



**ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİNİN İKTİSADİ BÜYÜME VE KALKINMA
OLGUSUNA ETKİLERİ**

Doktora Tezi

GÖKÇEN AYDINBAŞ

ESKİŞEHİR 2022

**ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİNİN İKTİSADİ BÜYÜME VE KALKINMA
OLGUSUNA ETKİLERİ**

GÖKÇEN AYDINBAŞ

DOKTORA TEZİ

İktisat Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Zeynep ERDİNÇ

Eskişehir

Anadolu Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Kasım 2022

ÖZET

ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİNİN İKTİSADİ BÜYÜME VE KALKINMA OLGUSUNA ETKİLERİ

Gökçen AYDINBAŞ

İktisat Anabilim Dalı

Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2022

Danışman: Doç. Dr. Zeynep ERDİNÇ

Endüstri 4.0 devrimi ülkelere, toplumlara, bireylere dijital bir çağın kapılarını açmıştır. Bu dijital çağda yaşayan insanlar, iktisadi ve sosyal hayatlarında pek çok değişiklikle karşılaşmıştır. Dolayısıyla ekonomik hayatı bu denli etkileme potansiyeli taşıyan Endüstri 4.0, tüm dünya için son derece önemlidir. Ayrıca Endüstri 4.0 yalnızca ekonomiyi değil, pek çok alanı ilgilendiren disiplinlerarası bir konudur. Bu çalışmanın sınırlılığı, Endüstri 4.0'ın yalnızca iktisadi yaklaşımla değerlendirilmiş olmasıdır. Bu doğrultuda hazırlanan çalışmanın amacı Endüstri 4.0'ın, iktisadi büyüme ve kalkınma olgusuna etkilerini genel olarak Endüstri 4.0'a yönelik stratejileri, hedefleri olan 18 ülke bazında panel veri analiz yöntemi kullanılarak araştırmaktır. Çalışmada üç ayrı ekonometrik model kurulmuş olup modellerin tahmininde 2000-2019 dönemine ait yıllık veri setinden yararlanılmıştır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre, Endüstri 4.0'ı temsil eden değişkenler olan patent başvuru sayısı, orta ve ileri teknoloji ihracatı, bilgi iletişim teknolojisi ihracatının birlikte kişi başına gayrisafi yurt içi hâsılaya (GSYH) katkısı için beşeri sermayenin gerekli olduğu kanıtlanmıştır. Sonuç olarak Endüstri 4.0'ın etkilerini genellikle uzun vadede daha çok göstereceği ancak kısa vadede de bu etkilerin sinyallerini vereceği anlaşılmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Beşeri Sermaye, Bilgi İletişim Teknolojileri İhracatı, İktisadi Büyüme ve Kalkınma, Kişi Başına Gayrisafi Yurt İçi Hâsıla, Orta ve İleri teknoloji İhracatı, Panel Veri Analizi

ABSTRACT

THE EFFECTS OF THE INDUSTRY 4.0 REVOLUTION ON ECONOMIC GROWTH AND DEVELOPMENT

Gökçen AYDINBAŞ

Department of Economics

Anadolu University, Graduated School of Social Science, 2022

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Zeynep ERDİNÇ

People living in this digital age have started to face many changes in their economic and social lives. Therefore, the Industry 4.0, which has the potential to affect economic life in such a way, is extremely important for the whole world and is an interdisciplinary issue that concerns many areas, not only the economy. The limitation of the study is that it evaluates Industry 4.0 only with an economic approach. This study has aimed to investigate the effects of Industry 4.0 revolution on the phenomenon of economic growth and development using the panel data analysis method on the basis of 18 countries with strategies and targets for Industry 4.0 in general. In this study, three different types of econometric models were established and the annual data set for the period 2000-2019 was used to estimate the models. According to the findings of the study, human capital has proven to be necessary for industry 4.0 of contribution to gross domestic product per capita (GDP). In this study, the variables representing Industry 4.0 are patent applications, medium and high technology exports and information communication technology exports. As a result, it is understood that Industry 4.0 will generally show its effects more in the long term, but it will also give signals of these effects in the short term.

Keywords: Human Capital, Information Communication Technology Exports, Economic Growth And Development, Gross Domestic Product Per Capita, Medium And High Technology Exports, Panel Data Analysis

ÖNSÖZ

Doktora eğitimim ve tez çalışmam sırasında bana desteğini esirgemeyip yoluma ışık tutan değerli danışmanım *Doç. Dr. Zeynep ERDİNÇ*'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın ekonometrik analiz kısmında bilgisine sıklıkla başvurduğum değerli hocam *Prof. Dr. Mustafa ÖZER*'e katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde karşılaştığım zorluklarla mücadele etmeyi öğreten, bana güvenen, maddi, manevi desteklerini esirgemeyen sevgili annem *Sare AYDINBAŞ*, sevgili babam *Ercan AYDINBAŞ* ve sevgili abim *Dr. Gökmen AYDINBAŞ*'a sonsuz teşekkür ederim.

Gökçen AYDINBAŞ

....../....../2022

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)

Gökçen AYDINBAŞ

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

1. İKTİSADİ BÜYÜME VE KALKINMA	4
1.1. İktisadi Büyüme: Tanım ve Ölçüm	4
1.1.1. İktisadi büyümenin tanımı	4
1.1.2. İktisadi büyümenin ölçümü	5
1.2. İktisadi Büyüme Teorileri	6
1.2.1. Klasik büyüme teorileri	8
1.2.2. Marksist büyüme teorileri	12
1.2.3. Keynesyen büyüme teorileri	13
1.2.4. Schumpeter (Evrımcı) büyüme teorileri	14
1.2.5. Post keynesyen büyüme teorileri (Modern büyüme modeli)	15
1.2.6. Neo-klasik büyüme teorileri (Dışsal büyüme modeli)	21
1.2.7. Roma kulübü büyüme teorileri (Meadows büyüme modeli)	24
1.2.8. Yeni büyüme teorileri (İşsel büyüme modeli)	26
1.3. İktisadi Kalkınma: Tanım ve Belirleyiciler	34
1.3.1. İktisadi kalkınmanın tanımı	34
1.3.2. İktisadi kalkınmanın belirleyicileri	35
1.4. İktisadi Kalkınma Teorileri	36
1.4.1. Rostow'un tarihsel iktisadi kalkınma aşamaları	38
1.4.2. Geleneksel toplum safhası	39
1.4.3. Kalkış öncesi hazırlık aşaması	39
1.4.4. Kalkış safhası	40
1.4.5. Olgunluk safhası	42
1.4.6. Kitle (Yüksek) tüketim çağı veya kitlevi refah çağı	43

İKİNCİ BÖLÜM

2. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİ: TEORİK VE TARİHSEL BİR PERSPEKTİF

2.1. Teorik Düzlemde Endüstri 4.0 Devrimi.....	45
2.2. Tarihsel Düzlemde Dünya Ekonomisi ve Endüstri 4.0.....	48
2.3. Endüstriyel Devrim Süreci: Endüstri 1.0’dan Endüstri 4.0’a	51
2.3.1. Birinci sanayi devrimi (Endüstri 1.0)	55
2.3.2. İkinci sanayi devrimi (Endüstri 2.0)	58
2.3.3. Üçüncü sanayi devrimi (Endüstri 3.0).....	60
2.3.4. Dördüncü sanayi devrimi (Endüstri 4.0)	62
2.4. Tarihsel Düzlemde Türkiye Ekonomisi ve Endüstri 4.0	71

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİNİN GETİRDİĞİ YENİ TEKNOLOJİLER, GELECEĞİN EKONOMİLERİ VE ENDÜSTRİ 4.0’IN EKONOMİK ETKİLERİ

3.1. Endüstri 4.0 Devrimi Teknolojileri	83
3.1.1. Üç boyutlu (3D) yazıcılar	85
3.1.2. Nesnelerin interneti	86
3.1.3. Büyük veri	89
3.1.4. Bulut bilişim sistemi.....	90
3.1.5. Otonom robotlar	93
3.1.6. Siber fiziksel sistemler	95
3.1.7. Simülasyon	97
3.1.8. Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik	98
3.1.9. Akıllı fabrikalar	99
3.1.10. Yapay zekâ	101
3.1.11. Siber güvenlik.....	103
3.1.12. Sistem entegrasyonu	104
3.1.13. Dijital para, kripto para, bitcoin ve blok zinciri	105
3.2. Endüstri 4.0 ile Şekillenen Geleceğin Ekonomileri.....	108
3.2.1. Dijital ekonomi	108
3.2.2. Metaverse ekonomi ve deneyim (tecrübe) ekonomisi.....	109
3.2.3. Paylaşım ekonomisi.....	110
3.2.4. Yenilenebilir enerji ve döngüsel ekonomi.....	111
3.2.5. Yeşil ekonomi.....	113
3.3. Endüstri 4.0 Devriminin Ekonomik Etkileri.....	114
3.3.1. Endüstri 4.0’ın istihdama yansımaları	121
3.3.1.1. Endüstri 4.0’ın mesleki ve sektörel etkileri	122
3.3.1.1.1. Endüstri 4.0’ın tarım sektörüne etkileri	124
3.3.1.1.2. Endüstri 4.0’ın turizm sektörüne etkileri	125

3.3.1.1.3. Endüstri 4.0'ın savunma sektörüne etkileri	126
3.3.1.1.4. Endüstri 4.0'ın eğitim sektörüne etkileri	126
3.3.1.1.5. Endüstri 4.0'ın sağlık sektörüne etkileri.....	127
3.3.1.1.6. Endüstri 4.0'ın bankacılık sektörüne etkileri.....	127
3.3.1.1.7. Endüstri 4.0'ın lojistik sektörüne etkileri	128
3.3.1.1.8. Endüstri 4.0'ın gayrimenkul sektörüne etkileri	129
3.3.2. Endüstri 4.0'ın dış ticarete yansımaları	131
3.3.3. Endüstri 4.0'ın ekonomik boyutlarıyla çevresel ve kentsel yansımaları.....	132
3.3.3.1. Biyomimetik tasarımlar	132
3.3.3.2. Akıllı evler	133
3.3.3.3. Akıllı şehirler	134

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİNE İLİŞKİN ULUSAL VE ULUSLARARASI LİTERATÜR İNCELEMESİ

4.1. Endüstri 4.0 Devrimi Uygulamalı Literatür Taraması	137
4.2. Teknolojik İlerlemeler ile İktisadi Olgular İlişkisi Üzerine Uygulamalı Literatür Taraması	145

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİNİN İKTİSADİ BÜYÜME VE KALKINMA OLGUSUNA ETKİLERİNİN EKONOMETRİK ANALİZİ

5.1. Araştırmanın Veri Seti ve Modeli	149
5.2. Araştırma Yöntemleri	152
5.2.1. Panel veri analizi	152
5.2.1.1. Yatay kesit bağımlılığı testi	154
5.2.1.2. Panel birim kök testi	156
5.2.1.3. Eşbütünleşme katsayılarının homojenliği testi	157
5.2.1.4. Panel eşbütünleşme testi	158
5.2.1.5. Panel veri analizi kapsamında uzun ve kısa dönemli ilişkilerin tahmini.....	159
5.3. Araştırma Bulguları	160
5.3.1. Yatay kesit bağımlılığı test sonuçları	160
5.3.2. Panel birim kök testi sonuçları	161
5.3.3. Eşbütünleşme katsayılarının homojenliği testi sonuçları	162
5.3.4. Panel eşbütünleşme testi sonuçları	162
5.3.5. Panel ortalama grup (PMG) tahmin sonuçları.....	163

SONUÇ VE TARTIŞMA	171
--------------------------------	------------

KAYNAKÇA.....	178
----------------------	------------



TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 1. 1. İktisadi Büyüme Teorileri	7
Tablo 1. 2. Kaldorgil Büyüme Yasaları	21
Tablo 1. 3. Kalkınma Teorileri.....	37
Tablo 1. 4. Rostow Kalkış Aşamasının Gerçekleşmesi için Gereken Şartlar	41
Tablo 2. 1. Endüstri 4.0 Devriminin Öne Çıkan Ülkeleri ve Endüstriyel Stratejileri.....	51
Tablo 2. 2. Birinci Endüstriyel Devrim ve Küreselleşme Aşaması	56
Tablo 2. 3. İkinci Endüstriyel Devrim ve Küreselleşme Aşaması	59
Tablo 2. 4. Üçüncü Endüstriyel Devrim ve Küreselleşme Aşaması	61
Tablo 2. 5. Dördüncü Endüstriyel Devrim ve Küreselleşme Aşaması	63
Tablo 2. 6. Endüstri 4.0’a İlişkin Temel Kavramlar	63
Tablo 2. 7. Beşinci Endüstriyel Devrim (Toplum 5.0) ve Yenilikleri	67
Tablo 2. 8. Toplum 5.0’ın Gerektirdiği Beceriler..	69
Tablo 2. 9. Türkiye’nin Endüstri 4.0 Dönüşümünde Pilot Sektörler ve Potansiyel Yararları	73
Tablo 2. 10. Türkiye’nin Endüstri 4.0 ile Yakalayacağı/Yakalaması Beklenen Fırsatlar	77
Tablo 3. 1. Büyük Verinin Unsurları “3V”	89
Tablo 3. 2. Büyük Verinin Temel Teknolojik Hedefleri.....	89
Tablo 3. 3. Bulut Teknolojisi Hizmeti Veren Platformlar	93
Tablo 3. 4. Robotların Sağladığı veya Sağlayacağı Öngörülen Faydalar/Avantajlar	94
Tablo 3. 5. Siber Fiziksel Sistemlerin Tarihsel Gelişim Süreci	96
Tablo 3. 6. Endüstri 4.0 ile Gelişen Yeni Nesil Fabrikalar: Bugünün Fabrikası ve Geleceğin Fabrikası	100
Tablo 3. 7. Piyasa Değerine Göre En Güçlü 10 Kripto Para.....	107
Tablo 3. 8. Ekonomide Zamanla Değişen Faktörlerin Karşılaştırılması.....	108
Tablo 3. 9. Döngüsel Ekonominin “3R”Si, “Recycle (Geri Dönüşüm), Reduce (Azaltma), Reuse (Yeniden Kullanım)”	112
Tablo 3. 10. Endüstri 4.0 Çerçevesinde Gelişmiş Üretimin “10R”Si	115
Tablo 3. 11. GSYH’nin Sektörel Dağılımı (2007-2018).....	117
Tablo 3. 12. AR-GE Harcamaları (% GSYH).....	118

Tablo 3. 13. İleri Teknoloji Ürün İhracatı.....	119
Tablo 3. 14. Bilgi İletişim Teknolojileri Mal ve Hizmet İhracatı	119
Tablo 3. 15. İstihdamın Sektöre Göre Dağılımı.....	120
Tablo 3. 16. En Çok Tehdit Altındaki 10 Meslek ile En Az Tehdit Altındaki 10 Meslek: Almanya Örneği, 20 Yıl için Öngörülen	122
Tablo 3. 17. Yok Olması Muhtemel Meslekler.....	123
Tablo 3. 18. Gelecekte Kalıcı Olacağı Tahmin Edilen Meslekler	123
Tablo 3. 19. Dijital Dönüşüm ile Gereksinim Duyulacak Yeni Meslekler: Geleceğin Meslekleri	124
Tablo 4. 1. Teknolojik Gelişmeler Üzerine Uygulamalı Literatür.....	146
Tablo 5. 1. Değişkenler, Açıklamaları ve Kaynakları.....	149
Tablo 5. 2. Panel Birim Kök Testleri (Birinci ve İkinci Nesil).....	160
Tablo 5. 3. Tanımlayıcı (Özet) İstatistikler.....	161
Tablo 5. 4. Yatay Kesit Bağımlılığı Testi Sonuçları	156
Tablo 5. 5. CIPS Birim Kök Testi Sonuçları	161
Tablo 5. 6. Homojenlik Testi Sonuçları	162
Tablo 5. 7. Westerlund (2008) Durbin-H Eşbütünleşme Testi Sonuçları	163
Tablo 5. 8. Model-1 için PMGE (Pooled Mean Group Estimation “Havuzlanmış Ortalama Grup”) Tahmin Sonuçları, 2000-2019	164
Tablo 5. 9. Model-2 için PMGE Tahmin Sonuçları, 2000-2019	167
Tablo 5. 10. Model-3 için PMGE Tahmin Sonuçları, 2000-2019	169

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. İktisadi Büyüme	5
Şekil 1. 2. Rostow'un Kalkınma Aşamaları	38
Şekil 2. 1. Endüstriyel Devrimler: Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a Geçiş.....	52
Şekil 2. 4. ABD Ulusal Yenilik Sistemi: Temel Özellikler.....	60
Şekil 2. 5. Tarihsel Perspektiften Toplum 5.0: Toplumun Evrimleşme Süreci.....	67
Şekil 2. 6. Toplum 5.0'ın Hedefleri, Öncelikli Stratejileri ve Önündeki Engeller	70
Şekil 2. 7. Türkiye Endüstri 4.0'ı Yakalayamaz (-) ise Nasıl Bir Kısır Döngü ile Karşılaşılabileceğinin Gösterimi.....	76
Şekil 2. 8. Türkiye'nin Endüstri 4.0 ile Katma Değer Yaratan Pozitif (+) Döngüden Yararlanma Olanağının Gösterimi.....	77
Şekil 3. 1. Endüstri 4.0 Teknolojileri ve İlgilendiği Alanlar	84
Şekil 3. 2. Eklemeli İmalatın Kullanım Alanları	86
Şekil 3. 3. Nesnelerin İnterneti (IoT) Uygulama Alanları	88
Şekil 3. 4. Bulut Bilişim Geliştirme Modelleri.....	91
Şekil 3. 5. Yapay Zekânın Evrimsel Gelişimi	102
Şekil 3. 6. Sistem Entegrasyonu “Yatay ve Dikey Entegrasyon”	104
Şekil 3. 7. Piramit Gösterimi ile Dijital Paralar.....	106
Şekil 3. 8. Endüstri 4.0 ve Ekonomik Sürdürülebilirlik	115

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AI	: Yapay Zekâ
AMNPO	: Ulusal Gelişmiş İmalat Programı Ofisi
AR-GE	: Araştırma ve Geliştirme faaliyetleri
AR	: Artırılmış (Zenginleştirilmiş) Gerçeklik
ARPANET	: Gelişmiş Araştırma Projeleri Dairesi Ağı
ATM	: Otomatik Vezne Makinesi (Bankamatik)
BCG	: Yönetim Danışmanlık Şirketi Boston Consulting Group
BİONTECH	: Almanya Merkezli Halka Açık Biyoteknoloji Şirketi
BIT	: Bilgi İletişim Teknolojileri
CCR	: Kanonik Eşbütünleşme Regresyonu
COVID-19	: Koronavirüs Hastalığı
CPS	: Siber Fiziksel Sistemler
CPPS	: Siber Fiziksel Üretim Sistemleri
CSD	: Yatay Kesit Bağımlılığı
DELOÏTTE	: Denetim, Danışmanlık, Finansal Danışmanlık, Risk Danışmanlığı, Vergi ve İlgili Alanlarda Hizmet Sunan Dünyanın Önde Gelen Profesyonel Bir Danışmanlık Şirketi
DFE	: Dinamik Sabit Etkiler Modeli
DOLS	: Dinamik En Küçük Kareler
DYY	: Doğrudan Yabancı Yatırımları
EFFRA	: Geleceğin Fabrikaları Avrupa Araştırma Birliği

EPC	: Elektronik Ürün Kodu
FGLS	: Genelleştirilmiş En Küçük Kareler
FMOLS	: Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler
GEE	: Genelleştirilmiş Tahmin Denklemi
GMM	: Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi
GSYH	: Reel Gayrisafi Yurt İçi Hâsıla
GSMH	: Gayrisafi Milli Hâsıla
IHS	: Londra Merkezli Bir Pazar Analitiği Şirketi
IKEA	: Adını İsveçli Kurucusunun Baş Harflerinin Birleşiminden Alan (Ingvar Kamprad) Hollanda Merkezli Montaja Hazır Mobilya, Mutfak Aletleri ve Ev Aksesuarları Tasarlayan ve Satan Çok Uluslu Bir İsveçli Şirketler Grubu
IOT	: Nesnelerin İnterneti
IUCN	: Uluslararası Doğa Koruma Birliği
LEED	: Çevresel Enerji ve Tasarımda Liderlik
MENA	: Orta Doğu ve Kuzey Afrika
MGE	: Ortalama Grup Tahmincisi
MR	: Karma Gerçeklik
NETAŞ	: Bilgi ve İletişim Teknolojileri Alanında Faaliyet Gösteren Şirket
NIST	: Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü
OLS	: Basit En Küçük Kareler
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
PLC	: Programlanabilir Mantıksal Denetleyici
PMGE	: Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi

PWC	: İki Ayrı Şirket Olan Coopers & Lybrand ile Price Waterhouse'un 1998 Yılında Birleşmesiyle Kurulan Şirket.
PWT	: Penn Dünya Tablosu
PZT MEH	: Pilsiz Çalışan Giyilebilir Bir Kalp Çipi
RFID	: Radyo Frekansı ile Tanımlama
RPA	: Robotik Süreç Otomasyonu
SAP	: Sistem, Uygulama ve Ürünler Olarak Tanımı Yapılan, Alman Yazılım Şirketi Kaynaklı Bir Bilgisayar Programı
SGA	: Sahra Altı Afrika
SMH	: Safi Milli Hâsıla
TDK	: Türk Dil Kurumu
TOBB	: Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜSİAD	: Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği
UNDP	: Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
3D CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
VR	: Sanal Gerçeklik
WB	: Dünya Bankası
WEF	: Dünya Ekonomik Forumu

GİRİŞ

İnsanlar hayatlarını kolaylaştırmak, kendilerine ayırabilecekleri vakti artırmak adına sürekli yeni bir ürün üretme çabasıdadır. İlk insanların ateşi icat etmesi, yiyeceklerini pişirip tüketmesine, çeşitli maddeleri işlemesine, ısınmasına ve hatta iletişim kurmasına (haberleşmesine) olanak tanımıştır. Günümüz dijital çağda ise insanlar tarafından üretilen robotlar, yapay zekâ gibi yeni teknolojiler çok çeşitli fonksiyonlara sahiptir. Bu yeni teknolojilerin gelişmesinin nedeni, zaman ilerledikçe insan ihtiyacının çeşitlenmesidir. Çünkü üretilen (icat edilen) her yeni teknoloji, insanların ekonomik ve sosyal hayatlarına tesir etmektedir. Bu bağlamda insanlar eskiden yalnızca hayatta kalma doğrultusunda hareket ederken, günümüzde hayatta kalmakla birlikte yaşam kalitesini artırma, ekonomik açıdan refah içerisinde yaşama ve mutlu olmayı arzulamaktadır. Nitekim bilimin geldiği son noktada yeni teknolojiler, dijitalleşme kaçınılmaz hale gelmiştir. Yaşam kalitesinin artmasında, tarım, sanayi, hizmetler (sağlık, eğitim, turizm, bankacılık, ulaştırma, iletişim ve benzeri) sektöründeki istihdamda ve daha pek çok iktisadi olguda bu yeni teknolojiler, dijitalleşme ön plana çıkmaktadır.

Dijitalleşme süreci, 2011 yılında Endüstri 4.0 olarak (Almanya'nın öncülüğünde) başlamıştır. 2017 yılına gelindiğinde ise (Japonya öncülüğünde) merkezine insanın yerleştirilmesiyle bu sürece Toplum 5.0 olarak devam edilmesi planlanmıştır. 2019 yılı Aralık ayında Çin'in Hubei Eyaletine bağlı Wuhan kentinde başlayan, 2020 yılına gelindiğinde dünyaya yayılan ve hâlâ devam eden COVID-19 salgını ile dijitalleşme süreci adeta hız kazanmıştır. Endüstri 4.0 bir taraftan robotlar, yapay zekâ, akıllı fabrikalar, akıllı evler, akıllı şehirler, 3D yazıcılar, simülasyon, sanal gerçeklik ve nesnelerin interneti boyutuyla insanlar için çok faydalı sonuçlar doğururken, öte taraftan da siber güvenlik açısından birtakım sorunlar yaratmaktadır. Ayrıca bu yeni teknolojiler, özellikle insanların istihdamı açısından kısa vadede olumsuz etkiler yaratıyor gibi görünse de uzun vadede beşeri sermaye birikimi ile istihdamın nitelikli hale getirilmesi neticesinde bu etkilerin tekrar olumluya dönüştürülebilmesi mümkün olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı Endüstri 4.0 devriminin iktisadi büyüme ve kalkınma olgusuna etkilerini incelemektir. Bu çalışmada Endüstri 4.0'ın iktisadi büyüme ve kalkınma üzerine etkileri araştırılırken “Almanya, Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Japonya, İngiltere, Fransa, İsveç, Norveç, Danimarka, Güney Kore, Singapur, Çin, Brezilya, Rusya, Tayland, Arjantin, Polonya, Güney Afrika ve Türkiye” için 2000-2019 dönemine ait yıllık veri seti kullanılmıştır. Bu kapsamda seçilen ülkeler, genellikle Endüstri 4.0'da öne çıkan

ve çeşitli planları (stratejileri) olan ülkelerdir. Çalışmada ekonometrik analiz yöntemi olarak panel veri analiz yöntemi kullanılmıştır. Analizlere ilişkin tahmin sonuçları Eviews 12, Gaus 16 ve Stata 16 paket programları aracılığıyla hesaplanmıştır.

Çalışmada kullanılan ülke verileri Dünya Bankası (World Bank), Penn Dünya Tablosu (Penn World Table, version 10.0-PWT) ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (The United Nations Development Program-UNDP) veri tabanından elde edilmiştir. Çalışmada Endüstri 4.0'ı temsil eden bağımsız değişkenler “*patent başvuru sayısı (PTNT)*, *orta ve ileri teknoloji ihracatı toplam imalat ihracatındaki payı (MHTE)* ve *bilgi iletişim teknolojileri ihracatı toplam ihracattaki payı (ICT)*” iken, iktisadi büyümeyi temsil eden kontrol değişkenler “*istihdam oranı (EMP)*, *sermaye stoku (CS)*” iken, iktisadi kalkınmayı temsil eden kontrol değişkenler ise “*eğitim endeksi (EDU)* ve *beklenen yaşama süresi (LE)*” dir.

Çalışmanın birinci bölümünde, tarihsel süreçte iktisadi büyüme ve kalkınma olgusu ele alınarak bu olguya yönelik çeşitli yaklaşımlara yer verilmiştir. Bu bölümün temel hedefi, Endüstri 4.0 devrimi ile yeniden şekillenen büyüme ve kalkınma olgusunun gelişim sürecini ele almak ve teorik açıdan konunun bütünleşmesini sağlamaktır.

İkinci bölümde, dünyada ve Türkiye’de Endüstri 4.0 devriminin ortaya çıkışı, sanayi devrimlerinin gelişim süreci çerçevesinde incelenmiştir. Endüstri 1.0 ile başlayan ve Endüstri 4.0’a ulaşılan devrimlerin sosyal ve ekonomik hayatı şekillendirmesi üzerine değerlendirmeler yapılmıştır.

Üçüncü bölümde, Endüstri 4.0’ın getirdiği yeni teknolojiler ele alınmış olup bu teknolojiler ile şekillenen geleceğin ekonomileri değerlendirilmiştir. Ayrıca Endüstri 4.0’ın ekonomik etkileri detaylı olarak bu bölümde incelenmiştir.

Dördüncü bölümde Endüstri 4.0 kapsamında yapılan uygulamalı çalışmalar incelenmiştir. Bu doğrultuda bir literatür taraması yapılmış ve konuyla ilgili çalışmalara yer verilmiştir. Literatür taramasına dayanarak şunu belirtmek gerekir ki bu çalışmanın özgün değeri, seçilen ülkeler ile birlikte Endüstri 4.0 devriminin iktisadi büyüme ve kalkınmaya yönelik etkilerinin farklı ekonometrik modeller kullanılarak analiz edilmesiyle ortaya çıkmaktadır. Ayrıca özellikle son dönemde gündeme gelen bir konu olması nedeniyle Endüstri 4.0 (dijitalleşme) baz alınarak incelenen ekonometrik analiz içerikli çalışmaların literatürde çok fazla bulunmadığı görülmektedir. Dolayısıyla çalışmanın ileride yapılacak çalışmalar için yol gösterici ve aydınlatıcı olması bakımından literatüre önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir.

Beşinci bölümde ise çalışmada kullanılan veri seti, yöntem ve bulgular değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın analiz kısmında üç ayrı model kurulmuştur. Yapılan ekonometrik analizde bağımlı değişken olarak birinci model için iktisadi büyümeye ilişkin gösterge kişi başına gelir düzeyi (GDPC), iktisadi kalkınmaya ilişkin gösterge ise ikinci model için beşeri sermaye (HCI) ve üçüncü model için kişi başına gelir düzeyi (GDPC) kullanılmıştır. Analizde öncelikle değişkenlerin seçilen ülkeler için seriye gelen bir şoktan aynı düzeyde etkilenip etkilenmediğini tespit etmek adına yatay kesit bağımlılığının varlığı sınanmış olup bu amaçla Breusch-Pagan (1980) CD_{LM1} testi kullanılmıştır. Ardından seriyi oluşturan sürecin zaman ilerledikçe sabit olup olmadığının (serinin durağan olup olmadığı) belirlenmesi amacıyla “yatay kesit bağımlılık testi sonuçlarına uygun olarak birim kök testi” uygulanmıştır. Daha sonra ise ekonometrik çalışmalar için uygun analiz yöntemlerinin seçilmesi ve daha gerçekçi yorumlar yapılabilmesi adına eğim katsayılarının homojenliği sınanmış olup ardından eşbütünleşme ilişkisinin varlığı önceki testlerdeki sonuçlara uygun test ile sınanmıştır. Bununla birlikte panel veri analizi kapsamında uzun ve kısa dönemli ilişkilerin tahmini için gerekli koşullar sağlanmış olup analizin son kısmı da bu şekilde tamamlanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. İKTİSADİ BÜYÜME VE KALKINMA

İktisadi kalkınma, iktisadi büyüme ile birlikte farklı unsurları da bünyesine dâhil eden bir olgudur. İktisadi kalkınma ve büyümenin sağlanması, sürdürülmesi, gelişmişlik düzeyi ne olursa olsun her ülke için temel hedeftir. Bu nedenle ekonomik açıdan gelişmiş ülkeler, bunun sürekliliğini sağlamak için, gelişmekte olan ülkeler ise ekonomik büyümelerini, kalkınmalarını temin etmek adına ekonomilerini sürekli düzenlemekte ve bu doğrultuda çeşitli politikalar geliştirmektedir. Çalışmanın bu bölümünde, iktisadi büyüme ve kalkınma olgusu teorik ve kavramsal açıdan tanımlanarak iktisadi büyüme ve kalkınma teorileri ele alınmıştır. Bu bölümün genel seyri, Endüstri 4.0 devrimi ile yeniden şekillenen büyüme ve kalkınma olgusunun gelişim evrelerinin ele alınmasıyla çalışmanın teorik açıdan bütünleştirilmesi amacına yöneliktir.

1.1. İktisadi Büyüme: Tanım ve Ölçüm

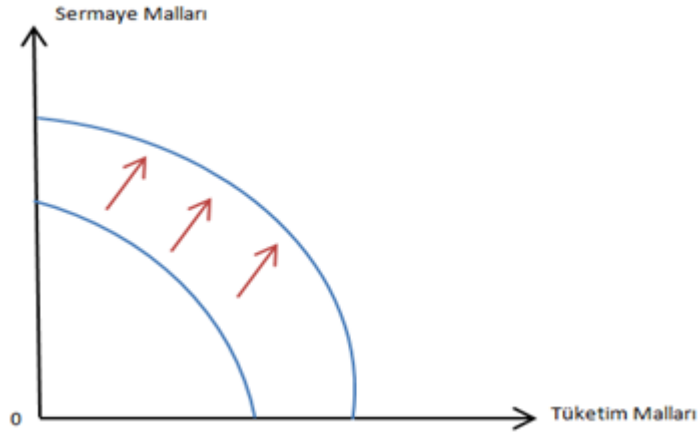
1.1.1. İktisadi büyümenin tanımı

Ekonomiler tıpkı canlılar gibi büyümekte, fakat bu büyüme süreci ülkeden ülkeye farklı oranlarda gerçekleşmektedir. Bu farklılıkların nedeni, ülkelerdeki mevcut sermaye birikimi, doğal kaynaklar, emek (işgücü), teknoloji düzeyi, bilgi ve benzeri sınırlı kaynakların varlığıdır (Ülgener, 1980, s. 409). Bu unsurlar ile belirlenen iktisadi büyüme (economic growth), bir ülkenin belli bir dönem (genellikle bir yıl) içerisinde üretim kapasitesinde ya da reel GSYH’de oluşan, sayısal anlamda ölçülebilen reel artışlardır (Turan, 2008, s. 11). Bir başka deyişle iktisadi büyüme, üretim olanakları eğrisinin genişlemesi, bir ekonominin üretim kapasitesindeki artış ile daha fazla mal ve hizmet üretilmesi anlamına gelmektedir. Sonuç olarak iktisadi büyüme, bir ülkede mevcut kıt kaynakların miktarsal olarak artırılması veya kalite açısından onların iyileştirilmesiyle üretim olanakları sınırının genişletilmesi ya da üretim teknolojisi ile kurumsal çerçevenin değiştirilerek daha yüksek üretim seviyelerine çıkarılmasıdır (Üstünel, 1988, s. 58). Kişi başına gelir olarak büyüme, bir toplumdaki ekonomik faaliyetlerin ölçeğinde ortaya çıkan artışın yanı sıra kişi başına gelir artışını da içermektedir (Arthur, 1964). Kişi başına reel gelirden (hâsılada) gerçekleşen bu artışın büyüme şeklinde nitelendirilebilmesi için geçici olmaması, sürekli olması gerekmektedir. Bu bakımdan iktisadi büyüme, kısa dönemli statik bir olgu değil, uzun dönemli dinamik bir olgudur (Taban, 2011, s. 1).

Refah seviyesi açısından en önemli belirleyicilerden olması nedeniyle iktisadi büyüme, tüm ülkeler için son derece önemli ve güncel bir konudur. Ancak genellikle iktisadi büyüme gelişmiş ülkelerin tanımlanmasında kullanılmaktadır (Ertek, 2005). Gelişmiş ekonomiler için günümüzde iktisadi büyümenin en önemli unsurları özellikle, “teknolojik gelişme” ve “inovasyon”dur. Teknoloji ve inovasyondaki gelişmelerin belirleyicisi olan en önemli unsur ise araştırma-geliştirme (AR-GE) faaliyetleridir.

1.1.2. İktisadi büyümenin ölçümü

İktisadi büyüme (bir başka deyişle bir ulusal ekonominin ne ölçüde büyüdüğü), matematiksel olarak ölçülebilmektedir. Bu açıdan iktisadi büyümenin ölçümünde üretim, harcama ve gelir yöntemleri kullanılmaktadır. İktisadi büyümenin ölçümünde “reel gelirdeki artış”ın, tek başına pek fazla anlam ifade etmemesi de söz konusu olabilmektedir. Gelirdeki yıllık büyüme oranı $g_t = \Delta Y / Y_{t-1}$ ile (Y =reel gelir) ifade edilmektedir. Bazen nüfustaki artış oranı “ $\Delta N / N$ ”, reel gelirdeki artış oranının “ $\Delta Y / Y$ ” üzerinde olabilmektedir. Dolayısıyla net bir gelişmeden bahsedebilmek ancak $(\Delta Y / Y) > (\Delta N / N)$ durumunda mümkün olmaktadır (Taban, 2011, s. 18-19).



Şekil 1. 1. İktisadi büyüme (Parasız, 2003, s. 10)

Şekil 1.1’e bakıldığında sermaye ve tüketim malları olarak adlandırılan nihai malların iktisadi büyümede etkisi olduğu görülmektedir. Nitekim iktisadi büyümenin ölçümü çeşitli kriterlere bağlı olarak yapılabilir. Büyüme hızını ifade etmede kullanılan kriterleri bir ekonomideki yıllık gayrisafi milli hâsıla (GSMH) artış oranı, safi milli hâsıla (SMH) artış oranı, kişi başına tüketim harcamalarındaki yıllık artış oranı olarak belirtilebilmektedir. Bu kriterlere rağmen genel anlamda kabul gören ölçü “kişi başına düşen reel milli gelirdeki artış” olmuştur. Bir önceki yıla kıyasla reel milli gelirin yüzde kaç arttığını gösteren bir orana “büyüme hızı” denmektedir. Büyüme hızı (BH), (t)

dönemindeki milli gelir artışının (ΔY_t) ilk baştaki milli gelire (Y_t) bölünmesiyle ($BH = \Delta Y_t / Y_t$) elde edilmekte ve bu büyüme hızına da “*brüt büyüme hızı*” denmektedir. Başlangıçtaki reel milli gelir “ Y_t ” ile, ($Y_{t1} - Y_t$) fark ise “ ΔY_t ” ile temsil edilmektedir. Ancak fiyat artış ya da azalışlarını hesaba katan büyüme hızı, nüfus artışını dikkate almamaktadır. Brüt büyüme hızından (BH_b), nüfus artış hızı (n) çıkarılarak net büyüme hızı (BH_n) elde edilmektedir. Burada net büyüme hızını, ($BH_n = BH_b - n$) olarak ifade etmek mümkündür (Unay, 1983, s. 250-251).

1.2.İktisadi Büyüme Teorileri

Ülkelerin uzun dönemde iktisadi büyümei artırıcı veya azaltıcı unsurların belirlenmesine ilişkin iktisatçılar arasında farklı yaklaşımlar söz konusu olmaktadır. Bu durumda, büyüme konusu da farklı kriterlere göre açıklanmaktadır. Bir ekonominin uzun dönemli iktisadi büyümesinde belirleyici ve büyüme teorilerinde şekillendirici unsurlar; iktisadi faktörler (beşeri ve fiziki sermaye, makroekonomik istikrar, ticari ve finansal dışa açıklık), demografik faktörler (nüfus artışı), doğal kaynaklar, coğrafya ve iklim, sosyal, kültürel ve politik faktörler (demokrasi, hukukun üstünlüğü, kurumlar), teknolojik gelişme olarak sıralanmaktadır. Bilinen şudur ki ilgili faktörler, tek başına ve/veya karşılıklı etkileşim ile iktisadi büyümenin sağlanmasına, sürdürülebilmesine katkıda bulunmaktadır (Gallup, Sachs ve Mellinger, 1999; Temple, 1999). Nitekim iktisadi büyüme teorileri, bir ülke ekonomisinde büyümenin belirleyicilerini, başka ülkelerle büyüme oranları arası farklılıkların ve kişi başına gelirdeki değişikliklerin sebeplerini açıklama maksadıyla geliştirilen teorilerdir (Bocutoğlu, 2015). Bu anlamda pozitif büyüme teorisi, dünyanın nasıl büyüyeceği ile ilgilenirken, normatif büyüme teorisi ise dünyanın nasıl büyümesi gerektiğine odaklanmaya çalışmaktadır. Bu kavram daha sonradan “*optimal büyüme teorisi*” adıyla anılmaya başlamıştır (Wan, 1971, s. 2).

Genellikle tam istihdam koşulunda gerçekleşen iktisadi büyümei dayanan “*büyüme teorileri*”, gelişmiş ülkeler için kullanılan bir kavramdır. İktisadi büyümenin teorik temelleri öncelikle klasik iktisatçılar olan A. Smith (1776), T. Malthus (1798), D. Ricardo (1817) ve bunları takiben K. Marx (1867), F. Ramsey (1928), A. Young (1928), F. Knight (1944) ve J. Schumpeter (1934)’in çalışmalarına dayanmaktadır. İktisadi büyüme kapsamında bu ekonomistler, beşeri ve fiziksel sermaye ile büyüme ilişkilerini, dış ticaret, eksik rekabet ve üretim yöntemlerini, kişi başına gelir ve nüfusun büyüme oranını, teknolojik ilerlemeyi, temel denge dinamiklerini değerlendirmiştir. Tarihsel perspektifte

Smith, Malthus ve Ricardo gibi ekonomistler tarafından ortaya koyulan büyüme modellerine “*klasik büyüme teorisi*” denmektedir. Klasik büyüme teorisinden sonra geliştirilen teoriler ise Marksist (1867) büyüme modeli, Keynesyen (1930) büyüme modeli, Schumpeter (1942) büyüme modeli ve sonrası ortaya atılan modern ekonomik büyümenin (Post-Keynesyen) öncüsü kabul edilen Harrod (1939) ve Domar (1946)’ın büyüme modelleri, R. Solow (1956) ile Neo-klasik (dışsal) büyüme modeli, Roma Kulübü Modelleri (Meadows, 1972) ve büyümenin iktisadi sistem içerisinde içsel bir şekilde belirlendiğini öne süren içsel (yeni) büyüme teorileri olarak sıralanmaktadır (Parasız, 2003; Berber, 2011). Tablo 1.1’de iktisadi büyüme teorileri detaylıca incelenmiştir.

Tablo 1. 1. İktisadi büyüme teorileri (Berber, 2011, s. 43)

İktisadi büyüme teorileri		
Büyüme teorisi	Büyümenin kaynağı	Büyümenin niteliği
Klasik Büyüme Teorileri	✓ İş bölümü	✓ Sınırlı büyüme
✓ Smith (1776)	✓ Artık değerın yatırımı	✓ Tarımda azalan
✓ D. Ricardo (1857)	dönüşümü	verimler yavaşından
✓ T. R. Malthus (1799)		kaynaklı sınırlı
		büyüme
		✓ Nüfus kanunu kaynaklı
		sınırlı büyüme
✓ Karl Marx (1876)	✓ Sermaye birikimi	✓ Kapitalist süreçte kâr
		oranlarındaki düşüşten
		kaynaklı sınırlı
		büyüme
✓ J.A. Schumpeter (1911-1939)	✓ Yenilikler demeti	✓ Kararsız büyüme,
		kararsız denge
Post-Keynesyen Büyüme Modeli (Modern Büyüme Modeli)	✓ Tasarruflar ve yatırımlar	✓ Kararsız denge
✓ R. Harrod (1939)		
✓ E. Domar (1946)		
Neo-Klasik Büyüme Teorileri (Dışsal Büyüme Modeli)	✓ Nüfus ve teknolojik gelişme “ <i>dışsal</i> ”	✓ Teknolojik gelişme
✓ R. Solow (1956)		varlığının kabul
		edilmemesinden ötürü
		geçici büyüme
Roma Kulübü Modeli	✓ Doğal kaynaklar	✓ Nüfus patlaması,
✓ Dennis Meadows (1972)		✓ Çevre kirliliği ve enerji
		tüketiminden kaynaklı
		sonlu büyüme
Yeni Büyüme Teorileri (İçsel Büyüme Teorileri)	✓ Fiziki sermaye,	✓ Büyümenin içselliği,
✓ P. Romer (1986)	✓ Beşeri sermaye,	✓ Devletin yenilenişi,
✓ R. Lucas (1998)	✓ Teknoloji,	✓ Tarihsel geçmişin
✓ R. Barro (1990)	✓ Kamu sermayesi,	dikkate alınışı
✓ J. Greenwood (1990)	✓ Mali araçlar	
✓ B. Jovanovic (1990)		
✓ S.Rebelo (1991)		
Sanayi Bölgeleri Modeli	✓ Sınai ve mahalli örgütlenme biçimi	✓ Büyümede bölgesel
✓ G. Becattini (1991)		dengesizliğin
		açıklanması

1.2.1. Klasik büyüme teorileri

18. yüzyılda Endüstri devriminin gerçekleşmesi, iktisadi büyüme için gerekli ortamı yaratmıştır. Bu bağlamda büyüme için “*sermaye birikimi, iş bölümü ve makineleşme*” olmak üzere üç temel kaynaktan söz edilmektedir. Tam bu noktada büyümeyi yavaşlatıcı faktörlerin ise ekonominin içinden değil, daha çok dışarıdan kaynaklanan faktörler olduğunu belirtmek gerekmektedir (Özgüven, 1988, s. 4-5). Dolayısıyla Klasikler için iktisadi büyüme ve kalkınma kavramları, sermaye birikimi üretim ve verim artışı olarak belirlenmiş ve aynı anlamda kullanılmıştır. Klasik teoride sermaye birikimi ve teknolojik değişme büyümenin itici gücü olarak kabul edilmiştir. Bunun yanı sıra Klasiklere göre, ticaretin tamamıyla serbest olduğu bir sistemde, her ülke sermaye ve emeğini kendisine en faydalı olan kullanım alanlarına yöneltmektedir. Sanayinin canlandırılması, yaratıcılığın ödüllendirilmesi ve doğa ile sunulan özgün güçlerin en etkin şekilde kullanılması neticesinde gerçekleşen bu bireysel çaba ile emeğin optimal dağılımı mümkün kılınmaktadır. Ayrıca genel üretim artırılarak genel fayda yaygınlaştırılmaktadır (Yalman, 2010, s. 19).

Sistematik büyüme teorilerinden ilki olan Klasik iktisadi büyüme teorisi kaynak dağılımında etkinlik, ölçek ekonomilerinin yaratımı ve benzeri dış ticaretin statik avantajlarının yanı sıra bilgi ve teknoloji transferi gibi dış ticaretin dinamik avantajlarına odaklanmaktadır (Türker, 2007, s. 41). Klasik büyüme teorisine göre ekonomilerin ilk başta büyüyeceği ancak her ekonominin özelliklerine bağlı olarak sürecin uzunluğunun değişeceği ve daha sonra durgunluk hâline döneceği varsayılmaktadır. Ayrıca Klasik büyüme modellerinde uzun dönem durağan durum büyüme oranının, dışsal teknolojik gelişmeler ile belirleneceği ve teknolojik gelişme olmadığı varsayımı altında uzun dönem büyümenin sıfır olacağı öne sürülmektedir. Bu kapsamda teknolojik ilerleme rastlantısal bilimsel buluş ve yeniliklere bağlı olarak gerçekleşirken, uzun vadede tam istihdamın sürdürülmesi de modelde dışsal kabul edilen tasarruf oranı ve nüfus artış oranı ile ilişkili olmaktadır. Nitekim Klasik büyüme teorisinde, büyümeye yönelik nüfus artışının etkilerine vurgu yapılmaktadır (Hiç, 1994). Bu teorinin savunucularına göre, nüfus artışı ile sınırlı kaynaklar arası çatışma büyümenin sona ermesine neden olmaktadır (Orhan ve Erdoğan, 2013).

İktisadi büyümenin modellenmesine yönelik ilk adımları atan Klasik büyüme yaklaşımında başlıca teorisyenler “A. Smith, D. Ricardo, J. S. Mill ve T. Malthus”dur. İktisadi büyümenin dinamiklerini Adam Smith, emek değer teorisi ile açıklama

abasındayken, diğ er bir klasik iktisatçı olan David Ricardo’nun iktisadi analizinin temelinde topraktan gelen ürünlerin ücret, rant ve k r olarak sınıfsal bölüşümün tespiti yatmaktadır. Ricardo, nüfus artışıının tahıl talebini ve bununla paralel olarak da tarımsal faaliyeti arttıracakını  ne sürmüştür. Malthus ise iktisadi büyüme ve nüfus ilişkisi üzerinde durarak ekonomideki nüfus artışıının iktisadi büyümeyi diğ er kaynaklardan daha hızlı arttıracakını ileri sürmüştür (Taban, 2011, s. 28-42).

Adam Smith(1776): Klasik iktisadi yaklaşımda büyümeyi ilk inceleyen ve iktisat biliminin babası olarak tanınan A. Smith’in 1776 yılında yazdığı “*Milletlerin Zenginliğinin Doğası ve Nedenleri  zerine Bir Değ erlendirme*” adlı çalışması bilimsel iktisat kitabı kategorisinde son derece önemli bir eser olarak kabul edilmektedir. Smith’in iktisadi büyüme açıklamasında kullandığı en önemli unsurlar “*sermaye birikimi, iş bölümü ve uzmanlaşma*”dır. Smith’e göre, üretimde iş bölümü ve uzmanlaşma ile gerekleş en verimlilik ve tasarruf artışı ile sermaye stoğuna yapılan ilaveler olmak üzere ekonomik büyümenin iki farklı kaynağı bulunmaktadır. İş bölümü ve uzmanlaşmaya gidilmesi neticesinde, emek ve zamandan tasarruf ile emek verimliliğı artmakta, verimlilik artışıyla da sermaye stoku artmaktadır. Bu bakımdan Smith iş bölümü ile uzmanlaşmanın, uzmanlaşma ile verimliliğ n, verimlilik ile yatırımların, yatırımlar ile de ekonomik büyümenin temin edileceğini  ne sürmektedir (Savaş, 2007).

İşbölümü ve uzmanlaşma ile verimlilik artışlarının gerçekleşmesi için 3 yol bulunmaktadır (Smith, 1991, s. 13-15). Bunlardan ilki, her bir işçinin becerisindeki artış ile paralel olarak yapabileceğı iş miktarının artmasıdır. Öte taraftan herkesin işini tek bir işleme indirmesi ile bu işlemi hayatındaki tek uğraşı haline dönüştürmesi için iş bölümünün gerçekleştirilmesi zorunlu olarak işçinin becerisini iyice geliştirmektedir. İkincisi bir içten diğ erine geçişte genellikle kaybedilen zamanın tasarrufuyla sağlanan fayda, tahmin edildiğ inden çok daha yüksektir ki bu durumda aletler değişmekte, kişi işi ağırdan almakta, isteğı ve gayreti azalmakta, verim düşmektedir. Üçüncüsü ise herkesin uygun makinelerin kullanımı sayesinde işleri ne kadar kolaylaştırdığ n n farkına varmasıdır. İşi kolaylaştıran bu makineler, iş bölümü neticesinde ortaya çıkmıştır. Her bir işçinin becerisindeki artış ile bir içten başka bir işe geçişte kaybedilen zamandan tasarruf sağlanmaktadır. Makine ve teçhizatın sayısal olarak artması, emeğı rahatlatmakla birlikte sayısını da azaltmaktadır. Aksi halde sermayedeki artış, verimsiz emeğ n desteklenmesinde kullanılmaktadır. Dolayısıyla Smith’in büyüme modelinde emek için artan verimler kanunu, sermaye için ise azalan verimler kanunu geçerli olmaktadır.

Ayrıca Smith'in de vurguladığı üzere, uzmanlaşma son derece işe yarar bir faktördür ki tüm ülkeler bu sayede karşılaştırmalı üstünlük ile ölçeğe göre artan getiriden kazanç elde etmektedir. Bunun ile birlikte kişi başına gelir artmaktadır (Skaggs, 1999, s. 481-484). Nitekim işlerin doğal akışı gereği, büyüme sürecini tamamlayamamış her toplum, sermayesinin büyük bölümünü öncelikle tarıma, ardından imalata, en nihayetinde ise dış ticarete yöneltmektedir (Smith, 1991, s. 324).

David Ricardo: David Ricardo “*Politik İktisadın ve Vergilendirmenin Prensipleri (The Principles of Political Economy and Taxation)*” adlı çalışmasında, temel iktisadi düşüncelerine ve büyümeye ilişkin görüşlerine yer vermiştir. D. Ricardo, büyümeyi daha çok rant gelirine indirgemekte ve tarımda azalan verimler yasasının geçerli olduğunu savunmaktadır. Ancak, doğal kaynaklardaki kıtlıktan ötürü büyümenin sürdürülebilir hale gelemeyeceği ve mutlaka sonlanacağı düşünülmektedir. (Berber, 2011, s. 51-54). Ricardo'nun büyüme modeli, Smith'in büyüme modeline benzer şekilde büyümenin sermaye birikimine ilişkin olduğu görüşüne dayanmakta, sermaye birikimini uyarayan ise kâr motifi olarak kabul edilmektedir (Alkın, 1992).

Ricardo'ya göre bir ülkenin üretiminin iki yolla artırılması mümkündür. Bunlardan ilki, gelirlerin önemli bir kısmının yatırıma aktarımıyla üretim miktarı ve ürünün değerinin artırılmasıdır. Bu sebeple ülkenin refah düzeyi artmakta ve tüketim ise başlangıçta kısılmaktadır. İkincisi ise istihdam edilen emeğin verimindeki artış ile üretim hacminin genişletilmesidir. Bu kez talep fazlası ürünün değerlendirilmesi gerekmektedir. Nitekim bu ürün fazlası, fiyatları düşürmektedir. Tüketimi kısmadan üretimin artırılmasını sağlamasından ötürü ilkinde kıyasla ikincisi daha tercih edilebilir niteliktedir (Özgüven, 1988, s. 13-14).

Ricardo'ya göre servetin üretim için kullanılan hammaddeler, tasarruflar, pratik bilgiler ve makineler bölümüne “*sermaye*” denmektedir. Bu bağlamda tasarrufun artmasıyla sermaye artmakta, sermaye artışıyla üretim ve ona bağlı olarak emeğe talep artmakta ve büyüme gerçekleşmektedir. Ricardo'ya göre teknoloji, emek talebini olumsuz etkilemekte ve bu bakımdan teknolojik ilerleme tek başına başarının anahtarı olarak görülmemektedir (Barkai, 1986, s. 603-611). Ayrıca Ricardo zamanla teknolojik gelişme ile beraber üretim fonksiyonunun sürekli olarak yukarı kayacağını ancak azalan verim yasası ve teknik ilerleme hızındaki düşüklükten kaynaklı olarak ekonomiyi mutlaka durgunluk noktasına getireceğini öne sürmektedir (Berber, 2011, s. 57). Bunun yanı sıra bir ülkenin uluslararası ticarete bulunması açısından Ricardo, bir malı öteki ülkeden daha

ucuz üretmesinin önemli olmadığını belirtmektedir. Burada önemli olan, bir ülkenin başka ülkeye oranla hangi malı daha az maliyetle ürettiği ve o dalda uzmanlaşması gerektiği veya her iki malı da ucuza ürettiği takdirde, hangi malı daha ucuza üretiyorsa, o malda uzmanlaşması ve daha az üstün olduğu malın üretimini öteki ülkeye bırakması gerektiğidir. Ricardo'ya göre her ülkenin nispeten daha avantajlı olduğu ürün veya hizmetin üretiminde uzmanlaşarak diğer ülkelerle serbest ticaret yaptığında kaynakların daha etkin kullanılması mümkün olmaktadır. Bu sebeple serbest ticaret, büyümenin temel unsurlarından biri olarak kabul edilmekte ve ticarete katılan ülkelerin tümü uzmanlaşmadan kazançlı çıkmaktadır. Nitekim Ricardo'nun "*Karşılaştırmalı Üstünlük Teorisi*" ile bir ülke, her malı diğerine kıyasla daha düşük maliyetlerle temin etmiş olsa bile serbest ticaretin her iki tarafı için de faydalı olacağı öne sürülmektedir (Türker, 2007, s. 40).

Thomas Robert Malthus: İngiltere'nin ilk ekonomi profesörü Thomas Robert Malthus'un 1798 yılında yayımladığı "*Nüfusun Prensipleri Üzerine Bir Deneme*" adlı çalışmasında, büyüme ile ilgili düşüncelerine, nüfus ve hâsıla artışları arasındaki ilişkilere değinmektedir. Bu çalışmasında R. Malthus, sürekli bir nüfus artışı ile gelecekte gıda arzının yetersiz hale geleceğini ve bunun insanlığın refahı için bir tehdit, tehlike durumu yaratacağını belirtmiştir (Taban, 2011, s. 32-35). Dolayısıyla Malthus, büyümenin temini için nüfus artış hızının kontrol edilmesi gerektiğini, aksi halde nüfus arttıkça kişi başına gelirin düşeceğini öne sürmüştür. Malthus'a göre üretim, emeğin ve toprağın bir fonksiyonu olarak kabul edilmektedir. Bu fonksiyon " $Y=f(L,N)$ " şeklinde gösterilmektedir. Burada reel gelir " Y " ile, emek miktarı " L ", sabit ekilebilir arazi (toprak) ise " N " ile temsil edilmektedir. Burada toprak miktarı sabit olup emek ise doğum ve ölüm oranlarıyla bağlantılı bir şekilde artmaktadır. Emek sabit toprakla üretime katıldığından dolayı üretim azalan verimlere tabidir ve her ilave işgücü zamanla azalan oranlarda üretimi artırmaktadır. Bunun nedeni her ilave işgücünün daha az toprakla çalışmasıdır (Van Den Berg, 2001, s. 95). Malthus, Ricardo'nun büyüme teorisinde kabul ettiği değişkenlere ilave olarak teknolojik yenilikleri de dâhil etmiştir. Malthus'a göre makineler ve teknolojik gelişme, büyümeyi kolaylaştırmakta ancak bu faktörlerin büyümeyi sonsuza kadar sürdüremeyeceği belirtilmektedir. Çünkü Malthus, malların fiyatını düşürebildiği ve talebi arttırabildiği oranda makinelerin büyümeyi etkileyebileceğini öne sürmektedir. Ancak Malthus'un kurmuş olduğu ekonomik büyüme ile nüfus miktarı arasındaki ilişkinin beşeri sermayenin önemli hale geldiği ve

teknolojinin ilerlediği günümüz dünyasında pek de geçerli olduğu söylenememektedir (Gylfason, 1999, s. 23).

1.2.2. Marksist büyüme teorileri

Marksist Büyüme Teorisinin öncüsü Karl Marks, Smith ve Ricardo gibi politik iktisat alanına yönelmiştir. Bu alandaki en önemli eseri de “*Das Kapital*” olmuştur. K. Marks eserinde, kapitalizmin yıkılmasını ve bununla birlikte de sosyalizm aracılığıyla komünizme geçilmesi gerekliliğini öne sürmüştür. Kapitalizmin olumsuz yanlarına dikkat çekerek Marks (1818-1883), emeğe verilen değerin azaldığı görüşü ile şekillendirdiği büyüme teorisinin dinamik bir analiz niteliği taşımasını sağlamıştır. Marks’a göre büyüme, sürekli dengesizliklerin yaşandığı bir süreçtir. Marks, gelir dağılımı konusunu da toplumsal sınıf kategorileri kapsamında ele alarak gelir dağılımını kapitalistler ile işçi sınıfı arasındaki temel mücadeleye indirgemektedir. Bu bakımdan Marks kapitalizmin kitlesel insani maliyetlerine odaklanarak zenginliğin adil şekilde dağıtılmaması, sağlık ve barınmada kötü şartlar, çocuk ve kadın işgücü gibi konuları gündeme getirmiştir (Backhaus, 2012). Marks görüşlerini Emek-Değer Teorisine dayandırmış olup bu teori çerçevesinde özellikle artı değer kavramının oluşmasında Ricardo’nun modelinden yararlanmıştır. Marks zenginliğin kaynağı ve iktisadi büyümenin en önemli belirleyicisi olarak emeği kabul ederek emek yoğun bir sektör olan maden çıkarmanın önemi üzerinde durmuştur. Sermaye ise emek karşılığında elde edilen bir ürün olarak kabul edilmektedir. Marks’a göre kapitalistlerin üretimden sağladığı kârın tek kaynağı olan “*artı değer*”, işçi sınıfı tarafından yaratılan toplam değer ile kapitalistlerin bu sınıfa ödediği ücretler toplamı arasındaki farktır. Bu bakımdan kâr teorisi ile şekillenen, Marks için son derece önemli artı değer kavramı, üretilen ürünün satışının gayrisafi hâsılatından sabit sermaye ve değişken sermaye masrafları çıkarıldıktan sonra elde kalan değeri ifade etmektedir. Bu nedenle kurduğu modeli artı değer ve kâr teorileri ile desteklemeye çalışan Marks’a göre artı değer; mevcut ekonomik düzendeki eksikliği göstermekte ve bu durumda sermaye sahibi üreticiler, artı değeri yükseltmek için çalışma saatlerini uzatma veya emeğin verimliliğini arttırma çabasına girmektedir. Tam bu noktada Marks’ın azalan verimler yasasının işleyişine karşı çıktığını söylemek mümkündür. Nitekim Marks’a göre kapitalistler arası rekabet hali, sermayenin organik bileşimini değiştirmekte, bu da esasında büyümeyi ifade etmektedir. Sermaye birikiminde belirleyici en önemli faktör de, artı değerın kapitale dönüşümü olarak kabul

edilmektedir. Ayrıca kapitalist ekonominin işleyiş mekanizmaları kapsamında detaylı araştırmalar yapan Marks, teknolojik gelişme ile artan yeniliklerin oluşturduğu rekabet sürecinin kapitalizme işlerlik kazandırdığını öne sürmektedir. Ancak Marks, teknolojik yeniliklerin büyümeyi nasıl etkilediğinden ziyade emeğin sömürsünün nasıl arttırıldığına odaklanmıştır. Bu bakımdan Marks'a göre kapitalizm toprağı, üretim için aşırı oranda sömürmektedir (Berber, 2011, s. 62-53).

1.2.3. Keynesyen büyüme teorileri

Keynesyen Büyüme Teorisi'nin öncü ismi İngiliz iktisatçı John Maynard Keynes (1883-1946), 1936 yılında “*İstihdam, Faiz ve Paranın Genel Teorisi (The General Theory of Employment, Interest and Money)*” çalışmasıyla işsizliğin nedenini talep yetersizliğiyle açıklayarak klasik teoriye temel eleştirilerini yöneltmiştir. Bu bakımdan 1929 Büyük Bunalımı şartlarına odaklanmaktadır. Dolayısıyla Keynesyen modelin, büyüme hususundaki görüşlerinin statik olduğu ve ekonominin arz yönü ile ilgilenmeyerek daha çok talep yönünü ön plana çıkardığı anlaşılmaktadır. Keynesyen teoriye göre, üretimin ve istihdamın temel belirleyicisi “*toplam talep*” olarak belirtilmektedir. Ayrıca milli gelirin temel belirleyicisinin efektif talep olduğu, efektif talebin ise tüketim ve yatırım harcamalarından oluştuğı belirtilmektedir. Ekonomide tam istihdamın değil de eksik istihdam ve eksik rekabet piyasalarının söz konusu olduğu savunulmaktadır. Keynes nüfus artışı, teknik gelişme, yeni üretim alanlarının ortaya çıkışı ve benzeri dış etkenlerin gerçekleşme olasılığı ve bunların gelişmiş ekonomilerde etkilerinin azalacağı düşüncesiyle ileriki zamanlarda gelişmiş ekonomilerin durgunlukla karşılaşmasını kaçınılmaz hale getireceğini öne sürmektedir. Keynes, bu durgunluk halinin atlatılabilmesi açısından çözümü talep genişlemesine (toplam talebin artırılmasına) bağlamaktadır. Nitekim teoride şöyle bir ikilem mevcuttur ki toplam talepteki yetersizlik, durgunluk ve işsizliğe yol açmaktayken, toplam talebin fazla olması ise enflasyon ve aşırı istihdam yaratılmasına sebep olmaktadır. Zira Keynesyen büyüme teorisi temelinde, büyüme konuları üzerine değil konjonktürel dalgalanmalara odaklı bir inceleme alanı oluşturmaktadır. Bu bakımdan teori statik bir analize dayanmakta ve daha çok büyümenin, fiziki (cari) hâsılada zamana bağılı olarak meydana gelen kısa vadeli artışla ifade edildiğini belirtmektedir. Ancak üretim kapasitesinin artırılması işleminde yalnızca uzun vadede başarıya ulaşılabilmektedir (Taban, 2011, s. 55-56).

