir. Modern dünyanın şekillenmesinde önemli rol oynayan bu devrimlerin arasında paralellik bulunmaktadır. Önemli teknolojik gelişmelere yol açan bu iki devrimden Tarım Devrimi tarımda kullanılan teknikler ve aletlerin geliştirilmesiyle, Endüstri Devrimi ise makineleşme, otomasyon gibi yeniliklerle üretimi, verimliliği ve ticareti artırıp ekonomik büyümeye yol açmıştır. En belirgin etkilerinden bir diğeri ise iş gücü piyasası üzerinde olmuştur. Tarih, ilk etapta teknolojinin birtakım işleri yok ettiğine ardından yeni iş kollarının yaratıldığına tanıklık etmiştir. Bazı işlerin yok olup yeni işlerin yaratılmasıyla toplumsal yapıda da dönüşümler yaşanmıştır. Köylerde yaşayan halkın şehirlere iş bulmak için göç etmesi yeni bir işçi sınıfını doğurmuş ve toplumda sınıfsal farklılıkların giderek artmasına zemin hazırlanmıştır.

Endüstri Devrimleri makinelerin ve yeni teknolojilerin insan emeğinin yerini almasıyla emek piyasasında dönüm noktaları yaşatacak değişikliklere yol açmıştır. Birinci Endüstri Devriminde buhar makinesinin icadı el emeğinin yerini almış, İkinci

Endüstri Devrimi elektrik enerjisi ile seri üretimi mümkün kılmış, Üçüncü Endüstri Devrimi bilgisayar ve internet odaklı bilişim teknolojileri ile otomasyon çağını başlatmış, Dördüncü Endüstri Devrimi de nesnelerin interneti, büyük veri, siber sistemler ve yapay zekâ gibi ileri teknolojiler ile insanın entelektüel emeğini büyük ölçüde değiştirmiş (Min vd., 2019, s. 400) ve nihayet Beşinci Endüstri Devrimi insan odaklı, sürdürülebilirlik ve dayanıklılık ilkelerine dayanarak insan-teknoloji iş birlikli yeni simbiyotik bir döneme kapıları açmıştır. Elbette Endüstri Devrimlerinin belli işlere ve mesleklere olan talebi bozarak ekonomide tahribat yarattığı ve ekonomiyi yeniden şekillendirdiği inkârâ açık değildir. Ancak dünyada olduğu gibi ekonomide de her şey sabit kalmaz ve işler değişir. Teknoloji her geçen gün hayal edilemeyecek şekilde ilerlemektedir. Şu an içinde bulunduğumuz dönemin popüler teknolojisi yapay zekânın önceki teknolojilerden farklı olup olmadığını ise zaman gösterecektir. Bizim payımızı düşen ise bugünü tartışmaktır.

Daha önceki endüstri devrimleri veya teknolojik değişiklikler düşünüldüğünde yapay zekâda neyin farklı olacağı merak konusu olmuştur. Yapay zekâ önceki endüstri devrimlerinin aksine sadece yeni bir makine veya teknolojinin icadını içermez. Kendi kendine öğrenebilen ve bilgi biriktirebilen bir teknoloji olduğu için insan sermayesi birikimine benzerlik göstermektedir (Lu, 2021). Bu anlamda insan deneyimlerini baz alarak o işin insan tarafından nasıl öğrenildiğini simüle edebilen makine öğrenmesi, büyük verilerin karmaşık yapısını ve ilişkisini modelleyen çoklu temsilleri öğrenmeye dayalı algoritmalarıyla derin öğrenme, yapay zekânın günlük hayatta en çok karşımıza çıkan ses, metin, görüntü tanıma gibi alanlarda sıklıkla kullanılan doğal dil işleme, bilgisayarlı görü gibi teknolojiler ve robotik teknolojiler yapay zekânın önemli gelişmeler kaydedip ekonomik değişkenler üzerine etkiler yaratmasına fırsat tanıyan teknolojilerdir. Büyük hacimli verilerin ve bilgi işlem gücünün her geçen gün hızla artması da bu teknolojilerin kullanım alanlarının yaygınlaşmasına ve ekonomik etkilerinin daha fazla hissedilmesine olanak sağlamaktadır. Böylece yapay zekâ üretim ve tedarik süreçlerini optimize ederek endüstrileri dönüştürebilmekte ve buna bağlı olarak verimlilik, dış ticaret, eşitsizlik, büyüme ve istihdam gibi ekonomik değişkenler üzerinde önemli etkiler doğurmaktadır.

Yapay zekânın hem toplam faktör verimliliğini hem de emek verimliliğini artırarak küresel ticareti yeniden yapılandırma ve böylece ekonomik büyümeye katkı

sağlaması beklenmektedir. Yapay zekâ teknolojilerinin üretim sürecinde zaman ve maliyet tasarrufu sağlamasıyla artan verimliliğin yansımaları henüz istatistiklerde görülmese de etkisi piyasalarda hissedilmektedir. Yapay zekânın dış ticaretteki uygulamalarının çok yaygın olmaması nedeniyle etkisine dair belirsizlik, verimlilik üzerindeki etkilerinin ise zamana ihtiyacı olması gibi hususların aksine ekonomik büyüme üzerinde olumlu etkilerine ilişkin iyimserlik yüksektir. Dönüşüm sürecinden en çok etkilenmesi beklenen iş gücü piyasasında ise emek, vasfına bağlı olarak farklı şekillerde etkilenebileceğinden eşitsizliği artırma potansiyeline ayrıca dikkat edilmesi gerekmektedir.

Bugüne kadar tartışılan literatüre bakıldığında yapay zekâ teknolojilerinin yaygınlaşmasının istihdam üzerinde nasıl bir etki bıraktığı konusu belirsizdir. Eğer bu teknolojiler yalnızca emeği ikame ediyorsa negatif, emeği tamamlayıp verimliliği artırıyor veya yeni iş ve görevler yaratıyorsa pozitif etki bırakacaktır. Yapay zekânın daha çok, insan emeğiyle yer değiştireceği endişesi hâkim olmuştur. Ancak bu endişe mevcut işlerdeki potansiyel yer değiştirme etkilerine odaklanıp istihdam yaratma etkisini göz ardı ettiğinden, haklılığı sorgulanmaktadır (Martens ve Tolan, 2018, s. 5-6,20). Ekonomistlerin teknolojik yeniliklerin istihdam üzerindeki etkisine ilişkin sezgileri ise istihdamın önceki teknolojik değişimlerin yaşandığı dönemlerin ardından piyasaya nasıl uyum sağladığını göz önünde bulundurmaktan kaynaklanmaktadır. Bu da ekonomistlerin, teknolojik yeniklerin tarihte istihdamı azaltmadığı yönünde görüşe sahip olmalarını açıklamaktadır (Stevenson, 2019, s. 191). Elbette yaygın teknolojik işsizlik öngörülerini büyük ölçüde yanlış olsa da gerçekten yerinden edilen veya yer değiştiren emeğin uyum sürecinde katlandığı maliyetler önemsizleştirilmemelidir (Mokyr vd., 2015, s. 38).

Tarihin mutlak surette tekerrür edeceğini söylemek belki doğru olmayacaktır ancak tarih boyunca teknolojik devrimlerin insan emeği için yeni istihdam fırsatları yarattığına tanıklık edildiği gerçeğini de göz ardı etmek hata olacaktır. Tarihte, geçmiş teknolojilerin yok ettiği işlerin yerine yarattığı işlere bakarak, üretkenliği ve yaşam standartlarını sürekli artırdığı olgularına odaklanılarak insan emeğinin geleceği için tarihin değerli bir bağlam sağladığı görülebilir ve bundan önemli dersler alınması gerekmektedir. 19. ve 20. yy.'larda tarım, tekstil, metal gibi endüstrilerde insan emeği tarafından yerine getirilen iş ve görevler otomatikleştirilirken, fabrikalarda iş bölümü ile

parçalara ayrılarak yaratılan görevler ve mühendislik, yönetim ve finans alanlarında yaratılan yeni iş ve görevler emek için fırsat kapısı oluşturmuştur. Yapay zekânın da benzer şekilde tahribata uğratacağı, emeği yerinden edeceği işler olsa da yeni görevlerde kullanılabilecek daha büyük bir iş gücü havuzu yaratabilme potansiyeli ile bu tahribatı telafi edecektir. Ancak ekonomilerde, gittikçe yaygınlaşan yapay zekânın hızına uyum sağlama süreci yavaş ve sancılı olabileceğinden iş gücü piyasası da bu şoka yavaş ve sancılı bir şekilde uyum sağlayacaktır. Bundandır ki yerinden edilen emeğin yaratılan yeni iş ve görevlere yeniden tahsis edilme süreci maliyetli olabilir. Doğru iş ve emeğin eşleşme süreci yavaş olabileceğinden emeğin uygun işe yönlendirilebilmesi için yeniden eğitim ihtiyacı olabilir (Acemoğlu ve Restrepo, 2018b, s. 2). Bu durumda yapay zekâ teknolojilerinin emeği becerilerine göre ayırt ederek işinden edebileceği varsayımı altında beceri geliştirme eğitimlerine ağırlık verilmelidir. Bu husus özellikle emeğin becerilerinin ikame edilebilirliğinin kısıtlı olduğu sektörlerde işçilerin yeniden istihdama katılmalarının sağlanması için çok önemlidir. Bu bağlamda hükümetler, emeğin sektör içinde veya sektörler arasında geçişini kolaylaştırmak için sektörlerin iş yaratma ve işten çıkarma potansiyellerine hâkim olup iyi yönetebilmeli, bunun için de firmalarla iş birliği içerisinde olmalıdır. Emeğin becerilerinin geliştirilerek istihdam içine yeniden tahsis edildiği zaman ücretler de bu gelişmelere bağlı olarak tekrar ayarlanmalıdır (Jongwanich vd., 2022, s. 19).

Yapay zekânın kimi emeğin verimliliğini artırabilirken, kiminin ise yaptığı işi elinden alabilme olasılığının olmasından ötürü tüm iş, görev ve meslekleri en azından bir dereceye kadar dönüştüreceği rahatlıkla söylenebilir. Çünkü diğer teknolojilerde de olduğu gibi yapay zekâ da bazı emeklere olan talebi değiştirebilir, emeğin beceri gereksinimlerinin geliştirilmesine neden olabilir. Elbette işin niteliğine bağlı olarak yapay zekâ bazı emekle rekabet haline girerken bazısını da tamamlayacak veya güçlendirecektir. Bu yüzden yaşanan teknolojik değişimler kesin surette işsizlik yaratır denilememektedir. Örneğin, robotlar özellikle imalat sanayinde emeğe rakip olup, ücretlerini ve istihdam olanaklarını azaltabilirler. Ancak öte yandan makine öğrenmesi ile yazılım sektörü ile uğraşan emeğin üretkenliğini artırıp yeni yatırım, üretim fırsatları sunabilir. Değişen ve gelişen teknolojilerle birlikte insan emeğinin becerileri de dinamik yapıya ayak uydurarak değişeceğinden, yapay zekâ bazı iş veya görevleri ikame etse de bu teknolojiye elde edilecek verimlilikle birlikte istihdamı da artıracaktır. Çünkü *yaratıcı yıkım* her zaman var olmuştur ve olmaya devam edecektir. Örneğin, daha önce

at arabalarıyla yapılan yolculukların yerini otomobillerin alması, benzin istasyonları ve şehirler arası dinlenme tesisleri gibi yeni yol kenarında yer alan özellikle hizmet sektörlerine talebi artırmıştır (Frank vd., 2019, s. 6532).