1.2.4. Schumpeter (Evrimci) büyüme teorileri

Avusturyalı iktisatçı Joseph Alois Schumpeter, 1942 yılında yayınladığı “*Kapitalizm, Sosyalizm ve Demokrasi (Capitalism, Socialism and Democracy)*” adlı eserinde “*Yaratıcı Yıkım (creative destruction)*” olarak ifade ettiği bir süreçten bahsetmektedir. J. A. Schumpeter’in (1883-1950) büyüme teorisinin temeli de bu “*yaratıcı yıkım*” kavramına dayandırılmaktadır. Schumpeter’e göre yaratıcı yıkım, yapılan yenilikler ile eski malların ve endüstrilerin yıkılması, bunların yerini yeni mallar ve endüstrilerin alması anlamına gelmektedir. Schumpeter’e göre “*yaratıcı yıkım*” piyasaların daralması iken, “*yaratıcı birikim*” ise piyasaların genişlemesidir (Erdoğan ve Canbay, 2016, s. 34). Nitekim Schumpeter’e göre iktisadî büyüme kavramı yaratıcı yıkım, yenilikler (inovasyon), teknolojik rekabet, eksik rekabet ve benzeri faktörleri temel almaktadır.

Schumpeter, “AR-GE” ve “inovasyon”u iktisadi büyümenin kaynağı (ekonomik gelişmenin motoru) olarak görmektedir (Erdoğan ve Canbay, 2016, s. 33-34). Bu nedenle “Schumpeter” inovasyon teorisinin kurucusu olarak kabul edilmiştir (Lundvall, 2007, s. 10). Schumpeter, ilk kez “inovasyon (yenilik)” kelimesini 1912 tarihli “*Ekonomik Kalkınma Teorisi (Theory of Economic Development)*” eserinde ekonomik değişimi açıklamak için kullanmıştır. Dolayısıyla Schumpeter iktisadi büyümenin temel belirleyicileri arasında “teknolojik yeniliklerin” de olduğunu belirtmektedir. Schumpeter’e göre, yeni bir malın ya da mevcut bir malın farklı çeşidinin ve kalitesinin piyasaya sunulmasına, üretimde yeni bir üretim tekniğinin kullanılmasına, yeni bir piyasanın bulunmasına ve keşfine, yeni bir hammadde veya yarı mamul kaynağının keşfine, endüstrinin yeniden organizasyonuna “yenilik” denmektedir. Bu bakımdan Schumpeter’e göre iktisadi büyüme için “(1) yeni bir malın, olan bir malın yeni bir türünün veya yeni bir kalitesinin piyasaya sürülmesi, (2) yeni bir üretim tekniği kullanımı, (3) yeni piyasaların bulunuşu, (4) yeni bir hammadde veya yarı mamul kaynağının bulunuşu, (5) sanayinin yeniden organize edilmesi; tröst, kartelleşme ve monopollerin kurulması veya engellenmesi” olmak üzere beş çeşit yenilik unsurundan bahsedilmektedir (Taban, 2011, s. 52).

Schumpeter’e göre her dönemin kendine özgü nitelikleri olan konjonktür dalgalarının kapitalist sistemin işlemlerini, gelişimini sağlayan teknolojik yenilikler ve girişimciler, savaş, kriz ve altın madenlerinin keşfi veya kıtlık gibi özel durumlardan kaynaklandığı belirtilmektedir. Schumpeter kapitalizmin yapısal olarak evrimci

(evolutionary) bir süreç izlediğine ve temelinde yaratıcı yıkım olduğuna dikkat çekmektedir (Taban, 2011, s. 53). Kapitalist iktisadi sistemin büyümesine yönelik Schumpeter'in yaklaşımında, girişimler ve teknik gelişimlerin, girişimciler tarafından uygulanarak üretime sokulmasıyla ekonominin canlanacağı görüşü hâkimdir. Bu nedenle Schumpeter'e göre, kapitalizmin başarılı olması için yeni girişimcilerin yaratılması gerekmektedir. Kapitalizmin genişlemesinde (büyümesinde) ortak özellik olarak “teknolojik yenilikler”in girişimci kârının kaynağı kabul edilmektedir. Schumpeter'e göre girişimcilerin gerçekleştirdiği teknolojik yeniliklerin ise kapitalist sistemde büyümenin içsel bir değişkeni olduğu belirtilmektedir. Dolayısıyla kapitalist dinamiğin itici gücünün temelinde kapitalist girişimci tarafından yaratılan yeni endüstriyel organizasyonlar, yeni üretim yöntemleri ve yeni tüketim malları bulunmaktadır (Schumpeter, 2003, s. 82-83).

Girişimciler yeni ürün yaratmakta veya eski ürünleri niteliksel açıdan geliştirerek zenginliğin artmasını sağlamakta, bu yolla da piyasadan eski ürünler kalkmakta ve yerlerini yeni ürünlere bırakmaktadır. Bu şekilde yeni teknolojilerin üretim modeline dâhil edildiği bir yaratıcı yıkım süreci başlamaktadır (Demir, 1995, s. 165). Nitekim inovasyon, icatlar ve teknolojik gelişme, üretim malları ile ürün kalitelerinin iyileştirilmesi, genel olarak modern girişimciliğin gelişmesini sağlamaktadır. Bu bağlamda Schumpeter, kalkınmanın taşıyıcısını mucit değil, girişimci olarak kabul etmekte, icadın anlamlı hale gelebilmesi için ise mucitten ziyade icadı yeniliklere dönüştürebilen yenilikçi bireyler, girişimciler önemli olmaktadır. Dolayısıyla ekonomide hareketliliği sağlayıcı motor işlevi gören icattan ziyade girişimcilerdir (Schumpeter, 1947, s. 152-153).

1.2.5. Post keynesyen büyüme teorileri (Modern büyüme modeli)

Post-Keynesyenler İktisadi Büyüme Teorisi, “*Modern Büyüme Teorisi*” olarak da adlandırılmakta ve toplam talebin önemine dikkat çekmektedir. Bu yaklaşıma göre faiz oranlarındaki artışlar, yatırımları ve buna bağlı olarak efektif talebi azaltmakta ve ekonomik büyüme hızını düşürmektedir. Ayrıca bu teori çerçevesinde uluslararası ticaretin ekonomik büyümeye etkisi değerlendirilirken, talepteki artış farklılıklarından ötürü büyüme oranlarının ülkeler arasında farklılaştığı belirtilmektedir. Dışa açık bir ekonomide talep üzerindeki en önemli kısıt, ödemeler dengesi olarak kabul edilmektedir. Bir ülkenin ihracatı ve ithalatından hangisinin daha baskın olduğuna göre ise ödemeler dengesinin durumu değişmektedir. Tam bu noktada “*Modern Büyüme Teorisi*”nde (Post-Keynesyen Teori), uluslararası ticaretin iktisadi büyümeye etkisinin, ihracata dayalı

büyüme ve büyümenin ödemeler dengesi kısıtı teorileri kapsamında ele alındığını söylemek mümkündür. Teoriye göre bir ülkedeki talep genişlemesi ithalattaki artıştan kaynaklı ise mevcut üretim kapasitesi kullanılmaksızın ödemeler güçlüğü ile karşılaşılabilmekte, yatırım ve teknik değişimler azalabilmektedir. Ancak talep değişimleri ödemeler dengesi sorunu yaratmadığı müddetçe üretim kapasitesinin kullanımını artırmakta, daha fazla yatırım ve teknik değişim ile birlikte büyümeyi sağlamaktadır (Türker, 2007, s. 42). Nitekim Post Keynesyen iktisadi büyüme teorilerinde öne çıkan isimler “İngiliz iktisatçı Roy F. Harrod, ABD’li iktisatçı Evsey D. Domar ve İngiliz iktisatçı Nicholas Kaldor” olmuştur.

Harrod-Domar modeli, Roy F. Harrod (1939) ve Evsey D. Domar (1946) tarafından yapılan her iki farklı çalışmaya dayanan modeldir. Model, tek mallı iki faktörlü bir piyasa ekonomisine yönelik kurulmuştur. Ekonomide, tüketimde ve yatırımda kullanımı mümkün olan tek mal üretilmekte ve modelde para yer almadığından ötürü parasal fiyatlar yer almamaktadır. Modelde devlet, ekonomik faaliyetlerde bulunmamakta ve ekonomik kararlar tümüyle özel karar birimlerince alınmaktadır. Ayrıca kapalı bir ekonomi söz konusu olmakta, bir başka deyişle ekonomide ticari ve finansal açıklık bulunmamaktadır (Turan, 2008, s. 27).

Harrod-Domar modelinde iktisadi büyümenin arttırılabilmesi, tasarruf oranı veya sermayenin verimliliğinin artırılmasına bağlıdır (Yülek, 1997, s. 4). Ayrıca Harrod-Domar büyüme modelinde, emek ve teknolojik ilerlemelerin üretime katkısı dikkate alınmamış, bu faktörlerde belirleyici unsurlar ve bu unsurlar arasındaki ilişkiler modele dâhil edilmemiştir. Harrod-Domar büyüme modeli nüfus artışı, teknik ilerleme ve benzeri dış (eksojen) değişkenlere bağlı olduğu tam istihdam koşulundaki ekonomileri değerlendiren uzun dönem denge teorisidir. Burada Harrod, eksik istihdam dengesinden yola çıkarak, tam istihdam dengesine ulaştıracak büyüme koşullarını, Domar ise tam istihdam dengesine dayanarak büyümenin sürdürülebilirlik koşullarını araştırmıştır. Nitekim Harrod modeli daha çok geçmişe dönük, Domar modeli ise geleceğe yönelik bir analiz olarak kabul edilmektedir (Berber, 2011, s. 111-115).

Harrod modelinden farklı olarak Kaldor, gerçekleşen sermaye-hâsıla (v), gerekli sermaye-hâsıla oranı (vr)’den küçük olması halinde yatırım ve verimlilik artışları ile hâsıla büyümesinin de artacağını öne sürmüştür. Kaldor, Harrod modelinde zaman ilerledikçe iktisadî dengeden uzaklaşıldığını belirterek kendi modelinde buna benzer bir durumla karşılaşılmayacağını savunmaktadır. Kaldor tarafından oluşturulan büyüme

süreci, Solow'daki büyüme ile benzer şekilde kararlı ve sürekli. Bu noktada, geliştirdiği teknik gelişme fonksiyonu ile Kaldor, yatırımlar boyunca büyümenin de süreklilik göstereceğini belirtmektedir (Aksu, 2014, s. 20). Harrod, Domar ve Kaldor'un büyüme teorilerine ilişkin ayrıntılı inceleme aşağıda yapılmıştır:

Roy F. Harrod: Domar'ın büyüme modeline çok benzer nitelikteki Harrod'un büyüme modelinde temel faktör yatırımlardır. Ancak büyüme sürecindeki yatırım artışı ile üretim artışı ilişkisini Harrod, Domar büyüme modelinden farklı biçimde analiz etmiştir. Domar'a göre kalkınmanın asıl problemi, artan üretim kapasitesinin tamamıyla kullanabileceği yatırım artışının ne kadar olmasının tespiti iken, Harrod'a göre kalkınmanın asıl problemi gelirin mevcut tasarrufları eritmesi için yeterli bir yatırım artışını olanaklı hale getirecek bir düzeye ulaşp ulaşmayacağıdır. Bu bakımdan her iki modelin analizlerinde kullanılan araçlar farklı olmaktadır. Domar modelinde çarpan mekanizması (katsayısı), Harrod modelinde ise hızlandırıcı prensibi/katsayısı önemli bir araç olarak kullanılmıştır (Savaş, 1986, s. 322). Bir birim üretim artışı için gerekli sermaye artışı anlamına gelen ve yatırımın üretim (gelir) değişmelerine duyarlılığını ölçen hızlandırıcı katsayısı esasında planlanan yatırımların düzeyinin tespiti üzerinde etkili olmaktadır. Dolayısıyla Harrod'a göre belirli bir üretim artışını gerçekleştirebilmek adına gerekli olan sermaye artışının (planlanan yatırım) belirlenmesi gerekmektedir. Nitekim ekonomide tam istihdamın sürekliliği arzu edilmesi halinde yatırım, sermayenin marjinal verimliliği ve hızlandırıcı gibi değişkenler ile tasarruf eğiliminin uyumlu olması gerekmektedir (Peterson, 1994, s. 516).

Harrod büyüme modelinin temel varsayımlarını 7 madde ile açıklamak mümkündür: (1) Net tasarruflar (S_t), aynı dönemdeki millî gelirin (Y_t) sabit bir payı olmasından dolayı, ortalama ve marjinal tasarruf eğilimleri birbirine eşittir. (2) Dışa kapalı bir ekonomi mevcuttur yani, ithalat ve ihracat bulunmamaktadır. (3) Fiyatlar genel düzeyi sabittir. (4) İşgücünün işe katılma oranı nüfus ile belirlenmekte ve dışsal bir etkiye sahip olmaktadır. (5) Üretim yalnızca sermayenin bir fonksiyonu olarak sermaye (K) ve emek (L) arasında tek ve sabit bir faktör bileşimi biçiminde nitelendirilmiştir. (6) Ekonomide tek malın üretimi mümkündür ve gecikme söz konusu değildir. (7) Gelir, tasarruf ve yatırım kavramları, toplulaştırılmış olup net bir şekilde açıklanmamıştır (Kaynak, 2009, s. 71-72).

Harrod'a göre büyüme sürecindeki açıklayıcı kavramlar “ G ” fiili büyüme hızı, “ G_w ” gerekli büyüme hızı, “ G_n ” ise doğal büyüme hızını temsil etmektedir. Doğal büyüme hızı,

büyümenin sistemin üretken kaynakları ile belirlenen sınırı, mevcut sermaye birikiminin, teknolojik gelişmenin ve nüfus artışının müsaade ettiği ölçüde gerçekleşen maksimum büyüme hızıdır (Harrod, 1939, s. 16-30). Harrod modelinde $G=G_w$ olduğunda bir denge durumu söz konusudur. $G>G_w$ olduğunda, fiili büyüme hızının gerekli büyüme hızını aşmasından dolayı büyüme hızı dönem başında planlanandan daha fazla artmakta ve bununla birlikte enflasyonist bir süreç yaratmaktadır. $G<G_w$ olduğunda ise ekonomide bir durgunluk süreci başlamakta ve bu nedenle dönem başında planlanan büyüme hızına ulaşamadığı durumu ifade etmektedir. Dolayısıyla bir ekonominin denge halinde kalabilmesi, söz konusu üç büyüme oranının birbirine eşit olmasını gerektirmektedir. Ancak Harrod, böyle bir denge durumunun istikrarlı olmama ihtimalinden de bahsetmektedir. Bu denge halinden sapmalardan ötürü Harrod modeli “*bıçak sırtı denge*” olarak nitelendirilmektedir (Üzümcü, 2015, s. 169-170).

Evsey D. Domar: Domar (1946)’ın yaklaşımına göre büyüme, yatırım (I), yatırımın potansiyel sosyal ortalama verimliliği (σ) ve çarpanın ($1/1-c$) değeri ile ilişkilendirilmiştir. Bu bakımdan, “*çarpan*”ın büyüklüğünün ekonomideki marjinal tüketim eğilimine (c) bağlı olduğu görülmektedir. Domar’ın büyüme modeli, yatırımların büyümeye etkilerini daha geniş kapsamlı değerlendirmiştir. Bu modele göre bir ekonomide yapılan yatırım harcamaları önemli iki etkiyi oluşturmaktadır. Bunlardan ilki, ekonominin arz yönünü ilgilendiren “*Kapasite Artırıcı Etkisi*” olup ikincisi, ekonominin talep yönünü ilgilendiren “*Gelir Artırıcı Etkisi*”dir (Domar, 1946, s. 139). Domar modelinde yatırımların kapasite artırıcı etkisi, fiziki sermaye mallarında ve altyapı yatırımlarında artışa sebep olmaktadır. Söz konusu yatırımlar, üretim hacmini ve bununla birlikte mal ve hizmet üretme gücünü arttırmakta, bu da yatırımların arz yönlü etkisini ortaya koymaktadır. Artan üretim kapasitesi, çarpan etkisi ile sisteme tümüyle yayılmakta ve gelir artırıcı, talep yönlü bir etki yaratmaktadır. Bunun nedeni, tam istihdam denge düzeyinin gerçekleşmesi için arzı artan üretim kapasitesinin yeterli talep ile desteklenmesinin gerekliliğidir (Bilen, 2010, s. 17-18).

Domar, yatırım artışlarının millî geliri ve üretim kapasitesini nasıl arttıracacağı üzerine araştırmalar yapmıştır. Domar modelinin tasarruf eğilimi, sermaye/hâsıla oranı ve sermayenin ortalama verimliliği olmak üzere üç temel kavramı bulunmaktadır. Bu noktada, Domar modelindeki temel varsayımlar şu şekildedir: (1) Dışa kapalı ekonomi mevcuttur. Bu varsayım ile Domar, özel sektör yatırımlarının kapasite artırıcı etkisine odaklanmaktadır. (2) Ekonomide gecikmeler söz konusu değildir. Bu bakımdan

üretimdeki bir artış aynı zamanda yatırım harcamalarını artırmakta, yatırım harcamalarındaki artış ise aynı zamanda gelir artışına neden olmaktadır. (3) Ekonomi tam istihdam denge seviyesindedir. Bu modele yönelik bazı eksiklikler ve eleştiriler getirilmiştir. Nitekim Domar, 1947 yılında yayınladığı “*Büyüme ve İstihdam (Expansion and Employment)*” adlı eserinde, belli bir zaman içerisinde tam istihdam için gerekli millî gelir büyüme oranına dikkat çekmektedir. Bu eserinde Domar, tam istihdam gelir seviyesini yakalamış bir ekonomi için bu dengeyi bozmaksızın büyümede sürekli koşullarını analiz etmiştir. Domar’a göre, işsizlik sorununun çözümü, büyüyen gelirdir ve millî gelirin büyümesi için tam istihdamın korunması gerekmektedir (Domar, 1947, s. 35).

Nicholas Kaldor: Post-Keynesyen ekolün en önemli temsilcilerinden Nicholas Kaldor, 1958 yılında iktisadî büyümeyi “*Büyümeyi Karakterize Eden Temel Faktörler*” adlı eseri ile analiz etmiştir. Bu eserinde, sanayileşmiş ülkelerden bazılarının ekonomilerini incelemiş olup üretimin gerek büyüme haddi ile sermaye ve işgücü arası gerekse faktör fiyatları ile nisbi gelir payları arası ilişkilerin uzun vadede temin ettiği düzen olarak kabul edilmektedir. Bu yaklaşımıyla üretim süreci, büyümenin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Kaldor, ekonomik sistemdeki farklılaşan davranışları ekonominin talep yönüne dayandırmıştır. Harrod’un görüşünden destek alan Kaldor, sabit bir sermaye-hâsıla oranına ulaşmak için hızlandıran ilkesinin gerekliliğine dikkat çekmiştir. Ayrıca Kaldor, II. Dünya Savaşı sonrası Batı ekonomilerini ele alarak endüstri ve iktisadî büyüme ilişkisine değinmiştir. İmalat endüstrisini (genel olarak sanayiye) iktisadî büyümenin motoru olarak kabul etmektedir. Dolayısıyla Kaldor’un endüstri sektörünü iktisadî büyümenin itici gücü şeklinde nitelendirdiği “*Kaldor’s Engine of Growth (KEG)*” teorisi, sanayi sektörünün pozitif dışsallık sağladığı varsayıma dayanmaktadır. Kaldor’un iktisadî gelişmenin bir parçası olarak gördüğü teknolojik değişim ise yatırım ve üretim kapasitesinin yenilenmesiyle ilişkilendirilmiştir. Kaldor, içsel bir faktör olarak nitelendirdiği “*teknolojik gelişme*” ile “*iktisadî büyüme*” ilişkisini “*yaparak öğrenme*” süreci kapsamında değerlendirmektedir (Çetin, 2009, s. 359). Bu bakımdan Kaldor teknolojik gelişmenin, kişi başına düşen yatırım miktarındaki artış ile gerçekleştiğini öne sürmüştür. Nitekim Kaldor’un iktisadî büyümeye yönelik çalışmalarında 3 temel nokta üzerinde durulmaktadır. Bunlar; (1) İktisadî büyümenin “*tarihsel bir süreç*” olduğu iddiasına yönelik olarak Kaldor’un uzun dönem büyüme kapsamında istatistiksel rapor sunması, (2) “*Teknolojik değişim*”in ve “*ölçeğe göre*

getiri”nin büyümeye yadsınamaz etkileri olduğu ve bunların içsel etkiler biçiminde nitelendirilmesi gerektiğidir. (3) Kaldor’un “*toplam talep*”in, kendini besleyen büyüme süreci açısından bir şart olduğunu savunmasıdır (Llerena ve Lorentz, 2004, s. 3-4).

İktisadi büyüme ve kalkınma yazınında “*Kaldorgil Büyüme Yasaları*” olarak geçen dört temel yasa, ülke üretimindeki yapısal değişim ile son derece ilişkili olup imalat endüstrisini, büyüme sürecinin merkezine yerleştirmektedir. Bu bağlamda Kaldor’un birinci, ikinci ve dördüncü yasaları kimi ülkelerde kısır döngüye (vicious circles), kimilerinde ise kendini besleyen büyüme sürecine (virtuous circles) vurgu yapmaktadır (Kaldor, 1957, s. 596-624). Kaldor 1961 tarihli “*Sermaye Birikimi ve Ekonomik Büyüme (Capital Accumulation and Economic Growth)*” eserinde ise büyüme dengesi üzerinde etkileyici 6 önemli madde olduğunu varsaymaktadır. İlgili maddeler şu şekildedir: (1) Üretim sürecinde emek ve sermaye olmak üzere iki önemli üretim faktörünü temel almaktadır. (2) Teknolojik gelişmede süreklilik söz konusu değildir. (3) Genel bir rekabet kuralı mevcuttur. (4) Kârlar tamamen tasarruf edilirken, ücretlerin tümü tüketilmektedir. (5) Sermaye ve emek birbirinin sıkı tamamlayıcılarıdır. (6) Sabit bir ücretin sağlayıcısı sınırsız bir emek arzı bulunmaktadır (Kaldor, 1962, s. 176-222). Kaldorgil Büyüme Yasaları, tablo 1. 2.’de ele alınmıştır:

Tablo 1. 2. Kaldorgil büyüme yasaları (Kaldor, 1957, s. 596-624)

Kaldorgil büyüme yasaları	
<i>Birinci Kaldor Yasası</i>	İmalat endüstrisindeki büyüme ile GSYH'nın büyümesi arasında güçlü bir pozitif ilişkinin olduğu varsayımına dayanmaktadır. Dolayısıyla bir ülkedeki gelir artışı, imalat endüstrisinde verimlilik artışı ile ilişkilendirilerek bu sektördeki verimlilik artışının çıktığı da artırdığı öne sürülmektedir. Bununla birlikte, yeni tekniklerin kullanımının bu sektörde gerçekleşmesi ve diğer sektörlere yayılması da mümkün olmaktadır.
<i>İkinci Kaldor Yasası (Kaldor-Verdoorn Yasası)</i>	İmalat endüstrisindeki üretim büyümesi ile ilgili endüstride verimlilik artışı arasında güçlü bir pozitif ilişkinin olduğu varsayımına dayandırılmaktadır. Bu yasa, verimlilik artışının yarattığı çıktı büyümenin, ölçeğe göre statik ve dinamik getirisine dikkat çekmektedir.
<i>Üçüncü Kaldor Yasası</i>	İmalat endüstrisinin büyümesi ile imalat sanayi dışındaki verimlilik artışı arasında güçlü bir pozitif ilişkinin olduğu varsayımına dayalıdır. Bu yasa, çıktı ve imalat endüstrisinde istihdam artışının, tarım sektöründen marjinal ürünü negatif veya sıfır olan işçilerin çıkarılmasına ilişkindir.
<i>Dördüncü Kaldor Yasası (Kaldor-Thirlwall Yasası)</i>	Bu yasa, Kaldor'un büyüme yaklaşımının ihracata dayalı büyüme olarak nitelendirilmesine ilişkin yaklaşımına dayanmaktadır. Endüstrileşmiş ülkelerde gerek tüketim harcamaları gerekse gelir ile desteklenen imalat endüstrisi yatırımları, talebin içsel bir parçası olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla talebin içsel olarak belirlediği bir süreç olarak görülen "uyarılmış büyüme", imalat endüstrisi dışından (örneğin tarım kesimi, kamu harcamaları, ihracat talebi ve benzeri) dışsal talepten kaynaklanabilmektedir. Nitekim bu yasa, Harrod'un dış ticaret çarpanıyla açıklanmaktadır. Uzun dönemli büyüme olgusunun belirleyicileri, endüstrileşmiş ülkelerden gelen ithalat talebinin gelir esnekliği ile ihracatın büyüme oranıdır.

1.2.6. Neo-klasik büyüme teorileri (Dışsal büyüme modeli)

1950'li yıllarda ileri sürülen neo-klasik büyüme modeli (Solow, 1956; Cass, 1965; Koopmans, 1965), iktisadi büyüme ve kalkınma yazınına uzun süre hâkim olmuş ve önemli katkılar sunmuştur. Dışsal büyüme modeli olarak da nitelendirilen neo-klasik büyüme kuramı, özellikle 19. yy. başlarından itibaren ülkelerin gelişmişlik düzeylerindeki farklılıkların açıklanmasında yetersiz kalmaya başlamıştır. Neo-klasik (dışsal) büyüme modelinin yapısını tanımlayıcısı olarak üç temel varsayım bulunmaktadır. Bunlar; ölçeğe göre sabit getiri olduğu, tam rekabetin varlığı ve dışsallıkların olmadığına ilişkin varsayımlardır. Teknolojik gelişmeyi dışsal bir faktör biçiminde nitelendiren neo-klasik büyüme teorisi, iktisadi büyümeyi fiziki sermaye birikimi ve emek miktarının artmasıyla ilişkilendirmektedir. Neo-klasikler temelinde gelir düzeyini veri alarak fiyat mekanizmasını kullanmış ve bu şekilde de piyasanın bireylerin davranışlarını düzenleyici bir araç olduğunu kanıtlamaya çalışmıştır.

Dolayısıyla da tam rekabet piyasası kapsamında oluşturulan varsayımlar ile normatif büyüme modelini ortaya koymuştur. Nitekim neo-klasik büyüme teorisinin varsayımları; “(1) Modelde ölçeğe göre getirilerin sabit olması (azalan verimlere dayalı), (2) Sermayenin marjinal verimliliğinin azalması, (3) Tasarruf yapanlar ile yatırım yapanlar aynı kabul edilerek ayrı bir yatırım fonksiyonuna gerek duyulmaması, (4) Faktörler arası ikamenin mümkün olması, (5) Nüfusun (P) dışsal olarak belirlenen (ekonomiden bağımsız) sabit bir hızla büyümesi, (6) Tek mal üretimi ve dış ticaretin olmadığı (dışa kapalı) bir ekonominin olması, (7) Teknik değişimlerin tamamen dışsal kabul edilmesi” şeklinde sıralanmaktadır. Neo-klasik büyüme modeli kapsamında yer alan Solow büyüme modeli de tasarrufun, nüfus artışının ve teknolojik gelişmenin zamanla çıktının büyümesi üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır (Berber, 2011, s. 114-115; Taban, 2011, s. 80-81).

Robert Solow: Neo-klasik büyüme teorilerinin temelini oluşturan ABD’li iktisatçı R. Solow (1956, 1957), modelinde iktisadi büyümeyi (kişi başına gelirdeki artış oranı) çalışan başına sermaye birikiminin bir fonksiyonu şeklinde ele almakta, ancak üretim sürecinde sermayenin ve işgücünün azalan marjinal veriminin geçerliliği varsayımından ötürü sermaye birikiminin uzun dönemli iktisadi büyümenin dinamiğini oluşturamayacağını öne sürmektedir. Bu modelde, uzun dönemde ülkeler arası iktisadi büyümede temel belirleyicinin “dışsal” olarak kabul edilen “teknolojik gelişme” olduğu belirtilmiştir. Solow’un, 1956 yılında “İktisadi Büyüme Teorisine Bir Katkı (A Contribution to the Theory of Economic Growth)” adlı makalesinde kurduğu model “Solow (Neo-klasik) Büyüme Modeli” olarak adlandırılmaktadır. Bu makalesi ile Solow 1987 yılında Nobel İktisat ödülünü almıştır. Solow’un temel modelinde, teknolojik ilerleme hızının sıfır olması şeklinde ifade edilen teknolojik gelişmenin var olmadığı ($A=0$ olduğu) bir durum gösterilmektedir. Ancak Solow büyüme modelinde teknoloji modele dâhil edildiği takdirde iktisadi büyümeyi arttırıcı neticeleri ortaya çıkmaktadır. Solow, 1957 yılında yapmış olduğu “Teknik Değişim ve Bütüncül Üretim Fonksiyonu” (Technical Change and the Aggregate Production Function)” eserinde iktisadi büyüme ve gerçekleşen hâsıla artışının sermaye birikiminden, teknolojik ilerlemelerden, tasarruf oranlarında ve işgücünde meydana gelen artıştan kaynaklandığını saptamıştır. Ayrıca bu çalışması ile 1909-1949 döneminde ABD’de meydana gelen iktisadi büyümenin %87’sinin sermaye ve işgücü artışından değil de teknolojik yeniliklerden kaynaklı olduğuna dikkat çekmektedir (Solow, 1957, s. 312). Solow teknolojinin, işgücü ile sermaye artışı dışındaki iktisadi büyümenin açıklanamayan kısmı olduğunu belirterek bu

farkı “*Solow Artığı*” olarak adlandırmıştır (Erdoğan ve Canbay, 2016, s. 35). Solow’a göre, emeğin verimliliğini artıran teknolojik gelişmenin dâhil edildiği bir üretim fonksiyonu şu şekilde gösterilmiştir:

$$Y = F(K, AL) \quad (1.1)$$

$$Y/AL = F(K/AL, AL/AL) \quad (1.2)$$

Burada, çıktı düzeyi “Y”, sermaye stoku “K”, işgücü “L”, teknolojik gelişme ise “A” ile gösterilmektedir. Bu denklem ile çıktı düzeyindeki büyümenin, sermaye (miktar), emek (miktar ve kalite) ve teknolojik ilerlemeye bağlı olduğu ortaya koyulmaktadır (Todaro ve Smith, 2012).

$$y = f(k) \quad (1.3)$$

Burada ise işçi başına çıktı “y”, işçi başına sermaye stoğu “k” ile temsil edilmektedir. Bu denklem ile her bir t yılındaki işçi başına çıktı, her bir t yılındaki işçi başına sermaye stoğuna bağlı olduğu ortaya koyulmaktadır (Abel, Bernanke ve Croushore, 2008).

Modelde teknolojik gelişmenin büyüme üzerindeki etkilerine yönelik eşitliği içeren sermaye birikim denklemi şu şekildedir;

$$\Delta k = sf(k) - (\delta + n + g)k \quad (1.4)$$

Burada “g” işgücü etkinliğini sabit olarak artıran dışsal teknolojik ilerlemedir. Bu denklem ile etkin işçi başına sermaye birikimini azaltıcı etkisini, etkin işçi başına aşınma (δk), etkin işçi başına nüfus (nk) göstermektedir. Etkin işçi başına sermaye birikimini arttırıcı etkisini ise etkin işçi başına teknolojik ilerleme (gk), etkin işçi başına yatırım (tasarruf) $sf(k)$ ortaya koymaktadır. Nitekim modelde teknolojik ilerlemenin “g” oranında arttığı varsayılmaktadır. Teknolojinin bu etkisi “*işgücü arttırıcı teknolojik gelişme*” olarak nitelendirilmektedir. Bu bağlamda işgücü “n”, işgücü etkinliği de “g” oranında artış göstermesi halinde etkin işgücü ($n+g$) kadar artış göstermektedir (Günsoy, 2018, s. 114).

Solow modelinde durağan durum (steady state), işgücü başına sermaye düzeyi ile birlikte işgücü başına çıktının da değişmediği durumu ifade etmektedir. Uzun dönemde iktisadi büyümenin dışsal teknolojik gelişmeler ile belirlenmesi ve teknoloji düzeylerinin tüm ülkelerde aynı olması ise literatürde “*yakınsama hipotezi*” olarak adlandırılan bir kavramı ortaya çıkarmıştır. Bu kavram ile gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin uzun

dönem reel büyüme oranlarının birbirine yaklaşacağı (catch-up etkisi), aradaki farkın giderek kapanacağı ifade edilmektedir (Kibritçioğlu, 1998).

Solow büyüme modeline göre başlangıçtaki faktör donanımlarının farklı olmasından ötürü eş oranlı gerçekleştirilen bir yatırım, zengin ülkeye kıyasla yoksul ülkede daha yüksek bir gelir artış oranı sağlamaktadır. Bu durumda kişi başına düşen geliri düşük olan ülkeler, kişi başına geliri yüksek olan ülkeleri yakalayabilmektedir. Bu hipotez için önemli bir husus da ilgili ülkelerin yapısal, karakteristik niteliklerinin dikkate alınmamasıdır. Bu durum iktisat yazınında Solow modeli kapsamında “*koşulsuz (mutlak) yakınsama hipotezi (absolute convergence hypothesis)*” olarak nitelendirilmektedir. Solow büyüme modelinde koşulsuz yakınsama hipotezinin yanı sıra koşullu yakınsamadan da bahsedilmektedir (Taban, 2011, s. 87-107). Ekonomik ve politik koşulları dikkate alan “*koşullu yakınsama hipotezinde (conditional convergence hypothesis)*”, gerek gerçek hayatta görülen bölge ve ülkelerin farklı yapısal, karakteristik niteliklerinde gerekse ülkelerin durağan durumlarında farklılıklar görülmektedir. Bu hipoteze göre bölgelerin veya ülkelerin sahip oldukları farklı yapıdaki karakteristik niteliklerine bağlı olarak aynı durağan durumda bulunmaları mümkün olmamaktadır (Gündem, 2017, s. 149).

1.2.7. Roma kulübü büyüme teorileri (Meadows büyüme modeli)

1960’lı yılların ortalarından itibaren dünyada sürdürülebilirlik kavramının önemi artmaya başlamıştır. Bir zamanlar dünyanın nüfusuna karşılık doğal kaynaklar yeterliydi. Ancak 20. yüzyıla kadar savaşlar ve hastalıklardan dolayı dünya nüfusunda zamanla ciddi oranda azalmalar yaşanmıştır. Bunun yanı sıra teknolojik ilerlemeler neticesinde gerçekleşen endüstriyel gelişmeler de, ürün çeşitliliğini ve tüketimi artırmış olup doğal kaynakların tüketimini hızlandırmıştır. Ayrıca iktisadi büyümeyi gerçekleştirmek için ülkeler, çevresel tahribata yol açmaya başlamıştır. Ülkelerin bilinçsizce kaynak tüketimleri ile hava kirliliği artmakta, enerji kaynakları hızla azalmakta, doğa tahribatı artmakta, çevre dengesi bozulmakta ve hızlı nüfus artışı gerçekleşmektedir (Acar, 2002, s. 115-116). Bu sebepler, büyümeyi tehdit etmekle birlikte sürdürülebilir kalkınmanın önünde ciddi engeller oluşturmaktadır. Dolayısıyla son zamanlarda, çevre sorunlarına ilişkin endişeler artmaya başlamıştır.

Birleşmiş Milletler (BM) Çevre Konferansı, ilk kez kapsamlı olarak sürdürülebilirlik konusunu gündeme getirmiştir. 5 Haziran 1972, Stockholm’de düzenlenen konferans ile doğal kaynakların kullanımı ve gelecek nesillerin haklarına dikkat çekilmiştir. Bu

konferans kapsamında Roma Kulübü tarafından 1972’de “*Büyümenin Sınırları (Limits to Growth)*” adıyla bir rapor yayınlanmıştır. Roma Kulübü, 1968 yılında ekonomistlerden, matematikçilerden, doğa bilimcilerden ve benzeri pek çok disiplinden katılan otuz kişilik bir ekibin toplanmasıyla kurulmuştur (Aslan, 2010, s. 26). Şu anda da Roma Kulübü, uluslararası politika açısından son derece aktif bir kuruluştur (Cialani, 2007, s. 568-577).

Roma Kulübü kapsamında Dr. Dennis L. Meadows’in de aralarında olduğu birçok ünlü iktisatçı ve düşünür, dünya ekonomisinin geleceğini tartışmıştır. Burada, çevre ve hava kirliliğinin iktisadi büyümeyle ilişkisi ele alınmaktadır. Roma Kulübü içerisinde yer alan “*Meadows Raporu*”nda, büyüme hızının devam etmesi halinde yeryüzünde kaynakların tükeneceğinden ve dünyanın bu hızla tüketmeyi sürdürdüğünde ise gelecekte tek bir ağaç bile kalmayacağından ve bu şekilde sürdürülebilir yaşamın da sağlanamayacağından ilk defa açıkça bahsedilmiştir. Ayrıca bu raporda bazı kaynakların olası tükenme tarihlerine yönelik öngörülerde dahi bulunulmuştur. Bu öngörüler, beş temel değişkenin birbiriyle ilişkilerini gösteren bir modele dayanmaktadır. İlgili değişkenler “*nüfus artışı, sanayi üretimi (endüstriyel faaliyet), gıda üretimi (tarımsal faaliyet), çevre kirlilik düzeyi ve yenilenmeyen kaynak stoku (doğal kaynakların bulunabilirliği)*” olarak belirtilmektedir (Erdinç, 2018, s. 36). Nitekim bu raporda, dünya nüfusuyla paralel olarak çevre kirliliği, doğal kaynakların tüketimi, endüstrileşme ve gıda üretimi aynı hızda artmaya devam ettiği takdirde 100 yıl sonra dünya üzerinde büyümenin mutlak sınırlarına ulaşılacağı öne sürülmüştür (Meadows vd., 1972).

Dennis L. Meadows: Meadows ve diğerleri, bir bütün olarak iktisadi büyümenin dünya üzerindeki etkilerinin nasıl olacağını incelemiştir. Bu etkiler; dünyanın sonlu bir ekilebilir arazi miktarına, enerji rezervlerine ve kirlilik taşıma kapasitesine sahip olduğu, dolayısıyla da artan iktisadi faaliyet için net sınırların varlığı varsayımı ile incelenmiştir. Standart model olarak bilinen ilk modelde, tükenebilen kaynakların mevcut stokları, iktisadi büyümenin temel kısıtlayıcısı şeklinde alınmıştır. O halde gıda arzının, nüfusun ihtiyacını karşılayamamasından ötürü dünya sisteminin 21. yüzyılın başlarında çökmeye başlayacağı öngörülmektedir. Nitekim sistemin çöküş sebebi olarak “*yenilenemeyen kaynakların tükenmesi*” kabul edilmiştir. Bir sonraki modelde ise doğal kaynak rezervleri iki katına çıkarılarak oluşturulan sistemin, bu sefer de doğanın atık-çekme kapasitesini aşan bir düzeyde kirlilik artışı yarattığı belirtilmiştir. O halde yaratılan kirliliğin, gıda üretimine ve insan sağlığına verdiği zarardan ötürü söz konusu sistem çökmüştür. Üçüncü modelde, doğal kaynak tabanının sınırsız olduğu varsayımına rağmen artan kirlilik

nedeniyle yine sistemin çöktüğü belirtilmiştir. Nihayetinde istikrarlı bir dünya modeline daha sonraki modellerden birinde ulaşılmıştır. Toplumun iktisadi tercihlerinin eğitim ve sağlık gibi hizmetler sektörüne kaydığı varsayımıyla fabrikalarda üretilen ürünlerin ve kirliliğin seviyesi azaltılmıştır. Tarıma yönlendirilen sermaye sayesinde de çevre dostu metotlarla gıda üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu varsayımlar altında nüfusun, kişi başına endüstriyel üretimin ve kirliliğin artmadığı denge durumunda bir dünya modeline ulaşılmıştır. Bu modelde de doğal kaynaklar tükenmektedir ancak tükenme oranının önemsiz bir düzeyde olmasından dolayı endüstri ve teknolojinin buna uyum sağlaması adına yeterince zaman bulunmaktadır. Bir sonraki istikrarlı modelde ise herkesin etkili doğum kontrol yöntemlerine eriştiği ve arzu edilen çocuk sayısının iki olduğunun genel kabul aldığı varsayılmıştır. Bu sistem ile her ne kadar istikrarı sağlanmış gibi görülse de önceki modeldeki kadar iyi sonuçlara ulaşılamamıştır. Nüfus daha çok artmış, kişi başına doğal kaynak, gıda, mallar ve hizmetler daha düşük seviyede kalmıştır (Aslan, 2010, s. 30-36).

Meadows ve diğerlerine göre iktisat, nüfus, çevre sisteminde, ayak izinin mevcut çevresel kapasiteyi aştığına ilişkin ilk belirtiler, kaynak stoklarındaki azalış ve kirlilik seviyelerindeki artış ile görülmektedir. Bu bağlamda Meadows ve diğerleri, insan türünün varoluşunun süregelip gelmeyeceği konusundan ziyade, yaşam standartlarını düşürmeden hayatta kalıp kalamayacağına önem vermektedir. Bunun sağlanabilmesi için dünya ölçeğinde bir çözüm bulunması gerekmektedir. Nitekim teknolojik, kültürel ve kurumsal pek çok değişiklik insanlığın “*ekolojik ayakizi*”nin küçültülebilmesi neticesinde dünyanın taşıma kapasitesinin aşımı önlenabilmektedir (Aslan, 2010, s. 31).

1.2.8. Yeni büyüme teorileri (İçsel büyüme modeli)

1980’li yılların sonlarına gelindiğinde iktisat teorisi ve uygulamalarında gerçekleşen önemli gelişmeler neticesinde çeşitli ülke ekonomilerinde yaşanan dönüşümlerin etkisiyle yeni bir akım meydana gelmiştir (Fine, 2000, s. 245). Bu akımın temelleri, Paul M. Romer (1986) ve Robert E. Lucas’ın (1988) bilgiye dayalı ekonomik büyüme modeline yönelik yaptıkları çalışmalar ile atılmıştır. Bu bağlamda ilgili teori P. Romer (1986) ve R. Lucas (1988) ile başlayıp 1990’lı yıllarda gelişen, büyümenin temel unsurlarını sistemin kendi içinde arayan bir yaklaşım çerçevesinde “*Yeni Büyüme Teorisi*” veya “*İçsel Büyüme Modelleri*” olarak adlandırılmıştır (Berber, 2011, s. 143-146).

İçsel büyüme modelleri, neo-klasik büyüme modelindeki eksikliklerin temel alınmasıyla kurgulanmıştır. Neo-klasik büyüme teorisinin öngörülerinin gerçek dünya ile uyuşmadığı 1980'li yıllarda iktisadi büyümenin dışsal güçlerin ürünü olmayıp piyasada faaliyet gösteren ekonomik birimlerin içsel modeller üzerinden şekillendiğini öne süren içsel büyüme modelleri iktisat yazınında egemen olmaya başlamıştır (Romer, 1994a). Tüm bunlardan yola çıkarak içsel büyüme teorisyenleri, ülkelerin büyüme oranları arasında bir ayrışma gerçekleşmediği ve sermayenin azalan verimlere tabi olmadığı görüşünü savunmaktadır (Thirlwall, 2002). Dolayısıyla içsel büyüme teorisyenleri, sermayede azalan verimlerin geçerli olmadığı görüşünü birçok faktör ile açığa kavuşturmaktadır. Beşeri sermaye, bu faktörlerden biridir. Bu durumda; zenginleştikçe ülkeler, kaynaklarının önemli bir bölümünü eğitim, sağlık ve mesleki eğitime ayırarak insana yapılan yatırımı artırmakta ve buna bağlı olarak verimlilik yükselmektedir. İkinci faktör ise AR-GE'dir. Büyüyen bir ekonomide, firmalar AR-GE faaliyetlerine yönelik teşvik almaktadır. Bu durum, firmaların yeni üretim teknikleri ve ürünler geliştirmesine imkân tanımakta ve bu şekilde verimlilik yükselmektedir (Abel, Bernanke ve Croushore, 2008).

Günümüzde bilgi akışının çok yoğun olması, az gelişmişliğin nedeninin yalnızca sermaye yetersizliğinde aranmaması gerektiğini göstermiştir. İçsel büyüme modelleri kapsamında; AR-GE, beşeri sermaye, bilgi birikimi, teknoloji ve benzeri faktörlerin yetersizliğinin az gelişmişliğin nedeni olarak görüldüğünü ve önem kazandığını belirtmek mümkündür. Dolayısıyla bu yaklaşımda içsel büyüme dinamiklerinin sistemin içinde oluşan, AR-GE faaliyetleri, eğitim, enflasyon, kamusal hizmetler, vergiler ve benzeri değişkenlerin olduğu, bunların iktisadi büyümeyi etkilediği varsayılmaktadır. Bir başka deyişle yeni içsel büyüme modelleri ile AR-GE yatırımları, beşeri sermaye yatırımları ve fiziksel sermaye yatırımları ile uzun dönemde büyümeyi etkileyebileceği ve bu sürecin iktisat politikaları aracılığıyla düzenlenebileceği ortaya koyulmaktadır. Kısacası bu teoriye göre beşeri sermaye veya bilgi, emeğin etkinliğini artıran en önemli faktördür (Parasız, 2003, s. 175).

İçsel büyüme modelleri kapsamında sürdürülebilir bir büyüme için gereken koşullar; beşeri sermaye yatırım oranı, dışa açıklık, fiziksel sermaye yatırım oranı, ihracat oranı, kamu harcama düzeyi, nüfus artış hızı, patent haklarının korunması, politik istikrar olarak sıralanabilmektedir. Bu koşullardan fark edildiği üzere, içsel büyüme teorileri ile dışsal dinamiklerin içsel dinamikleri harekete geçirerek uyumlu hale gelmesi neticesinde

büyümede sürekliliğin sağlanabileceği aşîkârdır. Bu doğrultuda devletin, beşeri sermayenin eğitimi ve işgücü verimini arttıran diğer faktörler ile daha iyi bir yaşam için gerekli sosyal harcamalar ve benzeri harcamalara destek olması gerekmektedir. Bu bakımdan içsel büyüme yaklaşımı, neo-klasik yaklaşımın iktisadi alanda minimize ettiği “devlet”i eğitim, sağlık, sosyal güvenlik ve benzeri alanlarda düzenleyici bir iktisadi aktör konumuna getirmiştir. Bu noktada, her iki teori birbirinden ayrılmaktadır (Atamtürk, 2007, s. 92).

İçsel büyüme teorilerini savunanlar, beşeri sermaye artırılarak hızlı bir şekilde iktisadi büyümeye ulaşılması önerisinde bulunmaktadır. Bu öneriyi biraz daha açmak gerekirse; sağlık ve eğitim hizmetlerinin artırımıyla beşeri sermayenin, teknoloji politikası ve transferiyle de teknolojik altyapının geliştirilmesi neticesinde bilgi üretiminin artırılabilmesi mümkün hale gelmektedir. Bu durum, içsel büyüme teorisyenleri tarafından “*iyi büyüme*” olarak adlandırılmaktadır. Dolayısıyla iyi büyüme; istihdamı teşvik eden, insana kendi kaderine ilişkin karar verme ve denetleme fırsatı sunan, refah artışını adil şekilde dağıtan, toplumsal işbirliği ve uyumuna imkân tanıyan, beşeri gelişmenin geleceğini koruyucu nitelikteki büyümedir (Berber, 2011, s. 8). Ayrıca içsel büyüme modelleri, özellikle dış ticaret ve yabancı yatırımların faydaları üzerinde durmaktadır. Bu yaklaşıma göre uluslararası ticaret ve yabancı yatırımların, teknolojik gelişmeyi daha hızlı ve daha yaygın hale getirdiği, rekabeti arttırdığı ve daha hızlı sermaye birikimi sağladığı belirtilmektedir. Dolayısıyla ticarete açılmanın (dış ticaretin) iktisadi büyümeyi artıracığı öne sürülmektedir. İçsel büyüme modellerinin bu katkısı, ticaret-büyüme ilişkisi için önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (Değer, 2007, s. 25). Nitekim içsel büyüme modelleri, uluslararası ticaretin uzun dönem iktisadi büyüme oranında etkili olması noktasında da neo-klasik büyüme modellerinden ciddi ölçüde farklılaşmaktadır. Bu bağlamda içsel büyüme modelinin uluslararası ticarete açık ülkelerin daha yüksek durağan durum büyüme oranlarına sahip olacağının tespitine yönelik oluşturulduğu söylenebilmektedir. Ticaret ve büyüme arasındaki ilişkiye değinen Grossman ve Helpman (1990) tarafından yapılan çalışma kapsamında oluşturulan modelde, büyüme süreçlerinde teknolojik gelişmeler ve yeni ticaret teorilerinin ağırlıklı olduğu ölçek ekonomilerinin rolü vurgulanmıştır. Analiz sonucuna göre, uzmanlaşmanın zaman ilerledikçe artmasının teknolojik kazançlara neden olacağı belirtilmektedir. Gelişme aşamasındaki yeni aramalı ürünlerde uzmanlaşma derecesinin artırımına ilişkin ekonominin mevcut potansiyeli, nihai tüketim malı üreten firmalar bakımından endüstri

bünyesindeki dinamik dışsal ekonomilerin varlığını ortaya koymaktadır (Grossman ve Helpman, 1990, s. 796-798).

Özetle, içsel büyüme modellerinde iktisadi büyümenin belirleyicilerinin sistemin içerisinde olduğu kabul edilmektedir. Ancak ilgili literatürde büyümenin itici gücünün ne olduğuna yönelik farklı görüşler yer almaktadır. Bu konudaki görüş ayrılıkları “*basit AK modeli, beşeri sermaye modeli, bilgi üretimi ve taşmaları modeli, AR-GE modeli ve kamu harcamaları modeli*” olarak nitelendirilen farklı içsel büyüme modellerinin ortaya çıkışında etkili olmaktadır (Parasız, 2003). Ayrıca uzun dönem büyümenin motoru olarak teknoloji yayılımına vurgu yapan içsel büyüme modellerinde teknolojik ilerlemenin otonom kaynaklarının açıklanmaya çalışıldığı görülmektedir. Dolayısıyla, neo-klasik modelde dışsal olduğu öne sürülen teknoloji, içsel büyüme modelinde ekonominin içsel bir dinamiği biçiminde kabul edilmektedir. İçsel büyüme modeli, en basit şekilde AK modeli çerçevesinde oluşturulmuştur:

$$Y = AK \quad (1.5)$$

$Y = AK$ şeklindeki üretim fonksiyonunda, fiziki ve beşeri sermayenin toplamından meydana gelen sermaye birikimi “ K ” ile, çıktı “ Y ” ile, teknolojik bilgi birikimi (sermaye ile çıktı arasındaki “pozitif” sabit oransal değişimi) ise “ A ” ile gösterilmektedir (Thirlwall, 2002). Neo-klasik üretim fonksiyonundan yola çıkılarak oluşturulan AK modeli, sermaye birikimi artarken sermayenin getirisinin azalmayacağı varsayımına dayanmaktadır (Rebelo, 1991). Marjinal verimliliğin azalmadığı bu modele göre, yüksek sermaye birikimine sahip ülkelerin daha fazla yatırım yaparak büyümelerini hızlandırabilmeleri mümkün olmaktadır (Berber, 2011, s. 157).

Literatürde içsel (yeni) büyüme modelleri yaklaşımında öncü ve savunucu isimler “*Paul M. Romer, Robert E. Lucas ve Robert J. Barro*” olarak sıralanabilmektedir (Berber, 2011, s. 143). İlgili iktisatçıların teorilerine ilişkin bilgilere detaylıca aşağıda değinilmiştir:

Paul M. Romer’in AR-GE Temelli İktisadi Büyüme Modeli: AR-GE tabanlı büyüme modeli kurucusu Romer (1986) “*Artan Getiriler ve Uzun Dönem Büyüme (Increasing Returns and Long-Run Growth)*” makalesinde, temeli Arrow’un 1962 yılındaki “*yaparak öğrenme (learning by doing)*” kavramına dayanan modeli ile iktisadi büyümeye farklı bir yaklaşım geliştirmiştir. Arrow-Romer modelinin ardındaki teknolojik gelişme, üretim faaliyetlerinin bir yan ürünü şeklinde kabul edilmektedir. Bu bakımdan firmalar üretim yaparak işlerini daha iyi öğrenmekte (learning by doing), maliyetlerini düşürerek bilgi

stoklarını artırmakta ve bu bilgi stoku yayılarak (spillover effect) öteki firmaların ulaşabileceği bedava mal haline gelmektedir (Ünsal, 2016, s. 238-239). Nitekim Arrow'un modelinde, bir firmanın üretiminde yaparak öğrenmeden dolayı meydana gelen artış, tüm firmalar için sermayenin verimliliğini artırmaktadır. Bu bakımdan “*yaparak öğrenme*”, geleneksel iktisadi faaliyetler neticesinde ortaya çıkan bilgi birikimidir (Parasız, 2003, s. 179).

Romer 1986 yılındaki makalesinin ardından verimlilik oranının inovasyon sürecini doğrudan etkileyen “AR-GE”yi büyümenin itici gücü olarak belirlediği 1990 yılında yayımlanan “*İçsel Teknolojik Değişim (Endogeneous Technological Change)*” adlı çalışmasında ilk kez AR-GE tabanlı ekonomik büyüme modelini ele almıştır (Jones, 1995). Bu çalışmasında Romer, teknolojik gelişmeyi iktisadi büyümenin merkezine almaktadır. Hükümetlerin piyasa teşvikleri ile bireylerin bilinçli davranışları, yenilikleri ve teknolojik ilerleme gerçekleşmektedir. Romer, AR-GE ve yenilikler ile kazanılan yeni üretim tekniklerini, sabit maliyet gerektirmeden pek çok kez kullanılabilen normal üretimden farklılaştırmaktadır (Romer, 1990, s. 72). Nitekim Romer, iktisadi büyümenin kaynağını “*bilgi*” olarak kabul etmektedir. Romer’e göre bilginin üretime katkısı, yeni tasarım (yeni AR-GE faaliyetleri) şeklinde olmakta ve teknolojik gelişme ekonominin karar mekanizması vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Uzun dönemli büyüme ise “*bilgi ve beşeri sermaye*”ye dayalı teknolojik yeniliklerin içselleştirilmesiyle gerçekleştirilmektedir (Romer, 1990, s. 71-79). Bu noktada, Romer’in iktisadi büyüme modeline dayalı iki temel önerme şu şekildedir: (1) Romer’in modeli (Solow’un modeli ile benzer şekilde) teknolojik gelişmeyi sermaye birikiminin, iktisadi büyümenin en önemli kaynağı olarak kabul etmektedir. (2) Solow’dan farklı olarak Romer, teknolojik ilerlemeyi dışsal değil, içsel olarak modele dâhil etmektedir (Romer, 1990).

Teknolojik ilerleme, mevcut kaynakları daha etkin kullanma olanağı sunarak toplam üretkenliği artırmaktadır (Romer, 1990, s. 92). Bu bağlamda Romer, teknolojik ilerlemeye yönelik iki durumdan bahsetmiştir. Bunlardan ilki, teknolojik ilerlemenin verimliliği artırıcı ve ekonomik büyümeyi destekleyici nitelikteki “*ekonomik yönü*” iken bir diğeri ise kaynak yönü ile teknolojik ilerlemenin, devletin veya üretim biriminin “*ekonomik karar verici mekanizmaları*” aracılığıyla sağlanmasıdır. Dolayısıyla AR-GE harcamalarının ürünü “*teknolojik gelişme*” büyümenin asıl kaynağı olarak kabul edilmektedir. Nitekim AR-GE harcamalarının sağladığı olanaklar ile üretim metodu

geliştirilmekte, yeni ürünler piyasaya sürülmesi veya yeni teknolojilerin ithal edilmesiyle de iktisadi büyüme gerçekleşmektedir (Romer, 1990, s. 74).

Romer, uluslararası ticaret ile yeniliğin etkileşimli olduğunu öne sürmektedir. Öncelikle uluslararası ticaretten kaynaklı yurt içi piyasada artan rekabet baskısı, yerel firmaların AR-GE faaliyetlerini yaygınlaştırarak yenilik ve büyüme artışına neden olmaktadır. Dışa açıklık ve uluslararası rekabete bağlı olarak yerel firmalar arası rekabet de artmakta, bu şekilde yenilik teşvik edilerek iktisadi büyüme artmaktadır. Bir başka deyişle uluslararası ticaret, bilgi ve fikirlerin ülkeler arası geçişini kolaylaştırarak, ülkelerin yeni bilgiye erişimini sağlamakta, teknolojik ilerleme ve iktisadi büyümeyi de artırmaktadır. Korumacılık ve ticareti kısıtlayıcı politikalar ise yenilik ve iktisadi büyümede azalmaya yol açmaktadır (Romer, 1994(b), s. 46-47). Romer'in modelinin en önemli neticelerinden biri de, daha büyük bir beşeri sermaye stoku ile daha yüksek bir iktisadi büyümenin teminidir. Bu beşeri sermaye ve bilgi, uluslararası serbest ticaretin büyüme hızını daha fazla artırıcı potansiyele sahiptir. Nitekim Romer'in modeli esasında, beşeri sermayesi düşük ülkelerin daha az, gelişmiş ülkelerin ise daha çok gelişmesinin arkasındaki sebebi ve aynı zamanda iktisadi birleşmelerin ülkeler bakımından önemini ortaya koymaktadır (Romer, 1990, s. 99).

Robert E. Lucas'ın Beşeri Sermaye Temelli İktisadi Büyüme Modeli: Robert E. Lucas'ın 1988 yılında yayımlanan “İktisadi Kalkınma Mekanizmaları Üzerine (On the Mechanics of Economic Development)” eseri, beşeri sermaye ile iktisadi büyüme ilişkisini açıklayan ilk içsel büyüme modeli niteliğindedir. Lucas 1988 yılında yaptığı bu çalışmada, fiziksel sermayeden daha üstün ve büyümenin kaynağı olarak kabul ettiği beşeri sermayeyi içselleştirmiştir. Ona göre beşeri sermaye, eğitim ve işyerinde yetiştirme sahalarına yapılan yatırımlar ile geliştirilebilen bir süreçtir (Lucas, 1988). Solow modeline beşeri sermayenin dâhil edilmesiyle oluşturulan Lucas'ın beşeri sermaye modelinin formülü şu şekildedir:

$$Y=F(K,Lh) \quad (1.6)$$

Bu modelin, Solow modelinden farkı $Y=F(K, LA)$ denklemindeki teknolojiyi temsil eden “A” yerine beşeri sermayeyi temsilen “h” nin bulunmasıdır. Bu şekilde üretim fonksiyonu:

$$Y = AK^aH^{1-a} \quad (1.7)$$

“A” ve “a” sabit parametreler, “y” işçi başına çıktı, “k” sermaye-emek oranı, “h” ise çalışan başına beşeri sermayeyi (ortalama bir işçinin beceri ve eğitimin bir ölçüsü) temsil etmektedir. Bu durumun ölçeğe göre sabit getiri varsayımı altında yazılması mümkündür. Lucas modeline göre; bireyler zamanlarının “u” kadarını çalışmaya, “1-u” kadarını ise beşeri sermaye kazanımına (okula gitme gibi) ayırmaktadır. Burada “1-u” ile kastedilen “*çalışmadan arta kalan zaman*”dır. Kısacası bireyler zamanlarını, kendilerine yeni bilgi ve yetkinlik kazandıracak eğitim için harcamamakta veya tamamen üretime ayırarak sadece çalışmaktadır (u=1 durumu). Bu durumda bilginin büyüme hızı şu şekilde formüle edilmektedir:

$$\Delta h/h = \theta h(1-u) \quad (1.8)$$

Burada bilgi birikimindeki değişiklik “ Δh ”, öğrenmenin etkinliği ise “ θ ” ile gösterilmektedir. Bu denklem ile öğrenmeye ayrılan zaman ve öğrenmenin etkinliği ne denli yüksek ise bilgideki büyüme hızının da o denli yüksek olacağı ortaya koyulmaktadır. Dolayısıyla bu durum, bilginin büyüme hızı yüksekliğine bağlı olarak beşeri sermayenin de artacağı anlamına gelmektedir (H=uhl). Nitekim Lucas esasında, ekonomide fiziksel sermaye, beşeri sermaye ve teknolojik gelişmeye odaklanmıştır (Lucas, 1988, s. 5-7).

Sonuç olarak Lucas sermayeyi, fiziksel ve beşeri sermaye olarak ikiye ayırmış olup beşeri sermayenin, iktisadi büyüme üzerindeki gözlenemeyen etkisine vurgu yapmaktadır (Lucas, 1988). Bu bakımdan Lucas uzun dönemli büyüme sürecinin belirleyicisi gördüğü beşeri sermayenin, fiziksel sermayeden daha önemli olduğunu savunmaktadır. Dolayısıyla Lucas beşeri sermaye birikimini, büyümenin en önemli kaynağı olarak kabul etmiş ve ülkeler arasındaki büyüme farklılıklarını, beşeri sermaye birikimi farklılıkları ile açıklamaya çalışmıştır (Aghion ve Howitt, 2005). İktisadi büyümedeki kilit rolü ile “*beşeri sermaye*”deki artışın bireyin kendi verimliliği ile birlikte diğer üretim faktörlerinin verimliliğine de katkı sağladığı öne sürülmektedir. Bu bakımdan devletin, eğitim ve sağlık alanındaki yatırımları ile iktisadi büyüme sürecine fiziksel sermayeden daha çok katkı sağlayan “*beşeri sermaye*” yaparak öğrenme sayesinde de geliştirilebilmektedir (Erdoğan ve Canbay, 2016, s. 36-37). Bu şekilde, eğitilmiş ve beceri kazandırılmış işgücü, yeni teknolojilerden destek alarak normal iki işçinin yapacağı işi tek başına yaparak ve üretkenliği arttırarak iktisadi büyümeye katkı sunmaktadır. Zira uzun beşeri sermaye oranlarının sürekli artırılmasıyla sürdürülebilir bir büyümenin sağlanacağı aşikârdır (Özden, 2014, s. 38). Kısacası Lucas (1988), beşeri sermaye

birikiminin yaparak öğrenme yoluyla da artabileceğini, ileri teknolojik mal üreten sektörlerde yaparak öğrenmenin daha hızlı gerçekleşeceğini ve bununla paralel olarak da beşeri sermaye birikiminin daha hızlı artacağını savunmaktadır (Lucas, 1988, s. 27-28).

Lucas'ın yaparak öğrenme modeline göre ülkeler beşeri sermaye faktörlerine uygun malları üretmektedir. Lucas, teknolojinin yüksek olduğu ülkelerde, beşeri sermaye birikimi artışıyla bu ülkelere doğru az gelişmiş ülkelerden emek göçlerinin yaşanması ve neo-klasik büyüme modelinin öngördüğü koşullu yakınsamanın ülkeler arasında gerçekleşmemesi durumuna değinmektedir. Bu göçlerin yaşanması halinde, az gelişmiş ülkelerde iktisadi büyüme gerçekleşmemekte ve dolayısıyla gelişmiş ülke ekonomilerinin durgun duruma girişleri engellenmektedir (Lucas, 1988, s. 32-33). Lucas'a (1988) göre ülkelerin tamamen benzer ve yakın teknolojiye sahip olması halinde ise beşeri sermayenin yer değiştirmesi yani gelişmekte olan ülkelere gelişmiş ülkelere emek hareketinin gerçekleşmesinin gerekmediği öne sürülmektedir.

Robert J. Barro Kamu Politikası Temelli İktisadi Büyüme Modeli: Robert J. Barro'nun 1990 yılında yayımlanan “*Basit Bir İçsel Büyüme Modelinde Kamu Harcaması (Government Spending in a Simple Model of Endogenous Growth)*” çalışmasında içsel büyüme modeline kamu harcamalarını dâhil edilmiştir. R. J. Barro tarafından kurulan modele göre kamu sektörünün temin ettiği mal ve hizmetlerin üretim faktörleri arasında olduğunun kabul edilmesiyle hükümetlerce iktisadi büyümenin gerçekleştirilmesi adına gerek yatırım yoluyla, gerekse vergi teşvikleri, sübvansiyon gibi araçlarla özel sektörün desteklenmesi ve yatırımların artırılması sağlanmaktadır. Ayrıca modele göre, dışa kapalı bir ekonomide eğitim, sağlık ve benzeri altyapı yatırımları, özel sermayenin verimliliğini yükselterek firma için dışsal bir fayda yaratmaktadır. Bu şekilde de kişi başına çıktının belirleyicileri olarak, kişi başına özel sektör yatırımları ve kişi başına kamu harcamaları gösterilmektedir (Barro, 1990). Barro, 1991 yılında yaptığı çalışması ile 1960-1986 yıllarını baz alarak 98 ülke için verimli alanlara kamunun gerçekleştirdiği yatırım ve harcamaların iktisadi büyümeye olumlu etkisini ele almaktadır. Kamu harcamaları modeli ile Barro, vergilerle finanse edilen kamu harcamalarının ülkenin iktisadi büyümeye katkısını ortaya koymaktadır. Barro modelde, fiziksel ve beşeri sermaye birikimi için firmalar ve hükümet politikalarının iktisadi teşvikleri şekillendirerek vergiler ve sübvansiyonlar vasıtasıyla AR-GE ve eğitime yönelik yatırımlarının etkileri çerçevesinde teknolojideki değişikliğin büyümeye etkisine vurgu yapmaktadır (Han ve Kaya, 2004, s. 304). Bu modelde, marjinal ve ölçeğe göre artan getiriler, kamu politikaları kapsamında

oluştugu için kamu tarafından sağlanan mal ve hizmetler “*üretim girdisi*” olarak kabul edilmektedir (Barro, 1990, s. 103). Ayrıca kamu harcamaları modeline göre, mal ve bilgi alışverişini kolaylaştırıcı serbest ticaret altyapısının devlet tarafından sağlanması gerekmektedir (Berber, 2011, s. 156). Bu modelin formülasyonu aşağıdaki gibidir:

$$Y=AK \quad (1.9)$$

$$Y=AK^{1-\alpha} \quad (1.10)$$

Burada kişi başı sermaye harcamaları “*k*” ve kişi başına kamu harcamaları ise “*g*” ile temsil edilmektedir. Barro, ekonomide bir üretim girdisi şeklinde ele aldığı vergilerle finanse edilen kamu harcamalarının, üretim ve fayda fonksiyonlarına etkilerini incelemiştir. Analiz sonucunda kamu harcamalarının, ülkelerin iktisadi büyüme oranlarını etkilediğini belirtmiştir (Barro, 1990, s. 104-106). Nitekim bu model ile devletin aktifliğine dikkat çekerek devlet harcamalarının özel sermayenin verimliliğini artırdığı öne sürülmektedir. Kamusal mallar, pozitif dışsallık yaratarak üretimi artırmaktadır. Bununla birlikte yapılan yatırımlar ile sermaye stoku artmakta ve hükümetin vergi gelirleri yükselmektedir. Ayrıca bu modelde, devletin tek geliri olarak “*gelir vergisi*”, tek gideri olarak ise “*mal üretimi*” varsayımı üzerinde durulmuştur (Akıncı ve Yılmaz, 2012, s. 82- 83).

Barro (1991)’e göre, gerçek hayatta yalnızca koşullu bir yaklaşma gerçekleşmektedir. Bu bakımdan kişi başına reel gelir seviyelerinin uluslararası düzeyde yaklaşması, benzer kurumsal şartlara sahip ülke grupları için söz konusu olmaktadır. Bunun nedeni, ilgili süreçte zengin ülkelere yoksul ülkelere sermaye transferlerinin “*yakınlaştırıcı etkisi*” gelişmiş ülkelerdeki teknolojik gelişmeler ile tümüyle giderilebilmesidir (Kibritçioğlu, 1998, s. 9). Barro’nun kamu politikası modeli, Asya kaplanlarının gelişim sürecini açıklayan önemli teorik modellerden biri olarak kabul edilmektedir (Yalman, 2010, s. 38).

1.3. İktisadi Kalkınma: Tanım ve Belirleyiciler

1.3.1. İktisadi kalkınmanın tanımı

19. yüzyıl boyunca bazı batı ülkeleri, hızlı sanayileşme süreciyle paralel bir şekilde iktisadi kalkınmaya şahit olmuştur (Parasız, 2013, s. 79). Bu bağlamda iktisat yazınında kalkınma kavramı, II. Dünya Savaşı sonrasında sıkça tartışılan bir kavram olmuştur. Literatürde kalkınma kavramı ile yakın anlamlar taşıyan ilerleme, modernleşme,

sanayileşme, iktisadi büyüme, yapısal değişiklik ve benzeri kavramlara da rastlanmaktadır. Kalkınma ile kastedilen çok yönlü çabayı gerekli kılan, uzun dönemli ve insanın merkezde olduğu bir süreçtir (Kubar, 2016, s. 65-66). İnsanı merkeze alan kalkınma olgusu, halkın sağlıklı, mutlu ve uzun bir hayat sürmesine imkân tanıyan bir ortam yaratarak toplumsal refahı arttırmayı amaçlamaktadır. Bir başka deyişle kalkınma, bir toplumun reel milli gelirinin sürekli ve birikimli artışını sağlamakla birlikte ekonomik, sosyal (doğum oranı, temiz içme suyuna erişim gibi), kültürel (okullaşma oranı, sanat faaliyetleri gibi) ve politik yapıyı da değiştirmektedir (Şenses, 2004, s. 13). İktisadi kalkınma (economic development), gelir, eğitim ve sağlık unsurları açısından herkes için eşit imkân ve fırsatların sunulması evrensel hayat standartlarına erişime imkân tanınmasıdır. Dolayısıyla iktisadi kalkınma ile beslenme, barınma, sağlık ve korunma gibi ihtiyaçların karşılanması, fakirliğin azaltılması, zengin ve fakir arası gelir dağılımı uçurumunun daraltılması, insani değerlere daha çok önem verilmesi, insanın yaşam standartlarının yükseltilmesi ve sosyal tercihlerin genişletilmesi mümkün olmaktadır (Kaynak, 2011, s. 34).

1980’li yıllara gelindiğinde, büyümenin sürekliliğinin imkânsız görünmesi neticesinde “*sürdürülebilir kalkınma*” kavramı gündeme gelmiştir. Bu kavram, doğal kaynakların korunması amacıyla kurulan Uluslararası Doğa Koruma Birliği (IUCN) tarafından ilk kez 1980 yılında kullanılmıştır. Ancak esasında ilgili kavramı, küresel değişime yönelik bir yol haritası hazırlamak amacıyla BM tarafından kurulan “*Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu*”nu dünyaya tanıtmıştır. Komisyonun başkanı Gro Harlem Brundtland ile anılan “*Brundtland Raporu*” olarak bilinen “*Ortak Geleceğimiz*” adlı rapor, 1987 yılında yayımlanmıştır. Bu rapora göre sürdürülebilir kalkınma, gelecek nesillerin kendi gereksinimlerini karşılayabilmelerine imkân tanıyarak bugünün gereksinimlerinin karşılanmasıdır (Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu, 1991, s. 71).

1.3.2. İktisadi kalkınmanın belirleyicileri

İktisadi kalkınmanın temel belirleyicileri olarak bilinen eğitim ve sağlık hizmetleri, araştırma geliştirme faaliyetleri, teknolojik gelişme ve benzeri pek çok unsur için daha fazla gelire ihtiyaç duyulmaktadır. Bu anlamda iktisadi kalkınmayı gerçekleştirebilmek için üretim ve teknolojik imkânların geliştirilmesi, istihdamın artırılması, çalışma koşullarının iyileştirilmesi, çevrenin korunması, sosyal, ekonomik ve politik özgürlüklerin artırılması gerekmektedir (Aydın, 2016, s. 12). Dolayısıyla iktisadi kalkınma ile öncelikle okuryazar oranlarının artırılması, eşitsizlik, açlık, yoksulluk,

hastalık ve benzeri refahı olumsuz etkileyen faktörlerin azaltılması hedeflenmektedir. İktisadi kalkınmanın ilgilendiği diğer faktörler ise üretim faktörlerinin nitel-nicel anlamda değişmesi, sanayi sektörünün milli gelir ve ihracattaki payının artması ve benzeri yapısal değişimlerdir (Han ve Kaya, 2013, s. 2). Ayrıca bir ülkedeki üretim yapısının katma değeri yüksek ürünler üretecek nitelikte dönüştürülebilmesi ve elde edilen ürünün toplumdaki tüm bireyler arasında adaletli şekilde dağılımının sağlanmasıyla hayat standartlarının yükseltilmesi iktisadi kalkınmanın en temel koşullarındandır (Kaynak, 2011, s. 77). Sonuç olarak iktisadi kalkınmanın, iktisadi büyümenin yanı sıra toplumdaki gelir eşitsizliklerinin ve işsizliğin azaltılması, ekonomik ve sosyal kurumların modernleştirilmesi alanlarını da içerdiğini belirtmek mümkündür (Seyidoğlu, 2006, s. 829).

1.4.İktisadi Kalkınma Teorileri

Kalkınma teorisi, genellikle gelişmekte olan veya geçiş sürecinde olan ülkeler için kullanılan bir kavramdır (Wan, 1971, s. 2). İkinci Dünya Savaşı sonrası dönemde az gelişmiş ülkelerin karşılaştıkları problemler, kalkınma kavramına ilgiyi artırmıştır. Büyüme teorileri, savaş sonrası siyasi bağımsızlıklarını ilan eden ülkelerin iktisadi bağımsızlıklarını kazanma yolunda beliren yoksulluk sorunu engeli nedeniyle yetersiz kalmıştır. Dolayısıyla kalkınma teorilerinin oluşması, az gelişmiş ülkelerin fakirlikten kurtulabilmesi ve sahip oldukları doğal kaynakları geliştirmesinde yol gösterici niteliktedir (Çiçek ve Sarı, 2018, s. 993).

Clark (1940) ve Fisher (1939) tarafından yapılan çalışmada, kalkınma sektörel anlamda ele alınmaktadır. Bu çalışmada belirtildiği üzere, gelişmekte olan ülkeler kaynaklarını tarım, ormancılık ve benzeri ürünlerin üretimine, gelişmiş ülkeler imalat sanayi, inşaat ve benzeri sektörlerle, çok gelişmiş ülkeler ise hizmetler sektörüne ayırmaktadır. Bu nedenle kalkınmanın anahtarı olarak sanayileşme ve ardından hizmet sektörüne dikkat çekilmiştir (Taban ve Kar, 2016, s. 45). Rosenstein-Rodan (1943) kalkınmanın yolunun sanayileşmeden geçtiğini öne sürdüğü çalışmasında, sanayileşmenin gerçekleşebilmesi amacıyla devlet öncülüğünde yatırımların tamamlayıcı sektöre dağıtılması gerektiğini belirtmiştir (Gönel, 2013, s. 56-57). Lewis (1954)'in sınırsız emek arzı modelinde tarım ve sanayi sektörü ele alınmıştır. Burada eğer tarım sektörü işgücü talebi, nüfus artış hızının yüksek olmasından kaynaklı olarak sınırsız emek arzına kıyasla yetersiz kalırsa, atıl konumdaki işgücünün sanayi sektörüne transferi

mümkün olmaktadır. Bu transferin, tarım üretimi üzerinde olumsuz etki bırakmayacağı, aksine tarımsal üretimi olumlu etkileyeceği belirtilmiştir. Ayrıca sanayi sektöründe istihdam artışının, sanayi üretiminin toplam üretimden aldığı payı arttırarak kalkınmayı destekleyeceği savunulmaktadır (Taban ve Kar, 2016, s. 47). Tablo 1.3'te kalkınma teorilerine yer verilmiştir:

Tablo 1. 3. Kalkınma teorileri (Berber, 2011, s. 262)

Kalkınma teorileri	
Klasik Durgunluk Yaklaşımı	
Marx'ın Tarihi Materyalizmi	
Tarihsel Aşamalar (Safha Teorisi)	
Kısrı Döngü Teorisi	<i>“Kalkınma teorilerinin tümü, toplumlar tarafından arzulanan ve hayal edilen değişimin nasıl, ne şekilde başarılacağına ilişkin geliştirilen fikirleri içermektedir.”</i>
Yoksulluk Kısrı Döngüsü	
Düalizm Teorisi	
Yapısal Değişim Modelleri	
Sınırsız Emek Arzı İle Kalkınma	
Uluslararası Bağımlılık Teorileri	
Yeni Klasik Karşı Devrim	

ABD’li iktisat tarihçisi Rostow (1960), kalkınma sürecinin beş aşamada tamamlanacağını savunmaktadır. Kalkınma sürecinde ilk safha olan “*geleneksel toplum aşaması*”nda, tarım sektörünün önemini vurgulamıştır. İkinci safha “*kalkışa hazırlık aşaması*”nda ise tarım sektöründeki büyümenin sanayi, hizmetler, ulaştırma gibi sektörleri destekleyeceğini belirtmiştir. Üçüncü safha olan kalkış aşamasına gelindiğinde, her ne kadar tarım sektörü önemini korusa bile sanayide ciddi gelişmelerin yaşandığı, üretim artışı ile işgücü talebinin arttığı ve yeni sanayi dallarının kurulmasını sağladığı belirtilmektedir. Dördüncü safhada “*olgunluk aşaması*”, eldeki teknolojik olanakların sektörlerin tümünde ve alt dallarında kullanabilme gücü temin edilmektedir. Beşinci safha “*kitle tüketim aşaması*”nda ise dayanıklı tüketim malları üreten sektörler ve hizmet sektörü zamanla gelişen ekonominin motoru haline gelmekte ve bununla birlikte tarım sektörünün payı azalmaktadır (Berber, 2011, s. 308-323). Chenery (1960) sanayi sektörünün toplam üretimden aldığı paydaki artış üzerinde durduğu çalışmasında, gelir arttıkça tüketim malından ziyade yatırım mallarına olan talebin arttığını belirtmektedir (Kaynak, 2011, s. 179).



Şekil 1. 2. Rostow'un kalkınma aşamaları (Berber, 2011, s. 262)

Şekil 1. 2. Rostow'un kalkınma aşamaları incelenmiştir.

1.4.1. Rostow'un tarihsel iktisadi kalkınma aşamaları

ABD'li Walt Whitman Rostow (1916-2003), ilk defa 1958 yılında Cambridge Üniversitesi'nde verdiği "*Bir İktisat Tarihçisi için Modern İktisat Tarihinin Seyrini Kapsamaya Yönelik Bir Yol (An Economic Historians Way of Envisaging the Sweep of Modern History)*" olarak adlandırılan konferansında, iktisadi tarih eksenli bir büyüme analizini ileri sürmüştür. Ayrıca 1960 yılında yayınladığı "*Ekonomik Gelişmenin Safhaları: Komünist Olmayan Bir Manifesto (The Stages of Economic Growth, A Non-Communist Manifesto)*" adlı eserinde de ilgili konuya yönelik görüşlerine yer vermiştir. Bu bakımdan Walt W. Rostow'un büyüme modeli doğrusal aşamaları teorisinin en etkili savunucusu olduğunu söylemek mümkündür. 1960 yılında geliştirdiği kuramda W. W. Rostow, özellikle batı ülkelerinin yaşadıkları deneyimlere dayanarak en sanayileşmiş ülkenin gelişmişlik düzeyine erişebilmek için birtakım safhalardan geçmesi gerektiğine dikkat çekmiştir. Bu görüşlerini ortaya koymak için Rostow, 1700'li yıllar itibarıyla pek çok ülkenin iktisadi ve sosyal göstergelerini toplamıştır. Rostow' a göre, azgelişmişlikten gelişmişlik sürecine geçişte her ülkenin geçmesi gereken beş aşama söz konusudur (Todaro vd., 2012). Bu bakımdan Rostow (1966)'nın belirttiği üzere, her toplum aynı tarihsel süreçten geçmekte ve gelişmeye giden yolda "*azgelişmişlik, geri kalmışlık*" yaşanması gereken bir süreç olarak kabul edilmektedir. Nitekim Rostow'un modern tarihin seyrine yönelik genellemeleri, kalkınma literatüründe "*tarihsel aşamalar*" veya "*safha teorisi*" olarak yer almaktadır (Berber, 2011, s. 261-262).

1.4.2. Geleneksel toplum safhası

Gelişmenin birinci aşaması, geleneksel toplum aşamasıdır. Geleneksel toplumu Rostow, bilim öncesi bir topluma yani Ortaçağ Avrupa'sına (18. yüzyıldan önceki devir) ve Newton öncesi herhangi bir topluma benzetmektedir. Genellikle bu dönemin toplumlarında, sosyal ilişkilerde aileler ve kabileler belirleyici rol oynamakta ve toprak sahibi kişiler veya aileler, toplumun siyasi gücünü elinde tutmaktadır. Bir başka deyişle söz konusu toplumlarda ananeler, gelenekler, göreneklerin etkin olduğunu ve büyük toprak sahibi kesimin ise egemen sınıf olarak kabul edilmesinden ötürü siyasi gücün merkezileşmediğini söylemek mümkündür. Bu aşamadaki bir toplumun, verimlilik kısıtlamalarından dolayı kaynaklarının önemli bir kısmı tarım sektörüne aktarılmaktadır. Bu nedenle geleneksel toplum aşamasında, temel ekonomik faaliyetin “tarım” olduğu aşikârdır. Ayrıca söz konusu toplumlarda çalışan nüfusun %75 veya daha fazlasının tarım sektöründe istihdam edildiği belirtilmektedir. Ancak hava şartlarından etkilenmesi nedeniyle tarım sektörüne ilişkin üretimde büyük dalgalanmalar yaşanmakta ve bu durum da ekonomiyi tümüyle etkilemektedir. Dolayısıyla bu toplumlarda, üretim tekniği ilkel olup iş bölümü gelişmemiş, kişi başı gelir ve yatırımlar ise çok düşük düzeylerde kalmıştır. Nitekim bu tür toplumların var olduğu ülkeler, genellikle bir durgunluk hali içerisinde. Bunun yanı sıra sosyal olanaklar, kültürel faaliyetler ve teknoloji kullanımı oldukça kısıtlıdır (Parasız, 2003, s. 80). Özetle, geleneksel toplum aşamasına örnek olarak geçmişteki Çin Hanedanlıklarını, Ortadoğu ve Akdeniz medeniyetlerini, Ortaçağ Avrupa'sını vermek mümkündür (Berber, 2011, s. 263).

1.4.3. Kalkış öncesi hazırlık aşaması

Gelişmenin ikinci aşaması, “*kalkış öncesi hazırlık aşaması*”, gelişmenin ön koşullarının hazırlandığı geçiş safhası veya harekete geçiş aşaması olarak da adlandırılmaktadır. Dolayısıyla bu aşama, intikal (geçiş) çağındaki toplumu temsil etmektedir. Geçiş safhasında, geleneksel toplumun ortadan kaldırılması ve sonraki kalkış aşaması için toplumsal güçlerin toplanması olmak üzere iki süreç bulunmaktadır. Rostow'a göre, bu aşamanın başlamasında toplumun iç dinamiklerinin yanı sıra dıştan gelen şoklar yani harici kuvvetler de etkilidir. Kalkışa hazırlık aşamasında, tarım ile birlikte sanayide gerçekleştirilen iyileştirmeler ile dış dünyaya açılmanın hazırlıkları yapılmaktadır. Bu aşamada, yatırımlara önem verilmekte, artık tarımsal çizgiden sıyrılarak endüstrileşme kapılarının açılması amaçlanmaktadır. Dolayısıyla ilgili toplumda iktisadi, politik, sosyal ve kültürel açıdan bazı değişiklikler görülmektedir. Bu bağlamda

geçiş safhası ile meydana gelen değişiklikleri, tarım ve sanayide verimlilik artışı, kentsel nüfusun artmaya başlaması, sermaye birikiminin hız kazanması, belli düzeyde eğitimin artması, bankacılık ve diğer kurumların kurulması, ulaşım ağı ve haberleşmenin oluşumu, aydın sınıfın doğuşu, siyasi iktidarın güçlenmesi, doğal kaynakların değerlendirilmeye başlanması ve benzeri şekilde sıralamak mümkündür (Berber, 2011, s. 263-264).

Büyümenin sürdürülebilirliği açısından milli gelirin en az %10'unun yatırımlara ayrılması, bu aşamanın en önemli ekonomik koşullarındandır. Bu safhada, ulaştırma ve diğer altyapı hizmetlerinin sunumuna yönelik gereken “*sabit sermaye yatırımları*”nın gerçekleştirilebilmesi mümkün hale gelmektedir (Doğaner Gönel, 2010, s. 55). Ancak bu aşamada, yatırımlardaki artış için risk sermayesi gereklidir. Nitekim ekonomik gelişmeler ile bireysel kâr, ulusal saygınlık, çocuklara daha kaliteli yaşam, refah ve benzeri unsurlar hedeflenmektedir (Rostow, 1959).

Batı Avrupa’da kalkışa hazırlık aşamasını ilk tamamlayan ülke, sahip olduğu iktisadi ve toplumsal yapısı açısından İngiltere olmuştur. Bir başka deyişle, bu durumun gerçekleşmesinde İngiltere’nin coğrafi konumu, doğal kaynakları, ticari imkânları, sosyal ve ekonomik yapısı etkili olmuştur. İngiltere’nin ardından Batı Avrupa ülkeleri kalkışa hazırlık aşamasına 17. yüzyılın sonları, 18. yüzyılın başlarında geçmiştir. Nitekim bu ülkelerde intikal (geçiş) dönemi, bilimsel ilerleme ile yeni teknolojilerin tarım ve sanayiye uygulanması, bu ülkelerin dış ticaretlerinin tek taraflı ve birbirleriyle rekabetlerine bağlı olarak genişletilmesi, sistem içi değişkenler ile ülkelerin kendi koşullarının değişmesine yönelik ortaya çıkan gelişmeleri kapsamaktadır. Kalkışa hazırlık aşamasının süresi, toplumun becerisine, enerjisinin ve kaynaklarının modernleşmeyi gerçekleştirme ve eski düzeni değiştirme hızına ve bu bakımdan politik iktidarın oynayacağı role bağlı olmaktadır (Berber, 2011, s. 264).

1.4.4. Kalkış safhası

“*Kalkış safhası*”, “*hızlı kalkınma veya sürdürülebilir büyümeye geçiş safhası*” niteliğindeki üçüncü aşama, gelişmenin başlangıç noktası olarak kabul edilmektedir. Bu dönemde, gerek yatırım gerekse tasarruf oranları milli gelirin %10’u olarak gelişmeye başlamakta, toplumsal yapı da artık bu değişime ayak uydurmaktadır. Toplumun bu süreçte büyüme kavramını benimsemesi neticesinde ilerideki yıllar için gelişmişliğin temelleri atılmaya başlanmıştır. Bu aşamada, toplumun istikrarlı büyümesi karşısında tüm engeller ortadan kaldırılmıştır. Tarımda zihniyet değişikliği ve yeni teknolojilerin uygulanması, yeni bir sosyal, siyasal kadronun ve yeni girişimciler sınıfının oluşumu

daha da önemli hale gelmiştir (Rostow, 1959). Bu aşamada iktisadi gelişme için gerekli kuvvetler, gelişerek topluma hâkim hale gelmektedir.

Kalkış aşamasında toplum, tarımda ve sanayide gerçekleştirdiği birtakım iyileştirmeler ile dış dünyaya açılmaya yönelik hazırlıklar yapmaktadır. Nitekim bu aşamada, yatırım ve tasarruf oranları milli gelirin %10'u ve hatta daha fazlası olarak gerçekleşmeye başladığında Rostow, yeni ve lider büyüme sektörlerinin kurulacağını öne sürmektedir. Bu bağlamda yeni girişimci sınıf büyürken, ekonomi tüm kaynaklarını ve yeni üretim yöntemlerini aktif hale getirmektedir. Rostow'a göre, yeni bir sanayi ve ekonomik faaliyet kolunun ekonomik gelişmeyi uyararak bu gelişmeye önderlik etmesi için 4 koşulun gerçekleşmesi gerekmektedir. İlk koşul, bu imalat kolunda üretilen mal için yeterince iç ve/veya dış talebin var olmasıdır. İkinci koşul, bu yeni imalat kolunda yatırımların artması ile birlikte yatırımlara yeni üretim tekniklerinin de uygulanmasıdır. Üçüncü koşul, ekonomi endüstri gelişimi için gerekli tasarrufların sağlanarak sanayi sektörüne aktarımının mümkün hale getirilmesidir. Bununla birlikte ilgili sektörde, öz tasarruf ve yeniden yatırım eğiliminin de yükseltilmesi gerekmektedir. Dördüncü koşul ise sanayi kolunun, diğer faaliyet kollarını etkileyebilme özelliğine sahip olması ve çeşitli dış ekonomiler yaratarak diğer sektörlerdeki kapasitelerin artmasını sağlamasıdır (Berber, 2011, s. 271).

Tablo 1. 4. Rostow kalkış aşamasının gerçekleşmesi için gereken şartlar (Nafziger, 2006)

Rostow kalkış aşamasının gerçekleşmesi için gereken şartlar	
✓ Yatırım ve tasarrufların ulusal gelirdeki payının % 5' ten %10'a ve hatta daha fazlasına çıkarılması.	✓ 1840-1850 yılları arasında Almanya'da yatırımın ulusal gelire oranı %15-20 iken, ABD'de 1870'de %15
✓ Yüksek gelişme hızına sahip ve tüm ekonominin gelişmesinde öncü olan bir veya daha fazla imalat kolunun ortaya çıkması	✓ İsveç'te kereste, Avustralya'da et, Danimarka'da süt
✓ Modern sektörlerdeki genişlemeden genişlemelerden faydalanmak için yeni bir siyasi, sosyal ve kurumsal çerçevenin yaratılması	✓ Sosyal ve siyasi kadro ile çerçevenin yeniden şekillenmesi

Tarihi süreç incelendiğinde kalkışa önderlik eden sanayi kolunun, demiryolu ve demiryolu şebekesinin kurulması olduğu görülmektedir. Ancak bir ekonominin önder sektörleri bile zamanla önemini kaybedebilmekte ve yeni önder sektörlerle ikame edilebilmektedir. Dolayısıyla Rostow, kalkış aşamasında her ülke için geçerli, tek bir önder sektörün olmadığını belirtmiştir. Bu durumu açıklarken pamuklu kumaştan

başlayarak demiryollarına, savunma sanayinden keresteye, selüloza, çiftlik ürünlerine ve benzeri pek çok tüketim mallarına kadar geniş bir yelpazede ürün çeşidinin varlığına dikkat çekmiştir. Örneğin sanayi devrimi ile ilk kez kalkış aşamasına geçen ülke olarak nitelendirilen İngiltere’de öncü sektör, pamuklu dokuma sanayisidir. Ayrıca “ABD, Almanya, Fransa, Kanada ve Rusya”da demiryolları, “Japonya”da askeri mallar, “İsveç”te kereste, “Danimarka”da çiftlik ürünleri, “Avusturalya”da et ülkelerdeki başlıca önder sektörler olarak belirtilmektedir (Erdinç, 2018, s. 32-33). Rostow’a göre kalkış aşamasının 20 yıl süreceği tahmin edilmektedir (Erbay ve Özden, 2013, s. 16).

Özetle, ilk kalkışın İngiltere’de gerçekleşmesinin nedenlerinden bazıları; 17. yüzyılda Roma kilisesinden ayrılma gayreti, İspanya ile mücadele, Hollanda ile rekabet, 18. yüzyılda Fransız askeri ve siyasi gücüne karşı mücadeleler, büyük deniz gücü ve bu güç ile demir-çelik sanayiinin gelişimi, dokuma sanayiinin kuruluşu, dış ticaretten kuvvet alması olarak belirtilebilmektedir. İngiltere kolonileri ve izlenen merkantilist politika, İngiltere’ye kıyasla ABD’nin kalkıştaki gecikme nedeni olarak görülmektedir. Günümüz gelişmiş ülkelerinin kalkış aşamasını yaşadığı tarihler; İngiltere “1783-1802”, ABD “1843-60”, Almanya “1850-73”, İsveç “1868-1990”, Japonya “1878-1900”, Rusya “1890-1991” şeklinde sıralanmaktadır. Rostow, Türkiye’nin 1937 yılında kalkış aşamasına geçtiğini belirtmiştir. Ayrıca Rostow, 1930-40 yıllarında gerçekleştirilen endüstrileşme faaliyetlerine karşın Türkiye ekonomisindeki asıl gelişmenin tarımsal üretim ve gelirin arttığı 1955 yılı olduğunu öne sürmüştür (Parasız, 2003, s. 80).

1.4.5. Olgunluk safhası

Dördüncü aşama, “*olgunluk safhası*” veya “*olgunluğa geçiş safhası*” olarak adlandırılmaktadır. Olgunluk aşamasına geçiş tarihleri, kalkış döneminin sona ermesinden 40 ila 60 yıl sonrasına tekabül etmektedir (Berber, 2011, s. 275). Kalkış aşaması sonrasında olgunluk aşamasına geçildiğinde toplumsal kaynaklar, önemli bir bölümünde modern teknolojilerin yer aldığı alanlarda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu süreçte, ilgili toplumun tüm kesimlerinde modern uygulamalar yaygınlaşmaktadır. Bunun yanı sıra güçlü bir ekonomiye sahip olan ülke, büyüme serüvenini başarılı bir şekilde sürdürmektedir. Bu aşamada ulusal gelirin %10-20’si tasarruf edilerek sürekli olarak yatırımlara dönüştürülmekte, kişi başına gelir düzeyi artmakta, yeni öncü sektörler eskilerini ikame etmekte ve yeni sanayi kolları yükselirken eskileri önemini kaybetmektedir (Parasız, 2003, s. 80-81). Dolayısıyla yeni sektör dallarının oluşmasıyla endüstrileşme süreci çeşitlendirilmektedir. Nitekim bu safhada ekonomi, daha geniş

sanayi alanlarını kapsayacak şekilde genişleyerek istenileni üretecek girişim ve kabiliyete ulaşmaktadır. Örneğin kalkış aşamasında hareketlilik kazanan demir, kömür ve ağır makine sanayinin olgunluk aşamasında yerini çelik, elektrikli teçhizat, gemi inşaatı, kimyevi maddeler, makine ve aletlere bıraktığı görülmektedir. Bu aşamaya giren ülkelerden bazıları; İngiltere (1850), ABD (1900), Almanya (1910), Fransa (1910) ve Rusya (1929) olmuştur. Ayrıca İsveç'te 1890 yılı sonrasında keresteden selüloz ve kâğıt sanayisine, maden cevherinden yüksek kaliteli çeliğe ve madeni ürünlere geçiş söz konusudur. Bu aşamanın özellikleri; işgücü dağılımında iyileşme, kent nüfusunda büyüme, oransal olarak beyaz yakalı işçilerde artış, sanayideki liderliğin girişimcilikten yöneticiliğe kayması, toplumsal yapıdaki değişimlerin endüstriyel yapıdaki değişimlere eşlik etmesi, uluslararası ticaretin önem kazanması, önceden ithal edilen malların üretilmesi, yeni ithal gereksinimlerinin artması ve bu ihtiyaçları karşılamaya yönelik ihracatın da artmasıdır (Berber, 2011, s. 276-279).

1.4.6. Kitle (Yüksek) tüketim çağı veya kitlevi refah çağı

Rostow'a göre olgunluk aşamasının ardından beşinci aşama "*kitleli tüketim aşaması*", "*kitle tüketim çağı*", "*yüksek tüketim çağı*" veya "*kitlevi refah çağı*" olarak da adlandırılan bir döneme girilmektedir (Berber, 2011, s. 279). Kitle tüketim aşaması, her ulusun olgunluk aşamasından sonra ulaştığı refah dönemi olup bu aşamaya geçmiş bir devlet artık "*refah devleti*", toplum ise "*refah toplumu*" olarak adlandırılmaktadır. Dolayısıyla bu son aşamada toplumun önemli bir çoğunluğunun artan kişi başına geliri ile tüketime yönelmesi neticesinde, toplumsal yapının yalnızca bölgesel değil aynı zamanda mesleki olarak da ayrıcalıklı bir yapıya kavuşması mümkün olmaktadır (Doğaner Gönel, 2010). Bu aşamada toplumlar refah, siyasi güç, uluslararası savunma gibi konulara odaklanarak bunlar arasında bir seçim yapmakta ve denge kurmakta özgürdür (Rostow, 1959). Sonuç olarak toplumsal gelişme çizgisinin nihai aşamasına ulaşıldığında, bilginin toplumdaki tüm alanlara hâkim olduğu yeni bir toplumla karşılaşmaktadır. Yüksek insani kalkınma seviyesini yakalayan bu toplum "*bilgi toplumu (information society)*" olarak nitelendirilmektedir (Erden Özsoy, 2017, s. 43).

Kitle tüketim çağında toplum artık arz yerine talebe, üretim sorunları yerine tüketim sorununa ve biraz daha ileriye gidildiğinde tüketim yerine refaha odaklanmaktadır. Bu aşamaya gelen toplumlarda, dayanıklı tüketim malları üreten sektörler ve hizmetler sektörü, zaman ilerledikçe gelişen ekonominin temel sektörleri haline gelmiştir.

Dolayısıyla bu toplumda dikiş makinesi, bisiklet, çeşitli elektrikli aletler (makineler), otomobil ve benzeri malların üretim ve tüketiminde ciddi artışlar görülmektedir. Bu döneme gelindiğinde, insanlar artık asgari fiziki düzeyin oldukça üstünde bir gelir elde etmekte, kent nüfusu büyük oranda artmakta, işgücünün hem toplamda hem de kentsel nüfustaki payında büyük artışlar gerçekleşmekte, çalışanlar içinde ise vasıflı işgücünün payı artmaktadır. Bu bakımdan, beyaz yakalılar/mavi yakalılar ayrımı ve hatta bunların kendi aralarındaki alt ayrımlarının da değişmesi beklenmektedir (Akiş, 2021, s. 66). Nitekim kitle tüketim aşaması çerçevesinde gelişme sürecini tamamlamış toplumlarda ortaya çıkan temel hedefler aşağıda sıralanmaktadır:

Dış politika ve askeri üstünlük sağlanma düşüncesinin ön plana çıkması: Bu amaç doğrultusunda, ulusal kaynakların büyük bir bölümü, askeri ve diplomatik sahalara harcanmaktadır. *Sosyal refah devleti olarak nitelendirilen bir düzen kuruluşu:* “Refah devleti” olarak adlandırılan düzen yaratıldığında, artan oranlı vergiler aracılığıyla gelirin yeniden dağılımı da dâhil olmak üzere devletin elindeki güçler, serbest piyasa düzeniyle sağlanamayan beşeri ve sosyal hedeflere ulaşmada kullanılmaktadır. Burada amaç, gelirin dağılımını yeniden düzenlemek, iç barış ile huzuru ve düzeni artırmak, iş saatlerini azaltarak boş zamanın artırılması ve benzeri iş yaşamında iyileştirmeler yapmaktır. *Tüketim seviyesinin artık temel gıda, konut, giyim maddeleri ve benzeri standart ölçütleri aşması:* Bu aşırı tüketimdeki hedef, 20. yüzyıldaki olgun ekonomilerin üretilbileceği her türlü mal ve hizmeti kitle halinde tüketmektir (Tüylüoğlu ve Çeştepe, 2004, s. 53-54).

ABD, 1913 yılında Henry Ford’un kitlesel otomobil üretimine başlamasıyla bu aşamaya ilk giren ülke olmuştur. Bu çağa Kanada 1920’lerde, Avustralya ve İngiltere 1930’larda, İsveç 1940’larda, Fransa, Almanya ve Japonya ise 1950’lerde girmiştir. Dolayısıyla bu aşamaya girişte Avrupa ülkeleri, Birinci Dünya Savaşı’ndan kaynaklı tahribatın giderilebilmesi ve 1929 krizinin atlatabilmesi için, ABD’ye kıyasla daha uzun bir süreye gereksinim duymuştur (Berber, 2011, s. 280).

İKİNCİ BÖLÜM

2. DÜNYADA VE TÜRKİYE’DE ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİ: TEORİK VE TARİHSEL BİR PERSPEKTİF

Çalışmanın bu bölümünde, dünya ekonomisinde endüstriyel süreçlerin tarihsel gelişimi incelenmektedir. İlgili bölümde tem olarak, Endüstri 4.0 devrimine hangi süreçlerden geçilerek nasıl ulaşıldığı anlatılmaya çalışılmaktadır. Bu kapsamda, Endüstriyel devrimler (Endüstri 1.0’dan 4.0’a) sırasıyla ele alınmaktadır. Ardından Türkiye ekonomisinin bu endüstriyel süreçten nasıl etkilendiği, Endüstri 4.0’ın neresinde olduğu ve nelerle karşılaştığı/karşılaşacağı üzerine değerlendirmeler yapılmaktadır.

2.1. Teorik Düzlemde Endüstri 4.0 Devrimi

Hayatını sürdürebilmek adına insanoğlunun ateşi icat etmesi ile başlayan uygarlık serüveninde, günümüz teknolojileri ile kas gücü ve hatta zihinsel etkinliklere bile gereksinim duyulmayacak dijital bir çağa giriş yapılmıştır. İnsanoğlu, tarih öncesi çağlarda temel el aletleri geliştirirken artık robot üretimine, programlanan robotların tasarımına başlamış olup aklın, bilimin gücünü keşfetmiştir. Avcı toplayıcı toplumdan modern topluma geçişte insanoğlunun teknolojik gelişimi, son yüzyıldaki artan bilgi paylaşımları ile daha da ivme kazanarak hayal edilemeyecek düzeye ulaşmış ve adeta bu anlamda sınırlarını zorlamıştır. Endüstrileşme süreçleri ile geline son noktada ise dijitalizasyon, dijitalleşme, dijital dönüşüm, dijital ekonomi, bilgi iletişim teknolojisi ve inovasyon kavramları öne çıkmaktadır. Aşağıda bu kavramlar detaylıca açıklanmıştır.

Dijitalizasyon (sayısallaşma), dijital olmayan bilgilerin dijital bir hale dönüştürülmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu özelliğiyle dijitalizasyon; dijital olmayan bilgilerin, eklenen yeni kriterlerle programlanabilir, akılda kalıcı, iletilebilir ve izlenebilir kılmaktadır (Yoo vd., 2010). Dijital teknolojilerin, dijitalleşmiş verilerin kullanımıyla süreçlerin etkinleştirilmesi, iyileştirilmesine “*dijitalleşme*” denmektedir. Bu nedenle dijitalleşme, dijital teknolojilerin kullanımıyla iş modellerinin değişmesi ve yeni gelir kaynaklarının temini veya değer üretecek fırsatların yaratımını mümkün kılmaktadır (<https://www.gartner.com/itglossary/digitalization/>). Dijital dönüşüm ise (sayısal dönüşüm), manuel ya da dijital olmayan süreçleri dijital süreçlerle veya eski dijital teknolojiyi daha yeni dijital teknolojiyle değiştirmek üzere organizasyonun dönüştürülmesi anlamına gelmektedir. Bir başka yaklaşımla dijital dönüşüm, işletmenin hâlihazırdaki ilişkilerini, süreçlerini ve yeteneklerini yeniden anlamlandırarak, geleneksel

yöntemle iş yapma modellerini tümüyle değiştirme olarak tanımlanmaktadır (Lucas vd., 2013, s. 372). Genel anlamıyla bilişim teknolojileri hizmetlerini, interneti, telekomünikasyonu, donanımı, yazılımı da kapsayan bilgi ve iletişim teknolojisindeki (BİT) ekonomik faaliyetler de “*dijital ekonomi*” olarak ifade edilmektedir (Chen, 2020). Bu bağlamda esasında Endüstri 4.0 Devrimi (Dördüncü Sanayi Devrimi, Dijital Fabrika, Dijital Üretim), bir dijital ekonomi gerçeğini yansıtmaktadır (Büchi, Cugno ve Castagnoli, 2020, s. 2-3; Bakırtaş ve Ustaömer, 2019, s. 3). “*Bilgi ve iletişim teknolojileri*”, yaşamsal alanların tümünde insanların birbirleriyle etkileşimde bulunarak sistem oluşturmaları, bilgiye erişerek kullanmaları için daha hızlı ve kaliteli imkânlar sağlayan bir faktör olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde bilgi ve iletişim teknolojilerinin çalışanlara gerekli teknik altyapıyı sunması neticesinde çalışanların birbirleriyle ve kullanılan makinelerle ilişkileri bozulmadan süregelmektedir (Sucuoğlu, 2021, s. 15). “*Bilgi*” her daim üretim sürecinde önemli bir girdi olarak kabul edilmekte ve bu yeni dönem de niteliksel olarak bilginin dijital formatta kodlanması anlamına gelmektedir (Bakırtaş ve Ustaömer, 2019, s. 5). Türk Dil Kurumu (TDK) tarafından “*bilgi*”; insan aklının ulaşabileceği olgu, gerçek ve ilkelerin tümü ya da araştırma, öğrenme veya gözlem ile sağlanan gerçek olarak tanımlanmaktadır (<https://www.tdk.gov.tr>). “*İletişim*” ise kişiler arası bilgi, davranış, duygu ve düşünce alışverişini ifade etmektedir. “*İletişim çağı*” terimini ilk defa 1962 yılında Kanadalı iletişimci Marshall MC Luhan kullanmıştır (Geray, 1997, s. 37). Kelime kökeni olarak teknoloji, Yunanca techne (sanat) ve logia (bilmek) kelimelerinin birlikte kullanıldığı “*Technoslogos*”tan doğmaktadır. İktisadi açıdan olduğu kadar teknoloji, mühendislik, sosyoloji ve benzeri pek çok bilimde son derece önemli ve bunların ilgi alanlarına giren bir unsurdur. Türk Dil Kurumu tarafından yapılan tanımlamaya göre bir sanayi dalına ilişkin yapım yöntemleri ile kullanılan araç, gereç, aletleri ve bunların kullanım şekillerini kapsayan uygulama bilgisine “*teknoloji*” denmektedir. Bu yaklaşım, teknolojiyi sanayi üretimi ile sınırlı tutmaktadır. Bir başka deyişle teknoloji, malların ve hizmetlerin üretiminde ya da bilimsel araştırma ve benzeri amaçların gerçekleştirilmesinde kullanılan araçlar, beceriler, süreçler ve tekniklerin toplamını ifade etmektedir. Dolayısıyla günümüzde eş anlamlısı gibi algılanan inovasyon kavramının küresel tanımı çerçevesinde teknolojiyi, yaşamın değiştirilmesi, dönüştürülmesi ve kontrol edilmesine ilişkin insan tarafından kullanılan ve üretilen bilgi, yöntemler topluluğu olarak tanımlamak mümkündür. 16. yy. İngiltere’inde inovasyon “*innovation*”, Türkçe anlamıyla ise “*yenilik yaratma, değiştirme, yenileme*”, Latince

“*innovatus*” kelimesinden türetilmiştir. Schumpeter, ekonomik performansın itici gücü “*inovasyon*”u, yeni bir üretim fonksiyonu, mevcut kaynakların yeni bir bileşimi niteliğinde sunuşu, yenileme, yenilik yaratma süreci olarak tanımlamaktadır (Berber, 2011, s. 42). Bir başka ifadeyle “*kazandıran yenilik*” olarak adlandırılan inovasyon, yeni mal ve hizmet sunumu veya mal ve hizmet sunumunun iyileştirilmesine yönelik sonuçlanan fikirlerin pratik uygulaması olarak ifade edilmektedir. Bu anlamda inovasyonun yarattıkları, açık inovasyon, AR-GE kültürü, esneklik, yeni hizmet, yeni iş modeli ve yeni ürün gibi kavramlardır. İlk olarak Schumpeter, inovasyon (yenilik) ile icat arasındaki ayrıma değinmiştir. İngilizce’de “*invention*” olarak bilinen Türkçede ise “*icat*” anlamına gelen bu kavram, buluş, yeni geliştirilmiş ürünleri, süreçleri, tasarımları, modelleri ifade etmektedir. Patent, tescil ve benzeri yasal haklarını kullanarak icat sahibi buluşunu koruma altına alabilmektedir. Ayrıca mevcut bir teknolojik birikim ile icat geliştirilmesi ve modellerin oluşturulması mümkündür. İktisadi açıdan yenilikten bahsedilebilmesi için icat sonrası süreçlerin de başarılı bir şekilde gerçekleşmesi gerekmektedir (Dikkaya vd., 2018, s. 856-857).

Dünya, her geçen yılda biraz daha değişmekte, bu da ülkelerde teknolojik gelişmeyi kaçınılmaz kılmaktadır. Ancak ülkeler arasında teknolojik gelişme açısından farklılıklar bulunmaktadır. Ülkelerden bazılarının üretimde geleneksel teknolojileri kullanmakta olduğu görülürken, diğer bazı ülkelerin ise çok yeni teknikleri kullanmakta olduğuna şahit olunmaktadır. Yeni teknikleri kullanan (icatçı) ülkelerdir ki bunlar, özellikle gelişmiş ülkeler olmakta ve ürettikleri yeni teknolojik ürünleri ihraç ederek ekonomik açıdan güç kazanmaktadır. Bu nedenle teknoloji (teknolojik yenilik), uluslararası rekabet gücünün önemli belirleyicileri arasında yer alırken, sanayileşmiş (gelişmiş) ülkeler de “*teknoloji üretebilen ekonomiler*” olarak nitelendirilmektedir. Ayrıca yeni teknolojiler ile bilişim teknolojileri, nanoteknoloji, telekomünikasyon gibi sahalardaki gelişmeler kastedilmektedir (Aslan, 2007).

Dijital değişimin (dönüşümün) hızla yaşandığı ve bu hızın zaman ilerledikçe arttığı çağımızda sosyal hayattan iş hayatına kadar pek çok alanda paradigma değişimi ile karşılaşilmektedir. Küreselleşme ile birlikte bilgi teknolojileri artık her yerde ve onlarsız bir hayat düşünülememekte, yani bilgisayarlar, internet; iktisadi, sosyal ve finansal sitemlerin ayrılmaz parçaları haline gelmektedir (Ford, 2018, s. 95). Küreselleşme süreci insanların, sermayenin, malların, bilgi ve fikirlerin, terör, çevresel kirliliğin ve hastalık (enfeksiyonların) sınırlar arası hareketlerini artırmaktadır. Bu süreç bilgi, işlem ve

iletişim teknolojilerinde meydana gelen yeniliklerin uluslararası bilgi akışını kolaylaştırması noktasında gúcünü göstermektedir (Usluata, 1995, s. 69-70). Dünya ticaretinin serbestleşmesi ve finansal piyasaların entegrasyona yönelimiyle teknolojinin ülkeler arası transferi, ulusal ekonomilerin gerek üretim yapılarına ve tüketim kalıplarına gerekse diğerk ülkelerle ekonomik ilişkilerine tesir ederek dışsal duyarlılığı arttırmaktadır. Nitekim buharlı makinenin icadı ile başlayan endüstriyel çağın yerini bilişim çağının almasıyla artan teknolojik ilerlemeler, teknik farklılaşma gerek bireysel gerekse toplumsal hayatı etkilemektedir. Daha nceki zamanlarda ülkeler arası rekabet, endüstri (sanayi) rnlerinin üretimi ve pazarlanmasıyla şekillenirken, şimdilerde başarılı ve güçlü olmak için her türlü bilgi ve iletişim teknolojisine sahip olmak gerekmektedir (Enserov, 2019, s. 63).

2.2.Tarihsel Düzlemde Dünya Ekonomisi ve Endüstri 4.0

Bilgisayar ve bilgi teknolojileri, küreselleşmenin bütünleştirdiği çok yönlü bir dünyayı kapsamaktadır. Bilim ve teknolojiadaki bu ilerlemeler, optimize eden ve değiştiren yeniliklerin geliştirilmesi bakımından son derece önemli potansiyel bir uygulama ölçeğini teşkil etmektedir (Vanchukhina vd., 2019, s. 31). Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0) modern küresel ekonominin gelişmesinde sadece bir eğilim değildir, aynı zamanda gelecekteki gelişimi açısından stratejik hedeflerine ulaşımını teşvik eden bir bakış açısı oluşurmaktadır (Alekshev vd., 2019, s. 93). Bu bağlamda bilişim teknolojileri ile endüstrinin entegresini hedefleyen Endüstri 4.0, hem maliyet hem de rekabet avantajı yaratmaktadır. Bu devrime uyumlu hale gelen ülkelerin, yeni ekonomik sistemde farklarını ortaya koyacağı aşıkardır. Endüstri 4.0 ilk olarak Almanya’da 2011 yılında Hannover Fuarında gündeme gelmiştir. Endüstri 4.0 kavramını ele alarak Almanya, sanayi sektörünün ve üretim süreçlerinin dijitalleştirilmesine yönelik önemli bir hamle yapmıştır. Bu dönüşümde ileri teknoloji ürünlerinin minimum maliyet ve sürede üretilmesiyle Almanya’nın hâlihazırda üstün olduğu imalat endüstrisinde daha avantajlı bir konuma gelebilmesi hedeflenmektedir. Almanya, Endüstri 4.0 vizyonu gelişiminin düzenlenmesi için “*Plattform Industrie 4.0*”ı kurmuştur. Bu platformun faaliyetleri “*Alman Federal Ekonomi İşleri ve Enerji Bakanlığı*” ile “*Alman Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı*”nda gerçekleşmektedir. Endüstri 4.0, dijitalleşme, robotik gibi teknoloji faktörlerini imalat endüstrisinde daha ysek düzeye çıkararak üretim süreçlerinde geri dönülmesi g bir dönüşümün öncüsü olma potansiyeli taşımaktadır.

Endüstri 4.0'ın diğer küresel aktörü olarak ABD'de yer alan “teknolojinin ve buna bağlı getirinin kaynağı olan Silikon Vadisi”nin önemi dikkat çekmektedir. Söz konusu vadi, dünyanın teknoloji merkezi (akıllı elektronik sektörlerin, bilgisayar teknolojilerinin ve yazılımların küresel merkezi) olarak kabul edilmektedir. Dünyanın ilk “inovasyon kümesi” Silikon Vadisi, yenilikçi teknoloji şirketleri (Apple, Google ve Facebook gibi) bünyesinde barındırmaktadır. Silikon Vadisi, ABD'nin en fazla katma değer üreten ekonomisi Kaliforniya'da yer almaktadır (Aydın, 2016, s. 2). Endüstri 4.0 sürecinde ABD'nin üretim stratejileri için önemli yapılardan biri de “Ulusal Üretim ve İnovasyon Ağı” programıdır. Bu ağın işleyişi, “ABD Ticaret Bakanlığı'nın Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST-National Institute of Standards and Technology)” bünyesindeki merkez olan “Ulusal Gelişmiş İmalat Programı Ofisi (AMNPO-Advanced Manufacturing National Program Office)” tarafından gerçekleştirilmektedir (Çetinkaya ve Susam, 2021, s. 420). Endüstri 4.0 sürecini farklı bir yaklaşımla ele alan diğer bir küresel aktör “Japonya”dır. Bu kapsamda Japonya, insan faktörünü öne çıkaran yeni bir vizyon benimseyerek toplum 5.0 (society 5.0) olarak ifade edilen bir konsepti vurgulamaktadır. Endüstri 4.0 kazanımlarını insanların günlük hayatlarına uyumlaştırılması ilkesini benimseyen Toplum 5.0, siber alan ve fiziksel alanın (gerçek toplumun) yüksek düzeyde bütünleştiği “süper akıllı toplum (super smart society)”u temsil etmektedir (Gladden, 2019).

Toplum 5.0 kavramı, ilk kez 2016 yılının Ocak ayında Japon hükümeti “Bilim, Teknoloji ve İnovasyon Konseyi”nde Bakanlar Kurulu tarafından “Beşinci Bilim ve Teknoloji Temel Planı”nda kullanılmış, aynı zamanda 2017 yılı “Gelecek Stratejisine Yatırım: Toplum 5.0 Reformu”nun önemli bir parçası olmuştur (Fukuyama, 2018). Sonuç olarak toplum 5.0 kavramının küresel anlamda tanınması, dünyanın en büyük teknoloji fuarlarından CeBIT'de mümkün olmuştur. Almanya, Hannover'da düzenlenen fuarın 2017 yılındaki partner ülkesi Japonya, fuarda Toplum 5.0 felsefesini ele alarak geniş kitlelerin de duymasını sağlamıştır. Toplum 5.0 süreci detaylıca değerlendirildiğinde şu şekilde ifade edilebilmektedir. İlk insanın doğuşundan günümüze kadar olan süreç “Avcı Toplum (Toplum 1.0), Tarım Toplumu (Toplum 2.0), Endüstriyel Toplum (Toplum 3.0), Bilgi Toplumu (Toplum 4.0), ve Süper Akıllı Toplum (Toplum 5.0)” olarak beşe ayrılmaktadır (Fukuyama, 2018). Japonya, Toplum 5.0 ile Endüstri 4.0'ın insani açıdan anlamlandırılmasına katkı sunmayı hedeflemektedir. Bu strateji bağlamında insanların

teknoloji ile uyumlu bir şekilde yaşamlarını sürdürmesi sağlanmakta ve endüstrinin yanı sıra toplumsal bütünlüğü de içeren bir yapı oluşmaktadır (Riminucci, 2018).

Endüstri 4.0 stratejileri ve gelişmeleri, ABD’de “Akıllı Üretim”, Japonya’da ise “Innovation-25” olarak adlandırılmaktadır (Dönmez Turan, 2019, s. 32). Ayrıca bu devrim ile birlikte İspanya “Gelişmiş Fabrikalar”, İtalya “Akıllı Fabrikalar”, Fransa ise “Geleceğin Sanayisi” adlı ulusal girişimler başlatmışlardır (TÜBİTAK, 2016). Bunun yanı sıra Brezilya’da hükümet, Endüstri 4.0’ı “Ulusal Makineler Arası İletişim (Machine-to-Machine, M2M) ve Nesnelerin İnterneti İletişim Planı” kapsamında desteklemektedir. Sovyetler Birliği’nin eski bir üyesi Kazakistan Cumhuriyeti, Endüstri 4.0’ı rekabetçiliğin artırılmasındaki bir anahtar olarak kabul etmektedir. Bu doğrultuda yeni başlatılan “Dijital Kazakistan” devlet programı ile güvenli, yüksek hızlı dijital bir altyapı geliştirilerek dijital ekonominin gerektirdiği yeterliliklerin (becerilerin) temini, ekonominin dijital dönüşümü ve benzeri önemli unsurlar hedeflenmektedir (Horvat vd., 2018). Çek hükümeti ise “Girişim Endüstri 4.0” belgesini onaylamış olup buna ilişkin araştırma projelerini desteklemiştir (Tupa vd., 2017). Sonuç olarak tanımsal veya kavramsal açıdan ülkeler/bölgeler arası farklılaşmalar bile temelinde bu yeni gelişim hamlesinin özü aynıdır ve ortak amaç modern üretimin tesisidir. Farklı adlandırılmış ancak aynı amacı gerçekleştirmeye yönelik dünyanın sınai, ticari anlamda gelişmiş ekonomileri, Endüstri 4.0 ile gelen değişime uyum ve bütünleşme sağlamak için olarak 2025 yılını hedef koyan bir tarih ile bu devrime ilişkin yaklaşımlarını ortaya koymaktadır. Tablo 2.1’de, Endüstri 4.0 devriminde öne çıkan ülkeler ve endüstriyel stratejileri açıklanmıştır.

Tablo 2. 1. Endüstri 4.0 devriminin öne çıkan ülkeleri ve endüstriyel stratejileri (Büchi, Cugno, Castagnoli, 2020)

Ülke	Endüstriyel strateji	Referans
Almanya	Yüksek-Teknoloji Stratejisi 2020 (High-Tech Strategy 2020)	Kagermann vd. (2013b)
Fransa	Yeni Endüstriyel Fransa (The New Industrial France)	Conseil National de l'Industrie (2013)
İngiltere	İmalatın Geleceği (Future of Manufacturing)	Foresight (2013)
Amerika	Gelişmiş Üretim Ortaklığı (Advances Manufacturing Partnership)	Rafael vd. (2014)
Çin	Çin Yapımı 2025 (Made in China 2025)	State Council of China (2015)
Singapur	Araştırma, İnovasyon ve Girişim (Research, Innovation and Enterprise)	National Research Foundation (2016)
Güney Kore	Üretimde Yenilik 3.0 (Innovation in Manufacturing 3.0)	Kang vd. (2016)

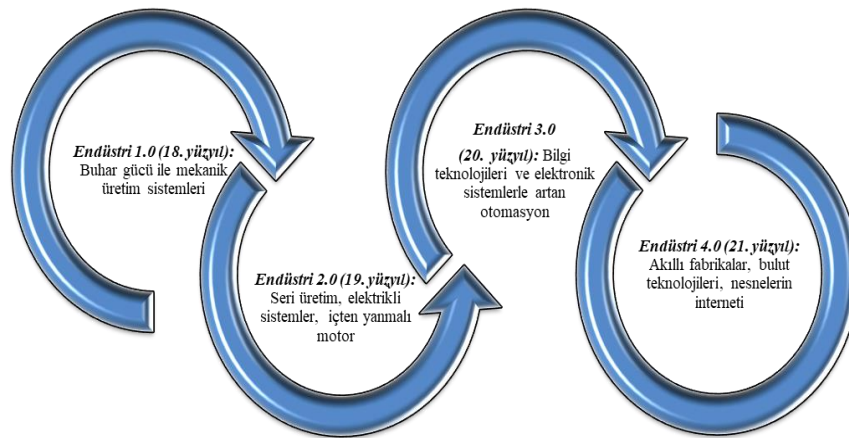
Bugün geldiğimiz son noktada ise yeni tip koronavirüs (COVID-19) salgınına bağlı olarak tüm dünyada “*Dijitalleşmeye (Endüstri 4.0)*”a yönelik sürece geçişin hızlı bir şekilde ilerleme kaydedeceğini söylemek yerinde olacaktır. Pandeminin daha ilk başladığı zamanlardan itibaren “*uzaktan eğitim*” ve “*uzaktan çalışma*” kapsamında ciddi adımlar atılmaya başlamıştır. Ayrıca bu salgını sona erdirebilecek aşının üretilmesi ve seri üretim haline dönüştürülmesi de dünyada aşı teknolojilerinin daha fazla ilerleme kaydetmesini sağlamaktadır.