Yapay zekâ teknolojilerine duyulan endişe esasen yapay zekânın emek için önceki teknolojik değişim dalgalarından çok farklı sonuçlar doğuracağına olan inançtan gelmektedir. Ancak bunun böyle olmasına gerek yoktur. Geçmişte de yeni teknolojiler iş yıkımına sebep olmuş ancak bunları telafi edecek kadar iş yaratımı ve iş tamamlama etkilerini de ortaya çıkarmıştır. Bugüne kadar yaşanan teknolojik devrimlerde de olduğu gibi, yapay zekâda da bu teknolojilerin uzmanlaştığı görev ve işlerin tamamında veya bir kısmında emeğin yerini alması teknolojik olarak olası görünmemektedir. Yapay zekânın yerinden etme/yer değiştirme etkisinin olması çok muhtemeldir. Ancak buna rağmen karmaşık muhakeme, yargılama, analojiye dayalı öğrenme, soyut problem çözme ve fiziksel aktivite, empati ve iletişim becerileri gibi hâlâ otomatikleştirilemeyen insan becerileri var olduğu sürece emek işsiz kalmayacaktır. Yani yeni iş yaratma potansiyeli göz ardı edilse bile, yapay zekânın otomatikleştiremeyeceği pek çok iş ve görevin varlığı, bu teknolojilerin insan emeğini iş gücü piyasasından silme ihtimalinin çok düşük olduğuna bir kanıttır. Oluşabilecek en kötü senaryo, yapay zekânın mevcut işlerin doğasını değiştirmesiyle emeği mevcut iş ve görevlerden yeni iş ve görevlere geçişinin karmaşık ve yavaş bir süreç olmasına sebebiyet vererek emeğin verimli olabileceği yeni iş veya görev bulmasında geçecek zamanın iş gücü piyasasında kısa dönemli durgunluk görülmesi olacaktır (Acemoğlu ve Restrepo, 2018b, s. 11-12).

Genel denge perspektifinden bakıldığında, otomasyon türü teknolojiler -yapay zekâ da bu teknolojileri barındırmaktadır- iş gücü verimliliğini ve ücretleri artırabilir ve aynı zamanda istihdamı azaltmak yerine ek istihdam yaratabilir. Gelişen teknoloji belli beceri türlerini destekleyebilir, dolayısıyla gelir dağılımını etkileyebilecek beceri yanlı teknolojik değişim kavramı ortaya çıkabilir. Tarih göstermektedir ki çok önemli teknolojik değişim dalgalarına rağmen istihdam, iş gücü verimliliği ve ücretler istikrarlı bir şekilde artmıştır (Martens ve Tolan, 2018, s. 21). Emeğin karşılaştırmalı avantajını sürdürebileceği yeni işler veya görevler yaratılması emek piyasasının olumlu dönüşümünü destekleme ve yapısal işsizliğin olumsuz etkilerini azaltma konusunda fayda sağlayacağı aşıkardır (Nguyen ve Vo, 2022, s. 50). İnsanların ve makinelerin aktif

katılımıyla iş birlikçi bir üretim modelinin benimsenmesi ekonomide verimlilik artışının hızlanmasına yardımcı olabilir (Petroopoulos ve Kapur, 2022, s. 11).

Yapay zekânın birçok ülkede ve endüstrilerde artan kullanımı ile bu çalışma ampirik kısıtlamalar arasında yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisini ölçmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışma için ekonometrik analiz yapmanın temel zorluğu, ülkeler için yapay zekâ seviyesini ölçebilecek veri bulmaktır. Yapay zekânın ekonomik etkilerine ilişkin yapılan kısıtlı ampirik çalışmalarda kullanılan Ar-Ge harcamaları, yüksek teknoloji ihracatı, bilgi iletişim teknolojileri ihracatı, patent veya robot sayıları gibi değişkenlerin yapay zekâyı tek başına temsil etmekte yetersiz kalması nedeniyle, bu çalışma yapay zekâ endeksini yapay zekânın bir ölçüsü olarak kullanmaktadır. Çalışma, veri mevcudiyetindeki kısıtlamalara rağmen bu konudaki literatüre katkıda bulunma girişimindedir.

Bu meraka ve literatüre katkıda bulunma isteğine istinaden çalışmada yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisi 2017-2021 yıllarını kapsayan 5 yıllık dönemde 29 ülke için araştırılmıştır. Ancak bu etkiyi ölçmek kolay değildir. Her ne kadar gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için ayrı ayrı örneklemelerde tahmin yapılmak istense de Roodman (2009)'a göre, kesit sayısı 20'nin altında olan bir GMM tahmini tavsiye edilmemektedir. Çalışmada kullanılan veri setinde yer alan gelişmekte olan ülkelerin sayısı ise yalnızca 6 olduğundan çalışmada kesiti iki alt örnekleme bölmekten kaçınılmıştır. Bunun yanı sıra konunun fazlasıyla güncel olmasının yapay zekâyı temsil edecek verinin yetersiz olmasına sebebiyet vermesi, çalışmaya en büyük sınırlılığını getirmektedir. Yine de bu çalışma yapay zekânın ekonomik etkilerinin ele alındığı sınırlı ampirik çalışmalardan farklı olarak yapay zekâyı temsilen Ar-Ge harcamaları, yüksek teknoloji ihracatı, bilgi iletişim teknolojileri ihracatı, patent veya robot sayıları gibi değişkenlerin değil, yapay zekâyı daha geniş anlamda temsil edecek bir değişkenin kullanılmasıyla da ayrışmakta ve literatüre önemli bir katkı sunmaktadır. İfade edilen kısıtlamalar da göz önünde bulundurulduğunda, çalışmanın güncel ve önemli bir konu olan yapay zekâ ekonomisinin mevcut literatürüne önemli katkılar sağlaması beklenmektedir. Bu çalışmanın aynı zamanda gelecekteki araştırmalar için teşvik edici olması umut edilmektedir.

2017-2021 yıllarını kapsayan dönemde 29 ülke için dengeli panel veri analizi yapılan bu çalışmada ele alınan dönem ve ülkeler yapay zekâ endeksinin veri setine

göre belirlenmiştir. Bağımlı değişken istihdam oranı, bağımsız değişken yapay zekâ endeksi olurken, ekonomik büyüme, nüfus artış oranı, emek verimliliği ve işsizlik oranı çalışmaya kontrol değişken olarak eklenmiştir. Çalışmada ele alınan örneklem kısa bir zaman dilimi ($T=5$) ve nispeten büyük birim ($N=29$) ile karakterize edildiğinden, yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisini tahmin etmek için Sistem-GMM tahmincisi kullanılmıştır.

Yapılan analiz neticesinde yapay zekânın %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu, bu anlamlılığın katsayı işaretinin pozitif olması nedeniyle de yapay zekânın istihdam üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Temelde yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisini ampirik olarak araştıran bu çalışmada bu etkinin yanı sıra teknolojik gelişmeler ve verimlilik artışı arasında yıllardır kompleksliğini koruyan belirsizliklerin var olması nedeniyle, emek verimliliğinin de yapay zekâ teknolojileri ile ilişkili olarak istihdamı etkileme potansiyeli dikkate alınarak analiz edilmiştir. Bu nedenle yapay zekânın istihdam üzerindeki etkisinin analiz edildiği modele yapay zekâ ve emek verimliliğinin etkileştirildiği bir etkileşim terimi dahil edilerek Sistem-GMM yöntemi ile tahmini yapılmıştır. Tahmin sonuçlarına göre yapay zekâ ve emek verimliliği değişkenleri istihdamı ayrı ayrı pozitif etkilemekteyken, etkileşim teriminin katsayısının negatif olması nedeniyle etkileşime sokulan yapay zekâ ve emek verimliliğinin istihdam üzerindeki ayrı ayrı olumlu etkisini birlikteyken azalttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Yapay zekânın da diğer tüm yeni teknolojiler gibi gelecekte, şu an hayal edemediğimiz yeni iş/görevler ve süreçler yaratacağına, emeği tamamlayıp iş birliği içerisinde verimliliğin artırılmasına katkı sağlayacağına şüphe yoktur. Yeni ürünler, işler ve hizmetler ise bugün bilmediğimiz yeni meslekler anlamına gelecektir. Gelecekte, bugün aklımıza gelmeyen belki de temel ihtiyacımız haline gelmiş yeni ürünler olacaktır. Bu ürünler Luddistler gibi teknofobiklerin korkup reddettiği teknolojik yenilikler sayesinde gerçekleşecektir. Tüm işlerin ve mesleklerin yapay zekâ tarafından yok edilip, işsiz kalınacağı endişesi içine girmiş olanların düşünmesi gerekmektedir: Bugün kaç kişi önceki yüzyıllarda yapılan işlerde çalışmaktadır? Verilecek cevapla pek çok emeğin bugün bir nesil önce var olmayan işlerde çalıştığının farkına varılması gerekmektedir.

Teknoloji endojen bir değişken olduğundan teknolojilerin gelişmesi yeni fikirler yaratmaya, bilgiyi genişletmeye ve ekonomimizi düzenlemeye yönelik yapılan teşviklere bağlıdır. Yeni fikirler yaratmaya yönelik teşviklerin ortadan kaldırılması yeni fikirlerin tükenmesine sebep olabilir. Çevresel teşviklerle, insan yaratıcılığının ve fikirlerinin bir sınırı olması pek olası olmasa da (Van den Berg, 2001, s. 230) bu tarz isteklerin uyandırılması için bireylerin, kurumların veya firmaların devlet tarafından özendirilmesi elzemdir. Politika yapıcıların da yapay zekâdan bekledikleri faydaları kazanmak ve istenmeyen olumsuz etkileri bertaraf etmek için yapay zekâ ve iş gücünü tamamlayıcı bir yol izlemeleri gerekmektedir.

Yapay zekâ teknolojilerinin kullanımı yaygınlařtıķça ekonomi politikaları üzerinde de etkileri olacaktır ve ülkelerin politikaları da bu teknolojiye göre şkillenecektir. Para ve maliye politikalarının yanı sıra piyasa düzenlemelerinde de hükümetlerin denetlemeleri, müdahale sistemleri değişecektir. Buna ilişkin olarak politikacıların yapay zekânın hem fayda sağlayacağı konular hususunda hem de getireceği zorluklar kapsamında nasıl yanıt vereceği, nasıl reaksiyon alacağı önemlidir. Böyle bir teknolojik yeniliğe geçişi yönetmek için şimdiden hazırlıklara başlanılması gerekmektedir.

PwC (2018) raporuna göre, 2030 yılına kadar yapay zekânın küresel GSYH'ye sağlamasını beklediği 15,7 trilyon dolarlık katkı söz konusudur. Devletlerin, bu derece yüksek beklenen bir teknolojinin yalnızca piyasaya bırakılmasına müsaade etmesi beklenemez. Bu da devletlerin yapay zekâ teknolojilerini anlamaya, kullanmaya ve uygulamaya yönelik ön hazırlıkları yapması, bu teknolojileri benimseyip kullanabilecek ve daha ilerisini geliştirebilecek insan gücü yetiştirmesi ve eğitim politikasını buna göre hazırlaması, bu alana yapılacak yatırımları finanse etmesi, yapay zekâ kullanımında etik açıdan mevzuat hazırlaması gibi konularda ipleri eline alacağı anlamına gelmektedir (Tamer ve vgn, 2020, s. 797).