2.3. Endüstriyel Devrim Süreci: Endüstri 1.0’dan Endüstri 4.0’a

İnsanoğlunun bugünkü düzeye gelmesinde önemli dönüm noktaları vardır. Bu noktada endüstri devrimlerinin varlığını da bir dönüm noktası olarak kabul etmek mümkündür. İnsanlık tarihi süresince hiçbir ekonomik ve siyasi gelişme, endüstri devrimi kadar devletlerin refah ve kalkınmasında etkili olamamıştır. Bu nedenle endüstri 1.0’dan endüstri 4.0’a yolculuk sürecinde öncelikle endüstri, endüstrileşme, devrim, endüstri devrimi kavramlarının ne anlama geldiklerini açıklamak gerekmektedir. Endüstri, yüksek düzeyde mekanikleşmiş, otomatikleşmiş maddi malların üretimini temin eden ekonomik faaliyetleri ifade etmektedir (Şahin ve Kaya, 2019, s. 13). Endüstrileşme kavramı dar anlamıyla üretim sürecinde teknolojik ekipmanların kullanımı ve endüstriyel ihtiyaçların GSYH’deki payının belli bir değer üzerine çıkışını ifade ederken, geniş anlamda Endüstri

Devrimi ile ortaya çıkan ve devletlerin ekonomik, sosyal, politik ve teknolojik alanlarda değişim yaratan bir sonuca “endüstrileşme” denmektedir (Torun, 2003, s. 182). Bir toplumun hayatı için önemli işlevi olan kurumların hızlı ve geniş kapsamıyla kökten değiştirilmesi, yenileştirilmesi, yeniden şekillendirilmesi ya da belli bir alanda aniden meydana gelen kökten değişiklik “devrim” anlamına gelmektedir (Eğilmez, 2018, s. 264). İlk kez bir kavram olarak endüstri devrimi ifadesi ise 6 Temmuz 1799 yılında Louis-Guillaume Otto tarafından kaleme alınan bir mektupta geçmiştir. Endüstri devrimi ekonomik, politik, kültürel ve toplumsal, sosyal sistemlerin değişimine neden olan teknolojik ilerlemeler anlamına gelmektedir. Nitekim temelinde yaşamlarında karşılaştıkları olumsuzlukları giderebilmek adına toplumların çare arayışları ve zaman ilerledikçe artan merak duyguları neticesinde endüstri devrimi olarak nitelendirilen, kas (insan ve hayvan) gücüne dayalı üretimden makine gücüne dayalı üretime geçilmiştir (Sucuoğlu, 2021, s. 5).

Sonuç olarak yaşanan her teknolojik gelişme ve inovasyon ile bir devrin kapanarak yeni bir devrin açılması mümkün hale gelmektedir. İlk çağlarda tarım ve hayvancılık ile gerçekleşen ticaret hayatı, endüstri devrimi ile kitle üretimine imkân tanımıştır. Gün geçtikçe de dünya, hızlı bir şekilde yaşanan yeni endüstriyel devrimlere sahne olmaktadır. Endüstriyel devrimlerin ortak noktası tüm dünyada, insanların emeğinde verimliliği artırma hedefi doğrultusunda gerçekleşmeleridir. Nitekim endüstriyel devrimler ile doğanın ekonomideki arz ve talep dengesinde temel unsur olmaktan çıkarak sanayi ile bilim ve teknoloji arasındaki ilişkinin ekonomik açıdan belirleyici hale geldiği bilinmektedir (Hobsbawm, 2000). Şekil 2. 1’de Endüstriyel devrim süreci kapsamında Endüstri 1.0’dan Endüstri 4.0’a doğru yaşanan gelişmelere yer verilmektedir:



Şekil 2. 1. Endüstriyel devrimler: Endüstri 1.0’dan Endüstri 4.0’a geçiş (Fiedor ve Ortyl, 2020, s. 2)

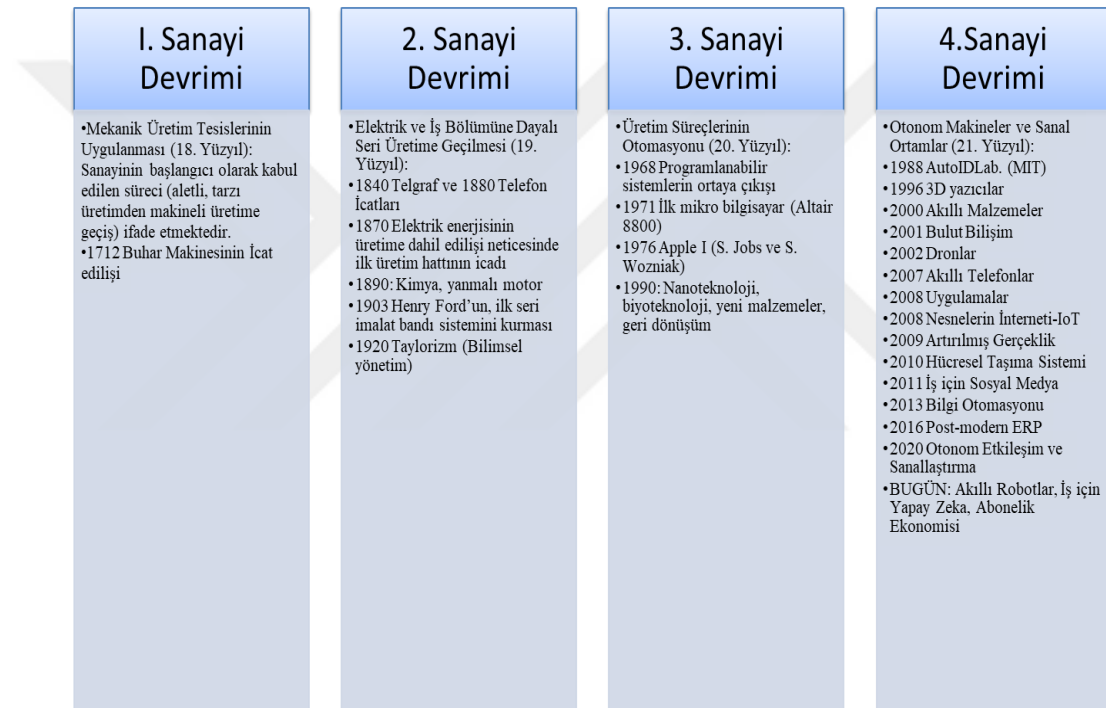
Endüstrileşmenin başlamasından günümüze kadar gerçekleşen teknolojik sıçramalar olarak nitelendirilen “*endüstriyel devrimler*” paradigma değişikliklerine neden olmuştur (Şahin ve Kaya, 2019, s. 12-13). Şekil 2.1’den de anlaşıldığı üzere, dünya tarihi boyunca üretim süreçlerini değiştiren 4 büyük endüstriyel devrimden bahsedilmektedir. Birinci Sanayi “*Endüstri 1.0*” Devrimi (Sanayileşmenin Başlangıcı “*Mekanizasyon*”-18. yüzyılın sonu), buharın ve suyun gücünden yararlanılmasıyla daha verimli kullanımını sağlayan ilk mekanik üretim tezgâhlarına dayanmaktadır. Bu süreç içerisinde, buhar gücü gitgide daha fazla kullanılarak makinelerle yönelik çeşitli araçlar geliştirilmiştir. Ohio Eyaletinin önemli bir kenti olan Cincinnati’deki mezbahalarda başlayan ve ABD’deki Ford T Modeli üretimi ile doruğa ulaşan süreç, İkinci Sanayi “*Endüstri 2.0*” Devrimi (İkinci Sanayi Devrimi-Teknoloji Devrimi) olarak nitelendirilmektedir (Şahin ve Kaya, 2019, s. 16). Endüstri 2.0 (19. yüzyıl-20. yüzyıl), yoğun elektrik enerjisinin kullanımıyla seri üretimin oluşmasına dayanmaktadır. Nitekim bu süreçte, Henry Ford’un üretim bandı tasarımıyla üretim hattı geliştirilmiştir. Üçüncü Sanayi “*Endüstri 3.0*” Devrimi (yaygın dijitalleşme-1970’lerin başı), üretim süreçleri ile elektronik, bilgi teknolojilerinin otomasyonu sağlanmıştır. İlk programlanabilir akıllı kontrol cihazı (PLC) “*Modicon 084*” tanıtımı bu dönemde yapılmıştır (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği “*TOBB*”, 2016, s. 16-27). Bu süreç ile üretimde mekanik, elektronik teknolojilerin yerini alan dijital teknolojiler sayesinde programlanabilir makineler kullanılmaya başlamıştır. 1990’lı yıllarda ürünlerin dijitalleşmesiyle süreç otomasyonu, ilk çevrimiçi iş modelleri oluşturulurken, 2000’li yılların başında ise ilk dijital çözümler, dijital müşteri ara yüzü, çok kanallı sıra dışı teknolojiler, izole uygulamalar, otomatik süreçler gelişmiştir. Nitekim sanayi toplumundan bilgi toplumuna geçiş neticesinde kol gücünün önemi azalarak beyin gücü ve bilgi araçlarının önemi artmaktadır. Özetle, ilk üç endüstriyel devrim ile mekanikleşme, elektrik ve bilgi teknolojisinin üretim süreçlerine entegrasyonu başarılmış olup sanayi ve ekonomi bağlamında işsizlik sorunu çözülebilmiştir. Ülkeler bazında değerlendirildiğinde söz konusu 3 sanayi devriminin toplam etkisi, özellikle gelişmiş ülkeler için zenginlik ortamı sunması ve ciddi fırsatlar yaratması şeklinde olmuştur. Bireysel açıdan bakıldığında ise tüm dünyayı değiştiren ilk 3 sanayi devrimi ile aynı zamanda insanların değer yaratma biçimlerinin de dönüştürdüğü anlaşılmıştır. Bir başka deyişle her bir devrimde, gerek teknolojiler gerekse siyasal sistemler, sosyal kurumlar evrim değiştirmiş olup insanların kendilerine yönelik bakış açıları, karşılıklı ilişkileri ve doğal dünyayla etkileşimleri de değişmiştir (Schwab ve Davis, 2019, s. 25-

26). Sanayinin dijitalleşmesi olarak da adlandırılan teknolojik gelişme namına yaşanan son devrim, Dördüncü Sanayi Devrimi “*Endüstri (Sanayi) 4.0*” (Akıllı Fabrika, Akıllı Üretim, Birbirine Bağlı Fabrika, Entegre Endüstri, İnsan-Makine İşbirliği, Üretim 4.0) olmuştur (Büchi, Cugno, Castagnoli, 2020, s. 2-3). Endüstri 4.0 (Dijital Dönüşüm), yalnızca bir teknolojik evrimleşme süreci değil de aynı zamanda bir zihniyet dönüşümüdür. Her bir yüzyıl, yeni bir zihniyetin yaratılışına sahne olmaktadır. Bu nedenle de; Antik Çağlarda insanlığa ilişkin slogan “*Düşün (Think)*” iken, 20. yüzyılda “*Büyük Düşün (Think Big)*” ve “*Endüstri 4.0*” sürecinde (21. yüzyılda) ise “*Dijital Düşün (Think Digital)*” haline gelmiştir. 2015 yılından itibaren Endüstri 4.0 süreci ile dijital ürün ve servisler, dijital operasyonlar, dikey ve yatay bütünleşme, veri analizi odaklı gelişmeler ve yeni iş modelleri meydana getirilmiştir (Baysal, 2015, s. 11). Endüstri 4.0, insan kontrolü olmaksızın üretim sürecinde makineler arası etkileşim ile meydana gelen akıllı bir üretim ağıdır (Ivanov vd., 2016).

Özetle, son birkaç yıldır birbirlerine bağlı süreçlerin etkileşimde olduğu, makinelerin insanlarla etkileşimine dayanan, internet üzerinden birbirine bağlı eşyaların veri toplayarak üretim sürecini tümüyle değiştirdiği bir dönem yaşanmaktadır. Alışveriş yöntemleri ve alışkanlıklarının COVID-19 salgınının da etkisiyle daha fazla dijitalleştiği bu çağda toplumların, ekonomik ve beşeri anlamda kalkınma hedefiyle yenilikçi yöntemleri ve yaklaşımları benimseyerek uygulamaya geçmeleri gerekmektedir. Dolayısıyla hızla gelişen ve değişen dünya ekonomisinde öncelikli hedefler arasında katma değeri yüksek ürünlerin üretimden satışa tüm aşamalarda müşteri ihtiyaçlarına en uygun şekilde optimizasyonu yer almaktadır. Aşağıda şekil 2.2’de bahsedilen bazı kavramlar açıklanmıştır:

Taylorizm (Bilimsel yönetim): Taylor’un amacı iş sürecinin örgütlenmesi, denetlenmesi konularını inceleyerek süreçleri bilimsel kurallara bağlamak ve bu şekilde üretimin daha etkin ve verimli olmasını sağlamaktır. Bu bakımdan bilimsel yönetim ile üretimi arttırmak için “*Taylorizm*”de olabildiğince kişiyi fazlaca çalıştırmak ve fazla çalışan kişinin ek ücret verilerek ödüllendirilmesi hedeflenmiştir. Dolayısıyla çok çalışmak yalnızca bir firma için değil, tüm toplum için geçerli olmakta herkesin çok çalışması halinde çalışanların kontrol edilmesi bile gerekmemektedir (Cooke, 1913). Bir başka deyişle Taylor’un yönetim tanımı “*çalışanların kendilerinden yapılması istenenleri, tamamen bilmelerinin ve sonrasında da en iyi ve en ucuz biçimde gerçekleştirmelerinin sağlanması*” biçimindedir (Taylor, 1911, s. 22). *Auto-ID*

Laboratuvarları, ağa bağlı RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama) ve yeni çıkan algılama teknolojileri alanında bir araştırma grubu olarak ifade edilmektedir. Auto-ID Laboratuvarları, EPC (Elektronik Ürün Kodu) teknolojisini sürekliliğini sağlamak, gelişimini yönetme ve finanse edilmesinden sorumludur. Yeni gelişen RFID (EPC) teknolojisi ürün bilgilerine anlık erişim olanağı sunarak barkod teknolojisine bir alternatif teşkil etmektedir. Nitekim RFID teknolojisi, kablosuz iletişim teknolojilerinde hızlı bir şekilde gelişen ve pek çok sektörde uygulanabilen bir teknolojidir. Bu bağlamda RFID teknolojisi, tedarik zincirleri, eğitim, güvenlik, hayvancılık, kütüphane, sağlık ve benzeri pek çok alanda kullanılabilmektedir (Maraşlı ve Çıbuk, 2015, s. 249).



Şekil 2.2. Kronolojik sıralamaya göre sanayide evrimleşme (Şentürk, 2021, s. 5736)

Graham Bell tarafından telefonun keşfi, dev şirketlerin alt yöneticiler ile haberleşmesini olanaklı hale getirmiştir. Fabrika ve kentlerde elektrik kullanımı ise 1882 yılında Edison ile başlamıştır (Özdemir, 2011, s. 18-19).

2.3.1. Birinci sanayi devrimi (Endüstri 1.0)

Endüstri 1.0 Devrimi, buhar gücü ile çalışan makinenin icat edilmesi ile başlamıştır. Bu bağlamda gerçekleşen ilk sanayi devrimi, James Watt'ın buhar makinesinin icadından ötürü buhar çağı veya makine çağı olarak da adlandırılmaktadır (Koç ve Teker, 2019, s. 305). İnsanlık tarihinde bir dönüm noktası olarak kabul edilen bu devrim, 18. yüzyıl sonlarında İngiltere'de başlamış olup öncelikle kıta Avrupa'sına, sonrasında da tüm

dünyaya yayılmıştır (Mohajan, 2019, s. 378). Bu dönemin öncesinde üretimler genel olarak ailelere dayalı ustalar, çıraklar tarafından yapılmaktaydı. Endüstri 1.0 Devrimi, iplik eğirme, dokumanın makineleşmesi ile tetiklenmiş olup İngiltere (Britanya)’de tekstil endüstrisine geçilmiştir. Sonraki 100 yıl boyunca ise o dönemdeki endüstrilerin tamamının dönüştürülmesi, gerek makine takımlarından çelik üretimine gerekse buhar makinesinden demiryollarına kadar pek çok endüstrinin doğmasına imkân tanımıştır. Bu yeni teknolojiler ile işbirliğinin yanı sıra rekabette değişimler de yaşanmıştır (Schwab ve Davis, 2019, s. 25). Nitekim Endüstri 1.0, aletli üretim yerine makinalı üretime dayalı gerçekleşmiş olup bu dönemde atölye tarzı üretim (manüfaktür) yerine ise fabrika üretimine geçilmiştir. Bu bağlamda fabrikalardaki üretimin makineleşmesi, kırsal kesimlerden kentsel kesimlere milyonlarca insanın göç etmesine yol açmış olup bu insanlara önemli iş imkânları yaratmıştır (Şahin ve Kaya, 2019, s. 14).

Tablo 2. 2. Birinci endüstriyel devrim ve küreselleşme aşaması (Prisecaru, 2016; Alyoshina, 2019, s. 27; Türkcan ve İnce, 2021, s. 3)

Endüstri 1.0							
Dönem	Geçiş dönemi	Enerji kaynağı	Önemli teknik gelişmeleri	Gelişen önemli sektörler	Ulaştırma olanakları	Başarılar	Dezavantajlar
1760-1900	1860-1900	Kömür	Buhar Motoru	Tekstil, Çelik	Tren	İstihdam, Sürdürülebilir Büyüme, Tarımsal kalkınma, Ulaşım	Kirlilik, İmalattaki Uzun Süreçler
Küreselleşme 1.0							
Küreselleşme evresi	Başlıca ihrac unsurları	Öncü ülkeler	Küreselleşme kapsamındaki teknoloji evresi	İnovatif unsurlar	Küreselleşme çağıının dev şirketleri		
Küreselleşme 1.0 (1900-1914)	Tekstil, Sanayi malları	Büyük Britanya	1.Sanayi Devrimi (1780’ler-19.yüzyıl ortaları)	Buhar makinesi, Buharlı trenler, gemiler	Demiryolu şirketleri		

Tablo 2. 2’de Endüstri 1.0’a ilişkin bilgiler değerlendirilmiştir. Endüstri 1.0 ile insanlık, tarım toplumundan endüstriyel topluma geçmiştir. Bu dönemde hem buhar gücü hem de kömür birer enerji kaynağı olarak kullanılmıştır. Bu devrim, suyun buhara dönüşümüne imkân sağlayan ilk fabrikaların yapımı ile başlamıştır. Buhar motorunun getirdiği yenilikler, imalat sanayinin üretim kapasitesini artırmakta, kömür madenciliği ve benzeri endüstrilerin gelişmesi açısından kritik önem taşımaktadır (Agarwal ve Agarwal, 2017, s. 1064). Pamuklu dokuma üreticileri, buharlı makineler ile doğan fırsatı ilk kavrayan imalatçılar olmuştur. Nitekim bu devrim neticesinde insan ve hayvan gücüne

dayalı işçiliği ikame eden makineler ile büyük ölçekli fabrikaların oluşması, üretimin artırarak yeni piyasalara girilmesini sağlamıştır. Bu nedenle dokuma sanayi ve metal sanayinde meydana gelen gelişmeler ile çelik üretiminin artması, yeni kimyasal üretimi, gemicilik ve demiryolu gibi alanlarda sanayinin yaygınlaşması mümkün olmuştur (Bulut ve Akçacı, 2017).

Endüstri 1.0'da öncü ülke olan İngiltere örneği üzerinden beş dalgada “*Birinci Endüstrileşme Süreci*” incelenmiştir (Freyer, 2014, s. 40-44): (1)*Dokuma Endüstrisi Dalgası*: Endüstri devrimi, İngiltere’de dokuma endüstrisinde teknik icatlarla paralel olarak (pamuklu dokuma sanayinde bir başlangıç dalgası şeklinde) yaşanmıştır. 1764 yılında İngiliz James Hargreaves’in dönen bir motor keşfetmesi neticesinde bu sistem iplik makarası üretiminde kullanılmıştır. Bu şekilde de aynı zamanda ve seri bir şekilde iplik makaraları üretilmeye başlanmıştır. El işçiliği ile yetişen teknisyenlerin icatlarıyla başlayan bu gelişim dalgası, Watt’ın buhar makinesi icadı sonrasında dokuma fabrikaları, şimdikine benzer makineye dayalı bir işletmeye dönüşmüştür. Bu dönüşümü destekleyici bir başka bilgi ise 1778 yılında Hargreaves hayatını kaybettiği zamanlarda İngiltere’de 20 binden fazla dönen-iplik makinesi üretimi yapan makara olduğu şeklindedir (Özdoğan, 2017, s. 4). (2)*Demir Çelik Dalgası*: Üretimde kullanılan diğer makine, aletler ve bunların üretiminde kritik öneme sahip “*demir*”, elde edilmesindeki kolaylaşma ile beraber diğer alanların gelişimini de mümkün kılarak güçlü bir dalga özelliğini taşımıştır. Endüstri devrimi öncesinde, İngiltere’de zengin kömür, demir rezervleri olduğu halde, demirin üretiminde kullanılan teknoloji yetersizliğinden kaynaklı verim düşüklüğü söz konusuydu. Ancak 1709 yılında Darby’nin demiri kok kömürü ile eritmeyi başarması sonrası İngiltere, zengin kömür, demir rezervlerini değerlendirebilmiştir. Böylece sanayi devriminin gelişiminde zorunlu olan makinelere ulaşılmasını ve bu makinelerin üretilmesini mümkün kılmıştır. (3)*Ulaştırma Dalgası*: 1825 yılında başlayan endüstriyel üretiminin uzak mesafelere ulaştırılmasına imkân tanıyan “*ulaştırma dalgası*” Freyer’e göre ulaştırma işlerinin makineleşmesi ile beraber “*toplumsal hayatta hız*” şeklinde adlandırılan yeni bir kavram yaratmıştır. Endüstriyel sistem, dünyanın her bir köşesinden hammaddenin endüstri merkezlerine getirilerek üretim sonrası tekrar dünyaya dağıtılmasına dayanmaktadır. 1830’lar sonrası gemi ve trenlerin kullanılması, ulaştırma dalgasının başlamasında etkili olmuştur. Ulaştırmanın teknik hale getirilmesi ile makine endüstrisi süreklilik kazanmıştır. (4) *Kimya Çağı*: 1850’li yıllarda kimya bilimine ilişkin bilgilerin bir araya getirilmesi ile yeni kurulan bu endüstri, bilimsel nitelik kazanarak

kuramsal bir temele dayandırılmıştır. Justus ve Liebig'in "yapay gübreleme yöntemi" sayesinde rasyonel tarıma geçilmesi ve bilimin belirleyici bir etken şeklinde algılanışı ilk kez bu dalga ile söz konusu olmuştur. ⁽⁵⁾*Buharlı Makinelerin Gelişimi*: Endüstri 1.0'a kadar yaşanan süreç içerisinde insanoğlu, pek çok enerji kaynağını keşfetmiş olsa da, enerji kaynakları arasında dönüşümü gerçekleştirememiştir. Su gücünün kullanımıyla değirmen taşları hareket ettirilebilmiş ancak odun yakarak sağlanan ısı enerjisiyle değirmen taşlarının hareket ettirilmesi mümkün olmamıştır. Bu nedenle "Endüstri 1.0"ı gerçekleştiren temel teknolojik değişim, enerji dönüşümüne imkân tanıyan buharlı makinelerin gelişimi olmuştur (Harari, 2016). Ayrıca sömürgeciliğin yayılmasına ve çevresel bozulmaya yol açmasına rağmen bu devrimin dünyayı daha zengin hale getirdiğini söylemek mümkündür (Schwab ve Davis, 2019, s. 26).

2.3.2. İkinci sanayi devrimi (Endüstri 2.0)

19. yüzyılın sonları-20. yüzyılın başlarında elektrik gücünün kullanılarak seri üretimlerin yaygınlaşması "Endüstri 2.0" olarak nitelendirilmiştir. Endüstri 2.0 Devrimi sırasında küresel insanlık bilime odaklı bir şekilde ilerlemiştir (Mohajan, 2020, s. 11). Bu dönemde elektrik kullanımının yaygınlaşması, seri üretimin artırılarak işgücünün çeşitlenmesine imkân tanımıştır (Bayuk ve Öz, 2017). Üretimde elektrik kullanımı ve elektrik enerjisinin montaj hatlarını çalıştırması ile gerek üretim şekli gerekse maliyetler tümüyle değişmiştir. Elektrik enerjisi ile çalışan üretim hattı ilk olarak ABD'de hayvan kesim işlemlerinde kurulan sistemlerle başlamıştır. Ancak asıl olarak sistemin, Ford Motor fabrikalarında kurulan seri üretim hatları vasıtasıyla uygulanması mümkün olmuştur. Bu model üretimde iş bölümüne ve taşıyıcı seri üretim bantları kullanımına dayanmaktadır. Bu özelliği nedeniyle "sürekli üretim hattı modeli" olarak da adlandırılmaktadır. Nitekim seri üretim teknolojileri ile talebe yönelik üretim başlayarak "ne üretirsem onu satarım" anlayışı piyasalarda (pazarlarda) hâkim olmuştur. Teorik olarak "Endüstri 2.0"da genel kabul gören başlangıç, Henry Ford'un otomobil fabrikasında uygulanan ve özellikle İkinci Dünya Savaşı'nı takiben "Keynesyen harcamacı politikaların da etkisi"yle yaygınlıkla benimsenen "kitlesele üretim çağı"dır. Bu dönem "Fordizm" olarak anılmaktadır. İlgili dönem üretiminin karakteristik özelliği ise "kayan bant sisteminin varlığı"dır. Bu bağlamda sanayi üretiminin büyük ölçüde kitlesele üretim şeklinde gerçekleştirildiği, iş bölümü ile iş tanımlarının katı olarak yapıldığı, ürün standartlaştırması ile verimlilik artışlarının sağlandığı ve talep artışlarıyla bu standartlaştırmanın hız kazandığı üretim şekline teknik anlamda "fordizm"

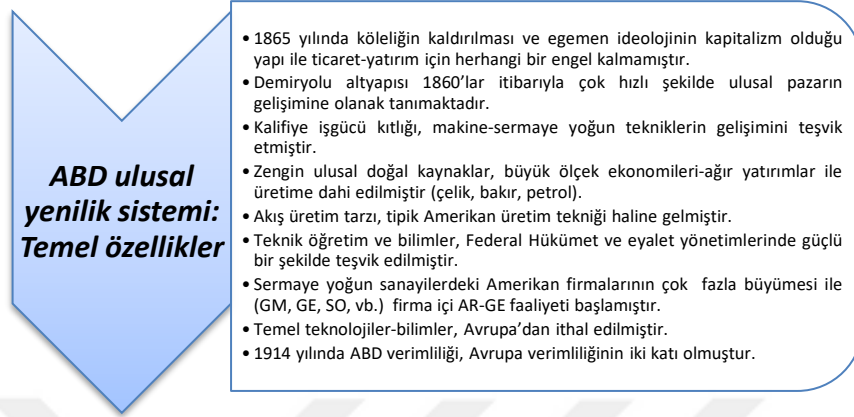
denmektedir. Kısacası bu dönemin üretim anlayışını, Henry Ford'un siyah renkte tek tip otomobili “*T Model*” temsil edilmektedir (Şahin ve Kaya, 2019, s. 14-16).

Tablo 2. 3. İkinci endüstriyel devrim ve küreselleşme aşaması (Prisecaru, 2016; Alyoshina, 2019, s. 27; Türkcan ve İnce, 2021, s. 3)

Endüstri 2.0							
Dönem	Geçiş dönemi	Enerji kaynağı	Önemli teknik gelişmeleri	Gelişen önemli sektörler	Ulaştırma olanakları	Başarılar	Dezavantajlar
1900-1960	1940-1960	Benzin, Petrol, Elektrik	Demir yolu ağları, Elektrik gücü, İçten yanmalı motor, Telefon, Telgraf	Metalurji, Otomobil, Makine yapımı	Tren, Araba	Elektrik şebekesi, İçten yanmalı motor, Telefonlar, Telgraflar	Elektrik Enerjisi Kullanımına İlişkin Yüksek Maliyet
Küreselleşme 2.0							
Küreselleşme evresi	Başlıca ihraç unsurları	Öncü ülkeler	Küreselleşme kapsamındaki teknoloji evresi	İnovatif unsurlar	Küreselleşme çağının dev şirketleri		
Küreselleşme 2.0 (1945-1989)	Fabrikalar	ABD, SSCB	2.Sanayi Devrimi (1870'ler-1910'lar)	Seri Üretim, Otomobil, Uçak	Ford, Exxon, Mobil, GM		

Endüstri 2.0 devrimi, tablo 2. 3'te incelenmiştir. Gerçek fabrikaların gündeme geldiği “*Endüstri 2.0*” dönemindeki yeni teknolojik keşiflerini, elektrik, içten yanmalı motor, kimya endüstrileri, alaşımlar, petrol ve diğer kimyasallar, radyo, telefon, telgraf ve benzeri iletişim teknolojileri şeklinde sıralamak mümkündür (Mohajan, 2020, s. 11). 1945-1973 yılları arasında geçerliliğini sürdüren Fordizmin başlıca özellikleri ise esnek olmayan üretim süreci, iş örgütlenmesinde yeni teknolojilerin kullanılışı, rutin işlerde görevlendirilen yarı eğitimli işgücü, yüksek standartlaşma, Keynesçi ekonomik politikaların, piyasa düzenlemelerinin varlığı olarak sıralanabilmektedir. Sonuç olarak değişen üretim teknolojileri ile teknolojik sistemlerin yükselişi söz konusudur. Bu bağlamda Fordist üretim şekli, iş imkânlarında çeşitlilik yaratarak istihdama katkı sağlamış olup insanların yaşam standartlarını önemli ölçüde iyileştirmiştir. Henry Ford ve ekibi tarafından 150 adım uzunluğunda vinç, zincirlerle oluşturulmuş montaj hattı boyunca 140 montajcı işçi yerleştirilmiş olup her bir işçi zincir aracılığıyla önlerine gelen araçların montajlarını gerçekleştirmiştir. Bu sistem ile eskiden 12 saatten fazla süreli montaj işi, 3 saatten bile az bir vakte indirilmiştir. Dolayısıyla Henry Ford tarafından geliştirilen ve “*Fordizm*” olarak anılan seri üretim band teknolojisi uygulaması (tek tipe dayalı kitlesel üretimi) ile gelen değişimler başka sektörleri de etkilemiş ve bununla birlikte üretimde büyük ölçüde verimlilik artışı (verimlilik patlaması) yaşanmıştır.

Nitekim Endüstri 2.0’da öncü ülkelerden biri, elektrik enerjisi kullanarak bu enerjiyi ısı, hareket ve ışığa dönüştürebilen makinelerin en fazla geliştiği “ABD” olmuştur (Bilgin, 2018, s. 32).



Şekil 2. 2. ABD ulusal yenilik sistemi: Temel özellikler (Freeman ve Soete, 2003, s. 340)

ABD ulusal yenilik sistemi Şekil 2. 3’te incelenmiştir. Şekil 2.3’ten de takip edilen bu gelişmelerin büyük oranda ABD’de gerçekleşmesinde ilgili ülkenin hukuksal, kurumsal yapısı gerekçe olarak gösterilebilmektedir.

Sonuç olarak Ford Motor fabrikalarının otomobil üretiminde uygulanan sistem, üretim ölçeğinin büyütülebilmesi ve sonrasında maliyetlerin/fiyatların düşmesine neden olmuştur (Şahin ve Kaya, 2019, s. 15). Ancak 1960’lı yılların ortaları itibarıyla Fordist üretim sisteminde bazı problemler ortaya çıkmaya başlamıştır. Bu problemlerin temelinde, esnekliğin olmaması ve daha esnek üretim süreçlerine geçişler bulunmaktadır. Esnekliğin olmaması, iki temel alan açısından sorun yaratmıştır. Bunlardan ilki, kitle üretimini gerçekleştirmek için yapılan büyük ölçekli sabit sermaye yatırımlarının, tüketicinin değişen taleplerini karşılayacak esnekliğe sahip olmamasıdır. İkincisi ise emek piyasasında yapılan sözleşmelerin esnekliğe sahip olmayarak değişime karşı işçi direnişlerinin ortaya çıkışıdır. Bu sorunlar Fordizmin kendini yenilemesine engel teşkil etmiştir (Tayşir Keleş, 2018, s. 49-50). Bu engeller (rekabetteki yoğunlaşma, tüketici tercihlerindeki değişiklikler) ile Fordizmin sunduğu tek kalıp üretimi zorlamaya başlamış ve ardından bu sistem, 1973 petrol krizi sonrasında çökmüştür (Yertüm, 2017, s. 80).

2.3.3. Üçüncü sanayi devrimi (Endüstri 3.0)

1970’li yılların sonuna doğru, bilgi teknolojilerinin gelişimiyle birlikte bilgisayarların ve otomasyon üretimlerinin yaygınlaşması “Endüstri 3.0” olarak nitelendirilmiştir. “Elektronik devrim” olarak da adlandırılan “Endüstri 3.0” bilgisayar,

lazer ve genetik, mikro elektronik, nükleer enerji ve benzeri alanlardaki gelişimler neticesinde ortaya çıkmıştır (Akbulut, 2011). Bu bağlamda Endüstri 3.0 devriminin başrolünü, bilgisayarların yanı sıra dijital ürünler ile internet almıştır. Bu gelişmeler ile ağır sanayi ve bilgi teknolojilerinde yaşanan ciddi ilerlemeler, iktisat literatürüne bilgi toplumu kavramını kazandırmıştır. “*Bilgi toplumu*” terimini ilk kez 1962 yılında ABD’li iktisatçı Fritz Machlup kullanmıştır (Geray, 1997, s. 37).

Endüstri 3.0’ın yarattığı dijital teknolojiler, üretim ve servis otomasyonuna izin vererek bu sistemlerde radikal değişimlere neden olmuştur. Ayrıca imalat, seri üretimden kitlesel kişileştirmeye doğru gelişim göstermiştir. Nihayetinde de dünyayı tek bir pazara dönüştüren dijital gelişimler ile internet tabanlı sistemler, küreselleşmeyi ekonomik, politik, sosyal ve kültürel boyutları ile etkilemiştir (Şahin ve Kaya, 2019, s. 15). Tablo 2. 4’te üçüncü sanayi devrimi ve küreselleşme aşamasına yer verilmiştir.

Tablo 2. 4. Üçüncü endüstriyel devrim ve küreselleşme aşaması (Prisecaru, 2016; Alyoshina, 2019, s. 27; Türkcan ve İnce, 2021, s. 3)

Endüstri 3.0							
Dönem	Geçiş dönemi	Enerji kaynağı	Önemli teknik gelişmeleri	Gelişen önemli sektörler	Ulaştırma olanakları	Başarılar	Dezavantajlar
1960-2000	1980-2000	Doğal gaz, Nükleer Enerji	Bilgisayar, Endüstri Otomasyonu, İnternet, Programlanabilir Entegre Devre, Robot	Kimya, Otomobil	Araba, Uçak	Otonom Endüstriler, Robotlar, Telekomünikasyon	Belirsiz Durumlarda Otonom Sistem Sorunları
Küreselleşme 3.0							
Küreselleşme evresi	Başlıca ihracat unsurları	Öncü ülkeler	Küreselleşme kapsamındaki teknoloji evresi	İnovatif unsurlar	Küreselleşme çağına dev şirketleri		
Küreselleşme 3.0 (1989-2008)	Küresel Arz Zincirleri	ABD	3.Sanayi Devrimi (1960’lar-1990’lar)	Bilgisayar, İnternet	IBM, HP, Dell, Microsoft		

İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra gelişim gösteren dijital teknolojiler ve artan küreselleşme, “*Üçüncü Endüstri Devrimi*”ni gündeme getirmiştir. İlk defa 1968 yılında geliştirilen programlanabilir makineler, Endüstri 3.0’a zemin hazırlamış olup bu dönem ile üretimde fordizmin yerini post-fordizm almıştır. Ayrıca bu dönemde; atom enerjisi kullanım alanlarının gelişimi, çip teknolojisi, fiber-optik, mikro elektronik teknolojisi ve benzeri üretimler hız kazanmıştır (Yücel, 2004). Endüstri 3.0 devrimi ile bilgisayar teknolojisinin ara yüz biçiminde kullanıldığı bambaşka bir döneme girilmiştir. Bu dönemde, insan gücünün önemini giderek kaybettiği ancak bilgisayar sistemleri

sayesinde üretim hızının ciddi ölçüde arttığı görülmektedir (Koç ve Teker, 2019, s. 305). Nitekim programlanabilir makinaların gelişerek endüstriyel robotlara dönüştüğü bir süreçte, farklılaşan (çeşitlenen) tüketici tercihlerini yanıtlama esnekliğini gösterebilen firmalar ve/veya ülkeler öne çıkmıştır. Temelinde Endüstri 3.0, hükümetlerin, iş dünyası ve toplulukların, mesleklerin planlanmasını ve geliştirilmesini gerektirmektedir.

Endüstri 3.0 döneminde kısmen hidrojen şeklinde depolanan, akıllı ara şebekeler ile yenilenebilir enerjinin ortaya çıkışı, ekonomiye (üretime) etki eden önemli bir unsur yaratmıştır (Rifkin, 2008, s. 27). Bu bağlamda geleneksel fosil yakıta dayalı toplumdan, yenilenebilir enerjiye/alternatif enerjiye dayalı topluma yönelimi sağlayan bir paradigma meydana gelmiştir. 1960'lı yıllarla endüstriyel robotlar üretime dâhil edilirken, 1960 sonrası uçaklarda, otomobillerde ve gemilerde yeni teknolojilerin kullanımına başlanmıştır. Böylece dijital devrim, 1960-1990 yılları arasında ilerlemesini sürdürmüştür. İlk olarak internetin atası kabul edilen “ARPANET”, ABD Savunma Bakanlığı kapsamında başlatılan bir çalışma ile 1969 yılında geliştirilmiştir. Sonuç olarak dijital dönüşümün gerçekleşmesi “Endüstri 4.0”ın temelinde sayılabilecek yazılım teknolojilerine dayanmaktadır. Endüstri 4.0 çerçevesinde değerlendirilen bulut bilişim ve nesnelerin internetinin gelişiminde ise internet hafife alınamayacak ölçüde önem taşımaktadır. Dolayısıyla, “Endüstri 3.0” ile sıfır marjinal maliyet toplumu, nesnelerin interneti, 3 boyutlu yazıcı ve benzeri bilişim teknolojilerinin en son odaklandığı teknolojik yeniliklere zemin hazırlanmıştır (Lee vd., 2018, s. 22). Bu olumlu gelişmelerin yanı sıra “Endüstri 3.0”ın sebep olduğu sorunlar da mevcuttur. Bunlardan bazıları; işsizlikte yaşanan artış, sendikaların güç kaybı ve iş güvencesinde zayıflama olarak belirtilmektedir (Kocabaş, 2015, s. 4-17).

2.3.4. Dördüncü sanayi devrimi (Endüstri 4.0)

Endüstri 4.0, gelişen teknolojilerin entegrasyonundan kaynaklı sanayinin radikal dönüşümünü temsil eden bir terim olarak karşımıza çıkmaktadır (Menendez vd., 2020, s. 1511). Endüstri 4.0 ilk olarak 2011 yılında (Almanya'nın Hannover kentindeki) Hannover Fuarında gündeme gelmiştir. Bu nedenle “Endüstri 4.0” (Sanayi 4.0-Industry 4.0) için kuramsal başlangıç olarak 2011 tarihli Kagermann'ın makalesi esas alınmıştır. İlgili makale, bu devriminin yalnızca otomasyondaki gelişimi değil, aynı zamanda akıllı gözlem-karar alma süreçlerini içerdiğini ortaya koymaktadır. 2012 yılında Henning Kagermann (eski Bosch ve SAP'ın “Alman yazılım şirketi” CEO'su) oluşturduğu bir

çalışma grubu ile hazırladığı “Endüstri 4.0 öneri dosyası”nı “Alman Federal Hükümeti”ne sunmuştur (Şahin ve Kaya, 2019, s. 18).

Toplumların ekonomik üretim modelleri tarihinde son durak “Endüstri 4.0” olarak tanımlanmaktadır. Endüstri yapısının özellikle siber fiziksel sistemlerin uygulanarak işin (üretimin) anlamsal olarak değişmesi, bu çerçevede kişiye özel, çevre dostu, görsel algısı yüksek ürünlerin elde edilmesini sağlamıştır (Çelikleş vd., 2015).

Tablo 2. 5. Dördüncü endüstriyel devrim ve küreselleşme aşaması (Prisecaru, 2016; Alyoshina, 2019, s. 2; Türkcan ve İnce, 2021, s. 3)

Endüstri 4.0							
Dönem	Geçiş dönemi	Enerji kaynağı	Önemli teknik gelişmeleri	Gelişen önemli sektörler	Ulaştırma olanakları	Başarılar	Dezavantajlar
2000+	2000-2010	Yeşil Enerjiler/ Yenilenebilir Enerjiler	Artırılmış Gerçeklik, Bulut Bilişim, Büyük Veri, Nesnelerin İnterneti, Otonom Robotlar	Yüksek Teknoloji Ürünleri	Elektrikli Araba, Yüksek Hızlı Tren	Belirsiz Durumlarda Çalışan Endüstri Uygulaması, Tam Otonom Sistem, Yapay Akıllı Sistem	Buluttaki Verilerde Güvenlik Problemleri
Küreselleşme 4.0							
Küreselleşme evresi	Başlıca ihrac unsurları	Öncü ülkeler	Küreselleşme kapsamındaki teknoloji evresi	İnovatif unsurlar	Küreselleşme çağının dev şirketleri		
Küreselleşme 4.0 (2008 sonrası): Dijital Küreselleşme (2014 sonrası)	Bilgi, Dijital mallar-hizmetler, Veri	ABD, Çin	4. Sanayi Devrimi (2000-2010’lar)	Nesnelerin İnterneti, Robotlaşma, Sürücüsüz Arabalar, Yapay Zekâ	Amazon, Facebook, Google (Alphabet), Tencent		

Tablo 2. 5’te dördüncü sanayi devrimi ve küreselleşme aşamasına değinilmiştir. Akıllı yeni dünyada “Endüstri 4.0” devrimi ile yeni bir endüstriyel devrime yelken açılmıştır. Dijital Dönüşüm, Dijitalleşen Endüstri, Nesnelerin İnterneti ve benzeri kelimelerle anlamdaş olan “Endüstri 4.0”, mal ve hizmet üretiminde akıllı fabrikalar, robotlar ve algoritmalar, yapay zekânın kullanımını içeren bir değişim sürecini içermektedir. Tamamen bir ihtiyaca yönelik ortaya çıkan bir devrim “Endüstri 4.0”, tüketicinin değişen ihtiyaçlarına anlık uyumu ve sürekli iletişimdeki otomasyon sistemleri ile oluşmuştur (Yıldız, 2018, s. 548). Bu bakımdan küreselleşmenin son dalgası olarak “Endüstri 4.0”, gerek üretim gerekse tüketim süreçlerinde büyük dönüşümlere yol açacak niteliktedir. Endüstri 4.0, özellikle de imalat sektörünün neredeyse bütün bileşenlerinin, ürünlerinin ve ekipmanlarının yerleşik algılama cihazları sayesinde dijitalleşmesini sağlamaktadır (Tay vd., 2018, s. 1389). Tablo 2. 5’te Endüstri 4.0’a ilişkin temel kavramlara yer verilmiştir.

Tablo 2. 6. Endüstri 4.0'a ilişkin temel kavramlar (Rober vd, 2016; Şahin ve Kaya, 2019, s. 21-22)

Endüstri 4.0'a ilişkin temel kavramlar	
Akıllı fabrika, akıllı imalat, geleceğin fabrikası	✓ Akıllı fabrika, daha akıllı aynı zamanda esnek ve dinamiktir. ✓ Üretim sensörler, aktörler ve otonom sistemler ile donatılmıştır. ✓ Makine-teçhizat, kendi kendine otomasyon ve karar verme özelliği sayesinde süreçleri iyileştirici yeteneğe sahiptir.
Mal ve hizmetlerin geliştirilmesi açısından yeni sistemler	✓ Mal ve hizmet geliştirilmesi kişiselleştirilmektedir. ✓ Ürün belleği kadar yenilik-ürün zekâsı yaklaşımları da son derece önemlidir.
Kendi kendine organizasyon	✓ Üretimde, tedarik-üretim zincirlerinin tümünde süreçler değişmektedir. ✓ Bu değişikliklerin tedarikçilerden lojistiğe-ürün yaşam döngüsü yönetimine kadar i süreçlerde etkilidir. ✓ Tedarik-üretim zincirlerindeki bu değişiklikler, mevcut üretim sistemlerini daha da bireyselleştirmektedir.
Akıllı ürünler	✓ Ürünler, nesnelerin interneti ile birbirleri ve insanlarla iletişimi sağlayan sensörler-mikroçiplerle yerleştirilmektedir. ✓ Otomobiller, tişörtler, saatler gibi birbirlerinden farklı ürünlerin ambalajlarındaki sensörler ile ürünün kullanıldığı zamanı dahi algılayabilen, tarandığında akıllı telefonlar ile iletişim kurabilen yeni akıllı sistemler bulunmaktadır.
Yeni dağıtım-tedarik sistemleri	✓ Dağıtım-tedarik, her geçen gün daha da bireysel hale gelmektedir. ✓ Yeni üretim-perakendecilerin sistemlerin tasarımı, insani gereksinimleri takip edecek şeklindedir. ✓ Sistemdeki önemli yenilikler; Siri, Cortona, Google Asistan, kişisel akıllı ajanlar gibi robotsu araçlardır.
Siber fiziksel sistemler	✓ Sistemler hesaplama, ağ ve fiziksel süreçleri entegre etmektedir. ✓ Gömülü bilgisayarlar-ağlar, fiziksel işlemlerin hesaplanmasını sağlarken; geri beslenme döngüleri (tersi yönde) ile fiziksel süreçler izlenerek kontrol edilmektedir.
Akıllı şehirler	✓ Akıllı şehir, kalkınma politikasında 6 faktörden oluşan bir şehri tanımlamaktadır. Bu 6 faktör; «akıllı çevre, akıllı ekonomi, akıllı hareketlilik, akıllı insanlar, akıllı yaşam ve akıllı yönetim» olarak sıralanmaktadır. ✓ İnternet, telekomünikasyon-yayın-kablosuz bant ağı ve nesnelerin interneti ile diğer sensör ağlarının çekirdek kombinasyonuna dayanan yeni nesil bilgi teknolojileri-bilgi tabanlı ekonominin hızlandırılmış şekilde gelişiminin bir ürünüdür.
Dijital sürdürülebilirlik	✓ Akıllı şehirlerin-akıllı fabrikaların tasarımında sürdürülebilirlik ile kaynak verimliliğinin her geçen gün önemi daha da artmaktadır.

Endüstri 4.0, bilişim, iletişim, internet, sensör (veri toplama), otomasyon, robotik ve yapay zekâ teknolojilerinin üretim ve yönetim süreçleri ile tedarik zinciri, iş modelini yoğunlukla etkileyerek dönüştürmesi neticesinde oluşan yeni bir durum haline gelmiştir. Bir diğer yaklaşıma göre Endüstri 4.0, endüstrideki üretim sürecinin dijital dünya ile bütünleşmesi neticesinde “akıllı ürün geliştirme, verimliliği artırılmış üretim, sürekli

müşteriler ile lojistik ağından oluşan çok boyutlu bir sistem”dir (Özkan, Al ve Yavuz, 2018, s. 128). Bu özellikleriyle “*Endüstri 4.0*”, üretimde verimlilik ve esnekliğin gerçekleşmesini sağlamaktadır. Günümüzde Endüstri 4.0’ın dijital devrimleri ile akıllı, giyilebilir teknolojilerin kullanımı, sürücüsüz araçların hızla yaygınlaşması mümkün olmuştur. Ayrıca küresel dünyada ekonomiler, “*Endüstri 4.0*” sürecine hızlı bir şekilde ayak uydurma gayretine girmiştir. Bu bağlamda üretim araçlarının organizasyonunda yeni bir yöntem olarak “*Endüstri 4.0*” geleceğin endüstrisi, günümüzdeki dijitalleşme ile üretim sürecinin insan tarafından manuel müdahale ile gerçekleştirilebildiği dijital bir devrimdir. Endüstri 4.0 ile temelinde mevcut üretimin, dijital üretim gereksinimleri ile uyumlu hale getirilerek geliştirilmesi amaçlanmıştır (Kumar ve Nayyar, 2020, s. 1). Nitekim “*Endüstri 4.0*”ın gerçekleşmesinde gereken 3 koşul olarak “*dijitalleşme, otomasyon ve entegrasyon*” öne çıkmaktadır (Oláh vd., 2020, s. 12).

Sonuç olarak makinelerin akıllı paylaştığı devrim olarak nitelendirilen “*Endüstri 4.0*” ile birlikte üretim daha verimli, daha ucuz ve kaliteli olup insanların eğitim, donanım düzeyinin gelişmesiyle de daha yaratıcı ve katma değeri yüksek hale gelmektedir. Söz konusu gelişmeler neticesinde elde edilen gelir, ülke içinde kalmakta, buna bağlı olarak da iktisadi büyüme ve yeni gelişen sektörler vasıtasıyla istihdamın artması mümkün olmaktadır. Dolayısıyla Endüstri 4.0’ın en çok tahmin edilen yönleri arasında bilişsel teknolojilerin insan işgücüne potansiyel etkisi yer almaktadır (<https://www2.deloitte.com>). Nitekim TÜBİTAK (2017) kapsamında küresel ticaret hacminin yarısının akıllı nesnelerin iletişimini kullanacağı, akıllı üretimi yakalayamayan ülkelerin ise küresel ticaretten önemli bir kazanım sağlayamayacağı tahmin edilmektedir (Duruk, 2019, s. 73).

Endüstri 4.0 imalat sanayiinde bilgisayarlaşmanın en üst seviyeye çıkarılarak üretimin yüksek teknolojiyle donatımına ilişkin bir yaklaşım olup üç temel amaç doğrultusunda ilerlemektedir. Bunlardan ilki, üretimde insan emeğinin en aza indirilerek en az hata veya hatanın tümüyle ortadan kaldırılmasının sağlanmasıdır. İkincisi, en üst düzeyde üretim esnekliğinin kazandırılması ve böylece tüketiciye özel ürün üretiminin mümkün hale gelmesidir. Üçüncü olarak ise üretimin hızlandırılması amaçlanmıştır (Eğilmez, 2018, s. 268). Bu bakımdan Endüstri 4.0 devriminin, davranışsal ekonomi bağlamında bireylerin bilinçli tercihler yapmasına ya da artan ekonomik, çevresel ve

toplumsal güçler karşısındaki ilgisine bağlı olarak şekilleneceği, gelişeceği aşikârdır (Schwab ve Davis, 2019, s. 96).

Tarih boyunca insanoğlu her daim daha iyi bir yaşam sürmenin yollarını aramış olsa da hiçbir zaman önceden kalıpları belirlenmiş bir sistemde yaşama olanağına sahip olamamıştır. Çünkü toplumsal yaşam modellerinin tamamı, o dönemdeki gereksinimler ve koşullar ile şekillenmiştir (Canlıoğlu, 2008). Varoluşun en başından itibaren yaşanan her bir gelişme, sanki sonsuza kadar sürecekmış ve daha büyüğü hiç gelmeyecekmiş gibi algılamaktadır. Bu sanrı, daha çok tüketici tarafta olan insanoğlu için geçerli olmaktadır. Ancak genellikle daha yeni ve yoğun teknolojiyle bilim üreten bir canlı mekanizmanın varlığı fark edilmemiştir. Nitekim “Endüstri 4.0”ın zirve yaptığı ve “Endüstri 5.0”ın sinyallerinin verildiği şu zamanlarda, ağır, tehlikeli işlerin kolaylaştırılması ile sosyalleşme, medenileşme, ekonomik kalkınma ile daha refah bir yaşam arzulanmaktadır. Bu bakımdan “Endüstri 5.0 (Toplum 5.0)” tam olarak da “*hayatın kolaylaştırılması*”nı vadetmektedir. “Toplum 5.0” kavramı, Japon Bilim Teknoloji ve İnovasyon Konseyi tarafından hazırlanan “5. Bilim ve Teknoloji Temel Planı”nda yer almıştır. 2016 yılının Ocak ayında “Toplum 5.0” kapsamındaki bu plan, Japonya Bakanlar Kurulu tarafından onaylanmıştır. Ürettiği üstün teknolojilere rağmen “Endüstri 4.0” devriminde tam anlamıyla öne çıkamayan “Japonya”, 2017 yılında Almanya’nın Hannover şehrinde gerçekleşen CeBIT (en büyük ve uluslararası expo-ticaret fuarı) fuarında diğer bir adıyla “Yaratıcı Toplum, Dijital Toplum, Süper Akıllı Toplum” olarak adlandırılan “Toplum 5.0” felsefesinden ilk defa bahsederek bu fikrini kamuoyu ile paylaşılmıştır (Şahin ve Kaya, 2019, s. 35-37; Arı, 2021, s. 457).

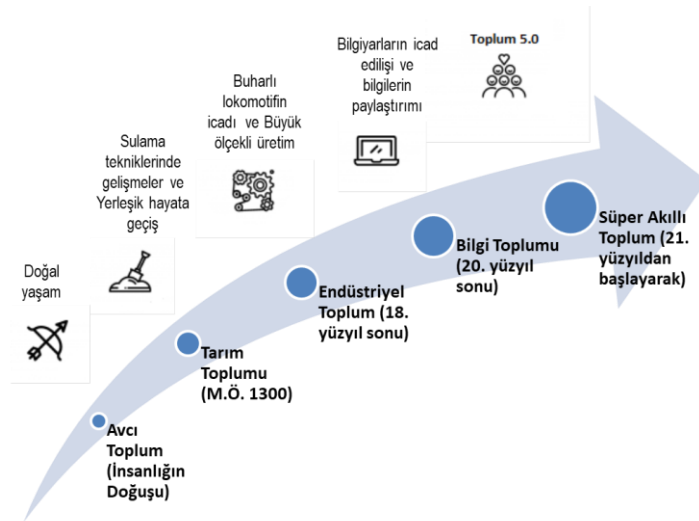
Japonya, elektronik dengedeki önemli konumunu, Toplum 5.0 ile daha ileri bir seviyeye getirme gayretindedir. Bu bağlamda Japonya başbakanı Shinzo Abe tarafından Toplum 5.0 “*Teknoloji toplumlar tarafından bir tehdit olarak değil, bir yardımcı olarak algılanmalı*” ifadeleriyle tanıtılmıştır (Büyükgöze ve Dereli, 2019). Bu bakımdan “Toplum 5.0” ile işsizlikten hava kirliliğine kadar pek çok sorunun yapay zekâ öncülüğünde çözüme kavuşturulacağı ön görülmektedir. Ayrıca Toplum 5.0’in amacı siber alan ve gerçek dünyanın işbirliği içinde kaliteli veri üreterek yeni değerler ve çözümler yaratmasının sağlanmasıdır. Nitekim bu yeni süreçte, fiziksel alan ile siber alanın tam entegrasyonu sayesinde hem iktisadi kalkınmanın hem de toplumsal zorlukların çözüme kavuşturulduğu insan merkezli bir toplum oluşturmak temel hedeftir. Toplumsal evrimlerin başlangıcı, yaklaşık olarak ilk insanın ortaya çıkışına tekabül

etmektedir (Keidanren, 2018). Tablo 2. 7’de dördüncü endüstriyel devrimin insan odaklı bir hale dönüşümünü planlayan “Toplum 5.0”’a ilişkin bilgilendirmeler yer almaktadır:

Tablo 2. 7. Beşinci endüstriyel devrim (Toplum 5.0) ve yenilikleri (Keidanren, 2018)

Endüstri 5.0 (Toplum 5.0)				
Dönem	Lider ülke	İnovasyon	Önder sektör	
2017 +	ABD, Çin ve Japonya	İnsan ve yapay zekâ teknolojilerinin entegrasyonu ile yaratılan süper akıllı toplum	Büyük Veri (Big Data), Nesnelerin İnterneti (IoT), Yapay Zekâ ve Robotik	
Toplum 5.0 yenilikleri				
İnsanlığın doğuşu	Tarım toplumu (MÖ 13.000)	Sanayi toplumu (18. yüzyıl sonu)	Bilgi toplumu (20.yüzyıl ikinci yarısı)	Toplum 5.0 (21.yüzyıl)
Avcı Toplum: Doğa ile bir arada yaşama	Sulama tekniklerinin geliştirilmesi, yerleşim yerlerinin kuruluşu	Buharlı lokomotiflerin icadı, Seri üretime geçiş	Bilgisayarların icad edilmesi, Bilgi paylaşımının başlaması	Süper Akıllı Toplum: Dijitalleşmenin (Endüstri 4.0’ın sunduğu) imkânlardan yararlanılarak oluşturulan bir toplum. (Yeni değerleri, hizmetleri kesintisiz olarak geliştirerek insanların yaşamlarını daha uyumlu, sürdürülebilir kılan bir toplum yaratma)

Tablo 2. 7’den de takip edilebileceği üzere “Endüstri 5.0 (Toplum 5.0)”’da, endüstriyel teknolojiler, otomasyon ile insanın bilişsel becerisi birleştirilmektedir. Toplum 5.0 ile hayat bulan nesnelerin interneti (IoT), büyük veri (big data), yapay zekâ ve robotik teknolojileri farklı endüstrilerin yanı sıra sosyal hayata da tesir ederek pek çok sosyal zorluğu aşabilen yeni bir toplumun yaratılmasındaki önemli altyapıyı teşkil etmektedir. Özetle Toplum 5.0, iktisadi kalkınma ile sosyal sorunların çözümlenerek dengelenmesini mümkün kılmaktadır. Tarihsel perspektiften toplumun evrimleşme süreci kapsamında “Toplum 5.0” şekil 2. 4’te ele alınmıştır:



Şekil 2. 3. Tarihsel perspektiften Toplum 5.0: Toplumun evrimleşme süreci (<https://www.btk.gov.tr>, Erişim tarihi: 10.12.2021)

Japon Ekonomik Organizasyonlar Federasyonu Keidanren tarafından hazırlanan 26 sayfalık çalışma ile Toplum 5.0 felsefesi çerçevesinde gelişmesi beklenen ekonomi, sosyoloji reformunu geniş kitlelere anlatmak amaçlanmıştır. İlgili çalışma, ilk insanın doğuşundan şimdiye kadar olan süreçte toplumları; “*Avcı Toplum, Tarım Toplumu, Endüstriyel Toplum, Bilgi Toplumu ve Akıllı Toplum (Toplum 5.0)*” olarak beş bölüme ayırmaktadır. Bu bağlamda avcı toplumu “*Toplum 1.0*”, tarımsal faaliyetleri gerçekleştiren tarım toplumu “*Toplum 2.0*”, sanayi devrimi ile seri üretime geçen sanayi toplumu “*Toplum 3.0*”, bilgisayarın icadı ve bilgi paylaşım kapsamında oluşan bilgi toplumu “*Toplum 4.0*” olarak temsil edilmektedir (Hirsch-Kreinsen, 2016). “*Toplum 5.0*” ise av toplumu, tarım toplumu, endüstri toplumu ve bilgi toplumu sonrası gelişen bilimsel-teknolojik yenilikler ile yaratılan yeni bir toplumun sinyallerini vermektedir (Harayama, 2017, s. 556). Bu bakımdan “*Toplum 5.0*” kavramı, kendinden önceki dört toplumun izlerini taşımış olup kazanımları bağlamında da bilgi toplumundan yararlanılarak yaratılmıştır. Toplum 5.0’ın odağında, sosyal refah, bireylerin mutluluğu yer almaktadır (Okan Gökten, 2018, s. 884). Bu bağlamda “*Toplum 5.0*” sonuna kadar insanların hayattan zevk aldıkları bir toplum yaratmak için ortaya çıkmıştır (Fukuyama, 2018, s. 50). “*Toplum 5.0*”, insan merkezli bir yaklaşımı hedefleyen bir çeşit bilgi toplumu olarak birey-teknoloji ilişkisini, potansiyelini geliştirmeyi önermektedir. Böylece süper akıllı bir toplumun yaratılması, tüm insanların refah içinde yaşamasını, yaşam kalitesinin artmasını teşvik etmektedir (Serpa ve Ferreira, 2018).

Sonuç olarak insan merkezli bir toplum yaratma amacını gerçekleştirmek için “*Toplum 5.0*” ekonomik kalkınma ile birlikte toplumsal sorunların çözümünü sağlamaktadır. Tam bu noktada “*Toplum 5.0*” paradigması, yapay zekânın yaşantısına girmesiyle kapasitesini arttıran insanoğlunun evrenin merkezine yerleştirilmesi amacı doğrultusunda insan-yapay zekâ iş birliğinin sağlanmasına dayanmaktadır (Skobelev ve Borovik, 2017).

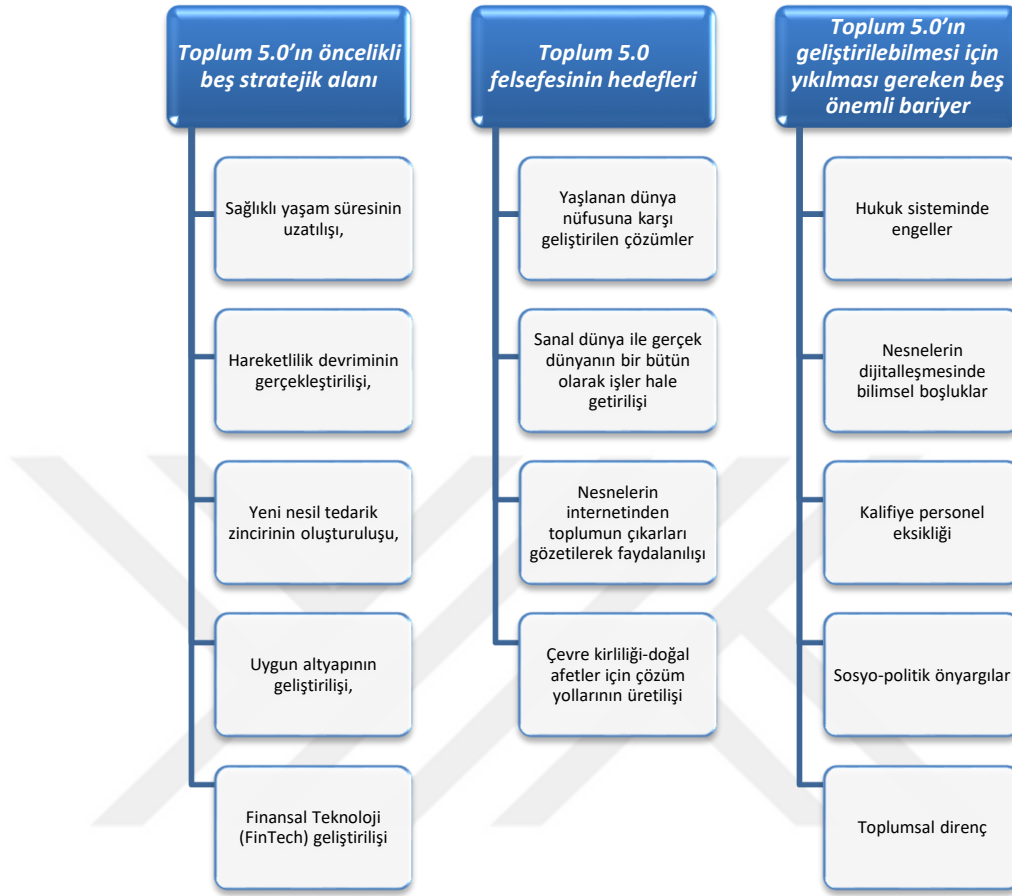
Tablo 2. 8. *Toplum 5.0’ın gerektirdiği beceriler (Salgues, 2018: s.102; Yılmaz, 2021: s.123)*

Beceri	Açıklama
<i>Dijital yazarlık</i>	Dijital medyada yazım uygulamaları ile bunların mümkün kıldığı seçeneklere yönelik eğitim alınması
<i>Dikkat yaratımı</i>	Başkasının dikkatini, ilgisini çekebilmek
<i>İmaj</i>	Organizasyonun ilettiği imajın yayma amacıyla araçları-insanları (imaj temsilcileri) kullanarak-uygulayarak öneminin farkına varma
<i>Kolektif zekâ</i>	Kolektif zekânın nasıl kullanılacağına dair bilgi edinmek ve onu kullanabilmek için olayları-araçları oluşturma, kültürel farklılıkları algılayabilecek eylemlerde bulunma
<i>Küreselleşme terminolojisi</i>	Küreselleşmenin, özellikle lojistik terminolojisinde anlaşılabilirliği (INCOTERM)
<i>Lobicilik ve etki</i>	Eylemleri uygulamaya geçirme kabiliyeti
<i>Ortak planlama</i>	İş birliği, ortak yapım ve tasarım şekilleri geliştirmeye yönelik planlama ve uygulama (Buradaki fikir: Ortak toplumun desteklenmesi)
<i>Otomatik çalışma ve robotik</i>	Faaliyetin hangi bölümünün makinelerle taşeronla verilebileceğini anlayarak avantajlarını-güçlü ve zayıf yönlerini, fırsatlarını ve sınırlıklarını fark etme, otomasyonda veri yakalamanın rolünü algılama
<i>Rekabetçi zekâ, ekonomik zekâ, karma zekâ</i>	Veri toplamak ve analiz etmede araçlar uygulama, Toplama araçlarını uygulama
<i>Yapay zekâ</i>	Yapay zekâ araçlarını-sınırlamaları anlama, bunların nasıl kullanılacağını bilme (özellikle hacimli verilere “Büyük Veri” erişim durumlarında)
<i>Yenilik ekonomisi</i>	Yeni inovasyon şekillerini anlama

Tablo 2. 8’de Toplum 5.0 ile gereksinim duyulan bu beceriler sunulmuştur. Bu tablodan da görüldüğü üzere “Toplum 5.0” ile pek çok iş kolu ve bununla bağlantılı olarak meslek ve nitelik önemini kaybetmekte, bunların yerine yeni bazı becerilere/kabiliyetlere gereksinim duyulmaktadır.

Sonuç olarak toplum 5.0’ın en temel niteliği, üretimde insan dokunuşu ile bilim ve teknoloji yeniliklerinde öncü bir rol üstlenmesidir. Günümüzde tüketiciler, satın aldıkları ürünlerde bireyselleştirme (kişiselleştirmeyi) tercih ederken, üreticiler ise kişiselleştirme ve üretimde verimliliğin artması açısından insan bileşenini ön plana almaktadır. Bu bakımdan “Kolloboratif Robot” olarak da adlandırılan insanlar ve onlarla işbirliği içinde çalışan robotlar, üretimde teknoloji ile insan dokunuşunu bütünleştirerek doğruluk, hassasiyet ve hızı artırmaktadır. Böylece insanın yaratıcılığının ortaya çıkması sağlanarak üretimde makine ile birlikte insan rolünün gelişmesine olanak tanınmıştır. Bu noktada da, makinelerin insanlaştırılmaya başlaması ve makine-insan bütünleşmesi neticesinde insan zekâsı gelişmekte ve daha donanımlı hale gelmektedir (Şahin ve Kaya, 2019, s. 35).

Kısacası “*Toplum 5.0*” esasında, Endüstri 4.0’ın olanaklarıyla sürdürülebilir bir dünya ve toplum yaratmak maksatlı bir gelecek tasarımıdır.



Şekil 2. 4. *Toplum 5.0'in hedefleri, öncelikli stratejileri ve önündeki engeller*
(<http://webrazzi.com/toplum-5-0/>; <https://tedmem.org/toplum-5-0-insan-merkezli-toplum>, Erişim tarihi: 11.12.2021)

Şekil 2. 5'te Endüstri ve sosyal yaşama Endüstri 4.0'ın IoT, AI, büyük veri ve robotik gibi yeniliklerini bütünleştirerek toplumsal sorunları çözmeyi amaçlayan Toplum 5.0'a ilişkin hedefler ile birlikte öncelikli beş stratejik alan ve Toplum 5.0'ın geliştirilebilmesi için yıkılması gereken beş önemli engel (bariyer) ele alınmıştır.

Japonya, azalan doğum oranı, azalan ve/veya yaşlanan nüfus, bozulan altyapı ve benzeri sorunlar ile karşı karşıya olan ilk ülkelerdendir. Japonya, “*Toplum 5.0*”ı bu sorunların çözümünde kilit bir unsur olarak görmektedir. Çünkü Toplum 5.0 (Geleceğin Toplumu), sosyal problemleri çözmek ve değer yaratmak adına dijital dönüşüm ile insanların yaratıcılığını birleştirerek bir hayal gücü toplumunu meydana getirmek üzere tasarlanmıştır. BM tarafından kabul edilen 17 “*Sürdürülebilir Gelişim Hedefi*” ile Toplum 5.0'ın hedefleri, küresel sorunların çözümü ve sürdürülebilir toplumların yaratımı açısından son derece uyumludur (Fukuyama, 2018). Bu hedefler doğrultusunda

Keidanren tarafından “*Toplum 5.0*”ın faydalı olacağı alanlar ve getireceği yeniliklere ilişkin sunulan bilgiler “*afet önleme, besinler ve tarım, bölgeler ve şehirler, enerji, finans ve kamu hizmetleri, hizmetler ve ürünler, lojistik, sağlık*” olmak üzere 9 başlık altında toplanmıştır. Japonya’da bir büyüme stratejisi biçiminde tanımlanan “*Toplum 5.0*”ın öncelikli beş stratejik alanı ise sağlıklı yaşam süresinin uzatılışı, hareketlilik devriminin gerçekleştirilişi, yeni nesil tedarik zincirinin oluşturuluşu, uygun altyapı ile finansal teknolojinin geliştirilişi olarak sıralanmaktadır. Bunun yanı sıra “*Toplum 5.0*”ı kurgularken Japonya, yapay zekâ, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri ve benzeri yeni teknolojileri, sosyal faaliyetlerle birleştirerek endüstrilerin tamamında gerek ekonomik kalkınmayı sağlamayı gerekse sosyal problemlere çözümler sunan yeni bir toplum yaratmayı hedeflemiştir. Bu kapsamda Toplum 5.0’ın temel hedefleri, yaşlanan dünya nüfusuna ilişkin çözümlerin geliştirilişi, sanal dünyanın gerçek dünya ile birlikte işlerlik kazanması, nesnelerin internetinden toplumun çıkarları gözetilmesi ve faydalanılması, çevre kirliliği, doğal afetlere yönelik çözüm yolları üretilmesi olarak sıralanmaktadır. Ayrıca Japonya Ekonomi Organizasyonu Keidanren’e göre yıkılması gereken 5 bariyer, Toplum 5.0’ın yoluna devam edebilmesi ve toplumların işbirliği açısından gerçekleşmesi açısından önem arz etmektedir (Özdestici, 2017).

2.4. Tarihsel Düzlemde Türkiye Ekonomisi ve Endüstri 4.0

Endüstri devriminin başlangıcına tarihsel bir zemin oluşturulması noktasında ilk olarak bir Türk bilgini olan El Cezeri’nin eserlerindeki çizimleri ve icatları dikkat çekmektedir. El Cezeri, sibernetik sahanın en büyük dâhisi olarak kabul edilen fizikçi, robot ve matriks ustasıdır. Wiener’in tanımıyla sibernetik, tüm canlı ya da cansız bütün organize sistemlerin makine ve hayvanların haberleşme ve kontrol sistemlerini (denge kurma ve ayarlama durumlarını) inceleyen bir bilimdir. Sistemli bir çalışma olarak kendi kendine hareketi ifade eden otomatik kavramı, insan ve diğer canlıların eylemlerinin taklidi ve makinelerin işlevselleştirilmesi ile sibernetik tabanlı bir uygulamadır. El Cezeri’nin icatları ve kitaplarındaki çizimler, dünya bilim tarihinde bugünkü sibernetik ve robot bilimindeki çalışmaların ilki olarak belirtilebilmektedir. El Cezeri’nin yaşadığı dönemde (1136-1206) yapmış olduğu yatay eksenli yel değirmeni, konik vanalar, su çarkı ile işleyen tulumba, “*Cizre Ejderleri*” adlı Cizre Ulu camii iç kapı tokmakları (günümüzde iki adet tokmaktan biri İstanbul Türk İslam Eserleri Müzesi’nde sergilenmekte), Amed Ulu Camii’nin ünlü Güneş Saati (taş saat), Artuklu hükümdarına takdim ettiği robot (kendi kendine bazı hareketler yapan otomatik olarak çalışan dünya

tarihinin ilk robotu) ve daha birçok mekanik, otomatik icatları bulunmaktadır. Ayrıca El Cezeri'nin yazmış olduğu “*Dahi Aygıtlar Kitabı*”, “*Mekanik Hareketlerden Mühendislikte Faydalanmayı İçeren Kitap*” ve “*Olağanüstü Mekanik Araçların Bilgisi Hakkında Kitap*” olarak bilinen önemli eserlerinin endüstri devrimine ciddi katkıları olduğu söylenebilmektedir. Bahsedilen son eserini Hill (1974), İngilizce olarak “*The Book of Knowledge of Ingenious Mechanical Devices*” başlığı ile yayınlamıştır. Nitekim El Cezeri'nin bu eserleri, İslam dünyasından Batı dünyasına tanıtılmış ve pistonlu pompalar ile buhar makinelerinin temelini oluşturmuştur. Hatta bu tasarımları, 21. yüzyıl dünyasında Endüstri 4.0 devrimi ile gelişen trenler, gemiler, otomobiller, enerji santrallerine kadar birçok karmaşık sistemin kökeni olarak da kabul edilmektedir (Çırak ve Yörük, 2015).

İlk yıllarından itibaren Türkiye Cumhuriyeti'nin, endüstrileşme konusuna olan ilgisi dikkat çekmektedir. 01.11.1937 tarihli Türkiye Büyük Millet Meclisi'nin 5. dönem 3. toplanma yılı açılışında, Gazi Mustafa Kemal Atatürk'ün yaptığı konuşmada endüstrileşmeye ilişkin şu ifadelerde bulunduğu bilinmektedir:

“Endüstrileşmek en büyük milli davalarımız arasında yer almaktadır. Büyük küçük her türlü sanayi kuracağız, işleteceğiz! En başta vatan müdafaası olmak üzere en ileri ve refahlı Türkiye idealine ulaşabilmek için bu bir zarurettir.”

Bu bağlamda Mustafa Kemal Atatürk'ün endüstrileşmenin önemine vurgu yaptığı diğer bir ifadesi ise “*Memleketin vazgeçilmez sanayisinin kurulması bitmedikçe her bakımdan yürek istirahati duymamıza imkân yoktur.*” şeklindedir.

Mustafa Kemal Atatürk'ün bazı ifadeleri bilime, teknolojiye önem veren ve yeniliklere açık yapısını ortaya koymaktadır. Bilime verdiği önem “*Eğer bir gün benim sözlerim bilimle ters düşerse bilimi seçin.*” ifadesi ile anlaşılmaktadır. Bunun yanı sıra bir diğer konuşmasındaki “*Her yeni yetişen kendinden eskisini beğenmeyecek kadar yükselirse o zaman, ancak o zaman gelecek nesiller birbirinden kademe kademe yüksek seviyede bir yükselme grafiği meydana getirebilir ki insanlığın ilerlemesinin amacı da budur.*” ile “*İnsanların hayatına, faaliyetlerine egemen olan kuvvet, yaratma ve icat yeteneğidir.*” şeklindeki ifadeleri ise teknolojik yeniliklere ilişkindir.

Sonuç olarak yaşanabilir bir dünya yaratımının, ancak bilimin hâkim olduğu bir toplum ile gerçekleşebileceği aşîkârdır (<https://www.altınay.com>). Günümüz Türkiye'sinin bilim ve teknolojiye dayalı bir şekilde ilerlemesi için Endüstri 4.0 ile

uyumlu bir topluma sahip olması gerekmektedir. Dolayısıyla “Endüstri 4.0” tüm dünya ülkeleri için olduğu kadar Türkiye için de son derece önemlidir. Bu yeni devrime geçiş yapan ülkelerin, geçiş yapmayan ülkelere nazaran, her bir yıl için beş yıllık fark yaratacağı ileri sürülmektedir (Yorgancılar, 2015). Nitekim 2014 yılında Endüstri 4.0, Türkiye’de çeşitli toplantılarda ele alınmış olup son derece ilgi çeken bir konu haline gelmiştir. Ayrıca 2016 yılında Davos gündeminin önemli konuları arasında “Sanayide Dördüncü Devrim” yer almıştır. Bu bağlamda Davos 2016, Endüstri 4.0 kavramını tüm dünya kamuoyuna tanıtmıştır (Schwab ve Davis, 2019, s. 5).

Türkiye’nin bilgiyi artırarak bilginin etkin kullanımını sağlaması, özellikle de sosyal hayat ile eğitim alanındaki çalışmalarını Endüstri 4.0 süreciyle uyumlu hale getirmesi ve bu doğrultuda karar alarak gerekli politikalar uygulaması önem arz etmektedir. Bu nedenle Türkiye’de yeni sanayi devrimine uyumlu hale gelmek, bu doğrultuda bir yol haritası belirleyebilmek adına “Endüstri 4.0 Platformu” hayata geçirilmiştir. “Dijitalleşme ve Endüstri 4.0 Derneği”ni de bu amaçla kurulan diğer bir oluşum olarak örnek göstermek mümkündür (Güngör, 2018, s. 135-136). Türkiye’de öncelikle Sivil Toplum Kuruluşları (STK) ile birlikte devletin tüm kurumları, bu doğrultudaki çalışmalarıyla küresel rekabet gücü yakalayarak önemli adımlar atma çabasıdadır. Ayrıca başta Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı olmak üzere diğer ilgili bakanlıklar da, Endüstri 4.0 çerçevesinde önemli çalışmalar yapmaktadır. Nitekim Endüstri 4.0 bağlamında geri kalmamak için Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2018) tarafından “Dijital Türkiye” olarak adlandırılan bir yol haritası hazırlanmıştır. Bu yol haritasında, “gıda ve içecek, kimya ve ilaç sektörleri, makine ve teçhizat, motorlu kara taşıtları, yarı iletkenler ve elektronik” Türkiye’nin Dördüncü Sanayi Devrimi açısından odak sektörleri olarak belirlenmiştir (T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018).

Tablo 2. 9. Türkiye’nin Endüstri 4.0 dönüşümünde pilot sektörler ve potansiyel yararları (Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği “TÜSİAD” ve Yönetim Danışmanlık Şirketi Boston Consulting Group “BCG”, 2016)

Sanayi sektörleri	Türkiye’de brüt üretim payı	Toplam üretim maliyetinin verimliliği
Gıda ve İçecek	% 18	% 5-9
Tekstil	% 15	% 4-9
Kimyasallar	% 12	% 3-4
Otomotiv	% 6	% 5-7
Beyaz eşya	% 5	% 6-9
Makine sistemleri	% 4	% 4-8
Diğer	% 40	% 4-7
Toplam	% 100	% 4-7

Tablo 2. 9’da görüldüğü üzere Türkiye’nin, Endüstri 4.0’den yararlanma potansiyeli ile kullanılan üretim metodolojisinin farklı sektörlerde temsil edebilirlik gücüne göre altı pilot sanayi sektörü belirlenmiştir. Bu sektörler detaylıca incelendiğinde, sanayi üretiminde en büyük paya sahip “gıda ve içecek” sanayisinde Endüstri 4.0’a geçilmesiyle verimlilik artışının %5 ile %9 arasında olacağı tahmin edilmektedir. Toplam sanayi üretiminin %12’sine tekabül eden ve Türkiye’ye rekabet gücü kazandıran tekstil sektöründe ise %4 ile %9 arasında bir verimlilik artışının olacağı görülmektedir. Toplam sanayi üretiminin %12’sine tekabül eden kimya sektöründe beklenen ise %3 ile %4 arasında verimlilik artışıdır. Ayrıca bu devrimle birlikte Türkiye’nin ihracatında büyük bir kalem otomotiv sanayisinde %5 ile %7 arasında verimlilik artışı beklenmektedir. Son olarak da Türkiye’deki toplam sanayi üretiminin %5’ine tekabül eden beyaz eşya sanayisinde %6 ile %9 arasında verimlilik artışı beklenirken, makine sanayisinde ise %4 ile %8 arasında verimlilik artışının yaşanacağı öngörülmektedir. Bu altı sanayi sektörü dışındaki sektörlerde ise ortalama verimlilik artışının %4 ile %7 arasında olacağı tahmin edilmektedir. Özetle bu tabloya göre Endüstri 4.0 başarılı şekilde uygulandığında Türkiye’deki sanayi sektörlerinin %4 ile %7 arasında verimlilik artışı sağlayabilecekleri öngörülmektedir.

Türkiye’ye ilişkin asıl mesele yüksek teknolojiye üretim sisteme entegre edilmesi ile rekabet gücünün sağlanması olmaktadır. Dünyanın en büyük 20 ekonomisi içerisinde yer alan Türkiye ekonomisi, kişi başına gelirden arzu edilmeyen bir düzeyde konumlanmaktadır. Bunun yanı sıra ülke, imalat sanayinde genellikle düşük ve orta teknoloji ürünler ortaya koyabilmektedir. Türkiye’deki küçük ve büyük ölçekli imalat firmalarının dijital araçları kullanması ile üretim süreçlerinin, organizasyon yapılarını bu doğrultuda şekillendirmesi, enerji ve maddiyat kayıplarının önüne geçmesi, işgücünün en etkin, verimli kullanımını sağlaması mümkün olmaktadır. Bu süreçlerin, yakın gelecekte ekonomik düzen açısından ilgili firmaların kendi çıkarları için son derece faydalı olacağı aşîkârdır. Bu bağlamda 2023 yılı için Türkiye’nin hedefleri arasında GSYH düzeyinin 2 trilyon dolara, kişi başına gelirin 25 bin dolara ve ihracatın 500 milyar dolara çıkarılması ile işsizlik oranının %5 seviyesine düşürülmesi, enflasyon oranının tek haneli rakamlarda sabit tutulması yer almaktadır (Koç AYTEKİN, 2015, s. 81).

Dünya Bankası verileri bazında Türkiye ekonomisine bakıldığında, AR-GE harcamalarının çok düşük seviyede ve patent sayılarına ilişkin girişimlerin de az olduğu, toplam üretimde yüksek teknolojiye malların çok düşük düzeyde kaldığı, üretime olan

katma değerin ise %2 seviyesinde bulunarak pazar rekabeti açısından az olduğu görülmektedir. Ayrıca bir taraftan G-20 ülkeleri arasında ilk 10 içerisinde yer alma hedefi olan, bu hedef doğrultusunda istihdamı çeşitlendirmek ve artırmak, katma değerli üretimi geliştirmek, pazar rekabetini yükseltmek gibi istekleri bulunan Türkiye, öte taraftan bazı yapısal zorluklarla karşı karşıya kalmaktadır. Bu zorluklar arasında en önemlileri (1) İhracatın ithalata aşırı bağımlılığı, (2) Kalifiye işgücündeki yetersizlik (Sınırlı nitelikli işgücü, ekosistemlerin yeni teknolojilerin yaygınlaşması açısından engel teşkil etmesi), (3) Hedef sektördeki belirsizlik, (4) Aşırı bir tüketim toplumu yapısı, (5) Bilgi ve teknolojinin kullanımında etkinsizlik (Eğitim), (6) Şirketlerin orta gelir zihniyetinde olması yer almaktadır. Sonuç olarak Türkiye'nin Endüstri 4.0'a uyum sağlamak adına işgücünü yükseltmesi, dijitalizasyon altyapısını geliştirmesi, makineler ile işbirliği sağlamaları için çalışanlara dışarıdan, içeriden makinelere nasıl müdahale edeceklerine yönelik eğitimler düzenlemesi ve bu doğrultuda AR-GE çalışmalarına ağırlık verilmesi gerekmektedir. Çünkü Türkiye'nin 2000'li yıllardan beri AR-GE harcamaları ile yüksek teknoloji mal ihracatında neredeyse aynı düzeyde bulunarak pek ilerleme kaydedemesi, istihdamın çeşitlendirilmesi ve ekonomik büyüme girişimleri bağlamında da Endüstri 4.0 sürecini yakalamasını güçleştirmektedir. Endüstri 4.0 sürecini iyi bir şekilde takip ettiği takdirde Türkiye'nin uzun vadeli, yapıcı, yeni fikirler odaklı sürdürülebilir bir ülke ekonomisi ve çevre yaratması kuvvetle muhtemeldir. Ancak Endüstri 4.0 sürecini ertelemesi veya gerçekleştirememesi halinde Türkiye ekonomisinin, kısır döngü içerisine girerek orta gelir tuzağına takılı kalma süresinin uzayacağını, gelişmekte olan ülke konumunda ise gelişmiş olma yoluna karşı belirsizliğinin devam edeceğini söylemek mümkündür. Tam da bu noktada şunu belirtmek gerekir ki 1980'li yıllar sonrası "*Güney Kore*"si; eğitim, beşeri sermaye ve insan kaynaklarıyla birlikte inovasyondaki girişimlere önem vererek günümüz "*Türkiye*"si için son derece önemli zorluklardan biri olan orta gelir tuzağından kurtulmayı başarmıştır (Arslanhan ve Kurtsal, 2010).

"*Endüstri 4.0*"ın ne denli önemli olduğunun farkına varan Türkiye'de, TÜSİAD, TOBB ve benzeri sivil toplum kuruluşları ile resmi kurumlar bu kapsamda çalışmalar yapmaya başlamıştır. TÜSİAD ve BCG'nin yaptığı çalışmada, Türkiye'nin Endüstri 4.0'ı kaçırmaması (yakalayamaması) ve yakalaması gibi iki farklı durumda neler ile karşılaşabileceğini ele almıştır. Her iki duruma ilişkin değerlendirmelere sırasıyla, şekil 2. 6 ve şekil 2. 7'de yer verilmiştir.



Şekil 2. 5. Türkiye Endüstri 4.0'ı yakalayamaz (-) ise nasıl bir kısır döngü ile karşılaşabileceğinin gösterimi (TÜSİAD ve BCG, 2016)

Şekil 2. 6, Türkiye'nin Endüstri 4.0'ı yakalayamaz ise rekabet gücündeki kaybın nasıl olacağını ve ekonomisinin nasıl bir kısır döngü içerisine gireceğini göstermektedir. Türkiye, eğer bugün olduğu gibi düşük katma değerli ürün üretmeye devam ederse, ucuz işgücü ile kazandığı küresel rekabet gücünü de kaybedecektir ki bu kaybın, aynı zamanda ülkenin küresel pazardaki payının düşmesine yol açacağı da aşikârdır. Türkiye'nin küresel pazar payındaki bu kayıp, ihracatın ve sanayi üretiminin de azalmasıyla sanayi sektöründe işsizlik baskısına yol açabilecek hale gelebilmektedir. Ayrıca düşük katma değerli üretimin sürdürülmesi, nitelikli işgücü gereksinimini ve sanayide inovasyonu azaltarak işgücü ve ekosistem kalitesinde de düşüşe sebep olmaktadır. Bu şekilde de, ülkenin içinden çıkamadığı bir kısır döngüye girmesi söz konusudur.

Şekil 2. 7'de Türkiye'nin Endüstri 4.0'ı yakalaması durumunda, ekonomideki bu kısır döngüden nasıl kurtulacağını, çıkacağını ortaya koymaktadır. Düşük katma değerli üretim yapan Türkiye'nin Endüstri 4.0'a yatırım yapması halinde niteliksiz işgücü azaltılmakta ve nitelikli işgücü artırılmakta, böylece küresel rekabet gücü korunabilmektedir. Bunun neticesinde gelişen nitelikli işgücüne ilişkin yeni istihdam olanakları yaratılacağı düşünülmektedir. Nitelikli işgücü istihdamındaki bu artış ile ekosistem kalitesinin de artması ve ülkenin daha yüksek katma değerli ürün üretmesi mümkün olmaktadır. Türkiye'nin, yüksek katma değerli ürün üreterek sanayide yıllık %2-3'lük ilave büyüme yaratacağı aşikârdır. Bu bakımdan Türkiye sanayisinde, Endüstri 4.0 ile gelen yılda ilave %2-3'lük büyümenin, verimliliğe dayalı istihdam kayıplarını fazlasıyla telafi edecek düzeyde artacağı beklenmektedir. Bir başka deyişle, önümüzdeki

on yılda istihdamda %5’lik mutlak bir artış yaşanacağı ve uzun vadede geçiş sürecinde yaşanan kayıplardan daha fazla kazanımlar elde edileceği tahmin edilmektedir (Genç, 2017). Özetle ülkenin, düşük katma değerli üretimden yüksek katma değerli üretime geçmesiyle rekabet gücü korunabilmekte ve hatta artırılabilir.



Şekil 2. 6. Türkiye’nin Endüstri 4.0 ile katma değer yaratan pozitif (+) döngüden yararlanma olanağının gösterimi (TÜSİAD ve BCG, 2016)

Türkiye’nin Endüstri 4.0 ile sağlayacağı fırsatlar, TÜSİAD ve BCG ortaklığı ile yapılan çalışmada belirtilmiştir. Bu fırsatlara ilişkin bilgilere tablo 2. 10’da yer verilmiştir.

Tablo 2. 10. Türkiye’nin Endüstri 4.0 ile yakalayacağı/yakalaması beklenen fırsatlar (TÜSİAD ve BCG, 2016)

Türkiye’nin Endüstri 4.0 ile yakalayacağı/yakalaması beklenen fırsatlar
Yüksek maliyet verimliliğinin temini
Yüksek üretim hızı ve esneklik sağlanması
Kalitenin yükseltilmesi ve fire oranının düşürülmesi
İleri teknoloji platformları, know-how, yüksek nitelikli insan kaynağı
Küresel rekabet gücünün korunması ve artırılması

TÜSİAD ve BCG’nin yaptığı çalışmada, Endüstri 4.0 ile dönüşen Türk sanayisinde önümüzdeki on yıllık süreç içerisinde otomasyonun ilerlemesi ile üretim sektörlerindeki niteliksiz işgücünün 400-500 bin civarında azalması beklenirken, yaklaşık 100 bin civarında da yeni nitelikli işgücü ve sanayileşmenin getireceği büyüme akımı neticesinde 400-500 bin civarında yeni işgücü yaratılacağı öngörülmektedir.

“Akıllı Üretim Sistemleri”ne “Hizmet Eden Kilit ve Öncü Teknolojiler”in tespit edilmesi amacıyla ilgili sektörlerde desteklenmiş 1000 şirket (özel sektör kuruluşu) bazında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK, 2017) tarafından yapılan anket araştırmasında, Türkiye’nin dijital olgunluk seviyesinin henüz Endüstri 2.0 ile Endüstri 3.0 arasında olduğu sonucuna varılmıştır. Türkiye’de Endüstri 4.0’a en yakın sektörlerin ise otomotiv, havacılık, savunma ve ilaç endüstrileri olduğu belirtilmektedir. Dolayısıyla bu sektörler, Türkiye içinen çok gelecek vaat eden endüstrilerdir. Ayrıca küresel ileri üretim trendlerini benimsemeye en aktifleri “çelik, dayanıklı tüketim malları, elektronik, enerji ve madencilik inşaat, kimyasallar, makineler, tekstil” ve benzeri endüstriler olarak belirtilmektedir (U.S. Commercial Service, 2018, s. 24).

Danish Institute of Industry 4.0 tarafından hazırlanan “Küresel Endüstri 4.0 Hazırlık Raporu 2016” kapsamında 120 ülke arasındaki sıralamada Türkiye 55. sırada yer almaktadır. İlgili raporda ilk üç içerisinde yer alan ülkeler ise Singapur, İsviçre ve Finlandiya olmaktadır (Faarup ve Faarup, 2017, s. 10). Bunun yanı sıra Türkiye yenilik yeteneği bakımından 82. sırada, teknolojik gelişmişlikte ise 47. sırada konumlanmaktadır. Ayrıca 2020 yılı İnsani Gelişme Raporunda yer alan İnsani Gelişme Endeksi’nde 0,820 puan ile 189 ülke, bölge arasında 54. sırada yer alarak “çok yüksek insani gelişme” kategorisine girmiş bulunmaktadır (<https://www.tr.undp.org/content/>).

Türkiye için Endüstri 4.0 sürecine yönelik durum değerlendirmesi yapıldığında, tabiki henüz istenilen seviyeye ulaşılmadığını söylemek mümkündür. Ancak zamanla Türkiye genelinde gelişmiş üretim teknolojileri daha fazla uygulama alanı bulmakta ve hatta bu teknolojiler bilinenin aksine azımsanmayacak düzeylere ulaşmaktadır. Endüstri 4.0 çalışmaları bakımından Türkiye’de en çok gündemde olan firma Siemens’tir ve ilk pilot dijital fabrikanın da Siemens tarafından kurulduğu bilinmektedir. Ayrıca Baykar ve Aselsan savunma alanında önemli atılımlar yapmaktadır. Baykar makine tarafından tasarlanan iha ve sihalardan sonra su altı insansız taşıtları da geliştirilmiştir. Yaptığı projelerde Aselsan ise öz kaynaklar ve dış kaynakların kullanımı ile 419 milyon \$ değerinde AR-GE harcamaları gerçekleştirmektedir. Bu bağlamda Aselsan, insansız ve otonom sistemlere ilişkin çalışmalarını uzun zamandan beri sürdürmektedir (<https://www.stensustri.com.tr>). Bunun yanı sıra Türkiye’de yerli dronların ardından Gyrocopter üretimi de gerçekleşmiştir. KOSGEB’in desteği ile yapılan yerli Gyrotürk’ün seri üretimine geçilmiştir. Türk firmalarının Endüstri 4.0 hamlelerine yönelik başka örnekler de verilebilmektedir. Arçelik (Türkiye’nin en büyük beyaz eşya üreticilerinden),

akıllı otomasyonda kullanmak maksadıyla kendi kendine öğrenebilen 20 adet robot üreterek yapay zekâ teknolojilerindeki ilk adımını atmıştır. Bununla birlikte Arçelik'in Romanya'da akıllı üretim sistemleri kullanımıyla faaliyete geçirdiği çamaşır makinesi fabrikası da Endüstri 4.0 yatırımına ilişkin bir örnek olarak gösterilebilmektedir (Güngör, 2018, s. 136). Türkiye'de ve dünyaca ünlü diğer Türk şirketleri arasında “*Borusan, Eczacıbaşı, Şişecam, Turkcell, Vestel*” de yer almaktadır (Barutçu, 2019, s. 72). Ayrıca Akınsoft Türkiye genelinde yazılım sektöründe önemli konumunu, robot teknolojisini kendi imkânları doğrultusunda kendi laboratuvarlarında geliştirerek elde etmiştir. Bu bağlamda genel olarak anket, hostes, ön büro ve servis gibi hizmet alanlarındaki işleri yapabilecek temel seviyede hazırlanan, üretilen Ada isimli robot piyasaya sunulmuştur. Akıncı isminde diğer bir robot ise Ada'nın aksine daha insansı nitelikte geliştirilmiş olup gelişim süreci devam etmektedir. Robotik alanda çalışmalar yapan diğer bir yerli grup ise Altınay firması olarak bilinmektedir. Bu firma robot kollar geliştirmekte, bu yönüyle de Türkiye'de ve Avrupa'da pek çok sanayi alanında robot kol üretimi yaparak ürün üretim süreçlerine önemli düzeyde katkıda bulunmaktadır. Türkiye'nin Endüstri 4.0 hamleleri açısından bu üretim son derece önemlidir. Çünkü Endüstri 4.0 açısından hayati bir role sahip olan robot kol teknolojisinin, karanlık fabrikaların en önemli araçlarından biri haline gelmesi beklenmektedir. Türkiye'de bankacılık alanında çalışan ilk robot ise Albaraka Türk'te görevlendirilmiştir. Böylece tek bir robot ile aylık en az 15 bin TL tasarruf sağlanmakta, bu yatırıma geri dönüş oranı ise %1200'den fazla olmaktadır (<https://www.businessht.bloomberght.com>). Türkiye'de yeni bir robotik alan gelişmesi ise COVID-19 salgını ile ortaya çıkmıştır. Bu bakımdan verilebilecek bir örnek COVID-19 hastalarına yemek dağıtmak ve ilaçlarını vermek gibi görevler üstlenen “*Atacan*” isimli hemşire robotudur. Bu hemşire robotu, Erzurum Atatürk Üniversitesi tıp ve mühendislik fakültelerinin disiplinler arası çalışması kapsamında mühendislik fakültesi öğrencileri tarafından sağlık çalışanlarının COVID-19 hastaları ile temasını en az düzeye indirerek onları bu virüsten koruma amacıyla tasarlanmıştır (<https://www.trt/haber.com>). Türkiye'de robot teknolojilerinden bir diğer örnek de Ordu'da Dr. M. Hilmi Güler Bilim ve Sanat Merkezi'nde görev yapan altı öğretmen tarafından riskli kişiler ile teması en aza indirmek için üretilmiştir. Bu robot, koronavirüs kapsamında ateş ölçümü yapmakta, dezenfektan vermekte ve maske dağıtmaktadır. Bu bakımdan, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de koronavirüs salgını ile birlikte robot kullanımının da yaygınlaştığı fark edilmektedir. Ayrıca Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Robotik ve Yapay Zekâ

Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi (ROMER) tarafından fabrikada çalışan işçilere yapay zekâsı ile yardımcı olarak üretimi artırması amacıyla kalfa robotlar geliştirilmiştir (<https://basinda.metu.edu.tr/2022-08-01/3088543>). Son zamanlarda robotik teknolojiye diğer bir gelişme ise Türk sinema ve televizyon dünyasında “Aypera” isimli kendini dijital insan olarak tanıtan oyuncu ve aynı zamanda müzisyen bir robottan bahsedilmektedir. Bu dijital robotun yakın zamanda “*Dijital Human*” filmi ile sahneye çıkacağı belirtilmiştir (<https://m.haberturk.com/>).

Günümüz dijital dünyasında farklı meslekler icra eden Türk insanları başarılarıyla dikkat çekmektedir. Bu anlamda verilebilecek örneklerden ilki, bir Türk mühendisi olan Selçuk Bayraktar’ın ilk yerli üretim insansız hava aracı (İHA) ve silahlı insansız hava aracı (SİHA) sistemini tasarlamasıdır. Bayraktar, savunma ve havacılık alanlarında yüksek teknolojiye milli girişimlere odaklı Baykar bünyesinde çalışmalarını yürütmektedir. Nitekim, Bayraktar’ın çalışmaları “*İnsansız Hava Aracı Sistemleri*”nin aviyonik sistem mimarisi, uçuş kontrol sistemi, seyrüsefer algoritmaları geliştirimi, sistem kinematiği ve dinamikleri, elektronik donanım, gömülü yazılım geliştirme ve benzeri alanlar üzerinedir. (<https://www.baykartech.com/tr/>). Dijital ekosistem için verilebilecek bir diğer örnek ise 2006 yılında Ezra ve Tuba Çetin kardeşlerin “*moda*” ile “*teknoloji*”yi birleştirme hedefi doğrultusunda kurduğu “*Ezra+Tuba markası*”dır. Ezra-Tuba Çetin, Intel AR-GE Merkezi’nde akıllı çiplerle geliştirilen tasarımları ile yakın gelecekte günlük hayatımızın bir parçası haline gelecek “*Giyilebilir Teknoloji*” ile bir ilk yaratmıştır. Nitekim modacı kardeşler; “*akıllı çantalar, bir yıl içinde toprakta çözünerek doğaya zarar vermeyen kumaşlar (vegan, sıfır atık, geri dönüşüm odaklı, sürdürülebilir kumaşlar), ikonik kelebek elbiseleri (elektronik kelebek gelinlik/butterfly dress), kalp krizini haber veren tişört (inovatif tişört), Karbonfiber ÇelikNaz elbise*” gibi sıra dışı ürünler üreterek IoT teknolojisi kapsamında geleceğin tasarımlarını yapmakta ve dünya moda sektöründe kendilerinden söz ettirmektedir (Sesiz, 2018, s. 108-112).

Ülkede teknoloji kapsamındaki gelişmelerin yanı sıra yurt dışındaki Türk bilim insanlarının başarıları da dikkat çekmektedir. Bunlara ilişkin pek çok örnek mevcuttur ancak burada belirtilenler, tıp ve mühendislik alanlarına yöneliktir. NASA tarafından “*Mars*”a indirilen “*Curiosity (Merak)*” isimli insansız araç için Türk bilim insanı mühendis “*Prof. Dr. Behçet Açıkmeşe*”nin geliştirdiği bir algoritmanın 2021 yılı Şubat ayında “*Perseverance (Azim)*” isimli “*Mars*”a giden bir başka uzay aracına (robot) uyarlanarak kullanılması, bu çerçevede gerçekleşen önemli bir başarı öyküsü olarak kabul

edilmektedir (<https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye/>). Teknoloji bağlamında gelişen tıp alanındaki bir başarı öyküsü de kadın cerrahı gelmektedir. Avrupa’da yapay kalp naklini gerçekleştiren ilk kadın cerrah olarak Dr. Dilek Gürsoy, German Medical Award’a (Alman Tıp Ödülü) layık görülmüştür. Son zamanlarda da Dr. Dilek Gürsoy, yapay kalp için yapay zekâ teknolojisi ile bağlantılı bir sistem geliştirmeye yönelik araştırmalar yapmaktadır (<https://www.saglik.gov.tr/TR,57194/bakan-koca-almanyada-yilin-doktoru-secilen-dr-dilek-gursoyu-tebrik-etti.html>). COVID-19 (Korana virüs) pandemisi ile aşı teknolojilerinde ciddi gelişmeler yaşanmaya başlamıştır. Bu virüse karşı geliştirilen yerli inaktif COVID-19 aşısı “*TURKOVAC*” için 2021 yılı Aralık ayından itibaren seri üretime geçildiği belirtilmiştir. COVID-19 salgınına karşı Türk çift (bilim insanı) “*Prof. Dr. Uğur Şahin ve Dr. Özlem Türeci*”nin kurucusu olduğu şirketin BioNTech, Pfizer aşılarını geliştirerek tüm dünya için önemli katkılarda bulunması bir başka başarı öyküsü olarak karşımıza çıkmaktadır (<https://www.ntv.com.tr/galeri/teknoloji/>). Yenilikçi icatları ile adını duyuran başka bir isim ise “*Dr. Canan Dağdeviren*”dir. Başarılı bilim insanı mühendis (İstanbul doğumlu) Dr. Canan Dağdeviren, icatlarıyla ABD’nin prestijli dergilerinden Forbes’un “*30 Yaş Altı Bilim İnsanı*” listesine girmeyi başarmakla birlikte MIT (Massachusetts Institute of Technology) yayını Technology Review’ın her yıl açıklamış olduğu “*35 yaş altı Mucitler Listesi*”ne de adını yazdırmıştır. “*Medikal teknoloji alanında pilsiz çalışan giyilebilir bir kalp çipi (PZT MEH) ve cilt kanserini tespit eden dövme gibi insan tenine yapıştırılabilen bir cihaz (hastalık haritası çıkaran dövme), son olarak da tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 salgını için geliştirilen ateş, nabız ve solunum kontrolü yapan elektronik bir tişört*”, Dağdeviren’in yenilikçi icatlarından bazıları olarak belirtilmektedir (<https://businessdiplomacy.net/tr/dunyada-cigir-acan-genc-mucit-dr-canan-dagdeviren/>).

Türkiye için yeni endüstriyel dönüşüm açısından en önemli hamlelerden biri de üniversiteler ile sanayi bölge (firmaları) arası işbirliklerin kurulmasıdır. Akademi ve sanayi arası kurulan köprüler, her iki tarafın da kalite ve verimliliğini artırmaktadır. Bu işbirliği neticesinde gerçekleştirilen AR-GE ve inovasyon faaliyetleri, ülkenin küresel rekabet gücüne önemli katkılar sunarak sürdürülebilir bir büyüme için mihenk taşı olmaktadır. Üniversite-sanayi işbirliğine verilebilecek bir örnek “*Başkent Üniversitesi ile Anadolu Organize Sanayi Bölgesi*” arasında gerçekleşmiştir. Başkent Üniversitesi AR-GE ve inovasyon kapasitesini arttırarak Anadolu Organize Sanayi Bölgesi’nin teknoloji transferlerini doğru şekilde yönlendirmek için akademik personeli, araştırmacıları ve

sahip olduğu teknik bilgi birikimi ile danışmanlık görevi üstlenirken Anadolu Organize Sanayi Bölgesi, Başkent Üniversitesi tarafından yürütölen araştırma projelerine finansal destek sağlamakta, ilgili üniversitenin öğrencileri için düzenlediğı staj programları ve iş olanaklarıyla işbirliğine katkıda bulunmaktadır. Bu alanda verilebilecek bir diğör başarılı örnek ise Bahçeşehir Üniversitesi ve NETAŞ A.Ş (bilişim teknolojileri alanında hizmette bulunan) ortaklığında “BAU-NETAŞ Techno Academy” adıyla hayata geçirilmiştir. Müfredatı akademisyenler ve NETAŞ mühendisleri ortaklığı doğrultusunda hazırlanan bu program ile Bahçeşehir Üniversitesi, teknolojik gelişmelerin mühendislik alanına yönelik güncel teorik bilgileri NETAŞ ile paylaşırken NETAŞ da AR-GE laboratuvarlarını derslikler için açmakta ve öğrencilere uygulamalı bilgiye erişim olanağı sunmaktadır (Güngör, 2018, s. 136-137).

Dijitalleşme ile şekillenen eğitim dünyasına bir diğör örnek ise İzmir’deki “Bornova Mazhar Zorlu Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi” ile karşımıza çıkmaktadır. Okulda; elektronik, mekanik ve bilgisayar alanlarına ara elaman yetiştirilmesi için yeni sınıflar, laboratuvarlar oluşturulmuştur. Bu okulda, sanal laboratuvar da dersler işlendiğı de bilinmektedir. Nitekim ilgili okulda; endüstri 4.0 laboratuvarı, fabrika laboratuvarı, fabrika otomasyon laboratuvarı, FMS laboratuvarı ve robot kulübü gibi alanlarda öğrencilerin, el becerileri geliştirilerek yeni tasarımlara imza atılmaktadır (<https://www.meb.gov.tr/ogrenciler-derslerini-endustri-40-ile-goruyor/haber/18785/tr>).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİNİN GETİRDİĞİ YENİ TEKNOLOJİLER, GELECEĞİN EKONOMİLERİ VE ENDÜSTRİ 4.0'IN EKONOMİK ETKİLERİ

Bu bölümde, “*akıllı fabrikalar, artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik, büyük veri, bulut bilişim sistemi, dijital para, üç boyutlu yazıcılar, nesnelerin interneti, otonom robotlar, siber fiziksel sistemler, siber güvenlik, simülasyon, sistem entegrasyonu, yapay zekâ boyutlarıyla*” Endüstri 4.0 devrimi teknolojileri ve “*dijital ekonomi, metaverse ekonomi ve deneyim ekonomisi, yenilenebilir enerji ve döngüsel ekonomi, paylaşım ekonomisi, yeşil ekonomi kapsamında*” Endüstri 4.0 ile şekillenen geleceğin ekonomileri ele alınmaktadır.

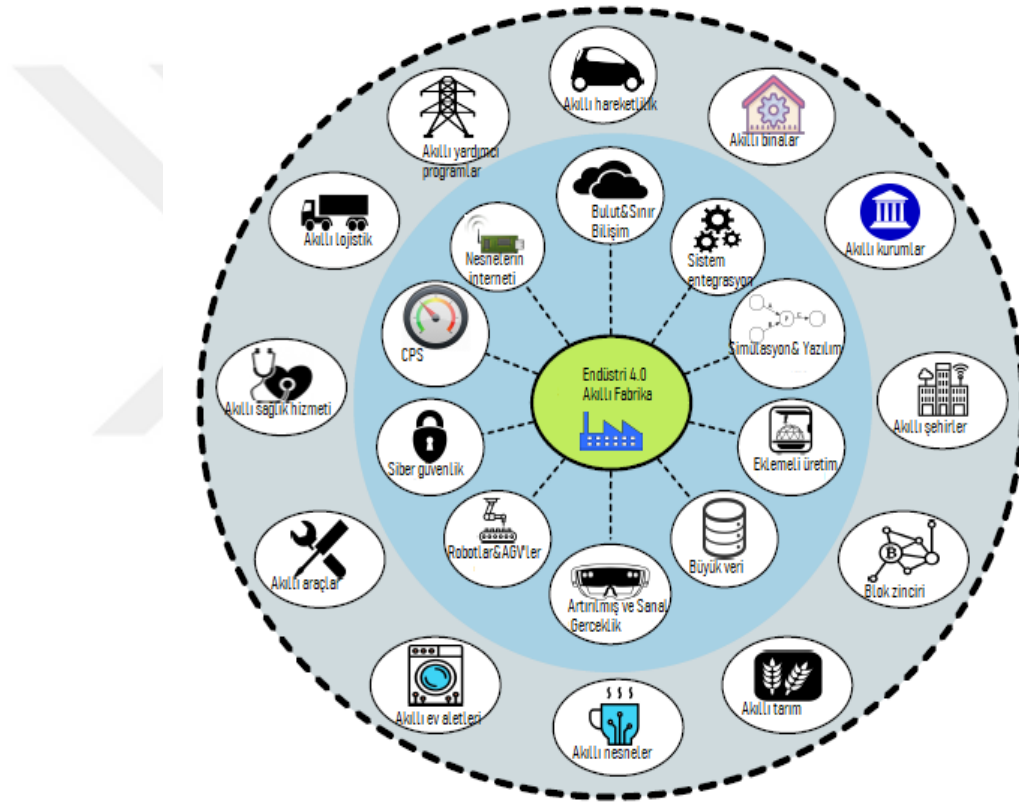
3.1. Endüstri 4.0 Devrimi Teknolojileri

Her daim var olan bireyler, toplumlar ve ülkeler arası etkileşim, şimdilerde teknolojik imkânlar sayesinde artarak devam etmektedir (Erdoğan, 1999, s. 113). Teknolojinin ilerleyişi ve baskın bir hale gelişi, bir taraftan bir yönelim olarak nitelendirilebileceği gibi öte taraftan da bu teknolojinin köklü endüstrilerden bazılarını yapısal açıdan değiştirilebilecek, onları şeklen bozabilecek güce sahip bir olgu biçiminde kabul edilmektedir. Bu değişimlerin de ekonomi ve istihdam pazarını etkileyeceği aşikârdır. Dolayısıyla bu yeni teknolojiler, iş modelleri ile bütünleştikçe hemen hemen her sektörde daha az emek-yoğun süreçler yaşanmaktadır. Böylece bu dönüşümlerin çok hızlı bir şekilde gerçekleşmesi mümkün olmaktadır (Ford, 2018, s. 16-18).

Endüstri 4.0'ın yeni dijital teknolojileri, herkesin çıkarına hizmet ederek insani ihtiyaçlarını giderecek ve herkese gerçek bir küresel uygarlığın parçası oldukları hissi uyandıracak şekilde yönetmek gerekmektedir. Çünkü Endüstri 4.0'ın yeni teknolojileri, küresel düzeyde yaşam standardının ve toplumsal refahın artışında ciddi katkılar sağlamaktadır (Schwab ve Davis, 2019, s. 49-51). Nitekim bu yeni teknolojiler, enerji alanındaki gelişmeleri şekillendirerek yapay zekâ geliştirilmesi, akıllı şebekeler yaratılması, verimliliğin artırılması, maliyetlerin düşürülmesi açısından son derece umut vericidir (Schwab ve Davis, 2019, s. 261-262).

Endüstri 4.0'ın yeni dijital teknolojileri, sanal dünya ile gerçek dünyanın etkileşimini sağlamaktadır. Bu bakımdan Endüstri 4.0 algoritmalar, büyük veri ve yüksek teknolojiler ile ilişkilendirilen uyarlanmış, bütünleşmiş ve optimize edilmiş, hizmet odaklı ve birlikte

çalışılmasına olanak tanıyan bir üretim süreci yaratmaktadır (Lu, 2017). Endüstri 4.0 ile gelen temel teknoloji kategorilerini “akıllı otomasyon (sanal-fiziksel) ve robotik süreç otomasyonu (RPA), artırılmış (zenginleştirilmiş) gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR), karma gerçeklik (MR), bulut (cloud), sınır (edge) bilişim, makine öğrenimi, kablosuz bağlantı (2G, 3G, 4G, 5G, Bluetooth, Wifi), yapay zekâ (bilişsel, bilişim, kognitif), nesnelerin ve endüstriyel nesnelerin interneti, 3D baskı, yeşil enerji (yenilenebilir enerji, yeşil binalar)” olarak sıralamak mümkündür. Sonuç olarak “Endüstri 4.0” çerçevesinde şekillenen bu yeni teknolojilerin bir araya gelerek inovasyon üretmesi neticesinde güçlerini daha da artırmaları mümkün olmaktadır (Schwab ve Davis, 2019, s. 96).



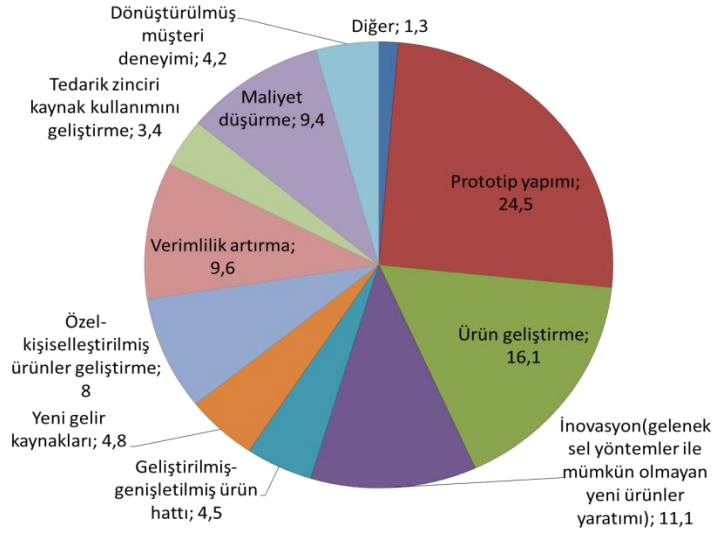
Şekil 3. 1. Endüstri 4.0 teknolojileri ve ilgilendiği alanlar (Fernandez-Carames, 2018, s. 4)

Şekil 3.1’de Endüstri 4.0 teknolojileri ve ilgi alanlarına yer verilmiştir. Buradan da görüldüğü üzere Endüstri 4.0 teknolojileri “üç boyutlu yazıcılar, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut bilişim sistemi, otonom robotlar, akıllı fabrikalar, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik, yapay zekâ, siber fiziksel sistemler, siber güvenlik, simülasyon, sistem entegrasyonu, dijital para” ile birlikte “akıllı şehirler, akıllı kurumlar, akıllı binalar, akıllı nesneler, akıllı sağlık hizmetleri, akıllı lojistik, akıllı tarım akıllı fabrikalar” ve benzeri pek çok unsur oluşturmaktadır.

3.1.1. Üç boyutlu (3D) yazıcılar

Günümüzde 3D yazıcılarla üretilen nesneler ile bir süredir karşılaşmaktadır. 3D baskı, gıda ve sağlıktan havacılık ve uzaya kadar neredeyse tüm sektörleri etkilemektedir. Bu şekilde herhangi bir sektör için 3D baskıda sipariş üzerine ürün ve hizmet sunumu yapılmaktadır (Schwab ve Davis, 2019, s. 202). Özellikle havacılık şirketlerinde uygulanmaya başlayan bu yöntem, uçak üretiminde kullanılmaktadır. 3D CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım “*Computer Aided Design*”) dosyası, bir dizi 2D (genişlik ve yüksekliği olan geometrik model) düzlemsel kesitte dilimlenmekte ve bunlar parçayı oluşturmak için üst üste yatırılmaktadır. Üst üste konulma işleminden ötürü bu teknolojinin endüstriyel boyutta kullanımı “*Katmanlı (Eklemeli) Üretim (İmalat)*” olarak da bilinmektedir. Bu bakımdan 3D baskı (eklemeli imalat), malzeme katmanlarının sürekli olarak eklenmesiyle fiziksel bir nesnenin yaratılması süreçleridir. Bu süreçte sanal gerçeklik hâkimiyetindeki bir ortamda ürünün katman katman işlenmesi söz konusu olmakta, sanal gerçeklik altyapısı kapsamında ürünündeki herhangi bir hatanın komutlarla nasıl değiştirileceği işlenmektedir. Bu nedenle bilgisayar destekli yazılımların sanal gerçeklik ile bütünleştirilmesi ve bunun neticesinde de verilen komutlar dâhilinde meydana gelen ürün, üç boyutlu yazıcıların aracılığıyla oluşmaktadır. İlgili süreç; bilgisayar, 3D model yazılımı (CAD), makine ekipmanları ve katmanlı materyal kullanımıyla önce tasarım yapılması, sonrasında da 3D yazıcı ile tabandan tavana üretimin gerçekleştirilmesi biçiminde özetlenmektedir. Özetle, katmanlı üretim ile ürünün hızlı bir prototipi geliştirilebilmektedir. Bir başka ifadeyle katmanlı üretim, modelin özel yazılımlar sayesinde katmanlara ayrılarak bu katmanların sırasıyla fiziksel ürüne dönüştürmesini sağlamaktadır (Şahin ve Kaya, 2019, s. 29).

Sonuç olarak “*Endüstri 4.0*”ın arzuladığı gibi kişiye özel üretim gerçekleştirme olanağı, 3D baskı ile mümkün hale gelmektedir. Bu şekilde motor parçalarından gıda maddeleri ve hatta canlı hücrelere kadar pek çok şeyin üretiminde kullanılabilmektedir (Schwab ve Davis, 2019, s. 42). Eklemeli imalatın kullanım alanları şekil 3.2’de gösterilmiştir:



Şekil 3. 2. Eklemeli imalatın kullanım alanları (Gartner, 2014; Schwab, 2019, s. 197)

Gartner'e göre 2016 yılında küresel anlamda yarım milyon 3D yazıcı sevkiyatı gerçekleştirilmiştir ki bu rakam, 2015 yılındakinin iki katına tekabül etmektedir Wohlers ise eklemeli imalat yıllık büyüme oranının %25'in üzerinde olduğunu belirtmektedir. 3D baskı, çok daha düşük hacimli ekonomik üretimi sağlamakla birlikte ürünlerin teslimat sürelerini kıskarak nakliye giderlerini de düşürmektedir. Bu nedenle eklemeli imalat teknolojilerinde yaygınlaşmanın ekonomik neticeleri, üretimin gelişmiş ülkelere dönmesi ve bu teknolojilerin düşük maliyetli işgücünün yerini alması olarak belirtilebilmektedir (Schwab ve Davis, 2019, s. 196-202).

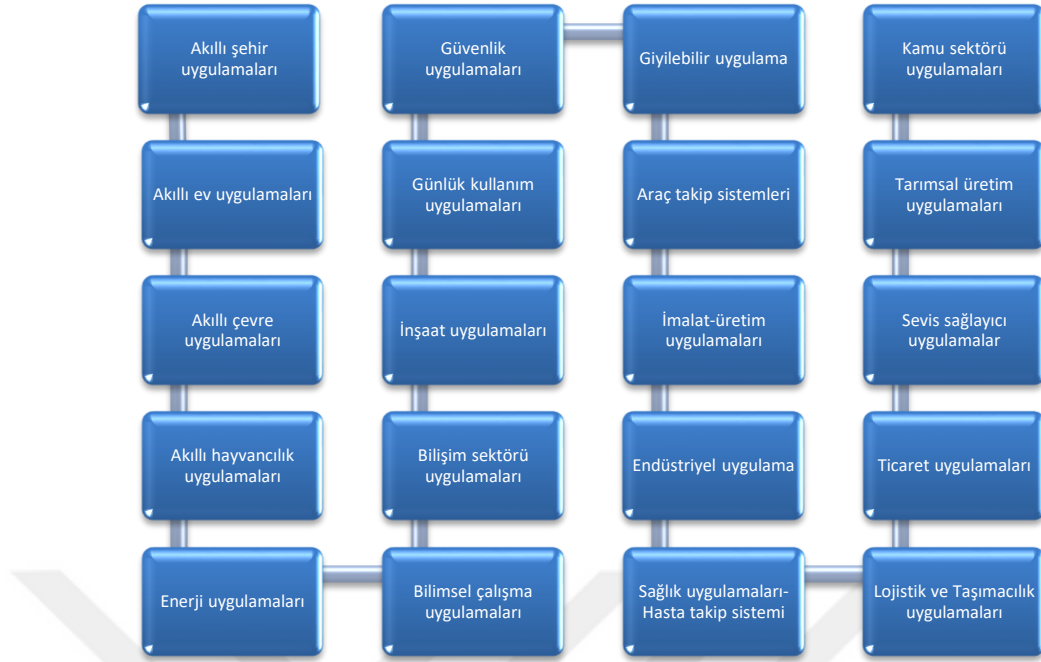
3.1.2. Nesnelerin interneti

Nesnelerin interneti bir diğer adıyla endüstriyel internet veya cihaz tabanlı internet, büyük akıllı projelerin parçası olan bütün akıllı sistemlerin entegresine dayanan temel bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Roblek vd., 2016, s. 3). Nesnelerin interneti kullanım amaçlarına uygun olarak internet vasıtasıyla veri toplayan ve ileten bir dizi akıllı, bağlantılı sensörlerden oluşmaktadır. Cihaz tabanlı internet vizyonundan ilk kez 1991 yılında ABD'li bilgisayar bilimci Mark Weiser "The Computer for the 21st Century" başlıklı makalesinde bahsedilmiş olup bu vizyon, 1999 yılında teknoloji öncülerinden ve RFID uzmanlarından olan İngiliz Kevin Ashton tarafından isimlendirilmiştir (Berberoğlu, 2021, s. 25). İlk defa bir kavram olarak nesnelerin interneti, 2011 yılında George Kopetz tarafından kullanılmıştır. Kopetz'e göre nesnelerin interneti, farklı kaynaklardan elde edilen verilerin toplanarak bir araya getirilmesi, çoğaltılabilmesi ve organize edilebilmesini ifade etmektedir. Bir başka yaklaşımla

nesnelerin interneti, fiziksel nesnelerin sanal kimlik kazanarak birbirleri ile veya daha büyük sistemlerle fiziksel, sosyal olarak bağlantılı olduğu iletişim ağı, şebekesidir. Bu bakımdan nesnelerin interneti, fiziksel faaliyetlerin analizi, kontrolü ve takibinde gerekli cihazlar, yazılımlar ve erişim hizmetlerini kapsayan ağ bağlantılarıdır (Gökrem ve Bozuklu, 2016, s. 47). Nesnelerin internetinde network bağlantısıyla fiziksel cihazlar, birbiriyle iletişim kurabilmekte ve ağ bağlantısı olan fiziksel cihazların birbiriyle iletişimi nesnelerin uzaktan kontrolünü mümkün kılmaktadır. Nitekim yazılım programları ve sensörler aracılığıyla canlı, cansız her şeyin bağlanabildiği nesnelerin interneti, verimlilik ve maliyet avantajı sağlamayı amaçlayan bir sistemdir. M2M iletişimine imkân tanıyan bu sistem, hızla gelişmektedir. Tam da bu noktada, IoT ile insan-makine etkileşiminin artmasıyla insandan insana olan ile kıyaslandığında makineden makineye veri ekonomisinin çok daha büyük bir hale geleceğini söylemek mümkündür (Schwab ve Davis, 2019, s. 151).

İnternet ile bağlanabilenler listesinde “*arabalar, buzdolapları, çamaşır makineleri, fitness aletleri, kol saatleri, parkmetreler, sağlık görüntüleme cihazları, süper market rafları, termostatlar, televizyonlar, trafik kameraları ve lambalarından kapı kilitleri, çiftlik hayvanları ve ağaçlara kadar*” canlı, cansız pek çok şeyin yer aldığı bilinmektedir. Bu listenin daha da çeşitlendirilmesi/genişletilmesi mümkündür (Dikkaya vd., 2018, s. 867). Sonuç olarak akıllı fabrikaların, akıllı servislerin ve akıllı ürünlerin temeli “*Nesnelerin İnterneti*”ne dayanmaktadır (Kagermann vd., 2015).