Yapay zekâ hayatımıza nüfuz ettikçe insanlar ve teknoloji arasındaki ilişkiyi dönüştürmeye devam edecektir. Yapay zekânın daha fazla benimsenmesinin ve yaygınlaşmasının sağlanmasıyla da verimliliği artırmak, sektörleri yeniden tasarlamak gibi fırsatlar doğacaktır. Bu bağlamda beşerî sermaye arzına ve bu beşerî sermayede yapay zekâ yeteneklerinin arzına odaklanacak politikalara ihtiyaç vardır. Çünkü yapay zekânın yayılmasını engelleyen en önemli sorun yapay zekâ yeteneklerindeki

eksikliklerdir. Bunu gidermek için özellikle eğitim öğretim politikalarını dizayn etmekte fayda vardır. Eğitim politikalarının yanı sıra yapay zekâ odaklı yatırım yapan firmalar da çalışma ortamlarını bu teknolojiye göre ayarlayıp bakış açılarını değiştirerek çalışanlarını yapay zekâ teknolojilerini kullanma konusunda daha verimli hale getirmeyi ilke edinmelidirler. Teknolojinin tüm faydalarından yararlanmak için her alanda insan merkezli bir yaklaşıma ihtiyaç vardır (Petropoulos ve Kapur, 2022, s. 13-15).

Kimileri yapay zekâ teknolojilerinin ve süreçlerin otomasyonunun özellikle gelişmekte olan ülkelerde iş kaybına yol açacağı endişesine sahiptir. Ancak yeni teknolojiler nedeniyle kaybedilen işler, en kötü ihtimalle daha yüksek vasıf veya farklı beceriler gerektiren işlerle yer değiştireceğinden bu durumla baş etmenin en önemli yolu eğitim sisteminin güçlendirilmesinden geçmektedir. İçinde bulunduğumuz endüstri devriminden faydalanmak için eğitimin yanında yönetişimsel ve hukuksal reformlara da ihtiyaç vardır. Böylece internet ve mobil bağlantıların uygun fiyatta en alt tabana kadar yayılması ileride yapay zekânın olumlu gelişimi için önemli bir itici güç olacaktır (Aarvik, 2019, s. 2).

Günümüz iş gücü piyasalarında ortaya çıkabilecek en büyük zorluk, piyasanın aşırı doymun hale geldiği alanları ve sektörleri tespit etmek ve bu fazlalığı ihtiyaç duyulan diğer alanlara kanalize etmektir. İş gücü piyasasının aşırı doymunluğa ulaşması aktif nüfus için de bir tehdit oluşturur ve gelirin azalmasına, orantısız ellerde toplanmasıyla adaletsizliğe yol açabilir. Bu durumda piyasa ihtiyaçlarına göre her alana özgü verilecek eğitimler faydalı olacak ve piyasada işverenlerin talepleri de en uygun sürede karşılanmış olacaktır (Banescu vd., 2021, s. 149). Her bir faaliyet alanı için eğitim teklifinin piyasa gereksinimlerine göre değiştiği bir sistem faydalı olacaktır. Bu şekilde piyasa, işverenlerin taleplerini makul bir sürede karşılayabilecektir.

Yapay zekânın dünya çapında aktığı kanalların geliştirilmesi ve yaratılan bu teknolojinin insanlık adına yüksek yaşam standartlarının herkes tarafından ulaşılabilir hale gelmesinin sağlanması gerekmektedir. Bunun için sahip olunan yapay zekâ başta olmak üzere, teknolojilerin ülkeler arasında yakınsaması gerekmektedir. Bu durumda da ülkelerin birbirleri ile daha fazla iletişim halinde olmaları, ticaret yapmaları ve yeni fikirlerin geliştirilmesi için iş birliği yapmaları gerekmektedir. Doğru politikalarla tüm ülke vatandaşlarının yüksek yaşam standartlarından faydalanmaması için hiçbir sebep yoktur.

Yapay zekâ teknolojilerinin fabrikalarda, tesislerde, iş yerlerinde kullanılması ile bunun insan emeği üzerine olan yansımalarına ilişkin son yıllarda artan bir ilgi olsa da ampirik, metodolojik ve teorik anlamda konunun anlaşılmasına ilişkin mevcut literatürde hâlâ boşluklar mevcuttur. Özellikle ampirik literatürdeki eksiklik yapay zekânın istihdama etkileri üzerinde belirleyici olmamasına neden olmaktadır. Yapay zekâ tabanlı teknolojilerin kullanımı iş kayıplarına mı iş yaratımına mı veya eşitsizlikte artışa mı neden olacağı konusunda bir sonuca varmak şu an için mümkün değildir. Bu husus öncelikle yapay zekânın kullanım alanlarına bağlı olmakla birlikte kullanımının da giderek yayılması mevcut veriler neticesinde net bir doğruya ulaşılmasını engellemektedir. Buradan hareketle bu çalışmanın temel sınırlılığı veri eksikliğidir. Yapay zekânın şimdiden çok geniş etkileri olacağı öngörüldüğünden, konunun farklı parametrelerle daha detaylı incelenmesi gerekmektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar gelecekteki araştırmalarla birlikte değerlendirildiğinde yapay zekâ teknolojilerinin istihdama etkileri konusunda daha net konuşulabileceği düşünülmektedir. Daha fazla ampirik çalışma yapıldıkça, yapay zekânın insan emeğini ikame etme, tamamlama veya insan emeği için yeni iş ve görevler yaratma potansiyeli, iş gücü talebi, gelir adaletsizliği gibi konularda daha net konuşulabilecektir. Bu etkilerin önceki teknolojik devrimlerle etkisi daha iyi kıyaslanabilecek, yapay zekâ teknolojilerinin kendine özgü nitelikleri farkın anlaşılmasına fayda sağlayacaktır. Konu, yapay zekâ tabanlı uygulamalar özeline indirilerek de incelenebileceği gibi kapsayıcı bir veri ile de araştırılabilir. Ayrıca, bu teknolojilerin salt olarak toplam istihdam üzerine etkisine bakmanın yanı sıra meslek, sektör, vasıflı/orta vasıflı/vasıfsız, kadın-erkek, genç-yaşlı, engelli ve göçmen iç gücü segmentinde de incelenmesinin ufku genişleteceğine şüphe yoktur. Çalışmanın, özelindeki sınırlılıklara rağmen yapay zekâ ve istihdam gibi önemli bir ilişkisi olan konu hakkında mevcut literatüre katkı sağlaması ve ileride yapılacak çalışmalar için de teşvik edici olması beklenmektedir. Bu konuya ilişkin çalışmalar arttıkça da daha pek çok eksikliğin olduğu anlaşılacak ve yeni çalışma alanları da ortaya çıkacaktır.

KAYNAKÇA

- Aarvik, P. (2019). *Artificial Intelligence – a promising anti-corruption tool in development settings?* (U4 Report 2019:1). U4 Anti-Corruption Resource Centre.
- Abdullah, M., Madain, A., & Jararweh, Y. (2022). *ChatGPT: Fundamentals, Applications and Social Impacts*. 1-8.
- Abel, A. B., Bernanke, B. S., & Croushore, D. (2017). *Makroekonomi* (C. Balcı, Çev.). Efil Yayınevi.
- Acemoglu, D., & Restrepo, P. (2019b). Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor. *Journal of Economic Perspectives*, 33(2), 3-30.
- Acemoğlu, D. (1998). Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality. *The Quarterly Journal of Economics*, 113(4), 1055-1089. <https://doi.org/10.1162/003355398555838>
- Acemoğlu, D. (2002). Technical Change, Inequality, and the Labor Market. *Journal of Economic Literature*, 40(1), 7-72.
- Acemoğlu, D., & Restrepo, P. (2017). ROBOTS AND JOBS: EVIDENCE FROM US LABOR MARKETS. *NBER Working Paper No. 23285*. <https://doi.org/10.3386/w23285>
- Acemoğlu, D., & Restrepo, P. (2018b). Artificial Intelligence, Automation and Work. *Massachusetts Institute of Technology, Working Paper 18-01*, 44.
- Acemoğlu, D., & Restrepo, P. (2018a). The Race between Man and Machine: Implications of Technology for Growth, Factor Shares, and Employment. *American Economic Review*, 108(6), 1488-1542. <https://doi.org/10.1257/aer.20160696>

- Acemoğlu, D., & Restrepo, P. (2019a). *The Wrong Kind of AI? Artificial Intelligence and the Future of Labor Demand* (NBER WORKING PAPER SERIES Working Paper 25682).
- Acemoğlu, D., & Robinson, J. A. (2019). *Ulusların Düşüşü: Güç, Zenginlik ve Yoksulluğun Kökenleri* (F. R. Velioğlu, Çev.; 45.). Doğan Kitap.
- Achar, S. (2019). Early Consequences Regarding the Impact of Artificial Intelligence on International Trade. *American Journal of Trade and Policy*, 6(3), 119-126.
- Adalı, E. (2012). Doğal dil işleme. *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 5(2).
- Agarwal, A., & Alathur, S. (2023). Metaverse revolution and the digital transformation: Intersectional analysis of Industry 5.0. *Transforming Government: People, Process and Policy*, 17(4), 688-707. <https://doi.org/10.1108/TG-03-2023-0036>
- Agarwal, H., & Agarwal, R. (2017). First Industrial Revolution and Second Industrial Revolution: Technological Differences and the Differences in Banking and Financing of the Firms. *Saudi Journal of Humanities and Social Sciences*, 2(11A), 1062-1166.
- Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351.
- Aghion, P., & Howitt, P. (1994). Growth and Unemployment. *The Review of Economic Studies*, 61(3), 477-494. <https://doi.org/10.2307/2297900>
- Aghion, P., & Howitt, P. (1998). *Endogenous Growth Theory*. Cambridge: The MIT Press.
- Agrawal, A., Gans, J., & Goldfarb, A. (2019). Economic policy for artificial intelligence. *Innovation Policy and the Economy*, 19, 139-159.

- Ahn, S. C., & Schmidt, P. (1995). Efficient estimation of models for dynamic panel data. *Journal of Econometrics*, 68, 5-27. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01641-C](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01641-C)
- Akkoç, U., & Şahin, H. (2019). ÜLKELER ARASI GELİR YAKINSAMASI: DİNAMİK PANEL VERİ YÖNTEMİ İLE BETA YAKINSAMASI TAHMİNİ. *Eurasian Academy of Sciences Eurasian Business & Economics Journal*, 20, 194-212.
- Akst, D. (2013). What Can We Learn from Past Anxiety over Automation? *The Wilson Quarterly*, Summer.
- Al, A., & Bilgiç, O. (2023). The Impact of Artificial Intelligence Integrated Product Trade on International Political Economy. *TESAM Akademi Dergisi*, 10(2), 393-409.
- Albarrán Lozano, I., Molina, J. M., & Gijón, C. (2021). Perception of Artificial Intelligence in Spain. *Telematics and Informatics*, 63, 101672. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2021.101672>
- Alçın, S. (2016). ÜRETİM İÇİN YENİ BİR İZLEK: SANAYİ 4.0. *Journal of life Economics*, 3(2), 19-30.
- Alderucci, D., Branstetter, L., College, H., Hovy, E., & Runge, A. (2020). Quantifying the Impact of AI on Productivity and Labor Demand: Evidence from U.S. Census Microdata. In *Allied Social Science Associations—ASSA 2020 Annual Meeting*.
- Allen, R. C. (1999). Tracking the Agricultural Revolution in England. *The Economic History Review*, 52(2), 209-235.
- Alpaydın, E. (2018). *Yapay Öğrenme* (4. Baskı (Ethem Alpaydın, Introduction to Machine Learning, 2. baskıdan çeviri)). Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi.