Nesnelerin internetinin “*IoT platformu*”nun hayata geçirebildikleri “(1) *Kontrol süreçlerini hızlandıran bir veri yönetimi sunacak*, (2) *Yük taşımacılığı kapsamında paletler, ürünlerin düşmesi engellenebilecek*, (3) *Sensörler ve kameraların karışımı riskler, kusurlu depolamalar tespit edilerek herhangi bir öğenin düşme olasılığının hesaplanabilmesi*, (4) *Akıllı yürüyüş yollarının, akıllı konteynerlerinin, akıllı depo yönetim sisteminin, mobil lokalizasyonların, robotların, işi ve bu işi yapan kişileri niteliksel olarak değiştirmesi*” şeklinde sıralanabilmektedir. Dolayısıyla nesnelerin interneti (IoT) ile akıllı evlerin, binaların, şehirlerin, devletlerin oluşturulması mümkün olmakta, bu şekilde tümü uzaktan müdahale edilerek yönetilebilmektedir (Berberoğlu, 2021, s. 25).



Şekil 3. 3. Nesnelerin interneti (IoT) uygulama alanları (<https://www.startupnedir.com/dunyada-iot-uygulama-alanlari-ve-ornekleri/>Erişim Tarihi: 13.12.2021)

Nesnelerin interneti (IoT) uygulama alanlarına Şekil 3.3'te yer verilmiştir. Nesnelerin interneti ile dijital altyapı, ürünler ve iletişimler, bireylerin yaşamlarına aracılık etmektedir. Bununla birlikte nesnelerin interneti, süreç kontrollerine hız kazandırarak bağlantısız veri yönetimi sunumunu olanaklı hale getirmektedir. Londra merkezli bir Pazar analitiği şirketi “IHS”nin öngörüsüne göre, 2015 yılında 15,4 milyar olan IoT aygıtlarının sayısı, 2025 yılında tahmini olarak 75,4 milyara ulaşacağı, bu aygıtların etkileşimi ile de 2030 yılına kadar küresel ekonomiye yaklaşık 14 trilyon dolarlık bir katkı sağlanabileceği belirtilmektedir (Schwab ve Davis, 2019, s. 138-149). Esasında nesnelerin interneti, internet ağlarını yaygınlaştırırken bir yandan da karmaşıktırmaktadır (Xia vd., 2012, s. 1101). Nesnelerin interneti ile ilgili birtakım endişeler de bulunmaktadır. Bu noktada, nesnelerin internetinin yapay zekâ, robotbilimle entegrasyonu rutin, manuel işgücü ihtiyacını azaltması ile ortaya çıkan istihdam ve beceriler üzerindeki toplumsal etkiye ilişkin bir kaygı söz konusu olmaktadır. Ayrıca nesnelerin interneti, genel anlamda güvenli olmayan aygıtlardan kaynaklı siber güvenlik riskleri, standartların olmaması, sınır aşırı veri kaygılarını da yaratmaktadır (Schwab ve Davis, 2019, s. 152).

3.1.3. Büyük veri

Günümüzde bilgisayar, internet ve hafıza sistemlerindeki gelişmeler, eşsiz miktarda verinin toplanarak depolanmasını mümkün hale getirmektedir. Dijital ağa dâhil olan e-posta, mesaj uygulamaları, telefon ve benzeri farklı sistemler her kaynaktan çeşitli türde veriler üretilmektedir. “*IQ Plus sistemi*” şeklinde ifade edilen bu sistemin temel niteliği “*karışık ve büyük verileri sadeleştirilmesi*” olarak bilinmektedir. Veri, henüz işlenmemiş, anlamlandırılmamış, analiz edilmesi gereken ham bilgiyi ifade etmektedir. Her nesnenin az çok ağa dâhil edilerek sensörler aracılığıyla toplanması ile veri boyutu inanılmaz şekilde genişlemiştir (Berberoğlu, 2021, s. 26). McKinsey “*büyük veri*”yi, verilerin yakalanması, depolanması ve analiz edilmesi bakımından tipik veri tabanı yazılımlarıyla başıaramayan büyüklükteki veri kümelerini tanımlamaktadır. Bu bağlamda da “*büyük veri*”nin veriyi toplamak ve verinin analizinin gerçekleşmesi şeklinde iki ana ayağı bulunmaktadır (Dikkaya vd., 2018, s. 866).

Tablo 3. 1. Büyük verinin unsurları “3V” (Gartner, 2015)

Büyük verinin unsurları “3V”	
Hacim (volume)	Verinin toplam büyüklüğü
Hız (velocity)	Zamana ilişkin üretilen veri miktarı-verinin yayılma hızı
Çeşitlilik (variety)	Pek çok farklı kaynaktan çeşitli türlerde verilerin toplanması

Büyük veri, geniş veri yığınlarının analizine dayanmaktadır. Bu devasa-karmaşık veri yığını analizlerinde kullanılan platformlar (Azure, Google Compute Engine, Hadoop), veri tabanları, sosyal medya araçları ve benzeri teknolojiler bulunmaktadır (Berberoğlu, 2021, s. 26-27). Sonuç olarak terabayt, petabayt (ve hatta exabyte) büyüklüğünde veri kümelerini belirten “*büyük veri*”, sanal ortamda yapılan her işlemin kaydedilmesi neticesinde oluşturulmaktadır (Şahin ve Kaya, 2019, s. 29).

Büyük verinin unsurlarına (3V), tablo 3.1’de, büyük verinin temel teknolojik hedeflerine ise tablo 3.2’de yer almıştır.

Tablo 3. 2. Büyük verinin temel teknolojik hedefleri (Davenport, 2016)

Büyük verinin temel teknolojik hedefleri	
Maliyet Azaltma	“Kaynaktan hedefe doğru bir yolculuk şeklinde her verinin bir rotası ve belirlediği teknolojik hedefleri bulunmaktadır.”
Zaman Tasarrufu	
Yeni Büyük Veri Araçları Geliştirme	
Destek Yönetimi ve İş Kararları	

Büyük veri ve benzeri sistemler, firmalar için sunucu (server) gereksinimini azaltmakla birlikte üretim için gerekli bilgiye erişimi de kolaylaştırmaktadır. Bunun yanı sıra büyük veri sistemleri, bilginin kamusal niteliğine ilişkin görünürlük kazandırmaktadır. Bu şekilde firmalar için pek çok maliyet avantajı sağlarken, tüketiciler için de düşük fiyat avantajını mümkün kılmaktadır. Ancak büyük veri sistemleri ile karşılaşılacak riskler de mevcuttur. Büyük veri sistemlerinin internet erişimine açıklığı, bu platformların siber güvenliği açısından riskli olabilmektedir. Bu bakımdan da gizli kalmayan, yok edilen veriler firmalar için tamamen bir belirsizlik alanı yaratmaktadır (Alçın, 2016, s. 26).

3.1.4. Bulut bilişim sistemi

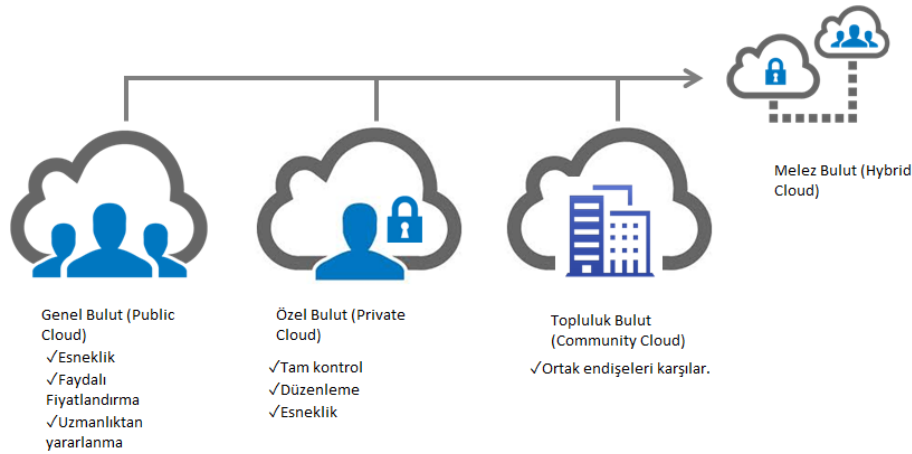
“*Bulut bilişim*” bilgisayar ağı, sunucu, depolama uygulama/hizmetleri ve benzeri yapılandırılabilir bilgi işlem kaynaklarının paylaşıldığı bir havuz anlamına gelmektedir (Mell ve Grance, 2011, s. 2). Bir başka deyişle “*bulut bilişim*”, büyük verilerin internet üzerinde depolanabilmesine ve bu verilerin erişilebilirliğini olanaklı kılan teknolojiye denmektedir. ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü tarafından “*bulut bilişim*” ayarlanabilir, bilgisayar kaynaklarının paylaşımlı havuzuna ilave bir müdahale gereksinimi olmaksızın kolay ve talebe bağlı ağ erişimi sağlamayı amaçlayan bir model olarak tanımlanmaktadır. Bulut bilişim, yalnızca veri depolama aracı olarak değil de aynı zamanda bu teknoloji, son derece basit bir bilgisayarla hesaplama gücü gelişmiş bir bilgisayarın özelliklerinden yararlanılabilecek bir araç niteliğini sunmaktadır. Bulut teknolojisinde meydana gelen yeni gelişmeler, Enformasyon Teknolojileri (IT) hem üreticileri hem de tüketicilerin düşünce biçimini değiştirmiştir. Bu bakımdan da bulut sistemlerinin, iş ve uygulama modellerinin temel yapısı, platformu, yazılımı ve internet servislerini köklü bir şekilde değiştirmesi kuvvetle muhtemeldir (Wang vd., 2015, s. 521).

Genellikle telekom ve bilgi teknoloji sektörlerinde kullanılan bulut bilişim teknolojilerinin devleti, eğitimi, sağlığı ve medyayı önemli ölçüde etkileyeceği düşünülmektedir (Şahinaslan, 2020, s. 40). Ayrıca bulut ile birlikte verilerin de genişlemesinin performansı çok yükselteceğini söylemek mümkündür (TÜSİAD, 2016, s. 29). Bununla beraber bulut bilişim, yüksek maliyetleri gerektiren fiziksel veri depolama problemini de ortadan kaldırmaktadır. Sonuç olarak bulut bilişim, bilgisayar ağları ile arzu edilen bilginin arzu edilen zamanda ve yerde elde edilmesini sağlayan ekonomik, esnek ve çevik bir veri yöntem sistemini oluşturmaktadır. Bu sistem, tüm bilgilerin aynı

platformda konumlandırılmasını sağlayarak verilerin hesaplanmasını ve birbirleriyle ilişkilerinin değerlendirilmesini kolaylaştırmaktadır (Şahin ve Kaya, 2019, s. 25).

1950’li yıllarda, bulut bilişim fikrinin temelleri atılmıştır. İlk olarak 2006 yılında bulut bilişim sistemi, gerçek bulut bilişim hizmeti veren internet devlerinden AmazonS3’ün hizmete girmesiyle başlamıştır. Bu bakımdan AmazonS3, her boyuttan-yerden verilerin toplanması ve bu verilerin depolanması için ortaya koyulmuş bir depolama hizmeti olarak bilinmektedir. 2008 yılının ortalarına gelindiğinde ise Gartner (Danışmanlık ve Araştırma Şirketi) bulut bilişimi, bilgi teknoloji hizmetleri sektöründe gerek kullanıcılar gerekse tedarikçiler arasındaki ilişkiyi değiştirebilecek potansiyelde olduğuna vurgu yapmıştır. Nitekim 2008 yılından günümüze baktığımızda bulut bilişim, dünyada yaygınlıkla kullanılmaya başlanmıştır (Çevik, 2018, s. 19). Son birkaç yıldır Türkiye’de de yaygınlaşan bu teknoloji ışık hızıyla büyümeye devam etmektedir.

Endüstri 4.0 ile veri transferi yoğunluğunun artması, çapraz tesislerde ve şirket sınırlarında daha fazla veri paylaşımını mümkün kılmaktadır. Makina verileri ve işlevselliği paylaşımının bulut üzerinden yaygın hale gelmesiyle üretim sistemlerinde daha fazla veriyi içeren hizmet gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, süreçleri takip eden, denetleyen sistemler de bulut tabanlı olmaktadır (Rüßmann vd., 2015, s. 4).



Şekil 3. 4. Bulut bilişim geliştirme modelleri (<https://www.endustri40.com/bulut-bilisim-cloud-computing-nedir/>)

Şekil 3.4’te bulut bilişim geliştirme modellerine yer verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere bulut bilişim geliştirme modelleri “genel bulut, özel bulut, topluluk bulutu ve melez bulut” olmak üzere dört ayrı grupta kategorize edilmektedir. *Genel Bulut (Public Cloud)*: Genel Bulut uygulamalarında depolama ve diğer kaynak erişimi, hizmet sağlayıcıları aracılığıyla kullanıcılara sunulmaktadır. Bu hizmet sağlayıcı kaynakların kullanımı,

herkese açık olup hizmetler ücretsiz ya da kullanıma göre fiyatlandırılmaktadır. Firmaların ya da bireylerin genel bulutta herhangi bir sorumluluğu, yetkisi veya hakkı bulunmamaktadır. Bu hizmetlere örnek olarak “*harita uygulamaları, elektronik postalar (mail hizmetleri) ve depolama hizmetleri*” verilebilmektedir. Genel olarak Microsoft, Apple, Google ve benzeri genel bulut sağlayıcıları, kendi altyapı kaynaklarını işlemekte ve bunlara yalnızca internet üzerinden erişim sağlanmaktadır. *Özel Bulut (Private Cloud)*: Bulut tabanlı kaynakların tamamının yalnızca tek bir bulut ile yönetimi ve kullanımına “*özel bulut*” denmektedir. Özel bulut, daha büyük şirketler, uluslararası şirketler, bilgileri daha önemli olan şirketlerin tercih ettiği bulut teknolojisi tipi olarak kişisel bir kuruluş yapısına sahip olmasından ötürü tüm bilgiler kurucunun elinin altındadır, erişim güvenliği ve gizliliği yüksektir. Buna örnek olarak “*devlet kuruluşlarının bilgi işlem ihtiyaçlarını ortak kurulan bir bulut kullanarak sağlaması, Microsoft şirketinin sunduğu Hyper-V ve System Center ürünleri*” gösterilebilmektedir. *Topluluk Bulut (Community Cloud)*: Bulut altyapısının güvenlik, gizlilik gibi benzer değerleri olan kurum, kuruluşlara paylaştırılmış sistemler “*topluluk bulut*” olarak adlandırılmaktadır. Bu bakımdan birkaç şirket ile ortak kullanılan hizmetleri barındıran bulut teknolojisi olarak da tanımlanmaktadır. Bu sistemde topluluk üyelerinin, uygulama ve verilere erişebilmesi mümkündür. Bu sisteme örnek olarak “*E-devlet uygulaması*” gösterilebilmektedir. *Melez Bulut (Hybrid Cloud)*: Genel ve Özel Bulut’un birleşimiyle oluşan bulut teknolojisine “*melez bulut*” denmektedir. Şirketlerin hacmine göre birleşim oranları değişmektedir. Bu sistemde gizlilik ve güvenlik daha önemlidir. Dolayısıyla melez bulut sistemini, genellikle veri depolama gereksinimleri daha fazla olan ve güvenliği önemseyen şirketler tercih etmektedir (<https://www.endustri40.com/bulut-bilisim-cloud-computing-nedir/>).

İnternet ağları ile kurulan sanal ortamlar, bulut bilişimlerin olduğu platformlardır. Bu bakımdan bulut modelinin kullanılabilirliği, 5 temel nitelik “*geniş ağ erişimi, hızlı esneklik, isteğe bağlı self servis, kaynak havuzu, ölçülen hizmet*” ile desteklenmektedir (Schwertner, 2017). Bulut bilişimden faydalanabilmek, verilerin güvenliğinden emin olduğunda mümkün olmaktadır ancak internetin yaygın kullanımı veri güvenliği açısından önemli problemlere yol açabilmektedir (Şahin ve Kaya, 2019, s. 25). Nitekim ilk başta güvenlik kaygılarına sebep olduğundan dolayı bulut bilişim, pek fazla kullanılmamış olsa da şimdilerde gerek ekonomik oluşu gerekse erişilebilirliğindeki kolaylıklar sayesinde yaygınlıkla kullanılmaktadır (Berberoğlu, 2021, s. 26). Tablo 3. 3’te bulut teknolojisi hizmeti veren platformlara yer verilmiştir:

Tablo 3. 3. Bulut teknolojisi hizmeti veren platformlar (<https://studylibtr.com/doc/926629/bulut-bili%C5%9Fim--cloud-computing/>)

Bulut teknolojisi hizmeti veren platformlar	
Dropbox	
Google Drive	“Bulut depolama (cloud storage), bulutta (çevrimiçi) dosya depolama olanağı tanımaktadır. Bulut kullanıcıları, dosyalarına arzu ettikleri zaman ve mekânda erişebilmekte veya güvenli çevrimiçi depolama teklifleriyle önemli avantaj elde edebilmektedir.”
Yandex.Disk	
SkyDrive	
iCloud	
Amazon Cloud Drive	
Turkcell Akıllı Bulut	
TTNET Bulut	

3.1.5. Otonom robotlar

Geçmişten günümüze robot dünyasına bakıldığında, donanımsal ve yazılımsal alanlarda meydana gelen girişimlerle robotların, endüstri dışında da askeri, arama kurtarma, tıp, uzay ve benzeri pek çok alanda geniş bir araştırma sahası olduğu görülmektedir. Bu bağlamda son zamanlarda insanlar; daima kendisi için destek niteliğinde araçlar geliştirme arzusuyla bitkilere, hayvanlara ve hatta kendisine benzer cihazlar yapmaya yönelik çalışmalara başlamıştır (Gürgüze ve Türkoğlu, 2019, s. 53). Nitekim günümüzdeki robot kavramı, Endüstri 4.0’ın çok daha öncesinde literatürde yer almıştır. Bu kavramın ilk kullanımı, 1920 yılında Çekyalı bir yazar Karel Capek’in yazdığı “*Rossums Universal Robots (Rossum’un Evrensel Robotları)*” adındaki tiyatro oyunu olmuştur. Robot kelimesi, Çekya dilinde “köle” anlamına gelen “robotnik” sözcüğünden gelirken, TDK’ya göre robot, kendisine belli işlerin yaptırılabilirdiği otomatik araç olarak tanımlanmaktadır. Nitekim BCG’ye göre otonom robotlar, geleceği ve endüstriyel üretimi dönüştüren dokuz teknolojidendir. BCG’ye göre robotlar, birçok sektörde kullanılmakta ve kullanım alanlarının artırılması için evrimleşmesi planlanmaktadır. Akıllı ve bağlantılı makineler olarak kabul edilen bu robotlar, çeşitlilik ve derinlik bakımından kullanıldıkları alana ve yaptıkları işlere göre sınıflandırılabilir (Ford, 2018, s. 9).

Uluslararası Standartlar Teşkilatı tanımına göre Endüstri 4.0 çerçevesinde sanayide kullanılan endüstriyel robotlar, endüstriyel otomasyon uygulamalarında kullanılmak için yeniden sabitlenmiş ya da mobil olarak sabitlenebilen üç veya daha fazla eksenle programlanabilen otomatik olarak kontrol edilebilirliği mümkün, çok amaçlı mekanik bir sistemdir. Bir başka deyişle endüstriyel robotlar, daha esnek, otonom ve işbirliğine yatkın sistemlere sahip makineler dönüşmektedir. Algılama, veri toplama ve analiz etme işlevi

olan bu yetenekli robotların, değişen koşullara uyum sağlayabilme kapasitesi ve esnekliği son derece yüksektir. Oxford Economics firmasının çalışmasında belirtildiği üzere, dünyada 20 milyon imalat işinin, 2030 yılına kadar robotlarca yapılabileceği öngörülmektedir (<https://www.stendustri.com.tr/robot-yatirimlari/robotlar-20-milyon-calisana-yeni-is-sahasi-acacak>). Dolayısıyla Endüstri 4.0 kapsamında robotlar, üretimde en aktif rolü üstleneceği öngörülen araçlardır. Kendilerine daha esnek görevlerin yüklenmesi hedefinden ötürü robotların, zaman ilerledikçe daha otonom ve daha işbirlikçi olması tasarlanmaktadır. Robotların birbirleriyle etkileşimde olmaları ve insanlarla yan yana güvenli bir şekilde çalışmaları arzulanmaktadır (Thinktech, 2021).

Akıllı robotların üretim sürecine artan oranda uyum sağlamasıyla, işgücünün katma değeri yüksek diğer işlere aktarılması neticesinde verimlilik artışı mümkün hale gelmektedir. BCG tarafından belirtildiği üzere, 2025 yılında şu anki işlerin dörtte birinin, akıllı yazılımların ve robotların gerçekleştirebileceği öngörülmektedir. Robotların sağladığı veya sağlayacağı öngörülen faydalar tablo 3.4'e gösterilmiştir:

Tablo 3. 4. Robotların sağladığı veya sağlayacağı öngörülen faydalar/avantajlar (Rüßmann vd., 2015, s. 3; Wang vd., 2016, s. 158)

Referans	Robotların sağladığı (sağlayacağı) öngörülen avantajlar
Rüßmann vd. (2015: 3)	“Üretim maliyetlerini azaltması ve üretim yeteneklerinin daha geniş kapsamlı olması sağlanmaktadır.”
Wang vd. (2016: 158)	“Otonom karar verme-birimler arasındaki işbirliği, beraberinde yüksek esnekliği getirmektedir.”

1948-1949 yıllarında İngiltere'nin Bristol şehrindeki Burden Nörolojik Enstitüsü'nden William Gray Walter tarafından “Elmer ve Elsie” adındaki ilk otonom robotlar geliştirilmiştir. Bunlar, şekilleri ve yavaş hareket etmeleri nedeniyle “üç tekerlekli kaplumbağa robotlar” olarak nitelendirilmekteydi. 1954 yılında ise George Devol tarafından sayısal temelli çalışan “Unimate” adındaki otonom robot geliştirilmiştir. Nihayetinde günümüz dijital çağında, Irak ve Afganistan'da bomba imhasında kullanılan askeri robotlardan, teknik yaratıcılığı körüklemekten otizmlili, öğrenme zorluğu çeken çocuklara yardımcı olmaya kadar pek çok konuya odaklı eğitim robotlarından ya da bir endüstri robotu “Baxter” ve 25 kilograma kadar eşyayı evin ve/veya dükkânın içine taşıyabilen “Budge” adındaki kişisel bir robottan bahsetmek mümkündür (Ford, 2018, s. 23-25). Tarım sektöründeki dijital teknolojilere bakıldığında ise meyve sebze toplayan

otonom robotlara rastlamak mümkündür. Bu alandaki yeniliklerden biri, Tevel Aerobotics Technologies şirketi tarafından geliştirilen, uçabilen ve meyve sebze toplayabilen yapay zekâ destekli otonom bir robot olarak karşımıza çıkmaktadır (<https://www.tevel-tech.com>). Ayrıca Suudi Arabistan'da insana benzeyen bir robota vatandaşlık hakkı verilmesiyle bir ilke imza atılmıştır. Ancak bu teknolojilerin insanlar açısından bazı olumsuz yanları da bulunmaktadır. Robot ve yapay zekâ teknolojilerindeki son gelişmelerden güçlenen algoritmalar dâhilinde yeni otomasyon biçimlerinin pek çok önemli mesleği ikame edebilmesi mümkün hale gelmiştir. 2000 yılında fiziksel olarak Goldman Sachs'ın New York ofisinde 600 borsa işlemcisi çalışırken, 2017 yılında yalnızca otomatik alım ve satım programlarından destek alarak çalışan iki kişi kalmıştır (Schwab ve Davis, 2019, s. 93).

3.1.6. Siber fiziksel sistemler

Fiziksel dünyanın dijital veriler ile algılanarak komuta edilebilmesiyle “*Siber Fiziksel Sistem*” kavramı ortaya çıkmıştır. Sensörlerle desteklenen bu sistemler, fiziksel dünyadaki hareketlerin internet hizmetleri aracılığıyla toplayarak küresel anlamda nesnelerin etkileşimini kapsamaktadır (Geisberger ve Broy, 2012, s. 314). Sibernetik (cybernetics) olarak bilinen, canlılar ile makineler üzerindeki iletişimi ve kontrolü araştırmayı hedefleyen bilimsel bir disiplinden türemiş “*siber (cyber)*” kavramı, 1940'lı yıllara doğru genellikle bilgisayarlar, bilgi teknolojileri ve internete dayalı kontrol süreçlerini ifade etmekte kullanılmaya başlamıştır (Bradley ve Atkins, 2015, s. 2302). 2006 yılında siberfiziksel sistem kavramı, fiziksel dünya ile bağlantılı bilgisayar sistemlerinin artan önemine dikkat çekmek için ilk defa ABD'de Lee (2006) tarafından kullanılmıştır. Ulusal Bilim Kurumu (The National Science Foundation) tanımına göre siberfiziksel sistemler, gözlemlleme, eşgüdümleme ve denetim gibi üretim süreçlerinde bulunan temel ilkelerin, hesaplama ve iletişim entegrasyonu ile oluşan karma teknoloji tarafından yönetilen sistemlerdir. Açıkçası bu karma teknolojide süreç, siber teknoloji ile entegrasyonu neticesinde fiziksel makinelerin çok daha akıllı hale getirilmesini sağlamakta ve “*siber fiziksel sistemler*” olarak adlandırılmaktadır. Bir başka deyişle, entegre edilmiş bilgi, iletişim, işlem, kontrol ve sensör sistemleri “*siber fiziksel sistemler*” olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla internet tabanlı “*akıllı*” elektronik sistemler olarak da adlandırılan “*siber fiziksel sistemler*” gerçek/fiziksel ve sanal (siber) dünyayı bir araya getirmektedir (Kagermann vd., 2013). Bu anlamda “*sanallaştırma*” ise siber fiziksel

sistemlerin fiziksel süreçleri takip edilerek fiziksel dünyanın sanal bir kopyasının yaratılabilmesidir (Türkcan ve İnce, 2021, s. 7).

Tablo 3. 5. *Siber fiziksel sistemlerin tarihsel gelişim süreci (Bradley ve Atkins, 2015; Alçın, 2016, s.24)*

Tarih	Gelişme
1932	✓ Nyquist, kontrol sistemlerine ilişkin frekans teknikleri geliştirmesi
1940-1945	✓ “Örneklenmiş Veri Sistemleri Teorisi”nin ortaya koyulması
1946	✓ İlk amplifikatör tasarlanması
1950	✓ İlk taşınabilir hücreli telefon geliştirmesi, İlk bilgisayarın (ENIAC) bulunması
1954	✓ Root Locus metodunun geliştirilmesi
1969	✓ “Dijital Kontrol Sistemleri”nin geliştirilmesi
1973	✓ ARPANET (internetin ilk hali) geliştirilmesi
1990	✓ Gerçek zamanlı işleme sistemlerinin geliştirilmesi
1997	✓ İdeal, uyarlanabilir, doğrusal olmayan kontrol sistemleri ile tahmini sistemlerin geliştirilmesi
2000	✓ Hibrit sistemlerin geliştirilmesi
2006	✓ IEEE 802.11 Wifi standardı geliştirilmesi
	✓ Ağ önceliği sistemi (QoS) başlatılması
	✓ İlk kez Siber Fiziksel Sistem (CPS) kavramının kullanımı

Tarihsel süreçte siber fiziksel sistemlerin incelenmesi tablo 3. 5’te gösterilmiştir. Siber fiziksel sistemler ile “akıllı izleme (*intelligent monitoring*)” ve “akıllı kontrol (*intelligent control*)” fonksiyonlarının gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır (Alçın, 2016, s. 25). Siber fiziksel sistemlerde ürünün fiziksel olarak üretilmeden önce bilgisayar ortamında sanal olarak yaratılan simülasyonlar üzerinden denenmesi, sürecin işlerliği sürekli kontrol altında tutulmakta ve hata payını azaltarak verimliliği artırmaktadır (Şahin ve Kaya, 2019, s. 23).

Sonuç olarak tedarikçiler ve müşteri ilişkisi ile oluşturulan veri tabanı sayesinde robotların son derece verimli bir üretim süreci gerçekleştirmesi beklentiler dâhilindedir. Burada akıllı robotlar yani kobotlar (iletişimli robotlar), sensör teknolojisi ile üretim bandında yapabileceği işlem türünü bilmektedir. Bu iletişimli robotlar, meydana gelen ürünün kalitesini ve sistemin hatalarının kontrolünü yapmakta, eğer bir hata varsa onu yok etmektedir. Bu sürecin tümünü ise “siber fiziksel sistemler” yönlendirmektedir. Bu sistemler ile tüketici ve üretici arasındaki iletişimi mümkün kılan verilerin bütünleşmiş

ve kusursuz olması planlanmaktadır (Sabancı Üniversitesi Avrupa İşletmeler Ağı, 2014, s. 1-5).

3.1.7. Simülasyon

Simülasyon kelimesi, Latince kökenli olup Türkçede karşılığı “*benzetmek*”, “*taklit etmek*”tir. Bu bakımdan simülasyon kavramı, gerçek dünyada işleyen sürecin veya sistemin, bilgisayar aracılığıyla sanal olarak modellenmesi ve zamanlama açısından taklit edilmesini ifade etmektedir. Dolayısıyla simülasyon bir ürünün, henüz üretim aşamasında sanal ortamda hazırlanarak gerçeğe en yakın haliyle programlanmasına imkân sunan sistemlerdir. Bu bakımdan üretimde fiziksel dünyayı sanal ortamlarda sunan simülasyonlar ile “*makine ayarları, makina kurulumları, üretim araç ve gereçlerinin yerleşimleri*”nin sanal açıdan testi ve optimizesi mümkün olmaktadır (Rüßmann vd., 2015, s. 3). Houten (2018) similasyonu, fiziksel bir ürünün veya hizmetin gerçek dünyadaki sanal modeli anlamına gelen “*dijital ikiz (digital twin)*” ile ilişkilendirmektedir.

Simülasyon ile hızlıca oluşturulan prototipin, her açıdan görüntülenebilmesi ve iyileştirilmesi gereken hallerde anında müdahale edilebilmesi mümkün olmaktadır. Bu nedenle Endüstri 4.0 için operasyonların değişmez bir parçası olan üç boyutlu simülasyonlar “*endüstriyel alanda ürünlerin tasarım, planlama, bakım, onarım, servis, kalite kontrol ve test aşamaları*”nın tümünde son derece önemlidir (Özhan, 2016, s. 55). Gelecekte simülasyonların, fabrika üretimlerinde daha etkin kullanılabileceği öngörülmektedir (Wright, 2014, s. 79).

Simülasyonların en çok kullanıldığı alan otomotiv sektörüdür. Müşterilerin simülasyon sayesinde satın alacakları otomobillerde sürüş deneyimini tecrübe edebilmesi mümkün olmaktadır (SIEMENS, 2014, s. 13). Ayrıca ekipman üreticisi bir firma ile ortak çalışmaları neticesinde Siemens, bir simülasyon geliştirerek ürünün işlem sürecini %80 oranında azaltmış olup verimlilik artışı sağlamıştır (Frey ve Osborne, 2013, s. 21-22). Bu durum da diğer şirketlere (rakiplerine) karşı hız açısından rekabet avantajı kazandırmaktadır (Gerdin ve Rifve, 2018). Bu sebeple ürünlerin/projelerin simülasyon yazılımları ile hazırlanması, %100 başarı sağlamaktadır. Bunun yanı sıra simülasyonlar aracılığıyla tüketiciler, bir ürünü istedikleri gibi kendileri tasarlayabilmekte ve üretimin her aşamasında o ürünün takibini aktif şekilde yapabilmektedir. Nitekim simülasyon sayesinde sipariş verme süresi %120 ve ürünün piyasa sunum süresi %70 azalmaktadır

(Çakır, 2018). Sonuç olarak geliştirilen simülasyon yazılımları ile malzeme, işçilik, zaman ve benzeri pek çok açıdan önemli tasarruflar sağlanmaktadır.

3.1.8. Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik

1929 yılında Edward Link tarafından tasarlanan uçak simülasyon kabini ile sanal gerçeklik tarihi başlamıştır. 1962 yılında ilk kez Morton Heilig tarafından geliştirilen “*Sensorama*” olarak adlandırılan bir cihaz sayesinde günümüzdeki sanal gerçeklik (VR) ortaya koyulmuştur. 1970 yılına gelindiğinde, Jaron Lanier tarafından sanal gerçeklik kavramı ilk kez kullanılmış olup kendine ait şirkette sanal gerçeklik ürünleri üretilerek satışları gerçekleştirilmiştir. Şimdilerde ise Oculus Rift ve Google Glass projeleri ile sanal gerçeklik, gelişim aşamasının en son noktasına gelmiştir. Sanal gerçeklik, gözlem yapan bireyin tamamıyla sanal (yapay) bir dünya ile etkileşime girmesidir. Bu yapay dünya, gerçek dünyanın özelliklerini takip edebilmekte, aynı zamanda da fiziksel kuralların geçerli olmadığı bir dünya yaratarak gerçekliğin sınırlarını aşabilmektedir (Milgram ve Kishino, 1994, s. 2). Sanal gerçeklik ile kullanıcılar, kendilerini sanal bir dünyada bulmakta, adeta gerçek dünyadan koparak sanal dünyanın gerçeklik hissiyatına kendilerini kaptırabilmektedir (Şahin ve Kaya, 2019, s. 33). Bir başka deyişle sanal gerçeklik, tamamıyla içine alarak etkileşime soktuğu kullanıcılara, zengin, birden fazla duyuya hitap eden, üç boyutlu, 360 derece bilgisayar simülasyonlu bir ortam sunmaktadır (Schwab ve Davis, 2019, s. 238). Artırılmış gerçeklik (AR) ise sanal gerçeklikten farklı bir kavramdır. VR ve AR, özellikle geleceğin tüketicileri olan Z kuşağının (2000 ve sonrası doğumlu) ve Alfa kuşağının (2013 ve sonrası doğumlu) ilgisini çekmektedir. Artırılmış gerçeklik, fiziksel dünyanın dijital veri ve görüntülerle zenginleştirilmesi biçiminde ifade edilmektedir. Bir başka ifadeyle, gerçek dünyadaki çevrenin ve içindekilerin bilgisayar aracılığıyla üretilen ses, görüntü, grafik ve GPS verileriyle zenginleştirilmesi neticesinde yaratılan canlı, doğrudan veya dolaylı fiziksel görünüm anlamına gelmektedir. (TÜSİAD-BCG, 2017). Sanal gerçeklik teknolojisinde ortam tam anlamıyla tasarlanmış ve gerçek objeler içermezken, artırılmış gerçeklikte gerçek dünyanın üzerine sanal geliştirmeler yapılmaktadır. Dolayısıyla artırılmış gerçeklik, gerçek dünya ile aynı anda sanal nesneleri de içeren yeni bir gerçeklik yaratmaktadır. Bu bakımdan artırılmış gerçeklik, gerçek dünya ile sanal dünyayı uyumlu hale getirerek fiziksel ve sanal nesneleri gerçek bir ortamda birleştirmekte, etkileşimli ve tam zamanlı çalışmalarına imkân tanımaktadır (Azuma vd., 2001, s. 34). Temelinde AR tekniğinin sanal gerçeklikten ayrıldığı nokta, AR’da %10-%20 oranında sanal bir görüntü

mevcutken, sanal gerçeğin tamamen sanal bir ortamda hazırlanmış görüntülerden oluşmasıdır (Bulut, 2019, s. 28). Ayrıca özellikle gözlüklerinin daha küçük, hafif, ucuz ve esnek hale getirildiği takdirde AR'ın, kullanıcılar tarafından VR'den daha çok benimseneceği düşünülmektedir (Newman ve Blanchard, 2020, s. 199). Günümüzde bu teknolojiler, endüstri başta olmak üzere oyun, eğlence, askeri, sağlık, eğitim, mimari, pazarlama, satış, turizm ve benzeri alanlarda uygulanabilmektedir. Endüstriyel üretimdeki her aşamada da “*planlama, tasarım, üretim, servis, bakım, test ve kalite kontrol gibi*” bu teknolojilerden faydalanılmaktadır. IKEA (2018)'nin “*IKEA place uygulaması*” müşterilerin ürünleri satın almadan önce ev ve/veya ofislerinde tecrübe ederek görünümünü test etmelerine imkân tanıyan bir artırılmış gerçeklik uygulaması bu kapsamda verilebilecek örneklerden biridir. Sonuç olarak şirketler karar verme ve iş prosedürlerini geliştirmek amacıyla artırılmış gerçekliği kullanmaktadır. Bu kullanımın avantajları aşağıda sıralanmıştır:

- Sanal dünyada, operatörlerin bir siber butona tıklayarak makineleri ile etkileşime girebilmesi ve buna bağlı olarak da parametrelerini değiştirebilmesi,
- Operasyonel verilerin ve bakım talimatlarının alınmasının mümkün olması. (Rüßmann vd., 2015, s. 5).

3.1.9. Akıllı fabrikalar

Endüstri 4.0'ın gündemde olduğu günümüz dünyasında her geçen gün ünlü düşünür Heraklitos'un “*Değişmeyen tek şey değişimin kendisidir.*” sözünün ne denli doğru olduğu anlaşılmaktadır. Endüstri 4.0 devriminin ilk aşamasında, yeni nesil akıllı fabrikaların kurularak üretim sektörünün yaşam biçimine dönüşmesi için farkındalık yaratılması ile firmaların ve kişilerin bir sonraki adımlarının tahminine öncülük etme hedefi belirlenmiştir. Üretim sistemleri içerisinde Siber Fiziksel Sistemlerin (CPS) uygulanması, Siber Fiziksel Üretim Sistemleri (Cyber Physical Production Systems “*CPPS*”) veya Akıllı Fabrika (Smart Factory) olarak ifade edilmektedir (Vinzent vd., 2014, s. 314). Endüstri 4.0 döneminin üretim sahaları olarak kabul edilen “*yeni nesil akıllı fabrikalar*”a, ışıksız ya da karanlık fabrikalar, geleceğin fabrikaları da denmektedir. Akıllı fabrikalar, akıllı sensörler ve algılama, bilgi işlem ve tahmine dayanan analitik ve esnek kontrol teknolojilerinden oluşmuş, son olarak da nesnelerin interneti ve endüstriyel internet teknolojilerinin kullanımıyla çok ölçekli üretime yeni bir yaklaşım kazandırmıştır (Şahin ve Kaya, 2019, s. 29-30). Kısacası akıllı fabrikalar, devrim niteliğinde olup üretimi

yenilemekte ve şekillendirmektedir. Tablo 3.6’da bugünün ve geleceğin fabrikaları karşılaştırılmıştır:

Tablo 3. 6. Endüstri 4.0 ile gelişen yeni nesil fabrikalar: bugünün fabrikası ve geleceğin fabrikası (Lee vd., 2015b, s. 19; Alçın, 2016, s.27)

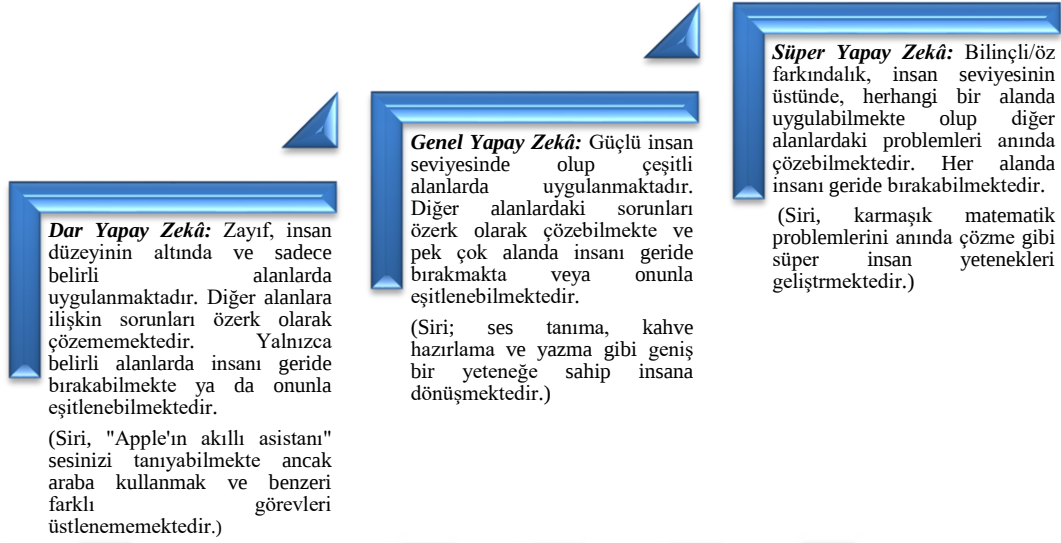
	Veri kaynağı	Bugünün fabrikası		Geleceğin fabrikası	
		Nitelikleri	Teknolojileri	Nitelikleri	Teknolojileri
Bileşenler	Sensör	Hassas	Akıllı sensörler, hata algılayıcıları	Öz farkındalık, Kendiliğinden (otomatik olarak) tahminleme	Bozulma, izleme ve ürün yaşam süresi tahminlemesi
Makineler	Kontrol birimi	Üretilirlik, Performans	Durum tabanlı izleme, teşhis	Öz farkındalık, Kendiliğinden tahminleme, Öz değerlendirme	Sağlıklı yaşam süresi takibi
Üretim Sistemleri	Ağ bağlantılı sistem	Üretkenlik, Toplam Ekipman Etkinliği	Yalın operasyonlar: İş ve atık azaltılması	Kendi kendine yapılanma, Kendini koruma, Kendi kendine organize olma	Üretkenlikte sorunsuzluk

Akıllı fabrikalar, temelinde Endüstri 4.0 üretim biçiminin gerçekleştirildiği yerler olup bu fabrikalarda insana kısmen gereksinim duyulmaktadır (Şahin ve Kaya, 2019, s. 30). Bu sistemlerdeki modern tüketim yapısı, anlık olarak değişim gösterebilen bir nitelik göstermektedir. Akıllı fabrikalar, çeşitlenmiş ürün ile birlikte tam zamanında üretimi de olanaklı kılacak niteliktedir. Yeni dönem fabrikalarının öz denetim, kontrol ve geliştirme süreçlerinde, insan duyuları yerini sensör algılarına bırakmış olup bu süreçlerin, kendiliğinden harekete geçen robotik üretim araçları ile gerçekleşebilmesi sağlanmaktadır (Alçın, 2016, s. 27). Dolayısıyla karma üretim sistemlerinin uygulanabildiği yeni nesil akıllı fabrika sistemleri ve inovasyon süreçleri ile teknolojiye dayalı üretim şekilleri gerçekleştirilmektedir (KPMG, 2015).

Sonuç olarak akıllı sistemler üzerine kurulu üretim anlayışında, maliyet, zaman faktörlerinde verimlilik artışları yaşanmakta, bu durum da ürünlerin kalitesini artırmaktadır (Şahin ve Kaya, 2019, s. 18-19). Dolayısıyla Endüstri 4.0’ın temelinde de, akıllı üretim sistemleri yer almaktadır. Bu bakımdan fabrikaların “akıllanması” daha az fireyi ve müşteri siparişlerine anında yanıt vermeyi mümkün kılmaktadır. Nitekim akıllı fabrikalar ile farklılaşan ürünlerin üretilerek müşteri taleplerinin hızlıca karşılanabilmesi, ekonomik büyümede destekleyici bir unsur olmaktadır (Alçın, 2016, s. 26). PWC (2013) dergisinde yayınlanan bir makalede, Alman firmalarının %50’si sanayi ağları konusunda planlamalarını sürdürürken, hâlihazırda %20’si Endüstri 4.0’ın akıllı fabrikasına geçmiştir (Ivanov, 2016, s. 386).

3.1.10. Yapay zekâ

Zekâ, algısal uyarıcılardan bilgi edinim, öğrenim ve sonuç çıkarım kabiliyetleridir (Jebari ve Lundborg, 2018, s. 168). İnsan müdahalesini gereksiz kılan veya insan dokunuşunu olabildiğince azaltmaya odaklanan yapay zekâ ise kendi başına karar verebilen, insan davranışını taklit etmeye çalışan, yapılandırılmış bir bilgi tabanı, akıllı cihazlardır. Bir başka deyişle yapay zekâ, bir makinenin deneyimlerden öğrenebilme, yeniliklere uyum sağlayabilme, insana benzer fonksiyonları yerine getirebilme yeteneğini ifade etmektedir (Duan, Edwards ve Dwivedi, 2019, s. 63). West (2018) tarafından belirtildiği üzere, Alan Turing'in, yapay zekâyı kastederek kullandığı “*düşünen makineler kavramı*” haricinde direkt olarak yapay zekâ kavramını ilk kullanan 1956 yılında John McCarthy olmuştur. Ayrıca McCarty tarafından 1958 yılında yayınlanan “*Sağduyulu Programlar*” adlı çalışma, bu alanda bir ilk olarak kabul edilmektedir (Bogue, 2014, s. 119). McCarthy yapay zekâyı, akıllı makinelerin yanı sıra özellikle akıllı bilgisayar programları yapım bilimi ve mühendisliği olarak tanımlamaktadır. Kaplan (2016) ise yapay zekânın özünü, sınırlı verilere dayalı olarak zamanında ve uygun genellemeler yapma kabiliyeti olarak belirtmektedir. Yapay zekâ, insanoğlunun kendi başına elde etmesi imkânsız içgörü ve kestirim gücü ile kapasitesini artırarak deneyimlerini güçlendirecek bir yapıdadır. Nitekim yapay zekânın öncelikli hedefleri, insanın zekâ düzeyini bir makineye kopyalamak ve akıllı davranış niteliğine sahip cihazlar yaratmaktır (Brooks, 1991, s. 139). Bu konuda yapılan tahminlere göre yapay zekânın bilgiye dayalı işlerin %100'ünü etkileyeceği, %12'sini ise yok edeceği öngörülmektedir (Frank vd., 2019, s. 61). Şekil 3.5. yapay zekânın evrimsel gelişimi değerlendirilmiştir:



Şekil 3. 5. *Yapay zekânın evrimsel gelişimi (Kaplan ve Haenlein, 2019; Şahin ve Kaya, 2019, s. 95)*

Yapay zekâ teknolojileri “ticari işletmelerde, e-ticarete, sağlık, eğitim, eğlence ve tekstil sektörlerinde, havacılık, uzay sanayi ve savunma sanayiinde, akıllı şehirlerde, ulaştırmada, lojistikte, imalatla, otomobil ve akıllı telefonlarda” kullanılarak pek çok ekonomik ve sosyal talebi karşılayabilmektedir. Örneğin, Türk Tekstil sektöründe bir firma olan Leras Tekstil, “Smart Leras Projesi” ile yapay zekâ teknolojilerinden yararlanmaktadır. Bu firma, yapay zekâ ile sipariş sistemi sayesinde teslimatı hızlandırmayı ve müşteri memnuniyetini artırmayı hedeflemektedir. Bir diğer örnek ise yapay zekâ ile donatılmış ilk otel “FlyZoo”dur. Online alışveriş devi Çinli “Alibaba” tarafından açılan bu otelde, misafirler için otel hizmetlerine erişim amaçlı olarak anahtar kart yerine geçen yüz tarama sistemi bulunmaktadır. Ayrıca Çin’in Pekin kentinde ilk yapay zekâ temalı park “Haidian Bilim Parkı”nda sürücüsüz araçlardan, ziyaretçilerin sorularını cevaplayan akıllı hoparlörlere, veri kaydedebilen akıllı lambalara kadar birçok akıllı sisteme rastlamak mümkündür (Şahin ve Kaya, 2019, s. 113-115). Yapay zekâyâ ilişkin verilebilecek bir başka örnek, Hanson Robotics tarafından yaratılan “Sophia” adında insansı (humanoid) bir robottur. Bu robot, insan yüzlerini tanıyabilme ve duygularını tahmin edebilme, beynin çeşitli bölgelerini taklit edebilme gibi yeteneklere sahiptir. Ayrıca Sophia’nın kız kardeşi olarak bilinen Robot Hemşire “Grace”, doktorlara ve hemşirelere yardım etmesi amacıyla Hanson Robotics tarafından tasarlanmıştır. Bu hemşire robot, pandemi ile birlikte meydana gelen gereksinimleri karşılamak üzere 2021 yılında doğmuştur (<https://www.hanson.robotics.com>). Dünyanın en gerçekçi insansı robotu olarak tanıtılan “Ameca”nın ise en dikkat çekici özelliği, jest ve mimikleriyle

insana son derece benzer bir yapıda olmasıdır. Ameca, eğlence amaçlı insansı robotlar tasarlayan İngiltere merkezli Engineered Arts tarafından yaratılmıştır (<https://www.engineeredarts.co.uk/robot/ameca/>). Çin’de göreve başlayan dünyanın ilk robot kadın haber sunucusu olan bir diğer yapay zekâ örneği “*Xin Xiaomang*”, Xinhua ve Sogou (Çinli arama motoru) tarafından geliştirilmiştir (<https://www.reuters.com/article/us-china-ai-broadcasting>). Japonya’da ise Tokyo Üniversitesi’nden bilim insanları tarafından laboratuvarında çoğaltılan canlı beyin hücreleri kullanılarak dünyanın kendi kendine düşünebilen, karmaşık problemleri çözebilen üstün zekâlı ilk robotu geliştirilmiştir (<https://www.bbc.co.uk/newsround>).

3.1.11. Siber güvenlik

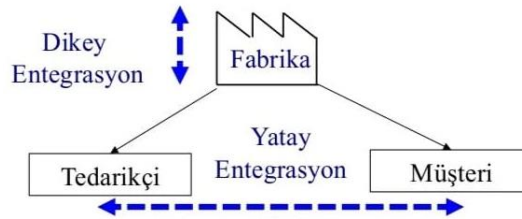
Bilgi ve iletişim teknolojisindeki ilerlemeler, firmaların ve ülkelerin bir taraftan işlerini kolaylaştırırken, öte yandan siber güvenlik gibi sıkıntıları da meydana getirmektedir (Ünver ve Canbay, 2010). Siber saldırıların, yalnızca bilgi sağlamak amaçlı olmaması ihtimaller dâhilindedir. Gelecekte ülkelerin, virüs yazılımları aracılığı ile birbirine savaş açabilmeleri mümkün olmaktadır. Bu sorunu, NATO Güvenlik Danışmanı Rex Hughes, “*Yakın gelecekte çıkabilecek büyük bir savaşta ilk mermi internette atılacaktır.*” sözüyle dile getirmiştir. Bu nedenle, firmalar ve ülkeler arasındaki siber tehditler veya siber saldırıların önlenmesi sorunu, yeni dönemde siber güvenlik konusunu son derece önemli hale getirmiştir. Nitekim siber güvenlik sistemleri sayesinde bilgi ve iletişim teknolojilerinde yer alan sistem yöneticileri, kullanıcı veya üretici hatalarından kaynaklı güvenlik riskleri de en aza indirilebilmektedir (Wang ve Lu, 2013).

Siber güvenlik, bilginin izinsizce ve yetkisizce kullanılması, temin edilmesi, değiştirilmesi, zarar verilmesi veya imha edilmesine yönelik erişimlerin engellenerek korunması işlemlerini kapsamaktadır (Banger, 2017, s. 45). Siber güvenlik en temelinde, mahremiyet, gizlilik ve kimlik doğrulama gibi amaçlara hizmet etmektedir. Bu bakımdan siber güvenlik, veri güvenliğinin ve gizlilik riskinin kontrol altında tutulmasını sağlayan bir sistemdir. Nitekim rekabetin yoğun olduğu alanlarda aktarılan verilerin güvenliğinin sağlanması gerekmektedir. Söz konusu güvenliğin sağlanması, makinelerin ve kullanıcıların erişim yönetimlerine, gelişmiş kimlik güvenliklerine ve haberleşme sistemlerine dayandırılmaktadır (Rüßmann vd., 2015, s. 4). Sonuç olarak Endüstri 4.0 ile gelen bağlantı ve iletişim protokolleriyle paralel olarak artacak siber tehditler karşısında kritik sistemlerin ve üretim hatlarının güvenliği her zamankinden daha çok önemli hale gelmiştir. ABD’deki “*Mandiant*” adında özel bir siber güvenlik şirketi 2013 yılında

yapmış olduğu açıklamada, 2006 yılının akabinde 20 farklı sektöre ilişkin 141 özel şirketin verilerinin “Hack”lendiğini belirtmiştir. Zira siber saldırılara karşı birçok ülke siber savunma sistemleri geliştirmek amacıyla bu alandaki çalışmalarını arttırmıştır. Bu anlamda verilebilecek ilk örnek, 2011 yılında Çin hükümeti “Mavi Ordu” adıyla oluşturdukları bir ekip ile Çin devletinin olası siber saldırılara karşı savunma geliştireceğini bildirmesidir. Ayrıca 2016 yılında, olası siber saldırılara karşı savunma geliştirme amacıyla diğer devletler gibi Türkiye’de Hacker sınavı açılmıştır. Bu sınavda başarılı olan kişiler, devlet dairelerinde bilişim geliştirme ve siber güvenlik alanında görevlendirilmiştir (Bulut, 2019, s. 32-33).

3.1.12. Sistem entegrasyonu

Sistem entegrasyonu, birbirinden bağımsız işleyen sistemlerin bir araya getirilerek tek bir sistem halinde bütünleşik şekilde çalışmasını sağlamaktadır. Kavramsal olarak sistem entegrasyonu, sayısal olarak bir ve birin üzerinde kurulan altyapının bütünleştirilmesi ile çalıştırılan düzendir. Dolayısıyla entegrasyonun verimli çalışabilmesi, alt sistemlerle bütünleşebilmesini gerektirmektedir. Endüstri 4.0’ı çekici kılan en büyük özellik de, her alanda kullanılan sistemlerin, internet ortamında bile birbirleriyle bütünleşmesini mümkün kılmasıdır. Böylece üretim daha esnek, hızlı ve verimli gerçekleşebilmektedir (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017, s. 157). Şekil 3.6’da sistem entegrasyonu (yatay ve dikey entegrasyon) ele alınmıştır:



Şekil 3. 6. Sistem entegrasyonu “yatay ve dikey entegrasyon” (Sanayide Dijital Dönüşüm, 2018)

Endüstri 4.0 ile gerçekleşmesi planlanan robotik fabrikalar, dikey entegrasyon, yatay entegrasyon ve uçtan uca entegrasyon sistemleri olarak adlandırılan üç çeşit entegrasyondan oluşmaktadır. Dikey ve yatay sistem entegrasyonları şirketlere, veri tabanlarını birleştirerek veri paylaşımında bulunabilme imkânı tanımaktadır. Bu nedenle, dikey, yatay ve uçtan uca entegrasyon (bütünleşme) kavramlarına, ayrı ayrı değinmek önem arz etmektedir. Dikey bütünleşme, fabrika sistemi içerisindeki bilgisayarların, bölümlerin, cihazların, makinelerin ve sistemlerin tümünün birbiriyle etkileşimli hale getirildiği bir entegrasyondur (<https://www.akıllıfabrika.org>). Bir başka deyişle dikey

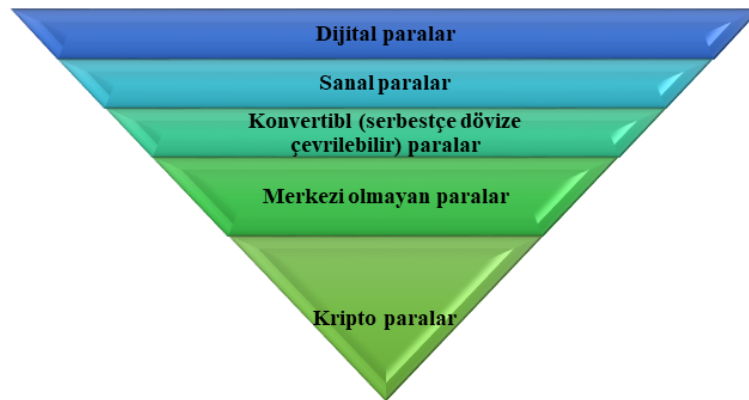
bütünleşme, teknolojik süreçlerin uyum içerisinde olmasıdır. Dikey bütünleşme, bilgi sistemlerini bütünleştirip hiyerarşinin tümünde bilgi alışverişini mümkün kılarak üretim süreci aksaklıklarının veya değişikliklerinin anında fark edilmesini ve anında sistem içi organizasyonu sağlamaktadır. Dikey bütünleşmenin sahip olduğu fiziksel ve bilgilendirici alt sistemlerden bazıları “*aktüer ve sensör, fabrika, kontrol, kurumsal planlama, üretim ve üretim yönetimi*” olarak sıralanabilmektedir. Üretim süreçlerinde fabrikalardaki araçların, teçhizatların ve bilgisayarların birbirleriyle bütünleşmiş olması dikey bütünleşmeye yönelik verilebilecek örneklerdendir. Yatay bütünleşme ise aynı sektördeki farklı işletmelerin birbirleriyle etkileşimleridir (Şahin ve Kaya, 2019, s. 24). Bu bakımdan yatay bütünleşme, şirket içinde ve dışındaki ortaklar ile bilgi, enerji ve materyal paylaşımını esas almaktadır. Yatay bütünleşme ile şirketler, verimli bir ekosistem oluşturabilmektedir. Örneğin yatay bütünleşme, şirketlerin kendileri dışındaki yardımcı yan sanayiler, sigorta şirketleri, lojistik firmalar ve benzeri firmalarla etkileşimlerini sağlayan entegrasyondur. Nitekim yatay bütünleşme ile oluşan verimli dijital ekosistem sayesinde uygulayıcı ve firmanın yanı sıra ortakların tümü için arzu edilen sonuçlar elde edilmektedir. Müşterilerin beklentilerinden ürünlerin tasarlanmasına ve nihai ürünlerin üretimine kadar gerçekleşen süreç içerisinde uçtan uca dijital bir sistemin kurulmasına da “*uçtan uca entegrasyon*” denmektedir (Türkcan ve İnce, 2021, s. 6). Uçtan uca bütünleşme, fabrikadaki sistemlerin ve süreçlerin aynı ara yüzleri kullanarak dijital mühendislik sistemleriyle bütünleştirilmesi ve müşteriler dâhil işletme dışındaki tüm aşamaları içeren bir sistemdir (Gültekin, 2019, s. 66).

3.1.13. Dijital para, kripto para, bitcoin ve blok zinciri

Genel anlamıyla para, ticarete yönelik tüm mal ve hizmet karşılıklarının ödenmesi ya da borcun geri ödenmesinde kullanılan her şeyi ifade etmektedir. Bir değişim aracı olarak kullanılan paranın özellikleri “*bölünebilir olması, bozulmaması, homojen olması, taşınabilir olması, taklit edilememesi ve genel kabul görmüş olması*” şeklinde sıralanabilmektedir. Ayrıca paranın değişim (mübadele) aracı olması, değer saklama aracı olması, hesap (değer) birimi olması ve iktisat politikası aracı olması da temel işlevleridir (Sandalcılar ve Çolak, 2019, s. 206). Ancak paranın tanımı, zamana ve toplumsal süreçte gerçekleşen sosyal ve ekonomik koşullara bağlı olarak güncellenebilmektedir (Çetinkaya, 2018, s. 12). Finansal inovasyona dayalı yeni bir para yaratımı için ilk teorik öneri, Tobin (1985) tarafından sunulmuştur.

Tarih boyunca insanlar gereksinimlerini, farklı ödeme araçları ile karşılamaktadır. Bu ödeme araçlarını sırasıyla; takas ekonomisi, değerli para (altın, gümüş gibi değerli madenler/metaller), sembolik değerli (fiat) para, dijital para ve kripto para olarak belirtmek mümkündür. Teknolojinin gelişmesiyle ortaya çıkan ve zamanla yaygınlaşan, elektronik olarak saklanabilme ve transfer edilebilme özelliğini taşıyan paralar, “dijital para” olarak adlandırılmaktadır. Bu açıdan sanal para (SPB) da bir çeşit dijital para birimidir. Blok zincir teknolojilerinin ilk ekonomik ürünü kripto (şifreli) para ise internet vasıtasıyla kullanılan, aracısız, merkeziyetsiz ve otoritesiz, belirli şifreler ile sanal cüzdanlara yerleştirilen ve transfer edilebilen sanal para birimidir. Kriptoloji kelimesi, Latince “gizli, bilinmeyen” anlamına gelen “*crypto*” ve “*çalışma/bilim*” anlamına gelen “*logi*” kelimelerinin birleşiminden oluşmaktadır. Bu bakımdan “*bilinmeyen üzerine yapılan çalışma disiplini*”ne “*cryptology*” denmektedir. Bir başka ifadeyle kriptoloji, bütünlük, gizlilik, inkâr edememe, kimlik denetimi ve benzeri bilgi güvenliği kavramları için gerekli matematiksel yöntemlerin tümüdür. Nitekim kriptoloji, para yaratılması ve parasal işlemlerin güvenilirliğinin sağlanması süreçlerinde kullanılmaktadır (Sandalcılar ve Çolak, 2019, s. 207).

Kripto paralar ile işlemlerin gerçekleştirilmesi, kaydedilmesi ve bu kayıtların saklanması “*Madenciler*” olarak adlandırılan bilgisayarlar sorumludur. Kripto paraların avantajlı tarafı, para transferlerinin daha düşük maliyetli, herhangi aracı kuruma gereksinim duyulmadan, her zaman, her yerden, arz edilen her miktarda ve kesintisiz bir şekilde gerçekleştirilebilmesidir. Kripto paraların dezavantajlı tarafı ise fiziksel bir varlığa sahip olmamalarından dolayı dijital güvenlik açısından bazı sorunlara yol açabilmesidir. Şekil 3.7’den dijital paraların piramit gösterimine yer verilerek dijital para, sanal para ve kripto para kavramlarındaki farklılığa değinilmiştir.



Şekil 3. 7. Piramit gösterimi ile dijital paralar (International Monetary Fund, 2016)

Şekil 3.7’de görüldüğü üzere sanal paralar, daha geniş dijital para birimleri kategorisinde yer alırken, kripto paralar piramidin en altında konumlanmaktadır.