- Alves, J., Lima, T. M., & Gaspar, P. D. (2023). Is Industry 5.0 a Human-Centred Approach? A Systematic Review. *Processes*, 11(193). <https://doi.org/10.3390/pr11010193>
- Anderson, T. W., & Hsiao, C. (1982). Formulation and estimation of dynamic models using panel data. *Journal of Econometrics*, 18(1), 47-82.
- Antweiler, W. (2001). Nested random effects estimation in unbalanced panel data. *Journal of Econometrics*.
- Anyoha, R. (2017). *The History of Artificial Intelligence*. Harvard University-Blog, Special Edition on Artificial Intelligence. <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/>
- Arellano, M. (1989). A Note on the Anderson-Hsiao Estimator for Panel Data. *Economics Letters*, 31(4), 337-341.
- Arellano, M., & Bond, S. (1991). Some Tests of Specification for Panel Data: Monte Carlo Evidence and an Application to Employment Equations. *The Review of Economic Studies*, 58(2), 277-297. <https://doi.org/10.2307/2297968>
- Arellano, M., & Bover, O. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of Econometrics*, 68(1), 29-51. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01642-D](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01642-D)
- Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2016). *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis* (OECD Social, Employment and Migration Working Papers 189; OECD Social, Employment and Migration Working Papers, C. 189). <https://doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>
- Arrow, K. J. (1962). The economic implications of learning by doing. *The Review of Economic Studies*, 29(3), 155-173.

- Artificial Intelligence*. (2022, Kasım 17). Oxford English Dictionary.
<https://www.oed.com/view/Entry/271625>
- Asteriou, D., & Hall, S. G. (2007). *Applied Econometrics: A Modern Approach (Revised Edition)* (Rev. ed., [Nachdr.]). Palgrave Macmillan.
- Autor, D. H., & Dorn, D. (2013). The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. *American Economic Review*, 103(5), 1553-1597.
- Autor, D. H. (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3-30.
<https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3>
- Autor, D. H., & Dorn, D. (2013). The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market. *American Economic Review*, 103(5), 1553-1597. <https://doi.org/10.1257/aer.103.5.1553>
- Autor, D. H., Katz, L. F., & Krueger, A. B. (1998). COMPUTING INEQUALITY: HAVE COMPUTERS CHANGED THE LABOR MARKET? *The Quarterly Journal of Economics*, 113(4), 1169-1213.
- Bagguley, P., Mark-Lawson, J., & Shapiro, D. (1990). *Restructuring: Place, Class and Gender*. SAGE Publications Ltd.
- Bahoo, S., Cucculelli, M., & Qamar, D. (2023). Artificial intelligence and corporate innovation: A review and research agenda. *Technological Forecasting and Social Change*, 188. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122264>
- Bahrini, R., & Qaffas, A. (2019). Impact of Information and Communication Technology on Economic Growth: Evidence from Developing Countries. *Economies*, 7, 21. <https://doi.org/10.3390/economies7010021>

- Bal, H. Ç., & Erkan, Ç. (2019). Industry 4.0 and Competitiveness. *Procedia Computer Science*, 158, 625-631.
- Baltagi, B. H. (2021). *Econometric Analysis of Panel Data* (Sixth Edition). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-53953-5>
- Baltagi, B. H., Song, S. H., & Jung, B. C. (2001). The unbalanced nested error component regression model. *Journal of Econometrics*.
- Banescu, C.-E., Titan, E., & Manea, D. (2021). *The Labor Market in the Digital Age: A New Perspective on Job*. 142-150. <https://doi.org/10.24818/BASIQ/2021/07/018>
- Basalla, G. (2013). *Teknolojinin Evrimi* (C. Soydemir, Çev.; 14. baskı). Doğu Batı Yayınları.
- Bascle, G. (2008). Controlling for endogeneity with instrumental variables in strategic management research. *Strategic Organization*, 6(3), 285-327. <https://doi.org/10.1177/1476127008094339>
- Beaud, M. (2016). *Kapitalizmin Tarihi 1500-2010* (F. Başkaya, Çev.; 2.). Yordam Kitap.
- Belchik, T. A. (2022). Artificial Intelligence as a Factor in Labor Productivity. İçinde A. V. Bogoviz, A. E. Suglobov, A. N. Maloletko, & O. V. Kaurova (Ed.), *Cooperation and Sustainable Development* (C. 245). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-77000-6>
- Berber, M. (2006). *İktisadi Büyüme ve Kalkınma* (3.). Derya Kitabevi.
- Bessen, J. (2016). *How Computer Automation Affects Occupations: Technology, jobs, and skills* (15-49).
- Bickley, S. J., Chan, H. F., & Torgler, B. (2021). *Artificial Intelligence in the Field of Economics* (2021-28; ss. 2055-2084). CREMA-Center for Research in Economics, Management and the Arts. <https://link.springer.com/10.1007/s11192-022-04294-w>

- Bloem, J., Van Doorn, M., Duivesteyn, S., Excoffier, D., Maas, R., & Van Ommeren, E. (2014). *The Fourth Industrial Revolution-Things to Tighten the Link Between it and ot* (3). SOGETI VINT.
- Blundell, R., & Bond, S. (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics*, 87, 115-143.
- Blundell, R., Bond, S., & Windmeijer, F. (2000). *Estimation in dynamic panel data models: Improving on the performance of the standard GMM estimator* (IFS Working Papers W00/12; Working Paper Series). Institute for Fiscal Studies (IFS). <https://doi.org/10.1920/wp.ifs.2000.0012>
- Bond, S., Bowsher, C., & Windmeijer, F. (2001). Criterion-based inference for GMM in autoregressive panel data models. *Economics Letters*, 73, 379-388.
- Bond, S., Hoeffler, A., & Temple, J. (2001). GMM Estimation of Empirical Growth Models. SSRN 290522.
- Bond, S. R. (2002). Dynamic panel data models: A guide to micro data methods and practice. *Portuguese Economic Journal Volume*, 1, 141-162.
- Bonsay, J., Cruz, A. P., Firozi, H. C., & Camaro, A. P. J. C. (2021). Artificial Intelligence and Labor Productivity Paradox: The Economic Impact of AI in China, India, Japan, and Singapore. *Journal of Economics, Finance and Accounting Studies*, 3(2), 120-139. <https://doi.org/10.32996/jefas.2021.3.2.13>
- Braverman, H. (1974). *Labor and monopoly capital: The degradation of work in the twentieth century*. NYU Press.
- Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). *Industry 5.0: Towards a sustainable, human centric and resilient European industry*. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation-Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/308407>

- Bringsjord, S. (1992). *What Robots Can and Can't Be* (1. bs). Originally published by Kluwer Academic Publishers, Springer Science & Business Media, 2013.
- Bringsjord, S., & Govindarajulu, N. S. (2016). Leibniz's Art of Infallibility, Watson, and the Philosophy, Theory, and Future of AI. İçinde *Fundamental Issues of Artificial Intelligence* (ss. 185-202).
- Bromberg, J. L. (1988). The Birth of the Laser. *American Institute of Physics*, 41(10), 26-33.
- Brynjolfsson, E., Hui, X., & Liu, M. (2019). Does Machine Translation Affect International Trade? Evidence from a Large Digital Platform. *Management Science*, 65(12).
- Brynjolfsson, E., Jin, W., & McElheran, K. (2021). The Power of Prediction: Predictive Analytics, Workplace Complements, and Heterogeneous Firm Performance. *Business Economics*, 56(4), 217-239.
- Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2018). *The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies* (NBER Working Paper Series Paper No. 25148).
- Brynjolfsson, E., Rock, D., & Syverson, C. (2019). Artificial Intelligence and the Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics. İçinde A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Ed.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda* (ss. 23-59). University of Chicago Press.
- Budhwar, P., Chowdhury, S., Wood, G., Aguinis, H., Bamber, G. J., Beltran, J. R., Boselie, P., Lee Cooke, F., Decker, S., DeNisi, A., Dey, P. K., Guest, D., Knoblich, A. J., Malik, A., Paauwe, J., Papagiannidis, S., Patel, C., Pereira, V., Ren, S., ... Varma, A. (2023). Human resource management in the age of generative artificial intelligence: Perspectives and research directions on

- ChatGPT. *Human Resource Management Journal*, 33(3), 606-659.
<https://doi.org/10.1111/1748-8583.12524>
- Bughin, J., Seong, J., Manyika, J., Chui, M., & Joshi, R. (2018). *Notes from the AI frontier: Modeling the impact of AI on the world economy* (Discussion Paper 4). McKinsey Global Institute.
- Bulut, S. (2020). DİJİTAL ÇAĞDA MEDYA: MAKİNE ÖĞRENMESİ, ALGORİTMİK HABERCİLİK VE GAZETECİLİKTE İŞLEVSİZ İNSAN SORUNSALI. *Selçuk İletişim*, 13(1), 294-313.
- Cameron, A. C., & Trivedi, P. K. (2005). *Microeconometrics: Methods and Applications*. Cambridge University Press.
- Campa, R. (2014). Technological Growth and Unemployment: A Global Scenario Analysis. *Journal of Evolution and Technology*, 24(1), 86-103.
- Campa, R. (2017). Automation, education, unemployment: A scenario analysis. *Studia Paedagogica Ignatiana*, 20(1), 23-39.
- Čapek, K. (2013). *R.U.R. Rossum'un evrensel robotları* (P. Öztürk, Çev.). Elips Kitap.
- Captain, S. (2017). *Can IBM's Watson Do It All?*
<https://www.fastcompany.com/3065339/can-ibms-watson-do-it-all>
- Carbonero, F., Ernst, E., & Weber, E. (2018). Robots worldwide: The impact of automation on employment and trade. *International Labour Office Research Department Working Paper No. 36*.
- Chang, H. J. (2003). *Kalkınma Reçetelerinin Gerçek Yüzü* (T. A. Onmuş, Çev.; 8. bs). İletişim Yayınları.
- Chen, P., & Semmler, W. (2017). Short and Long Effects of Productivity on Unemployment. *SSRN*, 1-30. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2907539>

- Chiacchio, F., Petropoulos, G., & Pichler, D. (2018). *The impact of industrial robots on EU employment and wages: A local labour market approach*. Working Paper, Brugel.
- Chu, A. C., Peretto, P. F., & Wang, X. (2022). Agricultural revolution and industrialization. *Journal of Development Economics*, 158, 102887. <https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2022.102887>
- Clark, J. B. (1907). *Essentials of Economic Theory*. MacMillan.
- Cockburn, I. M., Henderson, R., & Stern, S. (2018). *The Impact of Artificial Intelligence on Innovation* (Working Paper 24449). NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH.
- Colin, C. (1989). *Science, Technology and Everyday Life, 1870-1950* (R. Bessel, Ed.). Routledge.
- Conte, A., & Vivarelli, M. (2011). Imported skill-biased technological change in developing countries. *The Developing Economies*, 49(1), 36-65.
- Coşkun, O., & Kuşçu, E. (2021). Artificial Intelligence's Apple of Eye, Natural Language Processing. *Turkophone*, 8(3), 116-129.
- Crafts, N. (2022). Slow real wage growth during the Industrial Revolution: Productivity paradox or pro-rich growth? *Oxford Economic Papers*, 74(1), 1-13. <https://doi.org/10.1093/oep/gpab008>
- Çelik, N. (2008). Beceri Yanlı Teknolojik Değişme Yaklaşım ve Gelişmiş Ülkelerde İşgücü Talebi. *Bilim, Eğitim ve Düşünce Dergisi*, 8(3).
- Dağlı, İ. (2022). *Yapay Zekâ Teknolojilerinde Etkili Faktörler Üzerine Bir Model Denemesi: En Başarılı Ülkelerle Panel Veri Analizi*. 19.

- Daidone, M., Ferrantelli, S., & Tuttolomondo, A. (2024). Machine learning applications in stroke medicine: Advancements, challenges, and future perspectives. *NEURAL REGENERATION RESEARCH*.
- Damioli, G., Van Roy, V., & Vertesy, D. (2021). The impact of artificial intelligence on labor productivity. *Eurasian Business Review*, 11(1), 1-25.
<https://doi.org/10.1007/s40821-020-00172-8>
- Dauth, W., Findeisen, S., Suedekum, J., & Woeßner, N. (2017). German Robots – The Impact of Industrial Robots on Workers. *IAB-Discussion Paper*.
- David, P. A. (1990). The Dynamo and the Computer: An Historical Perspective on the Modern Productivity Paradox. *The American Economic Review*, 80(2), 355-361.
- Değer, S. (2021). OTOMASYON TEKNOLOJİSİNİN ÜRETİM SÜREÇLERİNDE YARATTIĞI DEĞİŞİM VE BU DEĞİŞİMİN İŞGÜCÜ YAPISI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ. *Artuklu Kaime Uluslararası İktisadi ve İdari Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 135-164.
- Deng, J., & Lin, Y. (2022). The Benefits and Challenges of ChatGPT: An Overview. *Frontiers in Computing and Intelligent Systems*, 2(2), 81-83.
<https://doi.org/10.54097/fcis.v2i2.4465>
- Deng, L., & Yu, D. (2014). *Deep learning: Methods and Applications* (C. 7). Foundations and Trends in Signal Processing.
- Dikmen, G. (2012). YOLSUZLUKLARIN VERGİ GELİRLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: DİNAMİK PANEL VERİ ANALİZİ. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 13(1), 41-51.
- Dombrowski, U., & Wagner, T. (2014). Mental strain as field of action in the 4th industrial revolution. *Procedia CIRP*, 17, 100-105.

- Dombrowski, U., Wagner, T., & Riechel, C. (2013). *Concept for a Cyber Physical Assembly System*. 293-296.
- Donald, S. G., Imbens, G. W., & Newey, W. K. (2009). Choosing instrumental variables in conditional moment restriction models. *Journal of Econometrics*, 152, 28-36. <https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2008.10.013>
- Donepudi, P. K., Ahmed, A. A. A., & Saha, S. (2020). EMERGING MARKET ECONOMY (EME) AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI): CONSEQUENCES FOR THE FUTURE OF JOBS. *Palarch's Journal Of Archaeology Of Egypt/Egyptology*, 17(6).
- Dowd, D. (2008). *Kapitalizm ve Kapitalizmin İktisadi Eleştirel Bir Tarih* (C. Gerçek, Çev.). Yordam Kitap.
- Drukker, D. M. (2008). Econometric analysis of dynamic panel-data models using Stata. In *Summer North American Stata Users Group Meeting* . StataCorp.
- Duan, H., Li, J., Fan, S., Lin, Z., Wu, X., & Cai, W. (2021). *Metaverse for Social Good: A University Campus Prototype*. 29th ACM International Conference on Multimedia (MM '21).
- Dülger, C. (2022). *Refah Devleti ve Yoksulluk Kapsamında İktisat Tarihi* (Birinci Baskı). Kriter Yayınevi.
- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Baabdullah, A. M., Ribeiro-Navarrete, S., Giannakis, M., Al-Debei, M. M., Dennehy, D., Metri, B., Buhalis, D., Cheung, C. M. K., Conboy, K., Doyle, R., Dubey, R., Dutot, V., Felix, R., Goyal, D. P., Gustafsson, A., Hinsch, C., Jebabli, I., ... Wamba, S. F. (2022). Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International*

Journal of Information Management, 66(102542).
<https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>

Erdoğan, S., & Canbay, Ş. (2016). İktisadi Büyüme- Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Harcamaları İlişkisi Üzerine Teorik Bir İnceleme. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(2), 29-43.
<https://doi.org/10.18506/anemon.258538>

Ernst, E., Merola, R., & Samaan, D. (2019). Economics of Artificial Intelligence: Implications for the Future of Work. *IZA Journal of Labor Policy*, 9(1), 20190004. <https://doi.org/10.2478/izajolp-2019-0004>

Ernst, E., & Mishra, S. (2021). AI Efficiency Index: Identifying Regulatory and Policy Constraints for Resilient National AI Ecosystems. *SSRN Electronic Journal*.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.3800783>

Fan, D., & Liu, K. (2021). The Relationship between Artificial Intelligence and China's Sustainable Economic Growth: Focused on the Mediating Effects of Industrial Structural Change. *Sustainability*, 13(20), 11542.
<https://doi.org/10.3390/su132011542>

Feldmann, H. (2013). Technological unemployment in industrial countries. *Journal of Evolutionary Economics*, 23(5), 1099-1126. <https://doi.org/10.1007/s00191-013-0308-6>

Fırat, O. Z., & Fırat, S. Ü. (2017). Endüstri 4.0 Yolculuğunda Trendler ve Robotlar. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 46(2), 211-223.

Ford, M. (2021). *Robotların Yükselişi: Yapay Zeka ve İşsiz Bir Gelecek Tehlikesi* (C. Duran, Çev.; 10.). Kronik Kitap.

- Fossen, F. M., Samaan, D., & Sorgner, A. (2022). How Are Patented AI, Software and Robot Technologies Related to Wage Changes in the United States? *Frontiers in Artificial Intelligence*, 5, 869282. <https://doi.org/10.3389/frai.2022.869282>
- Fossen, F. M., & Sorgner, A. (2022). New digital technologies and heterogeneous wage and employment dynamics in the United States: Evidence from individual-level data. *Technological Forecasting and Social Change*, 175, 121381. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121381>
- Fraga-Lamas, P., Varela-Barbeito, J., & Fernandez-Carames, T. M. (2021). Next Generation Auto-Identification and Traceability Technologies for Industry 5.0: A Methodology and Practical Use Case for the Shipbuilding Industry. *IEEE Access*, 9, 140700-140730. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3119775>
- Frank, M. R., Autor, D., Bessen, J. E., Brynjolfsson, E., Cebrian, M., Deming, D. J., Feldman, M., Groh, M., Lobo, J., Moro, E., Wang, D., Youn, H., & Rahwan, I. (2019). Toward understanding the impact of artificial intelligence on labor. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(14), 6531-6539. <https://doi.org/10.1073/pnas.1900949116>
- Frey, C. B. (2019). *The Technology Trap: Capital, Labor, and Power in the Age of Automation*. Princeton University Press.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2013). *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?* (ss. 1-77) [Working Paper]. Oxford Martin.
- Furman, J. (2019). Should We Be Reassured If Automation in the Future Looks Like Automation in the Past? İçinde A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfrab (Ed.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda* (ss. 317-328). UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS.

- George, A. S., & George, A. S. H. (2023). Revolutionizing Manufacturing: Exploring the Promises and Challenges of Industry 5.0. *Partners Universal International Innovation Journal (PUIJ)*, 1(2). <https://doi.org/10.5281/ZENODO.7852124>
- George, A. S., George, A. S. H., & Martin, A. S. G. (t.y.). ChatGPT and the Future of Work: A Comprehensive Analysis of AI's Impact on Jobs and Employment. *Partners Universal International Innovation Journal(PUIIJ)*, 1(3). <https://doi.org/10.5281/zenodo.8076921>
- Gillham, J., Rimmington, L., Dance, H., Verweij, G., Rao, A., Barnard-Roberts, K., & Paich, M. (2018). *The macroeconomic impact of artificial intelligence* [PwC Report]. PricewaterhouseCoopers.
- Goldfarb, A., & Trefler, D. (2018). *AI AND INTERNATIONAL TRADE* (The World Trade Report Working Paper 24254). National Bureau of Economic Research.
- Goldin, C., & Katz, L. F. (1998). The origins of technology-skill complementarity. The Quarterly Journal of Economics. *The Quarterly Journal of Economics*, 113(3), 693-732.
- Gonzales, J. T. (2023). Implications of AI innovation on economic growth: A panel data study. *Journal of Economic Structures*, 12. <https://doi.org/10.1186/s40008-023-00307-w>
- Goos, M., & Manning, A. (2007). Lousy and Lovely Jobs: The Rising Polarization of Work in Britain. *Review of Economics and Statistics*, 89(1), 118-133. <https://doi.org/10.1162/rest.89.1.118>
- Goos, M., Manning, A., & Salomons, A. (2009). Job Polarization in Europe. *The American Economic Review*, 99(2), 58-63.

- Gordon, R. J. (2018). *Why Has Economic Growth Slowed When Innovation Appears to be Accelerating?* (NBER Working Paper Series 24554). National Bureau for Economic Research.
- Goyal, A., & Aneja, R. (2020). Artificial intelligence and income inequality: Do technological changes and worker's position matter? *Journal of Public Affairs*.
<https://doi.org/10.1002/pa.2326>
- Graetz, G., & Michaels, G. (2018). Robots at Work. *The Review of Economics and Statistics*, 100(5), 753-768. https://doi.org/10.1162/rest_a_00754
- Gries, T., & Naudé, W. (2018). Artificial Intelligence, Jobs, Inequality and Productivity: Does Aggregate Demand Matter? *SSRN Electronic Journal*.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.3301777>
- Gries, T., & Naudé, W. (2020). Artificial Intelligence, Income Distribution and Economic Growth. *SSRN Electronic Journal, Gender Economics, ZBW - Leibniz Information Centre for Economics*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3679012>
- Grossman, G. M., & Helpman, E. (1991). *Innovation and Growth in the Global Economy*. MIT Press.
- Grossman, G. M., & Helpman, E. (1994). Endogenous Innovation in the Theory of Growth. *The Journal of Economic Perspectives*, 8(1), 23-44.
- Growiec, J. (2022). AUTOMATION, PARTIAL AND FULL. *Macroeconomic Dynamics*, 26(7), 1731-1755.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2009). *Basic Econometrics* (Fifth Edition). McGraw-Hill/Irwin Companies.
- Guliyev, H. (2023). Artificial intelligence and unemployment in high-tech developed countries: New insights from dynamic panel data model. *Research in Globalization*, 7(100140). <https://doi.org/10.1016/j.resglo.2023.100140>

- Güdek, B. (2023). Endüstriyel dönüşüm ve endüstri 5.0. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(4), 1129-1142. <https://doi.org/10.25287/ohuiibf.1331731>
- Haenlein, M., & Kaplan, A. (2019). A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. *California Management Review*, 61(4), 5-14. <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>
- Hansen, L. P. (1982). Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators. *Econometrica*, 50(4), 1029-1054. <https://doi.org/10.2307/1912775>
- Hasan, I., & Tucci, C. L. (2010). The innovation–economic growth nexus: Global evidence. *Research Policy*, 39(10), 1264-1276. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.07.005>
- Hasan, I., Wachtel, P., & Zhou, M. (2009). Institutional development, financial deepening and economic growth: Evidence from China. *Journal of Banking & Finance*, 33, 157-170.
- Haseeb, M., Sasmoko, Mihadjo, L. W. W., Gill, A. R., & Jermisittiparsert, K. (2019). Economic Impact of Artificial Intelligence: New Look for the Macroeconomic Assessment in Asia-Pacific Region: *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 12(2), 1295. <https://doi.org/10.2991/ijcis.d.191025.001>
- Hauk, W. R., & Wacziarg, R. (2009). A Monte Carlo study of growth regressions. *Journal of Economic Growth*, 14, 103-147. <https://doi.org/10.1007/s10887-009-9040-3>
- Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251-1971.