1998 yılında Wei Dai, kripto para birimlerine ilişkin teorik altyapıyı oluşturmuştur. 2008 yılına gelindiğinde, Satoshi Nakamoto ismini kullanan bir kişi/grup tarafından “*Bitcoin: A Peer-To-Peer Electronic Cash System*” adlı bir makale yayınlanmıştır (Nakamoto, 2008, s. 2). Bu makalede kelime olarak geçmese de ilk defa “*blok zinciri teknolojisi*”, “*birbirlerine zincirlenmiş diziler halindeki veri blokları*” olarak tanımlanmıştır (Chohan, 2017, s. 2-3). Dağıtık hesap defteri olarak da bilinen blok zinciri teknolojileri, resmi onaylayıcı gereksinimi olmaksızın dijital ortamda bilgi ve belgelerin güvenli bir şekilde paylaşımına imkân tanımaktadır (Berberoğlu, 2021, s. 26). Blok zincir teknolojisinin kullanılmasıyla 2009 yılında ortaya çıkarılan Bitcoin, ardından sayısız kripto para biriminin dolaşıma girmesine zemin hazırlayan ilk kripto para birimidir. Yenilikçi bir dijital para birimi olan “*Bitcoin*”in arzının 21 milyon ile sınırlandırıldığı, ancak bu sınıra ulaşımın 2140 yılında gerçekleşeceği tahmin edilmektedir (Hurlburt ve Bojanova, 2014, s. 12). İlham kaynağı Bitcoin olan ve ondan sonra hayata geçirilen farklı sanal para birimleri de olmuştur. Bu sanal para birimleri ise “*Altcoin (Alternatif Coin)*” olarak adlandırılmıştır. Tablo 2. 17’de Ocak 2022 verilerine göre toplam piyasa değerinde en güçlü on kripto para birimine yer verilmiştir:

Tablo 3. 7. Piyasa değerine göre en güçlü 10 kripto para (<https://www.coinmarketcap.com>, Erişim Tarihi: 23/01/2022)

Kripto para	Simge	Fiyat (Dolar)	Toplam piyasa değeri (Dolar)
Bitcoin	BTC	35.576,26	675.149.539.675
Ethereum	ETH	2.490,75	297.229.220.460
Tether	USDT	1,00	78.334.950.180
BNB	BNB	381,31	62.933.313.471
USD Coin	USDC	1,00	43.377.654.390
Cardano	ADA	1,12	37.837.600.203
Solana	SOL	100,88	31.729.420.234
XRP	XRP	0,6145	29.453.924.657
Terra	LUNA	68,30	27.851.089.202
Dogecoin	DOGE	0,1398	18.641.462.973
Toplam			1.652.898.414.412

Tablo 3.7’de görüldüğü üzere, kripto paralar içerisinde Bitcoin 675 milyar dolar toplam piyasa değeri ile ilk sıradadır. Toplam piyasa değeri açısından 297 milyar dolar ile Ethereum, ikinci sırada iken; Tether 78 milyar dolar ile üçüncü sırada yer almaktadır.

3.2.Endüstri 4.0 ile Şekillenen Geleceğin Ekonomileri

Teknolojik gelişmeler ve uluslararası rekabet, dünya ekonomisinde ciddi değişimlere neden olmaktadır. Bu bakımdan dünyanın bir pazar haline dönüşerek ulusal sınırların aşıldığı bir ortamın varlığı, teknolojik gelişmelerin yakın takibini gerektirmektedir. Dolayısıyla küreselleşme sürecinde yaşanan üretimdeki hızlı gelişmeler açısından bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişimi kilit role sahiptir (Erdinç, 1999, s. 111-119). Son zamanlarda ise teknolojik birikimlerin (yatırımların) meyvelerinin toplanacağı dijital dönüşüm dinamikleri ile “Endüstri 4.0” yani geleceğin akıllı üretiminin yaratıldığı bir dünya ile karşılaştırmaktadır.

Günümüzde ve gelecekte şekillenen yeni nesil ekonomi anlayışıyla ülkelerde AR-GE ve beşeri sermayeye verilen önem artmakta, iktisadi büyümenin belirleyicileri olarak sermaye ve işgücünün yanı sıra yenilik, icatlar ve bilgi de yer almakta, sadece diplomaya yönelik değil yaşam boyu eğitim önem kazanmakta, işgücü (bilgi, tecrübe, yenilikçi, yaratıcı ve çok yönlü beceri ile donatılarak) daha nitelikli hale gelmekte, teknolojinin belirleyicileri makinelerden ziyade dijitalleşmeye doğru evrilmekte, üretim ve rekabet alanı küresel bir boyut kazanmaktadır (Balı, 2021, s. 169).

Tablo 3. 8. *Ekonomide zamanla değişen faktörlerin karşılaştırılması (Tapscott, 1994; Balı, 2021: s.169)*

<i>Değişim unsuru</i>	<i>Eski ekonomi</i>	<i>Günümüzün-Geleceğin ekonomisi</i>
<i>Ar-Ge'nin önemi</i>	Düşük, orta	Yüksek
<i>Beşeri sermaye</i>	Üretime odaklı	Müşteriye odaklı
<i>Büyümenin belirleyicileri</i>	İş gücü, sermaye	Bilgi, icatlar, yenilik
<i>Gerekli eğitim</i>	Mesleki diploma	Yaşam boyu öğrenim
<i>İstihdam yapısı-doğası</i>	İstikrarlı	Risk-fırsat içerikli
<i>İş gücü</i>	Önemli	Kısmen önemli
<i>İş gücü yapısı</i>	Kalifiye olmayan, belirli alanda uzmanlık gerektiren	Bilgi, tecrübe, çok yönlü kabiliyet, yaratıcı, yenilikçi
<i>Sektörel yapı</i>	Tarım ve sanayi sektörü	Hizmet sektörü
<i>Teknolojide belirleyiciler</i>	Makineleşme	Dijitalleşme
<i>Üretim-rekabet alanı</i>	Ulusal	Küresel

Tablo 3.8, eski ekonomi ile günümüz-gelecek ekonomilerinde değişen faktörlerin karşılaştırılmasına yönelik olarak dizayn edilmiştir.

3.2.1. Dijital ekonomi

“İnternet”in gelişimiyle oluşan yeni ekonomik yapı, bilgi-bilişim teknolojileri odaklı yeni ekonomi kavramı ile dijitalleşen ekonomiyi yansıtarak aynı zamanda bir şekilde “sermayesiz kapitalizm” olgusunu da içermektedir (Bakırtaş ve Ustaömer, 2019,

s. 5). Dijital ekonomi, Dünya Bankası (2015)'na göre dünya refahının artırılmasında ve paylaşımda etkili bir unsur iken; BM (2014)'e göre ekonomik kalkınma, refah ve verimlilik ile ilişkilidir. AB (2020) ise dijital ekonomiyi, küresel iklim değişimi ile mücadelede döngüsel ekonomi ile birlikte ikiz hedef olarak belirlemiştir. Dijital ekonomi, bireylerin, uzmanların, nesnelerin, verilerin ve süreçlerin internet aracılığıyla oluşan ekonomik aktiviteleridir (<https-1://www2.deloitte.com>). BM (2021) yılında raporladığı üzere, dijital ekonominin paylaşımı dünyada dengeli bir şekilde gerçekleşmemekte, gelişen ülkelerin dijital ekonomiyi kullanım oranı %80 ve gelişmekte olan ülkelerin ise %20 olduğu belirtilmektedir. Dolayısıyla günümüzde dijital ekonomi, ülkelerin sürdürülebilir kalkınma politikalarındaki en önemli hedef olarak kabul edilmektedir. Nitekim dijital ekonomi; üretim, tedarik, tüketim, çalışma ve yaşam alanlarını değiştiren yeni bir rekabet sistemi yaratmıştır (Arat, 2021, s. 612-613).

3.2.2. Metaverse ekonomi ve deneyim (tecrübe) ekonomisi

İlk olarak Metaverse kavramı, yazar Neal Stephenson'ın 1992 yılında yazdığı «*Snow Crash (Kar Çöküşü)*» adlı bilim kurgu romanında, ardında da Ernest Cline'in «*Ready Player One (Hazır Oyuncu Bir)*» eserinde geçmiştir (Damer, 2008; Dionisio, Burns ve Gilbert, 2013). Yunanca'da ötesi, sonrasını ifade eden “*meta*” ve İngilizce “*evren*” anlamına gelen “*universe*” kelimelerinin birleşimiyle oluşan Metaverse, gerçek zamanlı etkileşimler veya ekonomiler gibi bütün yönleri ile gerçek dünyayı da içeren bir dijital evreni veya evrenin ötesini ifade eden bir kavramdır (İlic, 2013). Gerçek ve sanal dünyanın bilim kurgu ile birleştiği “*dijital dünya*”ya, “*artırılmış gerçeklik ürün ve hizmetleri*”ne “*metaverse*” denmektedir. Metaverse ekonomideki son gelişme, sosyal bir platformda gerçekleşmiştir. CEO Mark Zuckerberg, bilimkurgudan ilham alarak sadece bakmakla kalmayıp bilhassa deneyimin içine girmek, yeni nesil bedenlenmiş bir internet vizyonunun parçası olmak fikri ile 28 Ekim 2021 tarihinde “*Facebook*”un adını “*Meta*” olarak değiştirmiştir. Bu alana yatırım yapan Facebook “*Metaverse*”i; yaratıcı, sosyo-ekonomik fırsatlara ulaşma potansiyeli taşıyan “*yeni nesil internet*” olarak tanımlamaktadır. Dolayısıyla dijital ve fiziksel varoluşun bir karışımı niteliğiyle metaverse, “*yeni internet*”, “*internetin geleceği*”, “*demokratikleştirilmiş bir sanal toplum*” olarak da adlandırılmaktadır. Smart, Cascio ve Paffendorf (2007)'a göre ise 2025 yılından sonra gelişeceği öngörülen “*Metaverse*” veya “*MUVE-Multi-user Virtual Environment*” kavramı, çok kullanıcıli sanal ortam, üç boyutlu sanal bir dünyanın

öngörüsü niteliğindeki fiziksel dünyanın ağlarını, arayüzlerini, nesnelerini, sanal ortamını oluşturarak ve onlarla etkileşime girerek Stephenson'un 1992 vizyonunun çok daha fazlasıdır. Metaverse, sanal gerçeklik araçları ile deneyimlenebilen, kullanıcılar arasında etkileşim kurulabilen, teoride birbiriyle bağlantısız sonsuz sayıda sanal gerçeklik alanı oluşturabilen bir sanal gerçeklik platformudur. Bu platformda kullanıcılar, portatif ve gözlük gibi donanımları giyerek “metaverse”e bağlanabilmektedir. Gerçek dünyaya alternatif bir ütopya, çevrimiçi bir dünya/ülke yaratan Rosedale'ın “*Second Life*”ı, (Kasım 2018 verilerine göre) aktif kullanıcı sayısı 56,788,423'e ulaşarak tanınırlığı en yüksek metaverse denemesi olmuştur (Harrison, 2009, s. 85; <https://www.gridsurvey.com>). Nitekim bugün NFT (Non Fungible Token-Değişmesi mümkün olmayan para, bir çeşit kripto para), kripto para, oyun şirketleri metaverse platformu kurmakta ve geliştirmektedir. Ayrıca “Metaverse” üzerinden sanal olarak gayrimenkul satın alınabilmekte ve binalar geliştirilebilmektedir. Grayscale tarafından yayınlanan yeni bir rapora göre Metaverse, 1 trilyon dolarlık bir pazar piyasasını temsil etmektedir (<https://www.bitcoinethereumnews.com/economy/grayscale>). Sonuç olarak Metaverse ile kişilerin fiziksel dünyadaki aktivitelerini ve hatta daha fazlasını yapabileceği sanal gerçeklik platformu kurmak hedeflenmektedir.

Metaverse ile biçimlenen deneyim ekonomisi ise “*insan yaşamında yaratabileceği tesire dikkat çekilerek pek çok mal ve hizmetin satıldığı bir ekonomi*”yi ifade etmektedir. Deneyim ekonomisi, 1998 yılında Pine ve Gilmore tarafından yeni bir ekonomi olarak ortaya çıkmıştır. Pine ve Gilmore (1999)'a göre, geleceğin büyümesinde, istihdamın artmasında “deneyim” kabul edilmesi gereken kilit bir unsurdur. Deneyim ekonomisinde müşteri deneyimi, genellikle dijital olarak yönlendirilmekte, doğru deneyimin yakalanması ise büyük veri ile ilişkilendirilmektedir (Aydoğmuş ve Engin, 2021, s. 861). Sonuç olarak deneyim ekonomisi, metallerden mallara, mallardan hizmetlere ve hizmetlerden deneyimlere doğru bir geçiş süreci yaratmaktadır (Pine ve Gilmore, 2011). 2030 yılına kadar deneyim ekonomisine yönelik harcamaların, 8 trilyon dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Balı, 2021, s. 171).

3.2.3. Paylaşım ekonomisi

Paylaşım ekonomisi, iktisat, işletme, teknoloji, psikoloji, sosyoloji ve benzeri bilim dalları ile kesişimde olan çok geniş kapsamlı bir kavramdır (Balı, 2021, s. 175). Çevrimiçi platformların kullanımına dayanan ve farklılaşan ekonomik faaliyetlere “paylaşım

ekonomisi” denmektedir (Corujo, 2017, s. 294). Sonuç olarak paylaşım ekonomisinin temelinde daha çok dönüşüm ve kaynakların verimli kullanımı düşüncesi yatmaktadır.

3.2.4. Yenilenebilir enerji ve döngüsel ekonomi

Dijital ekonominin tasarımı iyi olan enerji yönetimi sayesinde yenilenebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu sağlanmaktadır. Endüstri 4.0 dijital devrimi, akıllı şebekelerin oluşturulması, yenilenebilir enerji ve dağıtılmış üretim yönetiminde yenilikçi teknolojileri içermektedir. Bu bağlamda dijitalleşme, akıllı enerji çözümleri sunmaktadır. Akıllı enerji yönetimi, temiz ve yenilenebilir enerjinin (güneş, rüzgâr, dalga, jeotermal enerji gibi) sisteme dâhil edilmesini gerektirmektedir. Dolayısıyla dünyayı iklim krizinden kurtarabilme potansiyelindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi açısından yapay zekâ kullanımı son derece önemlidir. Temiz ve yenilenebilir enerjilerin depolanma sorununu, yapay zekâ ile çözüme kavuşturmak mümkündür. Nitekim yenilenebilir enerjiyi yapay zekâ destekli depolama ile entegre etmek, hem depolama yönetiminde kolaylık sağlamak hem de güç kayıplarını minimum seviyeye düşürmektedir. Bu bakımdan verilebilecek örneklerden biri olan “*Deep Mind*” adlı bir yapay zekâ ile enerji verimliliği iyileştirilmiş, maliyetleri %40 düşürülmüş, CO₂ salınımları azaltılmıştır. Bir başka örnek ise 2012 yılında ABD Enerji Departmanı kapsamında başlatılan “*Sun Shot Girişimi*” projesidir. Bu projenin amacı büyük veri ve makine öğrenimi sayesinde yenilenebilir enerji sektörüne yönelik tahminlerin iyileştirilmesi ve halka maliyeti uygun güneş enerjisi sunulmasıdır. Yenilenebilir enerji sistemleriyle üretilen fazla enerjinin korunmasında ise dağıtık elektrik üretimi ve depolama, elektrikli araçlar, akıllı elektrik yönetim teknolojileri (AI, IoT) ve akıllı iletim teknolojileri (5G) kullanılmakla birlikte fiyatlandırma ve uygulama politikaları da geliştirilmektedir (<https://www.entes.com.tr>).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına geçişte “*döngüsel ekonomi*” ekonomik, doğal ve sosyal sermayenin arttırımını hedeflemektedir (Okutan, 2020). Kavramsal açıdan döngüsel ekonomi, refah seviyesi yüksek, başarılı ve yeşil bir küresel büyüme ile insani gelişime uyumlu, büyük ölçekli tek çözüm olarak ifade edilmektedir. Döngüsel ekonomi ile eskiden atık olarak nitelendirilen eşyaların ve ürünlerin yeniden kullanılabilir hale getirildiği üretim ve tüketim sistemleri yaratılmaktadır. Bu bakımdan döngüsel ekonomi, “*al-kullan-at*” ekonomik modelinden sapmakta ve yenileyici bir tasarım anlayışına yönelmektedir. Dolayısıyla döngüsel ekonomi ile yaratılan yeni nesil

toplumda, aşırı tüketim odaklı ekonomiden atıkları azaltıcı, bir şeyleri atmaktan ziyade tamir etmeye odaklı, daha güvenilir, uzun ömürlü ve az tüketen ürünler tasarlayarak üreten bir ekonomik modele geçiş hedeflenmektedir. Bir başka deyişle döngüsel ekonomi pratikleri “yeniden kullanım, geri dönüşüm, ürün yerine hizmet sunumu ve benzeri yeni iş modellerine geçiş uygulamaları” kapsamında benimsenmektedir. Dolayısıyla atık ve dışsallık kavramlarını döngü içine kazandırmayı amaçlayan döngüsel ekonomi ile atık oluşturmeyen tasarım yaratımı, yenilenebilir girdilere önem verilmesi, ürünün maksimum verimle kullanımı, yan ürünlerin ve atıkların geri kazanımı mümkün olmaktadır (Okutan, 2020).

Tablo 3. 9. Döngüsel ekonominin “3R”si, “Recycle (Geri dönüşüm), Reduce (Azaltma), Reuse (Yeniden kullanım)” (Balı, 2021, s. 172)

Döngüsel ekonominin “3R”si	
Recycle (Geri dönüşüm)	İşlevselleştirilen atıkların geri kazanımı ya da doğrudan kullanım için atıkların geri dönüşümü
Reduce (Azaltma)	Üretim ve tüketim süreçlerinde oluşan atık ve kirlenici miktarın azaltımı
Reuse (Yeniden kullanım)	Tamir (onarım), yeniden üretim, yenileme ile atıkların, diğer ürünlerin üretiminde kısmen veya tamamen kullanımıdır.

Tablo 3.9’den de anlaşıldığı üzere bir sistem olarak döngüsel ekonomi, 3R “Recycle (geri dönüşüm), Reduce (azaltma), Reuse (yeniden kullanım)” ile bütünleşmiştir.

Döngüsel ekonomi, Endüstri 4.0 devrimi ile doğan yeni bir ekonomik düzen oluşturmakta ve inovasyonu yönlendirmektedir. Bu noktada, Endüstri 4.0 teknolojik felsefesinin yeni/güncel teknolojiyi içermesi, ilgili teknoloji kullanılarak döngüsel ekonomi ile atıkların yeniden kullanıma kazandırılması ve bunun neticesinde de tasarruf sağlanması mümkün olmaktadır. Bu şekilde döngüsel ekonominin, israfı minimum düzeye indiren bir üretim ve tüketim modeli olarak çevreye, ekonomiye ve tüm insanlığa faydaları bulunmaktadır.

Sanayi Devrimi’nden günümüze süregelen üretim ve tüketim süreçlerini dönüştürme potansiyeliyle döngüsel ekonomi, 4,5 trilyon dolarlık bir iş fırsatı yaratmaktadır. Döngüsel ekonomi sayesinde Fransa’da beş yüz binden fazla ek istihdam yaratılmış ve ilerleyen dönemde AB geneli enerji tüketiminde %37’lik tasarruf sağlanmıştır (Balı, 2021, s. 171-172). Ayrıca döngüsel ekonomiye geçiş senaryosunda yalnızca AB için yaklaşık 350 milyar dolarlık net materyal maliyetinde azalma olacağı öngörüsüne yer verilmektedir. Bununla birlikte döngüsel ekonomiye geçiş ile 2030 yılına kadar karbon

salınımının %48 önlenebileceği ve ABD’de gıda sektörüne yönelik sağlık maliyetlerinde ise 550 milyar dolar düşüş yaşanacağı öngörülmektedir. Sonuç olarak döngüsel ekonomik modelin uygulanmasındaki amaç, çevre dostu, sürdürülebilirlik çalışmaları çerçevesinde endüstrinin negatif etkilerini minimum seviyeye indirmektir (Okutan, 2020).

3.2.5. Yeşil ekonomi

2009 Mart ayında BM Çevre Programı raporunda, ekonomik, sosyal ve çevresel sorunlara “*yeşil ekonomi*” başlığı altında değinilmiştir. Çevresel risk ve ekolojik kırıltı sorunlarını önemli ölçüde azaltma gayretiyle insan refahı ve sosyal eşitliği teşvik eden temiz, çevre dostu bir ekonomiye “*yeşil ekonomi*” denmektedir. Bir başka ifadeyle yeşil ekonomi, gerek su, hava ve toprakla ilgili çevresel zararların gerekse atık, gürültü ve ekosistemle ilgili sorunların ölçümü, önlenmesi ve giderilmesi amacıyla her türlü temiz teknoloji, mal ve hizmet üretim faaliyetlerini içermektedir (OECD, 1999, s. 9). Günümüzde yeşil ekonomiyi oluşturan temel alanlar “*yenilenebilir enerji, yeşil inşaat ve altyapı ile organik tarım sektörleri*”dir. Yeşil ekonomi, yenilenebilir enerji üretiminde gerekli teknolojilerin “*türbinler, fotovoltaiik paneller gibi*” üretimi ve enerji santralleri için yer seçiminde doğa ile uyumlu, sıfır atık anlayışını temel almaktadır (Şahin, 2017, s. 25). Yeşil ekonomiye dayalı büyüme ise “*yeşil büyüme*” olarak adlandırılmaktadır. OECD (2011) tanımına göre yeşil büyüme, çevresel etmenler, doğal kaynaklar ile insanların refahını, esenliğini sürdürülebilir bir şekilde temin etmenin yanı sıra ekonominin de ilgili özelliklerini dikkate alarak geliştiği büyüme modelidir.

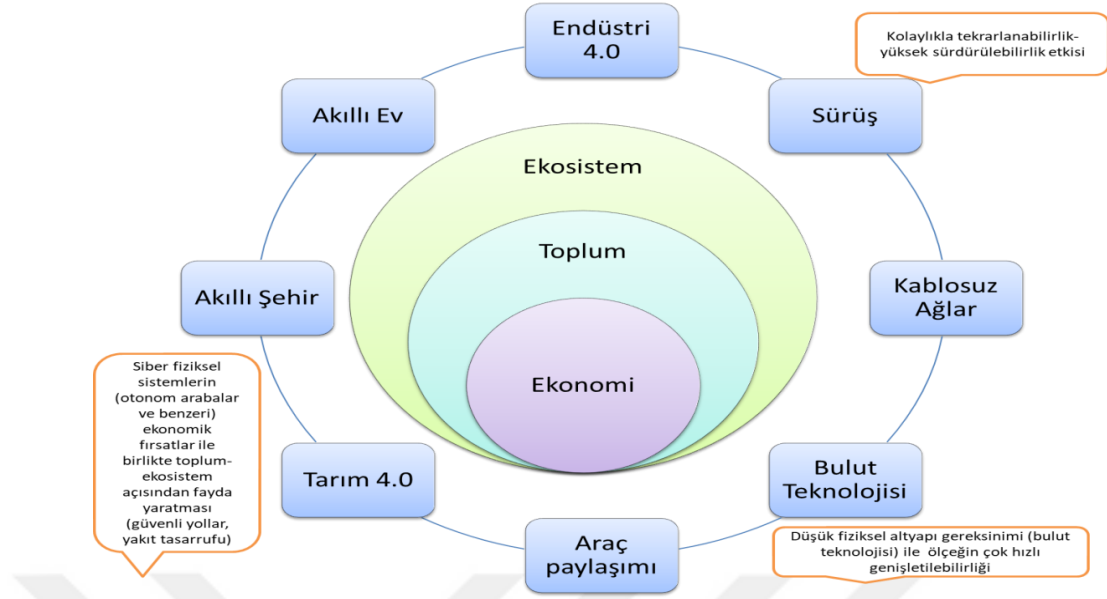
Yeşil ekonomiye geçiş ile ekonomik kalkınmada sürdürülebilirliğin artırılarak gelecek nesiller için bir refah düzeyi sağlanacağı genel anlamda kabul edilmektedir. Bu bağlamda yeşil ekonominin, gelir ve istihdam artışı, karbon emisyonları ve çevre kirliliği azaltımı, enerji ve kaynak verimliliği artışı, biyolojik çeşitlenme ve ekosistemin işleyiş kaybının önlenmesi için kamu ve özel yatırımların gerçekleşmesi, toplumsal eşitliliğin yükseltilmesi, insan yaşam kalitesinin iyileştirilmesi gibi önemli katkıları bulunmaktadır. Dünya Ekonomik Forumu (WEF) tarafından yayınlanan raporda, yeşil ekonomik dönüşümle dijital dönüşümün iç içe geçmiş yapısına vurgu yapılarak dijital dönüşüm sayesinde yaratılan yeni iş alanlarının geleceğin yeşil ekonomisinde (yeşil yakalı işler) önemli yer edineceği belirtilmektedir. Gelecekte yeşil işlerde istihdamın, küresel olarak yaklaşık 2,3 milyon olması beklenmektedir. Dolayısıyla yeşil sektörlerde istihdamın gerektirdiği yeni niteliklere yönelik talep ile yeni mesleklerin ortaya çıkması mümkün

olmaktadır. Sürdürülebilir bir toplum için bu talebin karşılanması için mesleki eğitime sahip işgücünün oluşturulması ve buna yönelik detaylı bir yaşam boyu öğrenme stratejisi belirlenmesi, sürdürülebilir kalkınmaya odaklı ve doğru becerileri kazandırabilen öğretim sistemi gerekli kılınmaktadır (CEDEFOP, 2009, s. 1).

3.3. Endüstri 4.0 Devriminin Ekonomik Etkileri

Yeni dünya ekonomi düzeni, uluslararası sistemlerde meydana gelen ekonomik, sosyal ve politik değişimler ile şekillenmektedir. Bu bakımdan gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında öncelikli alan olarak ekonomide hızlı bir değişim süreci yaşanmaktadır (Erdinç, 1999, s. 111-112). Günümüzde meydana gelen bütün değişimler ile iktisadi büyüme ve kalkınma, teknoloji ve bu teknolojiyi etkin kullanma ve geliştirme doğrultusunda gerçekleşmektedir (Elverdi ve Atik, 2021, s. 184). Bu bağlamda “teknoloji”, iktisadi büyüme ve kalkınmada kilit bir role sahiptir. İktisadi büyüme ve kalkınma, özellikle daha verimli/kaliteli ürünler üretebilme kabiliyetine sahip ülkelerde yaşanan bir süreçtir ki bu süreçte başarı, bilim ve teknolojiye bağlı olmaktadır. Dolayısıyla gelişmiş ülkelerde yaratılan teknolojilerin transferi “*sanayileşme gayretindeki*” gelişmekte olan ülkeleri merkez ülkelere bağımlı hale getirmektedir. Nitekim teknolojik gelişmeler ülkeleri, küresel bir ekonominin parçası haline getirerek ülkelerdeki ekonominin dijitalleşmesini hızlandırmaktadır. Ekonominin dijitalleşmesi neticesinde “*görsel objeler, sesli, hareketli görüntüler, yazılar, belgeler; 0-1’leri içeren kodlarla şifrelenerek*” internet yoluyla adeta dünyanın bir ucundan öbür ucuna büyük bir hızla ve düşük maliyetlerle iletebilmektedir. Bu şekilde yeni teknolojilerden güç kazanan Endüstri 4.0 devrimi ile iktisadi büyüme ve kalkınma olgusunun yeniden şekillenmesi kaçınılmazdır. Endüstri 4.0, küresel anlamda akıllı üretim ekonomisini ileri düzeye taşımayı hedeflemektedir. Bu nedenle Endüstri 4.0, sıra dışı bir üretim sektörü oluşturmak için emek, sermaye ve teknolojiyi en iyi şekilde bütünleştirerek makine ve bireyler arasında akıllı fabrikaların yaratılmasına odaklanmaktadır (Banger, 2017, s. 43).

Şekil 3.8’de ekonomik sürdürülebilirlik bağlamında Endüstri 4.0 devrimi ele alınmıştır:



Şekil 3. 8. Endüstri 4.0 ve ekonomik sürdürülebilirlik (<https://www.mm1.de>)

İktisadi gelişmenin temel yapı taşı olan “bilgi”nin işlevsel ve niteliksel bakımdan değişimi, teknolojinin türü ve yayılma hızını, sanayi ötesi toplumun farklı bir şekilde yapılanmasını gerektirmektedir. Son yıllarda iktisadi gelişme için en fazla önem verilmesi gereken alan, “*bilişim ve iletişim teknolojileri*” olarak kabul edilmektedir. Bu bakımdan “*dijital tüketim*” kavramı, değer zincir alanlarının tümüne nüfuz eden dijitalleşme ve bilgi teknolojileri ile yaratılmıştır. Bu kavramın bir zorunluluğa dönüşmesi ile “*teknoloji yükselmesi*” veya “*dijital ekonomik dönüşüm*” süreçlerini başlatmıştır. Bu süreç, Endüstri 4.0 devrimi ile toplumsal refah, bu refahın sürdürülebilirliği, rekabet edebilirliği ve benzeri konulara odaklanmayı zorunlu kılmaktadır. Sonuç olarak Endüstri 4.0, insani gelişime ilişkin fırsatlar yaratmakta ve bu açıdan katkı sağlamaktadır (Schwab ve Davis, 2019, s. 82). Tablo 3.10’da Endüstri 4.0 çerçevesinde gelişmiş üretimin 10 R’si değerlendirilmiştir.

Tablo 3. 10. Endüstri 4.0 çerçevesinde gelişmiş üretimin “10R”si (Bag vd., 2021)

Endüstri 4.0 çerçevesinde gelişmiş üretimin 10 R’si	
Refuse (Reddetmek)	“Kollektif bir terim olarak Endüstri 4.0 Devrimi, pek çok çağdaş otomasyon sistemini, veri alışverişlerini ve üretim teknolojilerini içermektedir.”
Rethink (Yeniden Düşünmek)	
Reduce (Azaltmak)	
Reuse (Yeniden Kullanmak)	
Repair (Onarmak)	
Refurbish (Yenilemek)	
Remanufacture (Yeniden Üretmek)	
Repurpose (Yeniden Amaçlamak)	
Recycle (Geri Dönüştürmek)	
Recover (Geri Kazanmak)	

Endüstri 4.0, geleceğe yönelik ekonomik beklentileri, robot temelli dönüşümlere bağlı olarak şekillendirmektedir. Endüstri 4.0 yaklaşımı, gelişmiş ekonomilerin rekabet güçlerini korumak adına sahip olduğu teknolojik yetenekleri, endüstriyel ürün ve altyapılara dönüştürebilecek niteliktedir. Bu yaklaşımın temel hedefi, bilişim teknolojileri ile endüstriyi entegre etmektir. Dolayısıyla Endüstri 4.0'ın kazanımlarını “*minimum enerji kullanımı, daha az maliyetle üretim, az ısı üretimi, daha az kaynak ve bellek kullanımı, zamandan kazanım ile birlikte yüksek hızda ve güvenilirlikte çalışma, eski işlere nazaran en az iki kat verimlilik, daha kaliteli ürün üretimi*” olarak sıralamak mümkündür. Endüstri 4.0, bireylerin günlük yaşantısını, üretim bazında firmaları, pazar (piyasa) yapısını, tüm sektörler çerçevesinde ülkeleri ve ülke ekonomilerini etkileyerek küresel bir dönüşüm sürecini başlatmaktadır. Nitekim Endüstri 4.0 Devrimi ile gerçekleşen robotlaşma, yapay zekâya dayalı ekonomik sistem, kapitalizmin yeniden yapılanma sürecinde bir unsur olarak kabul edilebilmektedir. Endüstri 4.0'da bilişim, eğitim, sanayi, teknoloji, tıp alanları başta olmak üzere pek çok alanda 21. yüzyıl becerileri ile donatılmış insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak yeni teknoloji iş modellerine entegrasyon arttıkça hemen hemen her sektörün daha az emek yoğun hale geleceği düşünülmektedir. Bu dönüşümlerin de çok hızlı bir şekilde yaşanacağını belirtmek gerekmektedir (Ford, 2018, s. 16).

Endüstri 4.0 devriminin makro-ekonomik etkileri, iktisadi büyüme ve kalkınma, fiyatlar, gelir dağılımı, istihdam, yatırım ve benzeri konularda ortaya çıkmaktadır. Endüstri 4.0'ın iktisadi büyüme ve kalkınma üzerindeki etkisi konusunda “*Tekno-karamsarlar*” ve “*Tekno-iyimserler*” olarak bilinen iki farklı görüş bulunmaktadır. Birinci görüşe göre, Endüstri 4.0'ın (dijital devrimin) üretkenlik üzerindeki olumlu etkileri, katkıları sona ermiş olup bu etki, beklenenin aksine sınırlı düzeyde kalmıştır. İkinci görüşte, teknoloji ve inovasyonda kırılma noktasına geline bu devrimin, verimliliği artırarak büyüme üzerinde pozitif etkisinin oluşacağı iddia edilmektedir. Nitekim Endüstri 4.0'ın ekonomik açıdan olumsuz etkilerinin işgücü piyasasında ortaya çıkması literatürde “*teknolojik işsizlik*” olarak geçmektedir. Teknolojik işsizlik, yeni üretim tekniklerinin kullanımıyla emeğin yerine makinelerin geçmesi olarak tanımlanmaktadır. Sonuç olarak otomasyonun insan emeğini ne ölçüde ikame edeceği konusu, Endüstri 4.0'ın istihdam üzerinde yarattığı en temel belirsizlik kaynağıdır. Endüstri 4.0'ın fiyatlar üzerindeki etkisi ise “*teknolojinin deflasyonist etkisi*” ile açıklanmaktadır. Otomasyon artışı neticesinde zamanla sermaye faktörü emek faktörünü ikame etmekte ve bu durum

da ücretlerin düşmesine yol açmaktadır. Ücretlerdeki bu düşüşler ise tüketim üzerinde olumsuz etkilere neden olmakta ve fiyatlar düşmeye başlamaktadır. Bu durum esasında Endüstri 4.0 sayesinde tüketicilerin daha ucuza ve daha kaliteli ürünler tüketmeleri gibi olumlu bir etki de yaratmaktadır. Bu şekilde, bilinçli tüketim kavramının farkındalığı da artmıştır. Ayrıca Endüstri 4.0 gelir dağılımını etkilemektedir. Teknoloji bir yandan fonksiyonel gelir dağılımını sermaye lehine değiştirmekte ve sermaye faktörünün gelirden aldığı payı artırmaktadır. Öte yandan da yüksek beceri ve yeteneğe sahip işgücü ile düşük beceri ve yeteneğe sahip işgücü arasındaki ücret farkının daha fazla açılması beklenmektedir. Sermaye faktörü ile yüksek yetenekli işgücü lehine ortaya çıkan bu durum, hem iktisadi hem de sosyal sorunları beraberinde getirmekte ve toplumdaki gelir adaletsizliğini derinleştirebilmektedir (Ünlü ve Atık, 2018, s. 444). Nitekim dijital dönüşüm, servetin giderek daha az insanın elinde toplanmasına, çalışma alanlarının güvencesiz ve suistimale açık hale getirilmesine yol açmaktadır (Schwab ve Davis, 2019, s. 51). Tablo 3. 11’de, Endüstri 4.0’da öne çıkan ve yükselen ekonomiler arasından seçilen ülkelere ilişkin GSYH’nin sektörel dağılımına (tarım-sanayi-hizmet katma değeri) yer verilmiştir.

Tablo 3. 11. Seçilmiş ülkelerde GSYH’nin sektörel dağılımı (2007-2018) (Dünya Bankası “World Bank”)

Ülkeler	Tarım katma değeri (% GSYH)			Sanayi katma değeri (% GSYH)			Hizmet katma değeri (% GSYH)		
	2007	2018	Değişim (%)	2007	2018	Değişim (%)	2007	2018	Değişim (%)
Almanya	0,77886	0,664668	-14,66%	27,2365	27,37565	0,51%	61,91402	62,06852	0,25%
Amerika	1,066822	0,864583	-18,96%	21,44613	18,6386	-13,09%	73,90258	76,8904	4,04%
Japonya	1,060904	1,239368	16,82%	29,8825	29,07201	-2,71%	69,08577	69,31357	0,33%
Çin	10,24617	7,04302	-31,26%	46,88417	39,68701	-15,35%	42,86967	53,269967	24,26%
Brezilya	4,416915	4,418538	0,04%	23,12538	18,12915	-21,60%	57,72624	63,01408	9,16%
G.Afrika	2,643373	2,17602	-17,68%	26,52626	25,85349	-2,54%	60,1748	61,04273	1,44%
G.Kore	2,283409	1,746403	-23,52%	33,45375	34,0458	1,77%	55,07869	55,69169	1,11%
Rusya	3,778902	3,372453	-10,76%	31,22204	32,81866	5,11%	50,67305	53,54097	5,66%
Singapur	0,042868	0,028407	-33,73%	28,22577	25,25966	-10,51%	66,04015	69,44681	5,16%
Tayland	9,347685	8,126871	-13,06%	39,43137	34,78822	-11,78%	51,22094	57,08491	11,45%
Türkiye	7,457027	5,775792	-22,55%	26,37395	29,39986	11,47%	54,88114	54,46932	-0,75%

Tablo 3. 11’de yer alan ülkeler arasında hizmet katma değeri en yüksek olan ülkeler 2007 yılında sırasıyla ABD ve Japonya iken, 2018 yılında ABD birinci sıradaki yerini korurken ikinci sıraya Singapur geçmiştir. 2007 ve 2018 yıllarında sanayi katma değeri açısından en yüksek değerin Çin’de olduğu anlaşılmaktadır. Tarımsal katma değerine göre 2007 yılında en yüksek değerin sırasıyla Çin, Tayland ve Türkiye’de olduğu, 2018

yılında ise bu değerin yüksekliği açısından Çin'in Tayland'dan sonra geldiği fark edilmektedir. Tabloya genel olarak bakıldığında, ilgili ülkelerin GSYH'nin sektörel dağılımında tarımsal katma değerin azaldığı, hizmet katma değerinde ise artış olduğu görülmektedir. Ayrıca (2007 yılından 2017 yılına) ilgili ülkeler içerisinde hizmet katma değerindeki en yüksek artış oranı Tayland'da (2007 yılından 2018 yılına) sanayi katma değerindeki en yüksek artış ise Türkiye'de gerçekleşmiştir. Tablo 3. 12'de, Endüstri 4.0'da öne çıkan ve yükselen ekonomiler arasından seçilen ülkelere ilişkin AR-GE harcamaları (% GSYH) değerlerine yer verilmiştir.

Tablo 3. 12. Seçilmiş ülkelerde AR-GE harcamaları (% GSYH) (Dünya Bankası "World Bank")

Ülkeler	AR-GE harcamaları (% GSYH)		
	2007	2017	Değişim (%)
Almanya	2,46048	3,06792	24,69%
Amerika	2,63161	2,81741	7,06%
Japonya	3,3396	3,20798	-3,94%
Çin	1,37369	2,11603	54,04%
Brezilya	1,08138	1,09392	1,16%
G.Afrika	0,88287	0,83215	-5,74%
G.Kore	2,87258	4,29206	49,41%
Rusya	1,11611	1,10967	-0,58%
Singapur	2,31988	1,92465	-17,04%
Tayland	0,2008	1,00179	398,90%
Türkiye	0,69182	0,95978	38,73%

Tablo 3. 12'de ilgili ülkeler arasında GSYH'deki AR-GE harcamaları payının en yüksek olduğu ülke 2007 yılında Japonya iken, 2017 yılında Güney Kore olmuştur. Ayrıca bu ülkeler kapsamında AR-GE harcamaları (GSYH %) açısından (2007 yılından 2017 yılına) en yüksek oransal artışın sırasıyla Tayland, Çin, Güney Kore ve Türkiye'de gerçekleştiği görülmektedir.

Özellikle ihracat yönlü büyüme stratejisi uygulayan ülkeler açısından ileri teknoloji etkinliği, iktisadi kalkınma ve büyümenin itici güçlerinden biridir (Hobday, Cawson ve Kim, 2001, s. 209). İleri teknoloji, toplam üretimi ile birlikte bu endüstrilerde gelişim gösteren ülkelerin de rekabet gücünü yükseltmektedir. Dolayısıyla ülkelerin ileri teknoloji ürün ihraç etmeleri, rekabet üstünlüklerini arttırmaları noktasında son derece önemli bir politika hedefine dönüşmüştür. Tablo 3. 13'te, Endüstri 4.0'da öne çıkan ve yükselen ekonomiler arasından seçilen ülkelere ilişkin ileri teknoloji ürün ihracatı değerlerine yer verilmiştir.

Tablo 3. 13. Seçilmiş ülkelerde ileri teknoloji ürün ihracatı (Dünya Bankası “World Bank”)

Ülkeler	İleri teknoloji ürün ihracatı		
	2007	2018	Değişim (%)
Almanya	15,49145	15,77146	1,81%
Amerika	30,3733	18,74174	-38,30%
Japonya	20,08336	17,30983	-13,81%
Çin	7,038996	5,402984	-23,24%
Brezilya	30,15397	31,46958	4,36%
G.Afrika	5,954104	5,287441	-11,20%
G.Kore	5,628045	32,55003	478,35%
Rusya	7,238133	11,4397	58,05%
Singapur	48,52859	51,75669	6,65%
Tayland	27,89899	23,72269	-14,97%
Türkiye	2,172192	2,816014	29,64%

Tablo 3. 13’ten de anlaşıldığı üzere ilgili ülkeler arasında ileri teknoloji ürün ihracatında en yüksek ülke 2007 ve 2018 yıllarında Singapur olmuştur. Ancak 2007 yılından 2018 yılına ileri teknoloji ürün ihracatındaki en yüksek artış sırasıyla Güney Kore, Rusya ve Türkiye’de gerçekleşmiştir. Tablo 3. 14’te, Endüstri 4.0’da öne çıkan ve yükselen ekonomiler arasından seçilen ülkelere ilişkin bilgi iletişim teknolojileri mal ve hizmet ihracatı değerlerine yer verilmiştir.

Tablo 3. 14. Seçilmiş ülkelerde bilgi iletişim teknolojileri mal ve hizmet ihracatı (Dünya Bankası “World Bank”)

Ülkeler	Bilgi iletişim teknolojileri mal ihracatı (% Toplam mal ihracatı)			Bilgi iletişim teknolojileri hizmet ihracatı (% Toplam hizmet ihracatı)		
	2007	2018	Değişim (%)	2007	2017	Değişim (%)
Almanya	5,893793	4,963	-15,78%	7,627856	11,63066	52,48%
Amerika	11,7174	8,896843	-24,78%	4,073978	5,063476	24,29%
Japonya	13,16232	8,107572	-38,44%	1,250224	2,702156	116,13%
Çin	29,34073	27,30818	-6,95%	4,078714	12,66137	210,43%
Brezilya	1,660689	0,351853	-78,91%	1,844716	6,344559	243,93%
G.Afrika	1,3221	0,971776	-26,51%	2,392668	4,019013	67,97%
G.Kore	25,49122	27,84268	9,21%	1,259014	4,794468	280,81%
Rusya	0,220873	0,470804	113,63%	5,201064	8,085919	55,47%
Singapur	34,13978	29,5657	-13,38%	2,55432	6,615048	158,97%
Tayland	21,63863	15,59082	-27,92%	0,810523	0,634278	-21,74%
Türkiye	2,688951	1,177466	-56,34%	1,9229	0,603953	-68,59%

Tablo 3. 14’ten de görüldüğü üzere bilgi iletişim teknolojileri mal ihracatında en yüksek değer, 2007 yılında sırasıyla Singapur, Çin ve Güney Kore’de gerçekleşmiştir. 2018 yılında ise Singapur bu değer in yüksekliği açısından aynı yerini korurken, Çin, Güney Kore’den sonra gelmiştir. 2007 yılından 2018 yılına bilgi iletişim teknolojileri mal ihracatındaki en yüksek artış oranı da Rusya’da gerçekleşmiştir. Bilgi iletişim teknolojileri hizmet ihracatına bakıldığında, en yüksek değer in 2007 ve 2017 yıllarında

ABD’de olduğu fark edilmektedir. 2007 yılından 2017 yılına bilgi iletişim teknolojileri hizmet ihracatı artış oranı en yüksek ülkeler sırasıyla Güney Kore, Brezilya ve Çin’dir.

Sanayi toplumundan bilgi toplumuna geçişte, emek yoğun çalışma yerini bilgi yoğun çalışmaya bırakmaktadır. Bunun neticesinde ise tüm dünyada iktisadi, sosyal ve yapısal değişiklikler yaşanmaktadır. Bir başka deyişle verimlilik ve istihdam ilişkileri bağlamında “teknoloji” verimliliği yükseltirken, belli bir üretim düzeyinde ise emek talebini azaltmaktadır. Dolayısıyla özellikle yeni teknolojik gelişmeler, daha yüksek vasıflı işçi talep ederken, düşük vasıflı işçilere yönelik talebi ise önemli ölçüde azaltmaktadır. Ancak bilgi teknolojisi ve bu doğrultuda şekillenen beceri kazanımı bakımından hızlı bir şekilde gelişen sektörler, bölgeler ve ülkeler, istihdama yönelik meydana gelen olumsuzlukları en aza indirmeyi başarmaktadır (Erdoğan, 1999, s. 116-119). Tablo 3. 15’te, Endüstri 4.0’da öne çıkan ve yükselen ekonomiler arasından seçilen ülkelere ilişkin istihdamın sektöre göre dağılımına (tarım-sanayi-hizmet) yer verilmiştir.

Tablo 3. 15. Seçilmiş ülkelerde İstihdamın sektöre göre dağılımı (Dünya Bankası “World Bank”)

Ülkeler	Tarım istihdam (% Toplam istihdam)			Sanayi istihdam (% Toplam istihdam)			Hizmet istihdam (% Toplam istihdam)		
	2007	2018	Değişim (%)	2007	2018	Değişim (%)	2007	2018	Değişim (%)
Almanya	2,26	1,25	-44,69%	29,9	27,34	-8,56%	67,85	71,41	5,25%
Amerika	1,29	1,37	6,20%	22,14	19,87	-10,25%	76,57	78,76	2,86%
Japonya	4,31	3,49	-19,03%	27,5	24,43	-11,16%	68,18	72,08	5,72%
Çin	40,8	26,07	-36,10%	26,8	28,32	5,67%	32,4	45,61	40,77%
Brezilya	9,26	14,68	58,53%	22,49	20,13	-10,49%	62,83	70,61	12,38%
G.Afrika	6,01	5,16	-14,14%	25,89	23,13	-10,66%	68,1	71,71	5,30%
G.Kore	7,3	5	-31,51%	25,79	25,31	-1,86%	66,91	69,8	4,32%
Rusya	8,99	5,88	-34,59%	29,19	26,81	-8,15%	61,82	67,31	8,88%
Singapur	0,12	0,06	-50,00%	23,6	16	-32,20%	76,28	83,95	10,06%
Tayland	39,53	32,14	-18,69%	21,92	22,81	4,06%	38,55	45,06	16,89%
Türkiye	23,48	18,43	-21,51%	26,75	26,66	-0,34%	49,77	54,91	10,33%

Tablo 3. 15’ten ilgili ülkeler bazında 2007 yılından 2018 yılına gelindiğinde, tarım ve sanayi istihdamındaki payın düştüğü ancak hizmet istihdamındaki payın yükseldiği anlaşılmaktadır. 2007 yılında toplam istihdamında tarım istihdamının payı en yüksek ülke Çin’de, 2018 yılında ise Tayland’da gerçekleşmiştir. 2007 yılında toplam istihdamda sanayi istihdamının payı en yüksek ülke Rusya iken, 2018 yılında Çin olmuştur. Toplam istihdamda hizmet istihdamının payı en yüksek ülke 2007 yılında ABD iken, 2018 yılında

Singapur olmuştur. Hizmet istihdamı (% toplam istihdam) açısından 2007 yılından 2017 yılına en yüksek artış oranı ise Çin’de gerçekleşmiştir.

3.3.1. Endüstri 4.0’ın istihdama yansımaları

Endüstri 4.0’ın ekonomi üzerindeki bir etkisi de istihdama ilişkin ortaya çıkmıştır. İstihdam üzerindeki bu etkinin iki yönlü işlenmesi beklenmekte ve hangi etkinin uzun vadede kalıcı olacağı ise ekonominin yapısıyla bağlantılı gerçekleşmektedir. İstihdamda meydana gelen ilk etki, teknolojinin ekonomide olumlu etki yaratmasına rağmen kısa vadede işgücü piyasası üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceğiyle ilgilidir. Bu bağlamda Endüstri 4.0 kapsamında kullanılan özellikle üretim süreçlerinde insan gücünden tasarruf amaçlı akıllı robotlar gibi teknolojilerin işsizliği arttıracığı düşünülmektedir (Stock ve Seliger, 2016, s. 539). Teknolojik işsizliğe yol açan bu etkinin, iki yönlü çalışması beklenmektedir. İlki, işsiz kalan bireylerin, mevcut beceri, yeteneklerine daha uygun yeni iş alanlarına yönelerek işgücünde verimlilik artışı (%45-%55) yaratmasıdır. İkinci durumda ise tam tersi bir durum söz konusudur, yani işsiz kalan bireylerin niteliklerine uygun iş bulamaması halinde işsizlik olgusu derinleşmekte, bunun neticesinde de sosyal ve politik sorunlar meydana gelmektedir. Nitekim Endüstri 4.0 devriminin istihdam üzerinde olumsuz etkisinin olmayacağı iddiasında bulunanlara (iyimserlere) göre teknolojik ilerlemelerin, kısa dönemde işgücü piyasasındaki mevcut yapıyı değiştireceği ve kısmen işsizliğe yol açacağı, uzun dönemde ise işgücünün nitelik ve niceliğini artırabileceği iddia edilmektedir. İkinci etki ise Endüstri 4.0’ın işsizliği artırıcı yapıda bir devrim olarak nitelendirilmesi biçimindedir. Karamsarlar olarak adlandırılan bu gruba göre, robotlarla çalışan üretim birimlerinde zamanla mavi yakalıları duyulan gereksinimin azalacağı, beyaz yakalı çalışanların ise yetkinliklerinin değişeceği öne sürülmektedir (Eğilmez, 2017). Nobel ödüllü iktisatçı Paul Samuelson da, teknolojik gelişmelerin tüm gelirleri otomatik olarak yükseltici bir etki yaratmadığını, bu durumdan kazananlar olduğu kadar kaybedenlerin de olacağını ve hatta nüfusun en az %90’ının kaybedenlerden oluşacağını belirtmiştir (Özsoy, 2018, s. 262-264).

Sonuç olarak dijitalleşme ile gelen yeni teknolojilerin, istihdamın yapısı üzerinde ciddi değişiklikler yaratacağı, bunun yanı sıra ekonomide de iş bölümünü daha verimli hale getireceği aşîkârdır. İstihdamdaki yapısal değişikliğin “*sermaye-beceri (capital-skill)*” tamamlayıcılığı yaklaşımıyla yaratıcı görevleri yerine getirebilen yüksek beceriye sahip (nitelikli) işgücüne yönelik talep artarken, beceri-yanlı teknolojik değişime bağlı olarak düşük becerili (niteliksiz) işgücüne talebin düşeceği şeklinde gerçekleşmesi muhtemeldir

(Krusell vd., 2002; Autor vd., 2003). Bu durumda beceri düzeylerinden kaynaklı olarak “işgücünün kutuplaşması” ihtimaller dâhilindedir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2018, s. 7).

3.3.1.1. Endüstri 4.0’ın mesleki ve sektörel etkileri

Endüstri 4.0 ile önümüzdeki yıllarda bazı mesleklerin yok olması, pek çok sektörde istihdamın azalması, aynı zamanda yeni gereksinimlerin oluşumuyla yeni meslekler, yeni istihdam alanlarının yaratılması gündeme gelmektedir. Endüstri 4.0 dönüşümü ile dünya ekonomisinin %50’sini, 1.2 milyar çalışanı ve 14.6 trilyon \$ maaşı etkilemesi, bu etkinin yarısının da “Çin, Hindistan, Japonya ve Amerika”yı kapsamı beklenmektedir (Manyika vd., 2017a). 2030 yılından itibaren teknolojinin benimsenme hızına bağlı olarak 400 milyon ile 800 milyon arasında kişinin mevcut işlerini kaybedeceği, bunlardan 75 milyon ile 375 milyonunun ise yeni yetkinlikler kazanarak başka işleri yapacağı, aynı zamanda 900 milyon yeni iş olanağının yaratılacağı tahmin edilmektedir (Manyika vd., 2017b). Tablo 3. 16’da Almanya’da yapılan bir çalışmaya göre 20 yıl içinde en çok tehdit altında olan 10 meslek ile en az tehdit altında olan 10 meslek, Banger (2021) tarafından yapılan çalışmadan elde edilen bilgiler doğrultusunda aşağıda belirtilmiştir:

Tablo 3. 16. En çok tehdit altındaki 10 meslek ile en az tehdit altındaki 10 meslek: Almanya örneği, 20 yıl için öngörülen (Banger, 2021)

En çok tehdit altındaki 10 meslek ile en az tehdit altındaki 10 meslek: Almanya örneği (20 yıl)	
En çok tehdit altındaki 10 meslek	En az tehdit altındaki 10 meslek
Aşçılık	Çocuk Bakımı ve Eğitimi
Bankacılık Satış Elemanları	Dağıtım, Satın Alma ve Ticaret
Büro ve Sekreterlik İşleri	İnşaat Elektrik İşleri Sağlık ve Hasta Bakımı
Depolama ve Lojistik Faaliyetleri	Makine Mühendisliği ve İşletme Teknolojisi
Gastronomi Alanı	Motorlu Taşıt Teknolojisi
Kargo ve Kargo Servisleri	Sosyal Danışmanlık ve Sosyal Pedagoji
Metal İşleme	Yaşlı Bakımı
Muhasebe	Yöneticilik, Şirket Organizasyonu ve Strateji Planlama
Ticaret, Teknisyenlik ve İşletmecilik	Yükseköğül Eğitmenliği ve Araştırmacılık

Endüstri 4.0’ın, gerek iş alanlarında gerekse toplumsal alanda önemli değişiklikler yaratması beklenmekte ve bu değişikliklerin temelinde teknoloji bulunmaktadır. Endüstri 4.0 ile ortaya çıkan yeni üretim tarzının ev aletleri, elektroteknik, ekipman, makineler, mikroelektronik, otomotiv, sağlık ürünleri, tekstil ve giyim, telekomünikasyon gibi pek çok imalat sektöründe etkili olması muhtemeldir. Bunun yanı sıra yeni üretim tarzının gerektirdiği niteliklere uygun eğitim programlarının zorunlu hale gelmesi de insani gelişmişliği artırmaktadır. Tablo 3. 17’de Dünya Ekonomik Forumu (WEF)’e göre yok olması muhtemel mesleklere yer verilmiştir:

Tablo 3. 17. Yok olması muhtemel meslekler (Dünya Ekonomik Forumu “WEF”)

Dünya Ekonomik Forumu (WEF)’e göre yok olması muhtemel meslekler	
Alım-Satım Ajansı ve Acentaları	Satın Alma Temsilciliği
Avukatlar	Mali Analistler
Banka Memurları	Mekanik ve Makine Tamircileri
Elektronik ve Teleiletişim Kurulumcuları	Montaj ve Fabrika İşçileri
Evrak & Malzeme Kaydı ve Stok Tutma Elemanları	Muhasebeciler ve Denetçiler
İdari ve Yönetici Sekreterler	Muhasebe, Ön Muhasebe ve Maaş Bordro Elemanları
İstatistiksel Araştırma, Maliyet ve Sigorta Çalışanları	Müşteri Hizmetleri Çalışanları
Kapıdan Kapıya Satış Çalışanları, Gazete Satıcıları ve Sokak Satıcıları	Tele Pazarlamacılar
Otomobil, Kamyonet ve Motosiklet Sürücüleri	Ticari Hizmetler ve İdari Yöneticiler
Posta Hizmetleri Çalışanları	Veri Girişi Elemanları
Radio ve Televizyon Sunuculuğu	Yazar Kasa ve Fişten Sorumlu Personel

Dijital devrim (Endüstri 4.0), mühendislik ve bilgisayar tabanlı mesleklerdeki istihdamı artırırken, rutin işlerin zamanla yok olmasına yol açmaktadır. Tablo 3. 18’de gelecekte kalıcı olacağı tahmin edilen mesleklere değinilmiştir:

Tablo 3. 18. Gelecekte kalıcı olacağı tahmin edilen meslekler (Dünya Ekonomik Forumu “WEF”)

Gelecekte kalıcı olacağı tahmin edilen meslekler	
Bilgi Güvenliği Analistleri	Robotik Uzmanları ve Mühendisleri
Elektroteknoloji Mühendisleri	Satış ve Pazarlama Uzmanları
Enerji ve Petrol Mühendisleri	Satış Temsilcileri, Toptan Satış ve Üretim, Teknik ve Bilimsel Ürünler
Finans ve Yatırım Danışmanları	Tedarik Zinciri ve Lojistik Uzmanları
Genel Müdürler ve Operasyon Müdürleri	Uyum Görevlileri
İdare ve Organizasyon Analistleri	Üniversite ve Yükseköğretim Üyeleri
İnsan Kaynakları Uzmanları	Ürün, Hizmet, Süreç Tasarımcıları
Kimyasal Proses Tasarımı İşletmecileri	Veri Analistleri ve Veri Bilimcileri
Organizasyonel Gelişim Uzmanları	Veri Tabanı ve Network Uzmanları
Petrol ve Doğal Gaz Arıtma Tesisi İşletmecileri	Yazılım ve Uygulama Geliştiricileri ve Analistleri
Risk Yönetimi Uzmanları	Yönetim Müdürleri ve Baş Yöneticiler

Endüstri 4.0 neticesinde beyaz yakalı ve mavi yakalı çalışanların bütünleşmesi, beraberinde toplumsal uyumu getirmektedir. Dijital dönüşüm ile gereksinim duyulacak yeni meslekler “geleceğin meslekleri” ise tablo 3. 19’da ele alınmıştır:

Tablo 3. 19. Dijital dönüşüm ile gereksinim duyulacak yeni meslekler: Geleceğin meslekleri (Dünya Ekonomik Forumu “WEF”)

Dijital dönüşüm ile gereksinim duyulacak yeni meslekler: Geleceğin meslekleri	
Akıllı Şehirler Planlama Uzmanı	İnsan ve Kültür Uzmanları
Akıllı Ev Tasarımcılığı	Kullanıcı Deneyimi ve İnsan-Makine Etkileşimi Tasarımcıları
Atık İşleme veya Geri Dönüşüm Mühendisliği	Müşteri Bilgi ve Müşteri Hizmetleri Çalışanları
Bilgi Güvenlik Analistleri	Otonom Araç Filosu Yöneticisi
Bilgi Teknolojileri Servisleri	Proses Denetim Uzmanları
Bulut Hesaplama Uzmanları	Robotik Uzmanları ve Mühendisleri
Büyük Veri Uzmanları	Sanal Alışveriş Danışmanlığı
Dijital Dönüşüm Uzmanları	Siber Suçlar Avukatlığı
Dijital Pazarlama ve Strateji Uzmanları	Servis ve Çözüm Tasarımcıları
Eğitim ve Gelişim Uzmanları	Şebeke Geliştirme Mühendisi
Endüstriyel Kullanıcı Ara-yüz Tasarımcısı	Sınır Bilişim Uzmanları
Endüstriyel Bilgisayar Mühendisi/Yazılımcısı	3D Yazıcı Mühendisi
E-Ticaret ve Sosyal Medya Uzmanları	Veri Analistleri ve Veri Bilimcileri
Fintech Mühendisliği	Veri Güvenliği Uzmanları
Giyilebilir Teknoloji Tasarımcısı	Yeni Teknoloji Uzmanları
İnovasyon Profesyonelleri	Yapay Zekâ ve Makine Öğrenimi Uzmanları

Üretilen her yeni makine ile uzman mühendislere, programcılara, bakım teknisyenlerine ve alanında uzman operatörlere gereksinim duyulmaktadır (Newman ve Blanchard, 2020, s. 63).

Sonuç olarak bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, hızlı bir şekilde tarım, hizmet, imalat, lojistik, tasarım ve benzeri sektörlerde önemli değişikliklere neden olmaktadır.

3.3.1.1.1. Endüstri 4.0’ın tarım sektörüne etkileri

Tarım sektörüne ilişkin olarak Endüstri 4.0 teknolojilerinden “AR, bulut ve sınır (edge) bilişimi, IoT, makine öğrenimi, robotik süreç otomasyonu” hava olaylarının iyi anlaşılması ve tahmin edilmesinde, rüzgâr hızı, toprak kalitesi, yüzey buharlaşma oranlarının izlenmesinde kullanılmaktadır (Newman ve Blanchard, 2020, s. 251). Ayrıca 5G teknolojileri, çiftlik yönetim bilgi ve karar destek sistemleri, hassas tarım çözümleri, tarım otomasyonu, tarım drone ve robotikleri, tarım için özelleştirilmiş yapay zekâ uygulamaları, veri analiz teknolojileri de dijital tarım (digital agriculture) kapsamındaki diğer yeniliklerdir. Bu bağlamda hassas çiftlik üretim sistemine dayalı tarım mühendisliği evrimi olarak tanımlanan akıllı tarım, dijital tarım (Tarım 4.0)’da temel amaç, verimlilik artırıcı, tarımsal sürdürülebilir üretimin otomasyonunun sağlanmasıdır. IoT teknolojisi sayesinde çiftçiler telefon, tablet ile arazilerinin uzaktan kontrolünü yapabilmektedir. Bu teknoloji ile tarım arazisine ekilecek tohumlardan kullanılması gerekli gübre miktarına

ve değişen iklim koşullarının takibine kadar pek çok hususta fayda sağlayan sistemler yaratılmaktadır (Ercan vd., 2019). İsviçre merkezli EcoRobotix adlı bir şirket tarafından yapılan robot ile tarım alanlarındaki zararlı kimyasal ilaçların kullanımını azaltmaktadır. GPS, kamera ve sensörlere sahip olan bu robot, tarım alanındaki zararlı otların toplanmasında kullanılmaktadır. Üzerindeki kap ve püskürtme sistemi ile gerekli durumlarda bu robot, direkt olarak zararlı ota etki eden ilaçlama yapmakta, bu şekilde tarım alanlarındaki zararlı otların yok edilmesinde uygulanan kimyasalların kullanımını da azaltmaktadır. İnsanların yaptığı ilaçlamaya kıyasla robotun 20 kat daha az ilaç kullandığı ve dolayısıyla ürünlere zarar vermediği belirtilmektedir. Abundant Robotics firmasının Tarım 4.0'a ilişkin robotik çalışmaları kapsamında dünyanın ilk ticari elma toplama robotu yapılmıştır. Tarım arazisinde hareket edebilen bu robot, üzerindeki kamera ve sensörler sayesinde olgunlaşmış elmaları tespit etmekte, ağaca hiçbir şekilde zarar vermeden olgunlaşmış elmaları toplayabilmektedir. Bu otomatik toplama vasıtasıyla hasat toplama işlemi daha hızlı ve verimli yapılabilmektedir. "CLAAS" adlı Alman tarım makinaları şirketi sahip olduğu bağlantılı sürü yönetimi sistemi ile tarım ve hayvancılıkta nesnelerin interneti çerçevesinde örnek olabilecek bir sisteme sahiptir. Bu sistemde, sürüdeki ineklerin tümü özel sensörlerle donatılmıştır. Sürüdeki ineklerin hamile veya hasta olduğu durumlarda hayvan bekçisi bu sensörler sayesinde SMS yoluyla bilgi verilmekte, bu şekilde her inek için yılda 200 megabayt veri üretimi yapılmaktadır (Gosbteknopark, 2019).