- Heijs, J., Arenas Díaz, G., & Vergara Reyes, D. M. (2019). *Impact of innovation on employment in quantitative terms: Review of empirical literature based on microdata* (MPRA Paper No. 95326).
- Herrendorf, B., Rogerson, R., & Valentinyi, A. (2013). Two Perspectives on Preferences and Structural Transformation. *American Economic Review*, 103(7), 2752-2789.
- Hicks, J. R. (1973). *Capital and Time*. Oxford University Press.
- Hirst, P., & Zeitlin, J. (1991). Flexible specialization versus post-Fordism: Theory, evidence and policy implications. *Economy and Society*, 20(1), 1-56.
- Holtz-Eakin, D., Newey, W., & Rosen, S. (1988). Estimating Vector Autoregressions with Panel Data. *Econometrica*, 1371-1395.
- Hsiao, C. (2014). *Analysis of Panel Data* (Third Edition). Cambridge University Press.
- Hughes, T. P. (1993). The Evolution of Large Technological Systems. İçinde W. E. Bijker, T. P. Hughes, & T. Pinch (Ed.), *The Social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology* (4.). MIT Press.
- Hui, X., Reshef, O., & Zhou, L. (2023). The Short-Term Effects of Generative Artificial Intelligence on Employment: Evidence from an Online Labor Market. *Available at SSRN 4527336*.
- Hull, J. P. (1994). The Second Industrial Revolution and the Staples Frontier in Canada: Rethinking Knowledge And History. *Scientia Canadensis*, 18(1), 22-37.
<https://doi.org/10.7202/800373ar>
- IFR. (2022a). *Artificial Intelligence in Robotics*. International Federation of Robotics.
https://ifr.org/downloads/hidden/IFR_Artificial_Intelligence_in_Robotics_Positi

on_Paper_V02.pdf?utm_source=CleverReach&utm_medium=email&utm_campaign=Paper+Download&utm_content=Mailing_12323895

IFR. (2022b). *World Robotics 2022*. IFR International Federation of Robotics.

ILO. (2022). International Labour Organization ILOSTAT: the world's leading source of labour statistics. <https://ilostat.ilo.org/>

İnan, K. (2012). *Bilgi Toplumuna Geçerken Teknolojik İş(lev)sizlik* (1. Baskı). İletişim Yayınları.

İnce-Yenilmez, M., & Gönçer-Demiral, D. (2022). How Robots' Uptrend Affects the Economy and The Future. *YÖNETİM VE EKONOMİ*, 29(2).

Ivanov, S. (2017). ROBONOMICS – PRINCIPLES, BENEFITS, CHALLENGES, SOLUTIONS. *Yearbook of Varna University of Management*, 10, 283-293.

James, J. A., & Skinner, J. S. (1985). The resolution of the labor-scarcity paradox. *The Journal of Economic History*, 45(3), 513-540.

Jarrahi, M. H. (2018). Artificial intelligence and the future of work: Human-AI symbiosis in organizational decision making. *Business Horizons*, 61(4), 577-586. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.03.007>

Jensen, M. C. (1993). The Modern Industrial Revolution, Exit, and the Failure of Internal Control System. *The Journal of Finance*, XLVIII(3).

Jones, C. I. (1998). *Introduction to Economic Growth* (1.). W. W. Norton&Company, Inc.

Jongwanich, J., Kohpaiboon, A., & Obashi, A. (2022). Technological advancement, import penetration and labour markets: Evidence from Thailand. *World Development*, 151, 105746. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105746>

Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0* [Securing the Future of German

- Manufacturing Industry ; Final Report of the Industrie 4.0 Working Group].
Forschungsunion.
- Kaplan, A., & Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land?
On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence.
Business Horizons, 62, 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.004>
- Kathuria, R., Kedia, M., & Kapilavai, S. (2020). *IMPLICATIONS OF AI ON THE
INDIAN ECONOMY*. Indian Council for Research on International Economic
Relations.
- Kaus, W., Slavtchev, V., & Zimmermann, M. (2020). *Intangible capital and
productivity: Firm-level evidence from German manufacturing* (IWH Discussion
Papers, No. 1/2020). Halle Institute for Economic Research (IWH).
- Kesici-Çalışkan, H. (2015). Technological Change and Economic Growth. *Procedia -
Social and Behavioral Sciences*, 195, 649-654.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.174>
- Keynes, J. M. (1930). Economic Possibilities for Our Grandchildren. *Essays in
Persuasion*, New York: W.W.Norton & Co.
- Kim, Y. J., Kim, K., & Lee, S. (2017). The rise of technological unemployment and its
implications on the future macroeconomic landscape. *Futures*, 87, 1-9.
<https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.01.003>
- Klenert, D., Fernández-Macías, E., & Antón, J.-I. (2022). Do robots really destroy jobs?
Evidence from Europe. *Economic and Industrial Democracy*,
0143831X2110688. <https://doi.org/10.1177/0143831X211068891>
- Kok, J. N., Boers, E. J. W., Kusters, W. A., Putten, P. van der, & Poel, M. (2009).
Artificial Intelligence: Definition, Trends, Techniques and Cases. İçinde J. N.
Kok (Ed.), *Artificial Intelligence* (C. 1, ss. 1-20). EOLSS Publishers Co. Ltd.

- Korinek, A., & Stiglitz, J. E. (2017). *ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ITS IMPLICATIONS FOR INCOME DISTRIBUTION AND UNEMPLOYMENT* (NBER Working Paper 24174). NATIONAL BUREAU OF ECONOMIC RESEARCH.
- Krenz, A., Prettnner, K., & Strulik, H. (2021). Robots, reshoring, and the lot of low-skilled workers. *European Economic Review*, 136, 103744. <https://doi.org/10.1016/j.euroecorev.2021.103744>
- Kurt, R. (2019). Industry 4.0 in Terms of Industrial Relations and Its Impacts on Labour Life. *Procedia Computer Science*, 158, 590-601. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.093>
- Lachenmaier, S., & Rottmann, H. (2011). Effects of innovation on employment: A dynamic panel analysis. *International Journal of Industrial Organization*, 29, 210-220.
- Landes, D. S. (1969). *The unbound Prometheus: Technological change and industrial development in Western Europe from 1750 to the present*. Cambridge University Press.
- Lane, M., & Saint-Martin, A. (2021). *The impact of Artificial Intelligence on the labour market: What do we know so far?* (OECD Social, Employment and Migration Working Papers 256; OECD Social, Employment and Migration Working Papers, C. 256). OECD. <https://doi.org/10.1787/7c895724-en>
- Lee, J., & Lee, K. (2021). Is the fourth industrial revolution a continuation of the third industrial revolution or something new under the sun? Analyzing technological regimes using US patent data. *Industrial and Corporate Change*, 30(1), 137-159. <https://doi.org/10.1093/icc/dtaa059>

- Legg, S., & Hutter, M. (2017). Universal Intelligence: A Definition of Machine Intelligence. *Minds & Machines*, 17, 399-444. <https://doi.org/10.1007/s11023-007-9079-x>
- Leng, J., Sha, W., Wang, B., Zheng, P., Zhuang, C., Liu, Q., Wuest, T., Mourtzis, D., & Wang, L. (2022). Industry 5.0: Prospect and retrospect. *Journal of Manufacturing Systems*, 65, 279-295. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.09.017>
- Leontief, W. (1983). The new new age that's coming is already here. *Bottom Lane/Personal*, 4(8).
- Levine, R., Loayza, N., & Beck, T. (2000). Financial intermediation and growth: Causality and causes. *Journal of Monetary Economics*, 46, 31-77.
- Lu, C.-H. (2021). The impact of artificial intelligence on economic growth and welfare. *Journal of Macroeconomics*, 69. <https://doi.org/10.1016/j.jmacro.2021.103342>
- Lu, Y., & Zhou, Y. (2021). A review on the economics of artificial intelligence. *Journal of Economic Surveys*, 35(4), 1045-1072. <https://doi.org/10.1111/joes.12422>
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- Lynch, S. (2017). Andrew Ng: Why AI Is the New Electricity. <https://www.gsb.stanford.edu/insights/andrew-ng-why-ai-new-electricity>
- Maddala, G. S. (1971). The Use of Variance Components Models in Pooling Cross Section and Time Series Data. *Econometrica*, 39(2), 341-358.
- Makridakis, S. (2017). The forthcoming Artificial Intelligence (AI) revolution: Its impact on society and firms. *Futures*, 90, 46-60. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2017.03.006>
- Malthus, T. (1798). *An Essay on the Principle of Population*. Electronic Scholarly Publishing Project.

- Malthus, T. (1820). *Principles of Political Economy*. Cambridge University Press.
- Mamilla, V. R., Srinivasulu, M., & Mani Prasad, N. (2016). Study on Computer Numerical Control (CNC) Machines. *International Journal of Advanced Scientific Research*, 1(1), 21-25.
- Mantoux, P. (1928). *The Industrial Revolution In The Eighteen Century: An Outline of The Modern Factory System in England* (M. Vernon, Çev.). Jonathan Cape Ltd. Thirty Bedford Square.
- Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Ko, R., & Sanghvi, S. (2017). *JOBS LOST, JOBS GAINED: WORKFORCE TRANSITIONS IN A TIME OF AUTOMATION*. McKinsey Global Institute.
- Marengo, L. (2019). Is this time different? A note on automation and labour in the fourth industrial revolution. *Journal of Industrial and Business Economics*, 46, 323-331. <https://doi.org/10.1007/s40812-019-00123-z>
- Markey-Towler, B. (2018). The Economics of Artificial Intelligence. SSRN. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2907974
- Marshall, A. (1961). *Principles of Economics* (Firs edt 1890). Macmillan.
- Martens, B., & Tolan, S. (2018). *Will This Time Be Different? A Review of the Literature on the Impact of Artificial Intelligence on Employment, Incomes and Growth* (JRC Digital Economy Working Paper 2018-08). Joint Research Centre. <https://www.ssrn.com/abstract=3290708>
- Marx, K. (1951). *Theories of Surplus Value* (G. A. Bonner & E. Burns, Çev.). Lawrence & Wishart.
- Marx, K. (2016). *Das Kapital*. Gece Kitabevi.
- Marx, K. (2022). *Kapital 1. Cilt* (M. Selik & N. Satlıgan, Çev.; 15. bs). Yordam Kitap.

- Matyas, L., & Sevestre, P. (1996). *The econometrics of panel data. A handbook of the theory with applications* (Second Revised Edition). Kluwer Academic Publishers.
- McCarthy, J. (2004). *WHAT IS ARTIFICIAL INTELLIGENCE?* Stanford University.
- McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (1955). *A PROPOSAL FOR THE DARTMOUTH SUMMER RESEARCH PROJECT ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE. A PROPOSAL FOR THE DARTMOUTH SUMMER RESEARCH PROJECT ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE.* <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>
- McKinsey Analytics. (2020). *An Executive's Guide to AI.*
- Meltzer, J. P. (2018). *The impact of artificial intelligence on international trade.* Brookings Institution.
- Meltzer, J. P. (2024). The Impact of Foundational AI on International Trade, Services and Supply Chains in Asia. *Asian Economic Policy Review*, 19(1), 129-147. <https://doi.org/10.1111/aepr.12451>
- Mileva, E. (2007). *Using Arellano-Bond Dynamic Panel GMM Estimators in Stata.* Fordham University.
- Min, J., Kim, Y., Lee, S., Jang, T.-W., Kim, I., & Song, J. (2019). The Fourth Industrial Revolution and Its Impact on Occupational Health and Safety, Worker's Compensation and Labor Conditions. *Safety and Health at Work*, 10(4), 400-408. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2019.09.005>
- Mohajan, H. K. (2021). Third Industrial Revolution Brings Global Development. *Journal of Social Sciences and Humanities*, 7(4), 239-251.
- Mohri, M., Rostamizadeh, A., & Talwalkar, A. (2018). *Foundations of Machine Learning* (Second Edition). The MIT Press.

- Mokyr, J. (1998). The Second Industrial Revolution, 1870-1914. *The Lever of Riches*, 21945(1).
- Mokyr, J. (2002). *The Gifts of Athena: Historical Origins of the Knowledge Economy*. Princeton University Press.
- Mokyr, J., Vickers, C., & Ziebarth, N. L. (2015). The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different? *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 31-50. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.31>
- Moor, J. (2006). *The Dartmouth College Artificial Intelligence Conference: The Next Fifty Years*. 27(4).
- Moreno-Galbis, E., & Sneessens, H. R. (2007). Low-Skilled Unemployment, Capital-Skill Complementarity and Embodied Technical Progress. *Recherches économiques de Louvain*, 73, 241-272.
- Möller, D. P. F., Vakilzadian, H., & Haas, R. E. (2022). From Industry 4.0 towards Industry 5.0. 2022 *IEEE International Conference on Electro Information Technology (eIT)*, 61-68. <https://doi.org/10.1109/eIT53891.2022.9813831>
- Mutascu, M. (2021). Artificial intelligence and unemployment: New insights. *Economic Analysis and Policy*, 69, 653-667. <https://doi.org/10.1016/j.eap.2021.01.012>
- Müller, J. (2020). *Enabling Technologies for Industry 5.0: Results of a workshop with Europe's technology leaders*. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation, Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2777/082634>
- Ng, A. (2018). *AI is the New Electricity*. O'Reilly Media.
- Nguyen, C. P., & Doytch, N. (2022). The impact of ICT patents on economic growth: An international evidence. *Telecommunications Policy*, 46(5), 102291. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2021.102291>

- Nguyen, Q. P., & Vo, D. H. (2022). Artificial intelligence and unemployment: An international evidence. *Structural Change and Economic Dynamics*, 63, 40-55.
<https://doi.org/10.1016/j.strueco.2022.09.003>
- Nickell, S. (1981). Biases in Dynamic Models with Fixed Effects. *Econometrica*, 49(6), 1417-1426.
- Nilsson, N. J. (1984). Artificial Intelligence, Employment, and Income. *AI Magazine*, 5(2), 5-15.
- Nurkse, R. (1953). *Problems of Capital Formation in Underdeveloped Countries*. Oxford University Press.
- OECD. (2001). *Measuring Productivity—OECD Manual: Measurement of Aggregate and Industry-level Productivity Growth*. OECD Publishing.
- OECD. (2017). *OECD Digital Economy Outlook 2017*.
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264276284-en>
- OECD. (2019a). *Artificial Intelligence in Society* [OECD Publishing].
<https://doi.org/10.1787/eedfee77-en>
- OECD. (2019b). Understanding digital transformation. İçinde *Going Digital: Shaping Policies, Improving Lives*. OECD Publishing. 10.1787/6d58fe4c-en
- OECD. (2022). *Recommendation of the Council on Artificial Intelligence* (OECD/LEGAL/0449).
- OECD.AI. (2023).
- Okan-Gökten, P. (2018). KARANLIKTA ÜRETİM: YENİ ÇAĞDA MALİYETİN KAPSAMI. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20(4), 880-897.
- Olsen, T. L., & Tomlin, B. (2020). Industry 4.0: Opportunities and challenges for operations management. *Manufacturing & Service Operations Management*, 22(1), 113-122.

- Özalp, H., & Arda-Özalp, L. F. (2020). Teknik Değişim ve Emek. İçinde E. Kef & E. Kovancı (Ed.), *Yeni Eko-Tek Dünya Teknolojinin Son Sürümü*. Ekin Basım Yayın.
- Özer, M., & Çiftçi, N. (2009). AR-GE TABANLI İÇSEL BÜYÜME MODELLERİ VE AR-GE HARCAMALARININ EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNE ETKİSİ: OECD ÜLKELERİ PANEL VERİ ANALİZİ. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 8(16), 219-240.
- Özkan, M., Al, A., & Yavuz, S. (2018). Uluslararası Politik Ekonomi Açısından Dördüncü SanayiEndüstri Devrimi'nin Etkileri ve Türkiye. *Marmara Üniversitesi Siyasal Bilimler Dergisi*, 6(2), 126-156.
<https://doi.org/10.14782/ipsus.460135>
- Parasız, İ. (2003). *Ekonomik Büyüme Teorileri* (2.). Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş.
- Parschau, C., & Hauge, J. (2020). Is automation stealing manufacturing jobs? Evidence from South Africa's apparel industry. *Geoforum*, 115, 120-131.
<https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2020.07.002>
- Parteka, A., & Kordalska, A. (2023). Artificial intelligence and productivity: Global evidence from AI patent and bibliometric data. *Technovation*, 125(102764).
<https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102764>
- Pennachin, C., & Goertzel, B. (2007). Contemporary approaches to artificial general intelligence. İçinde *Artificial general intelligence* (ss. 1-30). Springer.
- Petropoulos, G. (2018). THE IMPACT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE ON EMPLOYMENT. İçinde M. Neufeind, J. O'Reilly, & F. Ranft (Ed.), *WORK IN THE DIGITAL AGE: Challenges of the Fourth Industrial Revolution* (ss. 119-132). Rowman & Littlefield International Ltd.

- Petropoulos, G., & Kapur, M. (2022). *Artificial intelligence: Increasing labour productivity in a responsible way*. Transatlantic Expert Group on the Future of Work.
- Piva, M., & Vivarelli, M. (2004). Technological change and employment: Some micro evidence from Italy. *Applied Economics Letters*, 11(6), 373-376. <https://doi.org/10.1080/1350485042000228222>
- Piva, M., & Vivarelli, M. (2017). Technological Change and Employment: Were Ricardo and Marx Right? *SSRN Electronic Journal, Discussion Paper Series-IZA Institute of Labor Economics*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2903093>
- Piva, M., & Vivarelli, M. (2018). Technological change and employment: Is Europe ready for the challenge? *Eurasian Business Review*, 8, 13-32. <https://doi.org/10.1007/s40821-017-0100-x>
- Porcher, S. (2020). Measuring Artificial Intelligence Capabilities and Readiness. *Academy of Management Proceedings*, 2020(1), 13168. <https://doi.org/10.5465/AMBPP.2020.13168abstract>
- Qian, Y., Liu, J., Shi, L., Forrest, J. Y.-L., & Yang, Z. (2023). Can artificial intelligence improve green economic growth? Evidence from China. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(6), 16418-16437. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23320-1>
- Rammer, C., Fernandez, G. P., & Czarnitzki, D. (2022). Artificial intelligence and industrial innovation: Evidence from German firm-level data. *Research Policy*, 51.
- Ratner, B. (2000). A comparison of two popular machine learning methods. *DM STAT-1 Online Newsletter about Quantitative Methods in Direct Marketing*, 4.

- Rehm, S.-V., Goel, L., & Crespi, M. (2015). The metaverse as mediator between technology, trends, and the digital transformation of society and business. *Journal For Virtual Worlds Research*, 8(2).
- Ricardo, D. (1817). *ON THE PRINCIPLES OF POLITICAL ECONOMY AND TAXATION* (1821. Third edition.). London: John Murray.
- Ricardo, D. (1951). Principles of Political Economy. İçinde P. Sraffa (Ed.), *The Works and Correspondence of David Ricardo Volume I*. Cambridge University Press.
<https://competitionandappropriation.econ.ucla.edu/wp-content/uploads/sites/95/1970/01/Principles-of-Political-Economy-and-Taxation-1817.pdf>
- Ricardo, D. (2018). *Siyasal İktisadın ve Vergilendirmenin İlkeleri* (B. Zeren, Çev.; 4.). Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Rifkin, J., Da Graça-Carvalho, M., Consoli, A., & Bonifacio, M. (2008). Leading the way to the third industrial revolution. *European Energy Review*.
- Roberts, B. (2015). *The Third Industrial Revolution: Implications for Planning Cities and Regions* [Working Paper 1]. Urban Frontiers.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *The Journal of Political Economy*, 98(5), 71-102.
- Roodman, D. (2006). *How to Do xtabond2: An Introduction to “Difference” and “System” GMM in Stata* (Working Paper Number 103). Center for Global Development.
- Roodman, D. (2009a). How to do Xtabond2: An Introduction to Difference and System GMM in Stata. *The Stata Journal*, 9(1), 86-136.
- Ros, J. (2000). *Development Theory and the Economics Growth*. The University of Michigan Press.

- Rosalie, S. (Ed.). (1983). The Robot Revolution: An Interview with James Albus. *Communications of the ACM*, 26(3), 179-180.
- Roth, R. (2010). Marx on technical change in the critical edition. *The European Journal of the History of Economic Thought*, 17(5), 1223-1251. <https://doi.org/10.1080/09672567.2010.522239>
- Russell, S. J., & Norvig, P. (2010). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (3.). Pearson Education, Inc.
- Santos, D. M. F., & Sequeira, C. A. C. (2011). Sodium borohydride as a fuel for the future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 3980-4001.
- Saracel, N., & Aksoy, I. (2020). Toplum 5.0: Süper Akıllı Toplum. *Social Sciences Research Journal*, 9(2), 26-34.
- Sarker, P. K. (2022). Macroeconomic effects of artificial intelligence on emerging economies: Insights from Bangladesh. *Economics, Management and Sustainability*, 7(1), 59-69. <https://doi.org/10.14254/jems.2022.7-1.5>
- Say, J.-B. (2001). *A Treatise on Political Economy or the Production, Distribution and Consumption of Wealth*. Batoche Books. <https://socialsciences.mcmaster.ca/econ/ugcm/3ll3/say/treatise.pdf>
- Schumacher, E. F. (1975). *Small is Beautiful*. Harper and Row.
- Schumpeter, J. A. (1939). *BUSINESS CYCLES: A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. McGraw-Hill Book Company.
- Schumpeter, J. A. (1942). *Capitalism, Socialism, and Democracy*. Routledge, 2013.
- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution: What it means, how to respond*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond>

- Schwab, K. (2017). *DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ* (Z. Dicleli, Çev.). Optimit Yayın Dağıtım San. ve Tic. Ltd. Şti.
- Semadeni, M., Withers, M. C., & Trevis Certo, S. (2014). The perils of endogeneity and instrumental variables in strategy research: Understanding through simulations: Research Notes and Commentaries. *Strategic Management Journal*, 35, 1070-1079. <https://doi.org/10.1002/smj.2136>
- Sherman, J. (2003). *The History of the Personal Computer*. Franklin Watts.
- Smith, A. (2004). *Ulusların Zenginliği* (A. Yunus & M. Bakırcı, Çev.; 4., C. 1). Alan Yayıncılık.
- Smith, T. (2010). Technological change in Capitalism: Some Marxian themes. *Cambridge Journal of Economics*, 34, 203-212. <https://doi.org/10.1093/cje/bep048>
- Solow, R. M. (1956). A Contribution to the Theory of Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 70(1), 65. <https://doi.org/10.2307/1884513>
- Solow, R. M. (1957). Technical Change and the Aggregate Production Function. *The Review of Economics and Statistics*, 39(3), 312-320.
- Solow, R. M. (1987). We'd Better Watch Out. *New York Times Book Review*, 36.
- Somers, J. (2013). The Man Who Would Teach Machines to Think. *The Atlantic*. <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2013/11/the-man-who-would-teach-machines-to-think/309529/>
- Soto, M. (2009). *SYSTEM GMM ESTIMATION WITH A SMALL SAMPLE* (Barcelona Economics Working Paper Series Working Paper no 395).
- Stevenson, B. (2019). Artificial Intelligence, Income, Employment, and Meaning. İçinde A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Ed.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda* (ss. 189-195). University of Chicago Press.

- Stewart, F. (1978). *Technology and Underdevelopment* (Second Edition). The MacMillan Press.
- Stoneman, P. (1983). *The Economic Analysis of Technological Change*. Oxford University Press.
- Su, G. (2018). Unemployment in the AI age. *AI Matters*, 3(4), 35-43.
<https://doi.org/10.1145/3175502.3175511>
- Sunal, S. (2022). YAPAY ZEKÂ, BÜYÜK VERİ VE OTOMASYON: MEVCUT DURUM, BEKLENTİLER VE OLANAKLAR. *MADDE, DİYALEKTİK VE TOPLUM*, 5(2).
- Sunita, C. (2023). Research Aspects of Artificial Intelligence and Machine Learning: Pioneering the Metaverse in Industry 5.0. İçinde *Industrial Revolution and Metaverse: Industry 5.0* (ss. 27-42). Quing Publications.
<https://doi.org/10.54368/qpb.2023.1.3>
- Szczepanski, M. (2019). *Economic impacts of artificial intelligence*. European Parliamentary Research Service.
- Szostak, R. (1991). *The role of transportation in the Industrial Revolution: A comparison of England and France*. McGill-Queen's University Press.
- Taecharungroj, V. (2023). "What Can ChatGPT Do?" Analyzing Early Reactions to the Innovative AI Chatbot on Twitter. *Big Data and Cognitive Computing*, 7(35), 1-10. <https://doi.org/10.3390/bdcc7010035>
- Tamer, H. Y., & Övgün, B. (2020). Yapay Zeka Bağlamında Dijital Dönüşüm Ofisi. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 75(2), 775-803.
<https://doi.org/10.33630/ausbf.691119>
- Taştan, H. (2022). Ekonometri ve Makine Öğrenmesi Etkileşimi Üzerine. *Ekonomi-tek*, 11(2), 107-149.

- Trajtenberg, M. (2019). Artificial Intelligence as the Next GPT: A Political-Economy Perspective. İçinde A. Agrawal, J. Gans, & A. Goldfarb (Ed.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda* (ss. 175-189). University of Chicago Press.
- Tsai, D. H. A. (2018). The effects of dynamic industrial transition on sustainable development. *Structural Change and Economic Dynamics*, 44, 46-54.
<https://doi.org/10.1016/j.strueco.2017.10.002>
- Turing, A. M. (1950). Computing Machinery and Intelligence. *Mind*, 59(236), 433-460.
- Tüfenk, M. B. (2023). Dış Ticaretin Dijital Dönüşümü: Yapay Zeka Teknolojisi. *Uluslararası Ticaret ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(1), 13-18.
- Tüzüntürk, S. (2007). PANEL VERİ MODELLERİNİN TAHMİNİNDE PARAMETRE HETEROJENLİĞİNİN ÖNEMİ: GELENEKSEL PHILLIPS EĞRİSİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(2), 1-14.
- UW. (2006). *The History of Artificial Intelligence*. University of Washington, History of Computing Course (CSEP 590A).
<https://courses.cs.washington.edu/courses/csep590/06au/projects/history-ai.pdf>
- Ünal, A., & Kılınç, İ. (2020). Yapay Zekâ İşletme Yönetimi İlişkisi Üzerine Bir Değerlendirme. *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, 6(1), 51-78.
- Ünsal, E. M. (2007). *İktisadi Büyüme* (1.). İmaj Yayıncılık.
- Vaidya, N. (2020). 5 Natural Language Processing Techniques for Extracting Information. <https://blog.aureusanalytics.com/blog/5-natural-language-processing-techniques-for-extracting-information>
- Valdes, B. (1999). *Economic Growth: Theory, Empirics and Policy*. Edward Elgar Publishing Limited.
- Van den Berg, H. (2001). *Economic Growth and Development*. McGraw-Hill Irwin.

- Van Der Meulen, R., & Pettey, C. (2017, Aralık 13). *Gartner Says By 2020, Artificial Intelligence Will Create More Jobs Than It Eliminates*.
<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-12-13-gartner-says-by-2020-artificial-intelligence-will-create-more-jobs-than-it-eliminates>
- Van Roy, V., Vértesy, D., & Vivarelli, M. (2018). Technology and employment: Mass unemployment or job creation? Empirical evidence from European patenting firms. *Research Policy*, 47, 1762-1776.
<https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.06.008>
- Venturini, F. (2022). Intelligent technologies and productivity spillovers: Evidence from the Fourth Industrial Revolution. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 194, 220-243. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2021.12.018>
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domisch, S., Felländer, A., Langhans, S. D., Tegmark, M., & Fuso Nerini, F. (2020). The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals. *Nature Communications*, 11(233). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y>
- Vyshnevskiy, O., Liashenko, V., & Amosha, O. (2019). The impact of Industry 4.0 and AI on economic growth. *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series, ORGANIZATION AND MANAGEMENT SERIES NO. 140*, 391-400. <https://doi.org/10.29119/1641-3466.2019.140.32>
- Walsh, C. E. (2004). *The Productivity and Jobs Connection: The Long and the Short Run of It* [CSIP Notes]. FRBSF Economic Letter.
- Wang, C., Zheng, M., Bai, X., Li, Y., & Shen, W. (2023). Future of jobs in China under the impact of artificial intelligence. *Finance Research Letters*, 55(103798).
<https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.103798>
- WB. (2022). World Bank Open Data. <https://data.worldbank.org/>

- Webb, M. (2020). The Impact of Artificial Intelligence on the Labor Market. *SSRN Electronic Journal*, 1-60. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3482150>
- Weiss, M., & Garloff, A. (2011). Skill Biased Technological Change and Endogenous Benefits: The Dynamics of Unemployment and Wage Inequality. *Applied Economics*, 43, 811-821.
- WIPO. (2019). *WIPO Technology Trends 2019: Artificial Intelligence*. World Intellectual Property Organization.
- Wicksell, K. (1977). *Lectures on Political Economy Volume I: General Theory* (E. Classen, Çev.). Augustus M. Kelley Publishers. https://cdn.mises.org/Lectures%20on%20Political%20Economy%20-%20Volume%20I%20General%20Theory_2.pdf
- Wilson, H. J., Daugherty, P. R., & Morini-Bianzino, N. (2017). The jobs that artificial intelligence will create. *MIT Sloan Management Review*, 58(4).
- Wolla, S., Schug, M. C., & Wood, W. C. (2019). The Economics of Artificial Intelligence and Robotics. *Social Education*, 83(2), 84-88.
- Wooldridge, J. M. (2010). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. The MIT Press.
- World Economic Forum. (2020). *The Future of Jobs*. World Economic Forum.
- Yang, C.-H. (2022). How Artificial Intelligence Technology Affects Productivity and Employment: Firm-level Evidence from Taiwan. *Research Policy*, 51(6).
- Yanisky-Ravid, S., & Velez-Hernandez, L. A. V.-. (2018). Copyrightability of Artworks Produced by Creative Robots and Originality: The Formality-Objective Model. *Minnesota Journal of Law, Science & Technology*, 19(1).
- Yeldan, E. (2011). *İktisadi Büyüme ve Bölüşüm Teorileri* (M. Yıldırımoglu & H. Öztürkler, Çev.; 2.). Efil Yayınevi.

- Yerdelen-Tatoğlu, F. (2020). *İleri Panel Veri Analizi* (4. Baskı). Beta Basın Yayım Dağıtım A.Ş.
- Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar. *Sakarya University Journal of Science*, 22(2), 546-556. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.321957>
- Zarifhonarvar, A. (2023). Economics of ChatGPT: A labor market view on the occupational impact of artificial intelligence. *Journal of Electronic Business & Digital Economics*. <https://doi.org/10.1108/JEBDE-10-2023-0021>
- Zeira, J. (1998). Workers, Machines, and Economic Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, 113(4), 1091-1117.
- Zhai, S., & Liu, Z. (2023). Artificial intelligence technology innovation and firm productivity: Evidence from China. *Finance Research Letters*, 58(104437). <https://doi.org/10.1016/j.frl.2023.104437>
- Zhang, D., Maslej, N., Brynjolfsson, E., Etchemendy, J., Lyons, T., Manyika, J., Ngo, H., Niebles, J. C., Sellitto, M., Sakhaee, E., Shoham, Y., Clark, J., & Perrault, R. (2022). *The AI Index 2022 Annual Report*. AI Index Steering Committee, Stanford Institute for Human-Centered AI, Stanford University.
- Zhang, J. Z., Srivastava, P. R., & Sharma, D. (2021). Big data analytics and machine learning: A retrospective overview and bibliometric analysis. *Expert Systems With Applications*, 184.
- Zhao, P., Gao, Y., & Sun, X. (2022). How does artificial intelligence affect green economic growth?—Evidence from China. *Science of the Total Environment*, 834. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155306>
- Zhou, L., Pan, S., Wang, J., & Vasilakos, A. V. (2017). Machine learning on big data: Opportunities and challenges. *Neurocomputing*, 237, 350-361.

Zhou, X., Pan, Z., Shahbaz, M., & Song, M. (2020). Directed technological progress driven by diversified industrial structural change. *Structural Change and Economic Dynamics*, 54, 112-129. <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.04.013>



İnternet Kaynakçası

http-1: <https://courses.lumenlearning.com/suny-hccc-worldhistory2/chapter/the-agricultural-revolution/>

(Erişim Tarihi: 10.03.2023)

http-2: <https://courses.lumenlearning.com/suny-hccc-worldhistory2/chapter/the-enclosure-act/>

(Erişim Tarihi: 10.03.2023)

http-3: <https://www.historycrunch.com/enclosure-movement.html#/>

(Erişim Tarihi: 10.03.2023)

http-4: <https://www.historic-uk.com/HistoryUK/HistoryofBritain/Timeline-Industrial-Revolution/>

(Erişim Tarihi: 08.03.2023)

http-5: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>

(Erişim Tarihi: 25.11.2022)

http-6: <https://www.oed.com/view/Entry/271625>

(Erişim Tarihi: 25.11.2022)

http-7: <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/an-executives-guide-to-ai>

(Erişim Tarihi: 30.11.2022)

http-8: <https://news.stanford.edu/2019/02/28/ancient-myths-reveal-early-fantasies-artificial-life/>

(Erişim Tarihi: 05.04.2023)

http-9: <https://www.ibm.com/tr-tr/cloud/learn/machine-learning>

(Erişim Tarihi: 23.10.2022)

http-10: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-3:v1:en>

(Erişim Tarihi: 23.10.2022)

http-11: <https://ifr.org/industrial-robots>

(Erişim Tarihi: 23.10.2022)

http-12: <https://aiindex.stanford.edu/vibrancy/>

(Erişim Tarihi: 01.02.2023)



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Cemre Nur ÇETİN

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2024, Anadolu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İktisat Bölümü, İktisat Anabilim Dalı Doktora Programı
- 2021, Öğretim Görevlisi, Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Rektörlük, BAP Koordinatörlüğü
- 2019, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İngilizce İktisat Bölümü Tezli Yüksek Lisans
- 2017, Mersin Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat (%30 İngilizce) Bölümü

Yayınları ve/veya Bilimsel/Sanatsal Faaliyetleri:

- Çetin, C. N., & Küçüksakarya, S. (2019). TÜRKİYE EKONOMİSİNDE İHRACATIN İTHALAT BAĞIMLILIĞI: ZAMAN SERİSİ ANALİZİ. İçinde M. Kılıç (Ed.), *Derlemeler 1-İktisadi ve İdari Bilimler Alanyazın* (1. bs, ss. 377-396). Beta Basım Yayın Dağıtım A.Ş.
- Çetin, C. N. (2020). İnternet kullanımı yolsuzluğu azaltır mı? BIT çerçevesinde panel veri analizi. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(3), 41-61.
- Çetin, C. N. (2021). *Türkiye Ekonomisinde İmalat Sanayiinin İthalata Bağımlılığı Zaman Serisi Analizi*. 23. Uluslararası İktisat Öğrencileri Kongresi, İzmir, Türkiye.
- Kutlu, E., & Çetin, C. N. (2023). Yapay Zekanın Ekonomik Etkileri: Büyüme ve İstihdama Kısa Bir Bakış. *Eskişehir Ticaret Odası Dergisi*, 133, 64-72.