3.3.1.1.2. Endüstri 4.0'ın turizm sektörüne etkileri

Teknolojik gelişmelerden kaynaklı olarak turizm sektörü hızla akıllı turizme (akıllı sistemlerden destekli turizme) dönüşme potansiyeli taşımaktadır (Gretzel, 2011). Akıllı turizm "Turizm 4.0" ileri bilgi ve iletişim altyapısı, turizm yönetimi-yönetişimi geliştirici kabiliyetler, hizmet ve ürün yeniliğinde kolaylık sağlama, turist deneyimlerini geliştirme, turizm firmaları ve destinasyonlar için rekabet avantajı sağlama, turizmi geliştirmek için stratejik bir araç niteliğinde bir kavram olarak geliştirilmiştir (Werthner ve Ricci, 2004). Bilgi ve iletişim teknolojileri, akıllı turizm deneyimleri (akıllı gelişim) ve bağlantılı sektörlerle (akıllı uzmanlaşma) yönelik ürün ve hizmetlerin bilgi ve yenilikler ile bütünleşmesi açısından son derece önemlidir. Dolayısıyla bilgi teknolojisinden destek alan turizm hizmetleri ve platformları, seyahatlerini planlamaları ve yönetmeleri açısından turistler için oldukça faydalı olmaktadır (Yoo vd., 2017). Örneğin Endüstri 4.0

bileşenlerinden olan büyük veri ile turistler, turizm endüstrisine yönelik önemli bilgiler elde edebilmektedir. Ayrıca sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri ile turistler, gerçek hayatta ziyaret edemedikleri (tehdit altındaki bölgeleri bile) sanal olarak deneyimleyebilmektedir (Aydoğmuş ve Engin, 2021, s. 857-862).

3.3.1.1.3. Endüstri 4.0'ın savunma sektörüne etkileri

Savunma sektöründe teknoloji kavramı ilk olarak 1970'li yıllarda Sovyetler Birliğinde “*Askeri Teknolojik Devrim*” adında bir konsept ile geçmiştir (SAVTEK, 2018). Bu bakımdan savunma alanı, Endüstri 4.0'ın ilk tesir ettiği sektör olarak belirtilebilmektedir. Savunma sektöründe Endüstri 4.0 bağlamında kullanılan teknolojilerin, insansız hava aracı olarak bilinen “*dronlar, otonom silahlar, VR ve AR teknolojileri vasıtasıyla askeri operasyon ve savaş pilotları için eğitimler*” şeklinde sıralanması mümkündür. Nitekim kara, deniz ve hava harekâtlarının yanı sıra günümüz dijital çağında uzay ve siber savaş ortamları gündeme gelmektedir (Erdoğan ve Aydınbaş, 2022, s. 146).

3.3.1.1.4. Endüstri 4.0'ın eğitim sektörüne etkileri

Endüstri 4.0 kapsamındaki yeni teknolojilerin eğitimde kullanımı, öğreticinin rollerinin yanı sıra bilgiye erişim yöntemlerini de değiştirmektedir. Özellikle eğitimde kullanılan basılı materyallerin yerini dijital materyallerin alması, bunlara internet ortamında erişimin kolaylaşması ve hatta kütüphane kaynaklarının dijital ortamda erişimine izin verilmesi bu dönüşümün gerçekliğini ortaya çıkarmaktadır. Nitekim şimdilerde COVID-19 pandemi sürecinde tüm insanlık pek çok sektörde olduğu gibi eğitimde de dijital dönüşümün etkilerini tecrübe etmiştir. Eğitimler pandemi döneminde öncelikle çevrimiçi (online) bir şekilde devam etmiş, pandemini seyrine göre daha sonra karma (hibrit) sisteme geçilmiştir. Ayrıca dünya üzerinde pek çok kütüphanenin pandemi döneminde kaynaklarını internet ortamında erişime açtığına şahit olunmuştur. Özetle, eğitim sektöründe Endüstri 4.0'ın etkileri, akıllı otomasyon, AR ve VR teknolojileri, görselleştirme araçları, IoT teknolojileri, makine öğrenimi, yapay zekâ kullanımı noktasında ortaya çıkmaktadır. Bu teknolojiler ile her bir öğrenci için güçlü ve zayıf yanları analiz etme, yapay zekâ tabanlı özel ders ve öğrenme desteği sağlama, test ve mini sınavlar yaratma, artırılmış gerçeklik ve hologram teknolojileri ile uzaktan deney yapma ve benzeri imkânlar sunulmaktadır (Newman ve Blanchard, 2020, s. 249).

3.3.1.1.5. Endüstri 4.0’ın sağlık sektörüne etkileri

Endüstri 4.0 ve beraberinde getirdiği Toplum 5.0 ile birlikte “Hasta+Doktor+Makine (Patient-Doctor-Machine, PDM)” entegrasyonu ile oluşan yeni nesil sağlık sisteminde “Akıllı sağlık”, “Sağlık 4.0” kavramları ön plana çıkmaya başlamıştır (Büyükgöze ve Dereli, 2019). Bu bakımdan sağlık sektöründe “Endüstri 4.0”ın etkileri “bulut ve sınır (edge) bilişim, büyük veri, dijital asistanlar, DNA analiz, robotik süreç otomasyonu, görselleştirme, makine öğrenimi, yapay zekâ, VR, AR, IoT teknolojileri” ile ortaya çıkmaktadır. Bu teknolojilerin doktorlara faydaları, erken ve doğru tanı konulması ve tedavi seçenekleri (önerileri), ilaç tedavilerindeki yüksek ve düşük risklerin belirlenmesi, uzaktan bakım imkânlarında görülmektedir. Doktorlar, tıbbi görüntüleri yorumlama ve ameliyatlar için hazırlık yapma konusunda AR ve VR teknolojilerinden yararlanmaktadır. Hasta bakımında kalite artışı, hasta sağlığındaki ani ve istikrarlı değişikliklerin takibi, hastalarla uzaktan kolaylıkla iletişim kurulması, hastanın durumunun izlenmesi ve gözlemlenmesi ise hastalar için bu teknolojilerin faydaları noktasında ortaya çıkmaktadır. Nitekim bu teknolojilerin gelişmesi neticesinde hastaların iyileşme süreleri kısaltmakta, hastane acil servis yeterlikleri artırılmaktadır. Bununla birlikte ilaç ve su getiren, gözlük veren, yerleri temizleyen, yaşlı ve hasta insanlarla ilgilenen bakıcı robotlar, ilaç taşıyan dronlar da Endüstri 4.0’ın sağlık alanındaki diğer yenilikleridir. Sonuç olarak bakıcı ve refakatçi robotlar, “evden çıkamayan, motor ve bilişsel becerileri zayıf, yalnızlık ve depresyon” gibi duygusal sorunları olan hastalara daha kaliteli bir yaşam sunmaktadır. Ayrıca 3D baskının tıbbi alanda kullanımı kapsamında ise kişiselleştirilmiş diş hekimliği uygulamaları, kulak içi işitme cihazları, ortopedik implantlar üretilmektedir. Sağlıktaki son gelişmelere dayanarak ise biyobaskı (canlı doku basımı) ile gelecekte talep üzerine organ basımı yapılacağı belirtilmektedir (Schwab ve Davis, 2019, s. 198).

3.3.1.1.6. Endüstri 4.0’ın bankacılık sektörüne etkileri

Bankacılık sektörü, teknolojik yenilikler ile gelen dijitalleşme “Endüstri 4.0” sürecine hızlı bir şekilde uyum sağlayan ve bu anlamda pek çok hizmet sunumunda bulunan bir sektördür. Geleceğin bankacılığı, şubesiz bankacılık, yeni nesil bankacılık olarak nitelendirilen dijital bankacılık (banka 4.0), bankacılık ürün ve hizmetlerinin dijital kanallar, sanal platformlar vasıtasıyla gerçekleştirilmesidir. Bu sektörde verilebilecek örnekler ise ATM, büyük veri, blok zinciri, dağıtılmış defter teknolojisi, kredi kartı, kripto

para birimleri, mobil bankacılık, Açık bankacılık, Fintek firmaları, Pos cihazı, P2P kredi (Peer to peer: Eşler arası kredi verme anlamında “sosyal kredi” veya “kitle kredisi”), robodanışmanlar, sanal müşteri asistanlığı (chatbots), sandbox, yapay zekâ ve benzeri alanlarda gerçekleşen dijital yeniliklerdir. Nitekim günümüzde yaşanan COVID-19 salgını pek çok sektörü hazırlıksız yakalamışken, bankacılık sektörünün yıllardır biriktirdiği teknolojik yatırımları sayesinde bu krize dayanıklı ve hazırlıklı sektörlerden biri olmuştur. Bu noktada yaratılan yeni fırsatlar ile ATM’ye gitmeksizin QR kod ile hızlı bir şekilde para çekme işlemi, satış noktası makineleri, temassız ödeme, “banka müşterilerinin bankaya uyumlu hale gelmesi ve onlara eğlenceli bir bankacılık hizmeti sunulması için” oyunlaştırma (gamification) anlamında çevrimiçi oyunlar ve benzeri dijital hizmetlerin sunumuna imkân tanınmıştır (Aydınbaş ve Erdiñ, 2022, s. 306).

3.3.1.1.7. Endüstri 4.0’ın lojistik sektörüne etkileri

Günümüzde yaşanan yeni tip koronavirüs (COVID-19) etkisiyle ekonominin dijital döngüsünde lojistik sektörünün önemi daha çok artmıştır. Bu pandemiyle birlikte dünyada, e-ticaret ve e-lojistik anlamında ciddi gelişmeler yaşanmıştır. Geline son noktada ise lojistikte dijital dönüşüme “Endüstri 4.0”a ilişkin teknolojilerin kullanılmasıyla “akıllı lojistik” kavramı ortaya çıkmıştır (Müller ve Voigt, 2018, s. 122). Akıllı lojistik (smart logistics), akıllı ürünler ve akıllı hizmetlerin lojistik alana girmesidir (Özdemir ve Özgüner, 2018, s. 43). Akıllı Lojistik ve Lojistik 4.0 birbirleri yerine kullanılan kavramlardır. Timm ve Lorig (2015)’e göre Lojistik 4.0, donanım odaklı lojistiğin yazılım odaklı lojistiğe dönüşmesidir (Erdiñ ve Aydınbaş, 2021, s. 163-164). Lojistik 4.0’ın omurgası olarak Drone’lar ile yapılan teslimatlar, kaptansız gemiler, bulut teknolojisi, pilotsuz uçaklar, otonom çalışan sürücüsüz araçlar ve benzeri yeni trendlerden bahsetmek mümkündür (Özgüner, 2017). Bu bakımdan gerçekleştirilen yeniliklere verilebilecek örneklerden biri e-ticaret sektöründe faal olan Amazon şirketinin “Amazon Go” olarak adlandırılan ilk “tamamen insansız olan mağazaları (kasiyersiz alışveriş teknolojisi)”dir (Kayaalp, 2020). Ayrıca Amazon firması, yapay zekâ temelli robotlar kullanarak siparişlerin 30 dakika içerisinde alıcılarına teslimini gerçekleştirme hedefi doğrultusunda çalışmalarını sürdürmektedir. Bu kapsamda Türkiye’de ise Turkish Cargo ailesinin yeni üyesi yapay zekâ temelli “Chatbot Cargy”ı hizmet sunmaya başlamıştır. Sonuç olarak Endüstri 4.0’ın lojistik sektörüne getirdiği yenilikleri “Amazon şirketinin Drone ile teslimatı, Google ve Apple gibi teknoloji devi şirketlerinin sürücüsüz araç

teknolojisi yatırımı, Continental firmasının sürücüsüz araçlarla entegre kurye robotları” olarak sıralamak mümkündür. Ayrıca lojistik alanında sanal gerçeklik uygulamaları ile depo kurulumu çerçevesinde depo içi ekipmanların, rafların yerleşeceği yerler ve depo içi araç rotalarının tespitinde kullanılmaktadır. Nitekim sanal gerçeklik, lojistik çalışanlarının eğitimini daha kolay hale getirmektedir. Bu kolaylıklar, sanal gerçeklik gözlükleri kullanılarak kuryelerin şehrin sokaklarında sürüş deneyimini canlı olarak yaşamalarıyla sağlanmaktadır (Erdinç ve Aydınbaş, 2021, s. 167-168). Bununla birlikte artırılmış gerçeklik sistemleri de lojistik sektöründe depolama operasyonları, taşımacılık optimizasyonu, son kilometre teslimat ve geliştirilmiş katma değerli hizmetlere yönelik kullanılmaktadır (Glockner vd., 2014, s. 13).

3.3.1.1.8. Endüstri 4.0’ın gayrimenkul sektörüne etkileri

Geniş anlamıyla fiziksel bir varlık olan araziyi, üzerindeki ağaçları, altındaki doğal kaynakları ve bu arazi üzerine insanların yaptığı yapıları kapsayan bir kavrama “*gayrimenkul*” denmektedir. Dar anlamıyla ise gayrimenkul “*nakledilemeyen varlık*” olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca tapuya kaydedilmiş irtifak hakları gibi, gemiler de gayrimenkul tanımı kapsamına girmektedir. Günümüzün gayrimenkul anlayışına bakıldığında ise en fazla yapı ve binalar dikkat çekmektedir. Son zamanlarda, Endüstri 4.0’ın etki altındaki gayrimenkul sektöründe ayarlanabilir ve modüler mülklere gereksinim duyulmaktadır. Tüm gereksinimleri karşılayacak, barınma ve ticaret maksatlı kullanıma uygun esnek ve çok fonksiyonlu alanlar, binalar, kat planları ile her gayrimenkul için üç başlık dikkat çekmektedir (Önder, 2021, s. 1343). Bunlar “*bina donanımı ve mimarisi, konumsal faktörler, binaya ait fonksiyonlar*” olarak sıralanabilmektedir (BEOS, 2014).

Gayrimenkul sektörünün değişen anlamı, Endüstri 4.0’ın etkisi altındaki gayrimenkullerin, teknolojik gelişmeler ile karşılaştığında nasıl değişkenlik gösterdiğini ve geleceğin dijital dünyasında ne denli bir dönüşüm yaşayacağını ortaya koymaktadır. “Deloitte”nin araştırmasına göre İngiltere’de hizmet sunan bir gayrimenkul firması, son zamanlarda satın alma, kiralama ve benzeri gayrimenkul hizmetlerinin %52’sinde dijital teknolojiler kullanılmaktadır (Liu, 2019). Nitekim Endüstri 4.0 ile yeniden şekillenen gayrimenkul sektöründeki gelişmeler “*akıllı-modüler evler, yapay zekâ ile akıllı ticaret, sanal gerçeklikle gayrimenkul keşfi, 3D baskıyla yapı üretimi, akıllı altyapı, akıllı bileşenler arası entegrasyon*” olarak sıralanabilmektedir. Geline son noktada Endüstri

4.0'ın gayrimenkul anlayışı “*Gayrimenkul 4.0*” olarak adlandırılmaktadır. Dolayısıyla gayrimenkul piyasasının her alt sektörünün ve faaliyetinin yapay zekâ, sayısallaştırma ve otomasyon sistemleri ile kontrol edildiği dijital dönüşüme “*Gayrimenkul 4.0*” denmektedir (Önder, 2021: 1343-1345). Gayrimenkul 4.0'ın temel özelliklerinden bazıları “*büyük veri analizi, blok zincir teknolojisi, nesnelerin interneti, sanal gerçeklik, yapay zekâ, 3D görselleştirme*” olarak sıralanmaktadır (GRAANA, 2020). Bu bakımdan Gayrimenkul 4.0'ı temel özellikleri aşağıda detaylıca ele alınmıştır:

Gayrimenkul 4.0'ın temel özelliklerinde biri olan “*büyük veri*” ile bir gayrimenkulün sahipliği, konumu, bulunduğu yerleşimin nitelikleri, mülk nitelikleri, mülkiyeti, ipotek ve benzeri mevcudiyeti, kullanım bilgisi, piyasa ve kurumlara ilişkin önemli miktarda bilgi içermesi söz konusu olmaktadır (GRAANA, 2020; Baum ve Dearsley, 2019). Gayrimenkul sektörünün “*block zincir teknolojisi*” sistemi ile yönetilmesi halinde ise genellikle daha şeffaf ve erişilebilir, bu piyasa tek elden yönetim olmadığından pek çok şarttan etkilenmeyen piyasa koşulları hâkim olmaktadır. Gayrimenkul sektöründe “*nesnelerin interneti teknolojisi*” sistemlerin, binaların ve eşyaların birbiri ile etkileşimde olduğu bir inovasyon sağlayarak daha verimli, kullanıcı dostu ve sürdürülebilir binaları hayata geçirmektedir. Dolayısıyla nesnelerin interneti, kişisel bilgisayarımızdan ziyade evimize yerleştirdiğimiz teknolojiye daha fazla güvenmemize olanak tanımaktadır. Bu bakımdan, uzaktan erişim ile kontrolü mümkün olan tek bir ağ ile bağlantı kurmak için bir yapıdaki aydınlatma, kamera, ısıtma, soğutma sistemleri, sensörler, su tüketimi ve benzeri birçok sistemin birlikte çalışmasıyla işlemlerin daha kolay gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Sonuç olarak artık yeni binaların pek çoğunda akıllı ısıtma sistemleri, güvenlik, aydınlatma kontrolü ve benzeri imkânlar kullanılmaktadır. Ayrıca enerji kullanımını gerçek zamanlı şekilde düzenleyerek verimliliği artırmaktadır. Böylece gerek çevresel anlamda daha az enerji tüketimi gerekse parasal anlamda tasarruf sağlanmaktadır. Bu bağlamda verilebilecek bir örnek olarak; (“*Cenevre*”de yer alan) Avrupa'nın en gelişmiş akıllı evlerinden birini göstermek mümkündür. Teknolojinin çevreci nitelikte kullanıldığı bu yapı ile panjurlar ve güneş yönlendirme sistemleri, çim ve yeşil duvar için oluşturulmuş aktif sulama sistemi kontrol edilmektedir. Bunun yanı sıra sıcaklık, rüzgâr, nem ve gün ışığından toplanan veriler dönüştürülerek yapı için uygun hayat şartları planlanmaktadır. Dünyanın ilk “*3D baskı*” tekniği kullanılarak üretilen yapısı ise “*Danimarka*”da hayata geçirilmiştir. Ayrıca gayrimenkul sektöründe “*sanal gerçeklik*” kullanımına sıklıkla rastlanmaktadır. Günümüzde Oculus Rift, Google

Glass, Samsung Gear VR ve benzeri cihazlar ile bir gayrimenkulün simülasyonu oluşturulmakta ve piyasada tanıtımı yapılabilmektedir (Önder, 2021, s. 1346-1349). Nitekim zaman ve mekân fark etmeksizin bu cihazlar ile arzu edilen gayrimenkule sanal olarak erişimin sağlanabilmesi mümkün hale gelmiştir (KPMG, 2020).

3.3.2. Endüstri 4.0'ın dış ticarete yansımaları

Ülkelerin karşılıklı ticaretteki etkileşimi ve daha yenilikçi ürün üretebilmeleri, Endüstri 4.0 devrimin getirdiği olumlu gelişmeler olarak nitelendirilmektedir. Teknolojik ilerlemeler, işsizlikteki azalmaya ve GSMH artışlarına paralel olarak ülkelerin ihracatını da artırarak küresel piyasadaki rekabet gücünde olumlu gelişmeler yaratmaktadır. Bu bakımdan dış ticaretteki yapısal değişikliklerde Endüstri 4.0'ın etkisi olduğunu söylemek mümkündür. Bu yapısal değişiklikler neticesinde ithalat ve ihracat, hem mal ticareti hem de veri ticareti olarak gerçekleşebilmektedir. Burada kastedilen bilgisayar oyunları, bilişim, e-kitaplar, film, müzik, teknik çizim ve benzeri verilerdir (Kazdağlı, 2015, s. 31). Endüstri 4.0 uygulamasını kullanan “*Japonya, Almanya, Güney Kore*” gibi dış ticaret fazlası veren ülkeler, genel olarak ucuz işgücüne sahip olmakta ve kaliteli ürün üretmektedir (Özkan, Al ve Yavuz, 2018, s. 142). Endüstri 4.0'ın dış ticaretteki bir diğer etkisi de, ileri teknoloji ürünler üreten firmaların artması ve mevcut firmaların üretimlerini, satışlarını arttırarak cirolarını yükseltmesi olarak değerlendirilebilmektedir. Bu bağlamda uluslararası ticarete en hızlı gelişen sektörlerin ileri teknoloji ürün ihracatı yapan sektörler olduğunu söylemek mümkündür (Srholec, 2007, s. 228). Nitekim dijitalleşmenin uluslararası ticarete sağladığı avantaj ve katma değer etkisi, her geçen gün ülkelerin kalkınma, refah ve milli hâsıllarında daha çok hissedilmektedir. Dolayısıyla dış ticaretteki dijital dönüşüm süreci, kamu sektörü ve özel sektörde faaliyet gösteren firmalarca yakından takip edilmektedir. Dış ticarete konu olan ürünlerin ticaret aşamalarını yakından izleyen, takip eden platformlara ilişkin verilebilecek örnekler “*Bilgisayarlı Gümrük Etkinlikleri Sistemi, Elektronik Veri Değişim Sistemi, Dâhilde İşleme Rejimi (DİR), Dış Ticarete Risk Esaslı Kontrol Sistemi, Lojistik Takip Sistemi (LTS), Tek Pencere Sistemi*” gibi işlemlerdir. Sonuç olarak başta kamu kurumları olmak üzere pek çok firmanın bilgisayarlı otomasyon sistemine geçmesi ile dış ticarete konu malların ihraç ve ithal edilmesi kolaylaşmakta, kâğıt bürokrasisi azalmakta, ürünler üzerindeki denetimi etkinleştirmekte, sürecin anlık olarak izlenmesi ve sorunlara yerinde müdahale edilmesi mümkün hale gelmektedir (Güler, 2019, s. 261).

3.3.3. Endüstri 4.0'ın ekonomik boyutlarıyla çevresel ve kentsel yansımaları

Endüstri 4.0 ile meydana gelen yeni üretim tarzının yaratacağı çevresel etkiler, daha az kaynak kullanımı ve daha fazla üretim için doğa tahribatının en düşük düzeyde tutulmasıdır. Bu doğrultuda üretimde kalite ve verimliliğe odaklanılarak emisyon ve atıkların düzeyinin düşürülmesi planlanmaktadır. Dolayısıyla yeni nesil ekonomide yenilenebilir enerji kullanımının artarak klasik enerji kaynaklarının kullanımının azalacağı aşîkârdır. Bu sistemin işlemleriyle de önemli düzeyde kaynak tasarrufu sağlanmakta ve olumlu çevresel etkiler yaratılmaktadır (EFFRA, 2013, s. 111). Nitekim günümüzde yaşanan COVID-19 pandemisi ile hız kazanan dijital dönüşüm neticesinde artık «sosyal sorumluluk» kapsamında «çevre dostu yaklaşımlar ve iklimle duyarlılıklar» gerek makro bazda «ülkeler» gerekse mikro bazda «firmalar» için kritik düzeyde önem arz etmektedir. Endüstri 4.0'ın ekonomik boyutlarında çevresel ve kentsel etkileri açısından biyomimetik tasarımlar, akıllı evler, akıllı şehirler ile karşılaşılmaktadır.

3.3.3.1. Biyomimetik tasarımlar

Biyomimikri, çevre dostu (yeşil) teknolojilere yönelik yatırımlar bağlamında dikkat çeken bir sistemdir. Geline son noktada ise biyomimikri, endüstri, mimari, robotik, ulaşım, yapay zekâ ve benzeri alanlarda kullanılan birçok ürünün, yeni teknolojinin temelini oluşturmaktadır. Doğaya bakma noktasında özelleştirilerek daha ekolojik ve çevreci çözümler sunan biyomimikri yaklaşımı, tasarım yapılırken ve yenilikçi teknolojiler geliştirilirken doğal formlar, sistemler ve süreçlerden ilham alınması ya da birtakım sorunlara yönelik çözüm üretmek amacıyla doğayı taklit etmek olarak tanımlanmaktadır. İktisadi açıdan bakıldığında biyomimikri, sürdürülebilir kalkınmanın (sosyal, çevresel ve ekonomik) güçlüklerini karşılamak adına doğayı bir model olarak ele alan felsefi ve disiplinlerarası tasarım yaklaşımları anlamına gelmektedir. Yunanca “bios” (yaşam) ve “mimesis” (taklit) kelimelerinin birleşiminden oluşan biyomimikri terimi, ilk olarak 1962 yılında bilimsel literatürde kullanılmıştır (Gündoğdu, 2020, s. 4-5). Doğadan esinlenerek sürdürülebilir tasarımların yaratıldığı biyomimikri yaklaşımına ilişkin çeşitli örnekler verilmesi mümkündür. Bunlardan bazıları; ateş böceğinden esinlenilerek yaratılan enerji verimli “LED ampuller”, İsveçli mühendis Georges de Mestral tarafından diken otu meyvelerinden esinlenerek icat edilen tekstilde, endüstriyel tasarımda ve benzeri çeşitli alanlarda kullanılan “velcro bağı”, Rönesans'ın dahi ismi Leonardo da Vinci'nin, kuşların anatomik yapısından esinlenerek tasarladığı “uçan makineler”,

Wright kardeşlerin kuşların kanat yapısından esinlenerek hazırladığı “*uçak tasarımı*” yusuçuk böceklerinden ilham alınarak “*helikopterler*”in tasarlanmasıdır. Ayrıca Yalıçapkını kuşlarının ince gagalarından ilham alınarak Japonya’daki bazı hızlı trenler tasarlanmıştır. Bu şekilde trendeki hızın artışıyla oluşan gürültü azaltılmıştır. Mercedes-Benz’e bağı Daimler Chrysler’in tasarladığı biyonik otomobilinin tasarımında ise “*kutu balığı (ostraction meleagris)*” olarak adlandırılan balıktan esinlenilmiştir. Bu balığın hareket özellikleri ve şekli arasındaki ilişki incelenmiş olup sistem biyonik araca uygulanmıştır. Uzun süreden beri odaklandığı yakıt tasarrufunu artırma amacını firma, bu tasarımı ile gerçekleştirmiştir. Biyomimikri, sürdürülebilir bina tasarımında gerekli olan sıfır atık sistemler, su verimliliği, yapısal verimlilik ve enerji teminine yönelik geniş bir çözüm yelpazesi sunmaktadır. Biyomimikri tasarımın mimarideki ilk örneklerinden bazıları; uyluk kemiğinden esinlenerek tasarlanan “*Eyfel Kulesi*”, Mimar Joseph Paxton tarafından nilüfer bitkisinin yapraklarını gözlemlenmesiyle tasarlanan “*Kristal Palace*” ve 1962 yılında kuşun uçuşundan esinlenerek tasarlanan New York’taki “*TWA Terminali*”dir. Eero Saarinen organik mimarisinin bir örneğı 1962 yapımı biyomimetik binada şekil olarak sabun köpüğünden esinlenilmiş olup enerji verimli bina zarfı tasarlanmıştır. Doğadan iham alarak tasarlanmış sürdürülebilir bir proje kapsamında 2012 yılında açılan ve Singapur’un merkezinde yer alan “*Gardens by The Bay*” bir başka örnek olarak gösterilebilmektedir. Bu projede, ağaçların ekolojik fonksiyonlarının taklit edilebilemesini sağlayan enerjinin verimli kullanıldığı yapılar tasarlanmıştır (Gündoğdu, 2020, s. 37-45). Güneş enerjisiyle elektrik üreten dev yapay ağaçların yer aldığı doğa, sanat ve teknolojinin birleşimi parkın en geniş bahçesi olan “*Bay South Garden*” ise orkide çiçeğinden esinlenen bir iç dizayna sahiptir (<https://www.bbc.com/storyworks/travel/garden-of-wonders/gardens-by-the-bay>). Sonuç olarak sürdürülebilir bir çevre yaratımı için sanayi kuruluşlarında inovasyonun desteklenmesi, enerji verimliliği yüksek binaların artırılması gibi unsurlar son derece önemlidir.

3.3.3.2. Akıllı evler

Akıllı (dijital) evler, ev ortamındaki faaliyetleri kolaylaştırmakta, güvenilir, konforlu, rahatlık veren ev otomasyonu sistemlerini oluşturmaktadır. Akıllı evlerde bir kumanda ile perdeler ve kapılar açılıp kapatılabilmekte, ışıklar kontrol edilebilmekte, oda sıcaklığı düşürölüp yükseltilebilmektedir. Akıllı evler özellikle fiziksel ve psikolojik

anlamda savunmasız bireylerin, yaşamlarını sürdürebilmeleri ve ömürlerinin uzatılabilmesi açısından son derece önemli uygulamalardır. Dolayısıyla akıllı evlerde uygulanan sistemler, dementia veya Alzheimer tanısı konmuş hastaların, ilaçlarını doğru zamanda alması konusunda yardımcı olmakta, herhangi bir sorun yaşandığında doğru kişilere haber verilmesini sağlamaktadır. Sonuç olarak akıllı “*dijital*” evlerin, içinde yaşayan bireylerin fiziksel ve yaşamsal refahını sağlamak, gaz kaçağı veya elektrik hattı kaynaklı yaşanması muhtemel sorunlara ilişkin acil durum tespiti yapmak ve benzeri görevleri bulunmaktadır (Newman ve Blanchard, 2020, s. 188-189). Ayrıca akıllı evler, çevreci ve doğa dostu bir uygulama olarak enerji tüketimini dengede tutmakta, doğayı ve ülkelerin bütçesini korumaktadır. Örneğin akıllı evlerdeki güneş ve rüzgâr panelleri, enerjinin bir kısmını kendi ürettiği için ekonomik açıdan tasarruf sağlamaktadır.

3.3.3.3. Akıllı şehirler

Akıllı şehirler, çevre ve yaşam alanlarında iktisadi aktivitelerde, yönetişimde en iyi performansa sahip olduğu, kendine özgü, bağımsız ve bilinçli vatandaşların bulunduğu ve faaliyetleri akıllı bileşimlere dayalı olarak kurulan kentlerdir (Chourabi, vd., 2012, s. 2290; Bilici ve Babahanoğlu, 2018, s. 127). Akıllı şehirlerin özelliklerinden bazıları; çevreye daha duyarlı ulaşım sistemlerinin ve daha verimli kaynak kullanımının olması, şehir sakinlerinin yaşam kalitesinin artırılmasıdır. Bu bağlamda “*Sürdürülebilir akıllı şehir*”in oluşturulması amacına yönelik artan su talebinin karşılanabilmesi için su kaynaklarının dikkatli şekilde kullanılması, aşırı su kullanımının önlenmesi, sulama ve günlük hayatta az su tüketen teknolojilerin kullanılması önem arz etmektedir. Bunun yanı sıra su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi açısından şehirlerde oluşan yüksek miktarlardaki atık suların, deşarj edilmeden önce uygun şekilde arıtılması ve arıtılan atık suların da mümkün oldukça geri kazanıma tabi tutulması gerekmektedir. Sürdürülebilir şehirlerde yerel yönetimlerin temel görevlerini “*atık oluşumunun önlenmesi için çalışmaların yapımı, eko-verimliliğin (temiz tüketim) yaygınlaştırılması, geri dönüşüm, geri kazanım ile atıkların yeniden kullanılması, atıkların olumsuz etkilerine karşı çevre ve insan sağlığının korunması*” olarak sıralamak mümkündür. Ayrıca akıllı şehirlerde “*dronlar*” askerlerin, polislerin ve belediyelerin işlerinde, arama kurtarma operasyonlarında kullanılabilmektedir. Örneğin akıllı şehirlerdeki akıllı kurumların sahip olduğu yeni teknolojiler sayesinde polis merkezleri, suç işleme saatleri ve yerlerini

algoritmik analizler ile belirleyerek polisleri doğru yerlerde konuşlandırabilmektedir (Ford, 2018, s. 110).

Yeni dünyayı şekillendirebilecek yeni teknolojiler ile oluşturulan her yeni yapı, gerek günümüz dünyası için gerekse gelecek nesillerin dünyası için son derece önemlidir. Günümüz dünyasında bu açıdan verilebilecek pek çok örnek bulunmaktadır. Bu örneklerden biri de; her zaman daha iyi bir gelecek yaratmak misyonu ile Birleşik Arap Emirlikleri, Dubai’de “*Geleceğin Müzesi (the Museum of the Future-MOTF)*”dir. 22 Şubat 2022 tarihinde açılan Geleceğin Müzesi, National Geographic tarafından dünyanın en güzel 14 müzesinden biri olarak kabul edilmiştir. (<https://www.visitdubai.com/en/places-to-visit/museum-of-the-future>). Mimari yenilik açısından gerçek bir meşale niteliğindeki Geleceğin Müzesi’nde sergi alanlarına, yeni teknolojiler için deneyim merkezlerine ve laboratuvarlara ev sahipliği yapan yedi kat bulunmaktadır. 17.000 metrekareyi aşan paslanmaz çelik cephe, tümüyle robotlarca üretilen 1.024 plakadan oluşmaktadır. Her bir plaka ise ölçeklendirilmiş bir modelin 3D haritalanmasını gerektirmekte ve 16 aşamalı bir süreçle oluşturulan her katmanla beraber dört katmandan meydana gelmektedir. Ayrıca sürdürülebilirlik için bir model niteliğindeki Geleceğin Müzesi, 4.000 megawatt güneş enerjisiyle çalışmaktadır. Müzeyi çevreleyen park, son teknoloji akıllı ve otomatik sulama sistemiyle donatılmış 80 bitki türünü içermektedir. Nitekim bu müze, Orta Doğu’da, dünyadaki yeşil binalar arasında en yüksek dereceli “*Çevresel Enerji ve Tasarımda Liderlik (LEED) için Platinum Sertifikası*” olarak türünün ilk örneğini teşkil etmektedir. Bunun yanı sıra müzeye giden kişilerin, sanal dünya ile etkileşime girmesi sağlanarak dünyayı şekillendirebilecek öncü teknolojiye ışık tutulması arzu edilmektedir. Sonuç olarak hayal gücünü besleyici ve kaynaklarla onu güçlendirici özelliğe sahip Geleceğin Müzesi’nin, günümüzün en acil telaşları için geleceğe yönelik çözümler sunarak insan-yapay zekâ (AI) kesişim potansiyeli çerçevesinde oluşturulacak yeni yapılara, tasarımlara yönelik fikir vereceği düşünülmektedir (<https://www.ekoyapidergisi.org/dubai-gelecek-muzesi>). Bu örneklerden bir diğeri ise “*PlasticRoads*” projesidir. İlgili proje, Amsterdam’da asfalt yerine plastik atıkları kullanma tasarısı olarak ortaya çıkmıştır. Plastik atıkların kullanımıyla 30 metrelik bisiklet parkuru elde edilen bu proje kapsamındaki geri dönüşüm, 218 bin plastik bardak ve 500 bin plastik şişe kapaklar ile gerçekleşmiştir. Bisiklet parkuruna, üzerinden geçen bisiklet sayısı ve günün sıcaklığını algılayan

sensörlerin eklenmesiyle de çevre dostları ve teknoloji severleri için cezbedici bir projeye dönüşmüştür. Bu bakımdan “*dünyanın ilk akıllı bisiklet yolu*” olarak tarihe geçen PlasticRoad’ın, gelecekteki pek çok proje için aydınlatıcı olacağını söylemek mümkündür (<https://ekolojist.net/geri-donusum-projeleri/>). Sonuç olarak çevresel ve kentsel kalite artışları özellikle de ülkelerin iktisadi kalkınmaları açısından katkı sağlamaktadır.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİNE İLİŞKİN ULUSAL VE ULUSLARARASI LİTERATÜR İNCELEMESİ

4.1. Endüstri 4.0 Devrimi Uygulamalı Literatür Taraması

Bilgisayarlaşma ve dijitalleşmenin yoğun olarak kullanılmasını gerektiren Endüstri 4.0'ın (dijitalleşmenin) ekonomik açıdan etkileri kaçınılmaz olmaktadır. Dolayısıyla bu kapsamda çalışmalar yapılması son derece önemlidir. Nitekim gerek ulusal gerekse uluslararası literatür incelendiğinde, Endüstri 4.0 ve teknolojik gelişmelere ilişkin farklı yöntemlerin ve farklı firma, bölge, ülke/ülke grupları üzerine çeşitli araştırmalara rastlanmıştır. Bu kısımda, kronolojik sıraya uygun olarak Endüstri 4.0 ile dijital ekonomi, teknolojik gelişmelerin (ileri teknoloji ihracatı, bilgi iletişim teknolojileri ihracatı, yenilik) bağlamında yapılan uygulamalı çalışmalara yer verilmiştir.

Aydın (2018) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye’de Endüstri 4.0 bağlamında teknolojik ilerleme ile istihdam yapısı arasındaki ilişkinin 1981-2015 dönemleri arasında kapsayan yıllık veri seti kullanılarak ARDL yöntemiyle analizi amaçlanmıştır. Analizde teknolojik ilerlemeyi temsilen “*AR-GE harcamaları*” ve “*bilgi iletişim teknolojisi ihracatı*” verisi, istihdam yapısını temsilen ise “*yükseköğretim mezunu istihdam*” verisi kullanılmıştır. Analiz sonucuna göre teknolojik ilerlemenin istihdam yapısını, eğitim düzeyi ve yüksek istihdam talebini değiştirdiği tespit edilmiştir. Elde edilen bu tespit, teorik olarak ileri sürülen teknolojik ilerlemenin istihdam yapısını vasıflı emek talebi yönünde değiştirdiği savını destekler niteliktedir.

Dalenogare vd. (2018), Endüstri 4.0'ın sanayi performansına etkilerini incelemek amacıyla Brezilya’da faaliyet gösteren 2225 firmaya anket uygulamıştır. Regresyon analizi sonuçlarına göre Endüstri 4.0 girişimlerinin umut verici olduğunu ancak henüz hızlı gelişen teknolojilere uyumun beklenen düzeye ulaşamadığı, işletmelerde ağırlıklı olarak geleneksel üretim yöntemlerinin kullanıldığı saptanmıştır.

Günaydın (2018) yapmış olduğu çalışmada Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi’nde faaliyet gösteren 226 firma üzerinde Endüstri 4.0 devriminin istihdama etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Araştırma sonuçlarına göre İstanbul’daki bu bölgede 70.000 kişinin istihdam edildiği, ilerleyen zamanlarda ise sanayicilerin özellikle yüksek yazılım ve mekanik bilgisine sahip nitelikli işgücüne taleplerinin artacağı belirlenmiştir. Yapılan bu çalışmada firmaların %36’sının teknoloji-yoğun, %36’sının emek-yoğun gerçekleştirdiği tespit edilmiştir. Ayrıca bu firmalardaki üretimin %64’ünün rutin ve

manuel olarak gerçekleştirilirken, firmaların %44'ünün ise nitelikli işçi istihdam ettiği saptanmıştır.

Atlı (2019) çalışmasında Türkiye ekonomisi çerçevesinde 2003-2014 dönemleri arasını kapsayan yıllık veri setini kullanarak yaptığı ARDL sınır testiyle her bir alt imalat sektöründe eşbütünleşme ilişkisini sınamış, kısa ve uzun dönem katsayısını tahmin etmiştir. Daha sonra çalışmadaki tüm alt sektörlerin veri seti bir araya getirilmiş ve panel ARDL yaklaşımıyla uzun dönemli bir analiz ortaya koyulmuştur. Çalışmada Türkiye’de Endüstri 4.0’a en uygun sektörlerin, sermaye değişken katsayıları yüksek olan sektörlerden “*ağaç, diğer ulaşım ve imalat araçları sanayi, fabrikasyon metal, giyim, içecek ve kara taşıtları alt sektörleri*” olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Bulut (2019) çalışmasında Endüstri 4.0’ın gelişimi ile Türkiye ve dünya üzerindeki olası etkilerini incelemiştir. Çalışmada panel veri analiz yöntemi kullanılmış olup genel olarak teknolojinin istihdamı ve gini katsayısı üzerinde durulmuştur. Yapılan regresyon analizi sonuçlarına göre AR-GE harcamalarının toplam istihdamı negatif yönde etkilerken, ileri teknoloji ürün ihracatını pozitif yönde etkilediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca gelişmiş ülkeler bazında ileri teknoloji ihracatının gini katsayısı üzerinde negatif yönlü bir etkisi olduğu saptanmıştır. Ancak AR-GE harcamalarının gini katsayısı üzerinde anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.

Durmaz (2019) çalışmasında, endüstriyel robot kullanımının istihdam ve işsizlik üzerindeki etkilerini tespit etmeyi amaçlamıştır. Yazar, Endüstri 4.0 standartlarında bir altyapıyla kurulmuş olan ve Manisa Organize Sanayisinde yer alan “*Vestel Kurutma Makinesi Fabrikası*”nı merkez alan bir araştırma yapmıştır. Çalışmadaki yöntem “*örnek olay araştırması*” veya “*örnek olay yöntemi*” olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında değerlendirilen fabrikada, yetkin katılımcılarla mülakat şeklinde görüşme yapılmış, “*neden*” ve “*niçin*” sorularına cevap aranarak detaylı bir araştırma yapılmaya gayret edilmiştir. Çalışmada, endüstriyel robot kullanımının gerek işsizlik yaratma etkisi gerekse istihdam yaratma potansiyeli değerlendirilerek ortaya çıkan işsizliğin kalıcı bir işsizlik olmadığı sonucuna varılmıştır.

Myovella, Karacuka ve Haucap (2019) tarafından yapılan çalışmadaki amaç, karşılaştırmalı olarak (33) Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ve (41) Sahra Altı Afrika’nın (SGA) ekonomilerinde dijitalleşmenin iktisadi büyümeye etkisini incelemektir. Bu çalışmanın analizinde, her iki ülke grubu için 2006-2016 yıl aralığı (11 yıl) bazında oluşan bir panel veri seti ile genelleştirilmiş doğrusal momentler yöntemleri

(GMM) tahmini kullanılmıştır. Analizde bağımlı değişken kişi başına düşen GSYH iken, bağımsız değişkenler brüt sabit sermaye oluşumu, devlet tüketimi, nüfus artışı, geniş bant abonelikleri, internet kullanımı, mobil aboneler ve ticaret açıklığıdır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, her iki ülke grubunda da dijitalleşmenin iktisadi büyümeye olumlu katkısı olduğunu kanıtlamıştır. Çalışmada genişbant internetin etkisinin OECD ülkelerine kıyasla SGA için daha düşük, mobil telekomünikasyonun etkisi ise SGA’da OECD ülkelerine kıyasla daha yüksek düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır.

Öztürk ve Alaşahan (2019) yaptıkları çalışmada, Küresel İnovasyon Endeksi’nde yer alan 9 ülke ve Türkiye ekonomisinden oluşan örneklem bazında Endüstri 4.0’ın ülkeler arası karşılaştırmasını yapmayı amaçlamıştır. Bu çalışmada ekonometrik yöntem olarak Pedroni eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik analizini kullanmıştır. Çalışmada sonuç olarak Türkiye’nin de Endüstri 4.0 noktasında kendini gerçekleştirebilmesi adına daha fazla teknoloji ihracatı yapması ve yüksek teknoloji üretimi gerçekleştirmesinin önemi vurgulanmıştır. Çalışmadaki bulgular, Türkiye’nin Endüstri 4.0’a yönelik eğitim ve Ar-Ge çalışmalarına daha fazla önem vermesi gerekliliğini de adeta gözler önüne sermektedir.

Pehlivan ve Efeoğlu (2019) çalışmalarında 1990-2018 dönemleri arasını kapsayan yıllık veri setini kullanarak Endüstri 4.0’ın dış ticaret üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. Çalışmada teknolojik gelişmeleri (Endüstri 4.0)’ı temsilen patent başvuruları (PTNT), ileri teknoloji ihracatı (HIGT) ve ticaret (TMRK) değişkenleri kullanılmıştır. Bu çalışmada teknolojik gelişmelerin, Endüstri 4.0’ın dış ticaret yapısının gelişmesine olumlu etkileri olacağı tespit edilmiştir. Öncelikle değişkenlere birim kök testleri uygulanarak durağan olmayan değişkenlerin ilk farkları alınarak durağan hale getirilmiştir. Bunun yanı sıra değişkenlere aynı seviyede eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Ardından değişkenlerin katsayıları Düzenlenmiş (Geliştirilmiş) En Küçük Kareler Yöntemi’ni (Fully Modified Ordinary Least Squares “FMOLS”) ve Dinamik En Küçük Kareler Yöntemi (Dynamic Ordinary Least Squares Estimator “DOLS”) testleri ile yorumlanmıştır. Son olarak, değişkenler arasındaki ilişkinin yönünü belirlemek için nedensellik testi kullanılmıştır. FMOLS ve DOLS test sonuçlarına göre; değişkenler arasında pozitif ve uzun vadeli bir ilişki olduğu ve dış ticareti en fazla etkileyen değişkenin patent başvuruları olduğu tespit edilmiştir. Özetle, araştırmada kullanılan değişkenler arasında pozitif bir etkileşim olmuş ve ileri teknoloji ihracatının dış ticaret üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Shabardina (2019) yapmış olduğu çalışmada 2014-2017 dönemleri arasında kapsayan yıllık veri seti ile Rusya'nın her bir bölgesinin gelişimini ayrıntılı olarak ele alarak bilgi teknolojisinin yaygınlaştırılması ve kullanılması noktasında potansiyelini belirlemeyi amaçlamıştır. Çalışmada belirlenen faktörlerin dijitalleşme endeksi üzerindeki etkisini değerlendirmek için korelasyon analizi ve modeli uygulanmıştır. Çalışmada dijitalleşme endeksinin hesaplanmasıyla son 5 yılda bölgelerin gelişimindeki değişiklikleri incelenmesinin mümkün hale geldiği sonucuna varılmıştır.

Adedoyin vd. (2020) tarafından yapılan bu çalışmada, Endüstri 4.0 dönemi için hava taşımacılığı (ulaşımı), enerji, bilgi iletişim teknolojileri (BİT) ve doğrudan yabancı yatırımları (DYY) ile iktisadi büyüme arasındaki nedensel ve uzun vadeli ilişki analiz edilmiştir. Bu çalışma temelinde 1981-2017 dönemi bazında Amerika Birleşik Devletleri (ABD) için turizme dayalı büyüme hipotezini doğrulamak amacıyla yapılmıştır. Ayrıca turizme dayalı büyüme hipotezi çerçevesinde kömür gelirlerinin (coal rents) yanı sıra Bilgi ve İletişim Teknolojilerini (BİT) de ele alınmıştır. Çalışmada kullanılan ekonometrik yöntemler ise “*Tam Değıştirilmiş EKK (Fully Modified Least Squares-FMOLS)*”, *Dinamik En Küçük Kareler (Dynamic Ordinary Least Square-DOLS)* ve *Kanonik Eşbütünleşme Regresyonu (Canonical Cointegrating Regression-CCR)* olmuştur. Bu çalışmada hava taşımacılığı sektörünün doğrudan ve dolaylı olarak milli gelire önemli bir katkı sunduğu ve ABD turizm sektöründe katalitik etkilerinin belirgin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca ekonometrik analizde elde edilen anlamlı bulguya göre kömür gelirlerinin (coal rents) ekonomik büyümeyi artıracakđı tespit edilmiştir.

Anuşlu ve Fırat (2020) tarafından yapılan çalışmadaki amaç, Endüstri 4.0 aktörlerinin ve araçlarının, sürdürülebilir kalkınma ve çevresel performanslar üzerine etkilerinin regresyon analizi ile tespit edilmesidir. Analiz için endekslerde yer alan 116 ülke bazında 2018 yılına ilişkin veri seti kullanılmıştır. Bu bağlamda, “*Küresel İnovasyon Endeksi*” (etkileyen “*bağımsız*” değişken) Endüstri 4.0'ı temsil ederken, “*Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları*” ve “*Çevresel Performans Endeksi*” (etkilenen “*bağımlı*” değişkenler) sürdürülebilir kalkınmayı temsil etmektedir. Ayrıca “*Çevresel Performans Endeksine ait Çevresel Sağlık ve Ekosistem Canlılığı boyutları*” bir diğerk etkilenen (bağımlı) değişkendir. Analiz sonuçlarına göre Endüstri 4.0'ı temsil eden göstergelerin, genellikle sürdürülebilir kalkınma üzerinde olumlu etkileri (pozitif işaretili kısmi korelasyon katsayıları) olduğu, ancak göstergelerden bazılarının ise sürdürülebilir

kalkınma üzerinde olumsuz etkilere yol açtığı (negatif işaretli kısmi korelasyon katsayıları) tespit edilmiştir.

Aydın (2020) tarafından yapılan çalışmada seçilmiş 47 ülke için 2004-2016 yıllarına ilişkin robotlar ve istihdam arası ilişki, dinamik panel veri tekniklerinden Genelleştirilmiş Momentler Metodu'nun sistem yöntemi (System-Generalized Methods of Moments "System GMM") ile araştırılmıştır. Çalışmada elde edilen bulgular, bir birim ilave robot kullanımının toplam istihdamda %0,7 düşüşe yol açtığını ortaya koymuştur. Ayrıca yüksek gelirli ülkeler için robotların istihdama etkisinin daha olumsuz olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla çalışmada, bir birim ilave robot kullanımının toplam istihdamda %3,1 düşüşe sebep olduğu sonucuna varılmıştır.

Balan ve Koyuncu (2020) çalışmalarında 2007-2018 dönemleri arasını kapsayan yıllık veri setini kullanarak 36 OECD ülkesinin Endüstri 4.0 sisteminin önemli çıktılarından olan yüksek teknolojlili ürün ihracatı ile emek piyasasında işgücü verimliliği arasındaki nedensel ilişkiyi panel veri analiziyle belirlemeyi amaçlamıştır. Analizde elde edilen bulgulara göre 8 ülke için yüksek teknolojlili ürün ihracatından işgücü verimliliğine doğru nedensel ilişkilerin, 6 ülke için işgücü verimliliğinden yüksek teknolojlili ürün ihracatına doğru nedensel ilişkilerin ve üç ülke için de iki yönlü nedensel ilişkilerin bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Büchi, Cugno ve Castagnoli (2020) tarafından yapılan çalışmada, belirli şirketler açısından Endüstri 4.0 teknolojilerinin etkinleştirilmesine yönelik deneysel açıdan yaklaşılarak daha fazla açıklık ve fırsat sağlamak amaçlanmıştır. Çalışmanın analiz kısmı için 2018 yılına ait anket verileri kullanılmıştır. Bu bağlamda Endüstri 4.0 teknolojilerinin erişilebilirliği ve performansları arasındaki nedensellik ilişkisi, yerel üretim birimlerini temsil eden örneğe dayalı deneysel analizle incelenmiştir. Analiz kapsamında yapılan regresyon modelleri (1) genişlik ve (2) Endüstri 4.0'ın derinliğinin daha fazla fırsat sağlaması ve (3) mikro düzeyde yerel birimlerin en iyi performanslar elde etmesini kanıtlamıştır. Çalışmada sonuç olarak yatırım açısından Endüstri 4.0'a sahip şirketler için fırsatları doğrulamak son derece önemli olduğu, Endüstri 4.0'da maliyetlerin, yeni becerilerin edinilmesi ve daha iyi stratejik kararlar alabilmek için eskime riskleri açısından yüksek olduğu belirtilmiştir.

Grashof vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, kümeler ve kümelenmeye özgü özellikler arasındaki etkileşiminin yanı sıra yenilikçi bir firmanın nesnelerin endüstriyel

interneti (IoT) bilgisini göstermek amaçlanmıştır. Çalışmada küme teorisi ve anahtar teknolojiler kavramı, bir firmanın artan ve radikal bilgi üretimi üzerindeki etkilerini test etmek için ele alınmıştır. Çalışma Almanya'daki 8.347 firmayı kapsayan benzersiz bir veri tabanına dayalıdır. Veri analizi için basit en küçük kareler (OLS)-regresyon teknikleri kullanılmıştır. Çalışmada Endüstriyel IoT (Nesnelerin İnterneti), firma büyüklüğüne bağlı olarak olumlu şekilde aracılık edilen radikal patentlerin önemli bir faktörü olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca artan bilgi için bir küme ile IoT etkileri arasında bir ikame etkisi meydana gelmekte ve daha büyük firmalar ile kümelenme özelliklerine, firmaların dış bağlantılarına bağlı olmaktadır.

Habibi ve Zabardast (2020) çalışmalarındaki amaç (24) Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) ile (10) Orta Doğu ülkeleri karşılaştırılarak dijitalleşmenin (bilgi iletişim teknolojileri, “ICT”) ve eğitimin iktisadi büyümeye etkisini incelemektir. Çalışmanın analizinde ilgili ülkeler için 2000-2017 dönemine (18 yıl) ait bir panel veri seti kullanılarak en küçük kareler (EKK “OLS”) sabit etkili ve genelleştirilmiş momentler metodu (GMM) yöntemleri uygulanmıştır. Yapılan analizde, her iki ülke grubu için de bilgi iletişim teknolojilerinin iktisadi büyüme ile pozitif ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda internet kullanımının büyümeye katkısı, OECD ülkelerine kıyasla Orta Doğu için asgari düzeyde iken, mobil aboneliğinin katkısı ise Ortadoğu’da OECD ülkelerine kıyasla daha yüksek olduğu kanıtlanmıştır.

Kasa (2020)’nın çalışmasındaki temel amaç, Endüstri 4.0 sürecine uyum sağlamayı başaran ve/veya bu noktada gerekli reformları yapmayı başarmış yenilikçi ülkelerin gelişimlerinde en çok etkili olan faktörleri incelemektir. Bu çalışmada ekonometrik yöntem olarak dinamik panel veri modellerinden “Sistem GMM” tahmincisi kullanılmıştır. Çalışmada seçilmiş 16 ülke bazında AR-GE harcamaları, beşeri sermaye endeksi, doğrudan yabancı sermaye yatırımları, patent başvuruları ve yüksek teknoloji ürün ihracatlarının ekonomik büyümeye etkisi araştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgulara göre yüksek teknoloji ihracatı ve doğrudan yabancı sermaye yatırımları kişi başına GSYH’yı pozitif yönde etkilemektedir.

Wibowo vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada teknolojinin ekonomi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu doğrultuda Endonezya’nın Doğu Java Eyaletinden bir vaka çalışması yapılmıştır. Çalışmada kullanılan veriler brüt bölgesel ürün ve Doğu Java’daki Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT-ICT “*Information and Communication Technology*”)

kullanıcılarının sayısından oluşan panelden elde edilmiştir. Analizde bağımlı değişken olarak brüt bölgesel ürün ve bağımsız değişken olarak BİT kullanıcı sayısı kullanılarak en küçük kare panel regresyonunu kullanılmıştır. Ayrıca model regresyonunun uygun olmamasına yol açan bağımsız değişkenler arasında yüksek bir korelasyon bulunmuştur. Bu problem en küçük kare panel regresyonunun Temel Bileşen Analizi (PCA) ile bütünleşmesine bağlı olarak çözülmüştür. PCA yöntemi kullanılmasıyla değişkenin boyutu bağımsız değişkenlerin doğrusal bir kombinasyonu olan tek bir temel bileşene indirgenmiştir. Çalışmada, en iyi panel regresyon modelinin Sabit Etkiler Modeli olduğu belirlenmiş olup ilgili model, bütün bağımsız değişkenlerin pozitif katsayılarla sahip olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak BİT'in ekonomik büyüme üzerinde olumlu bir etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Chen vd. (2021) tarafından yapılan çalışmadaki amaç, Endüstri 4.0 çağında teknolojik yeniliklerin, kayıt dışı ekonominin gelişiminin ve ekonominin yapısal dönüşümünün enerji verimliliği üzerindeki etkisini analiz etmektir. Bu amaç doğrultusunda 1990-2016 dönemi bazında Orta Doğu ve Kuzey Afrika (MENA) ülkeleri için söz konusu etki incelenirken ekonometrik yöntem olarak panel nedensellik analizi kullanılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen bulgulara göre teknolojik inovasyonun enerji verimliliği üzerinde olumlu bir etkiye sahipken, kayıt dışı ekonomideki büyümenin enerji verimliliği üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak ekonominin yapısal dönüşümünün enerji verimliliği üzerinde olumlu etkisi kanıtlanmıştır.

Erkekoğlu ve Uslu (2021) yapmış oldukları çalışmada, Endüstri 4.0 teknolojik dönüşüm sürecinde seçilmiş ülkeler ve Türkiye'nin geldiği konumu, teorik ve uygulamalı olarak araştırmayı amaçlamıştır. Çalışmanın analiz aşamasında 2019 yılı Küresel İnovasyon Endeksi sıralamasında ilk 20 içerisinde yer alan ülkeler ve Türkiye bazında 2013-2019 dönemine ait veri seti kullanılmıştır. Bu analizde, ülkelerin Endüstri 4.0 sürecine uyumunu gösteren Küresel İnovasyon Endeksi bağımlı değişken olarak alınmıştır. Ayrıca AR-GE alanında çalışan uzman personel sayısı, AR-GE harcamaları, kişi başına düşen milli gelir ve insani gelişmişlik endeksi verileri ise bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Ekonometrik yöntem olarak ise panel regresyon analizleri ve Granger panel nedensellik testleri uygulanmıştır. Bu çalışmanın bulgularına göre inovasyon seviyelerini artırarak Endüstri 4.0 Sanayi Devrimini yakalamayı hedefleyen ülkelerin, AR-GE alanında istihdam edilen araştırmacı sayısını, AR-GE harcamalarını,

kiři bařına dūřen milli gelirlerini ve insani geliřmiřlik seviyelerini artırmaya yönelik politikalar uygulamaları gerekmektedir.

Koç (2021) tarafından yapılan çalışmada 2013-2017 dönemi bazında endüstriyel dijitalleşmenin işsizlik oranı üzerindeki etkisinin belirlenmesi ile mekânsal faktörlerin ilişkili olup olmadığının analiz edilmesi amaçlanmıştır. Endüstriyel dijitalleşme endeksi verilerine ulaşılabilen (31) OECD lkesi kapsamında yapılan çalışmada, rassal etkili dinamik mekânsal panel veri analizi kullanılmıştır. Modelde bağımlı değişken olarak “*işsizlik oranı*”; bağımsız değişkenler olarak ise “*bir önceki dönemin işsizlik oranı*”, “*endüstriyel dijitalleşme düzeyi*” ve “*mekânsal etki faktörü*” belirlenmiştir. Çalışmada, modele dâhil edilen tüm değişkenlerin istatistiksel olarak anlamlı olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak bir önceki dönemin işsizlik oranı cari dönem işsizlik oranını pozitif etkilediğini, ancak endüstriyel dijitalleşme düzeyi ile cari işsizlik oranı arasında negatif ilişki bulunduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra negatif mekânsal bağımlılığın söz konusu olduğu tespit edilmiştir.

Yagubov ve Aliyev (2021) tarafından yapılan çalışmanın amacı istatistiksel araştırma kapsamında dijitalleşme sürecinin toplum ve modern dünya ekonomisi üzerindeki etkisini araştırmaktır. Uluslararası dijital ekonomi ve toplum endeksi (IDEAS I) rnekleminde, dünya ülkelerinin ekonomilerindeki bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişim düzeyini, dinamiklerini ve yönlerini değerlendirmeye odaklanılmıştır. Analizde regresyon modellerinin oluşturulması, dijitalleşmenin ekonomik gelişim üzerindeki etkisinin temel olanaklarını belirlenmesini sağlamıştır. Analiz sonuçları, dijitalleşmenin ekonomi üzerinde çelişkili bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Sonuç olarak ürün (rekabetçi) yeniliklerin benimsenmesi, büyümeye katkıda bulunurken, rekabetçi olmayan mallar olarak bilginin yeniden dağıtılmasına, genişletilmesine ve yayılmasına dayanan yeniliklerinin kullanılması süreci ise ekonomik gelişimi yavaşlatabileceği belirtilmiştir. Ayrıca ekonomik büyüme oranlarına ilişkin yapılan analiz ekonominin çeşitli sektörlerinde yaşanan dijitalleşme süreçlerindeki gelişmelerin, gerek bireysel olarak ülkelerin gerekse bir bütün olarak dünya ekonomisinin büyüme oranları üzerinde henüz anlamlı bir etkisi olmadığını kanıtlamıştır.

Yavuz (2021) alışmasında temel olarak Endüstri 4.0 araçlarına yönelik ilgi düzeyinin ileri teknoloji ürün ihracatı ve ithalatına etkisini belirlemeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada 31 ülkenin 2007-2019 dönemleri arasını kapsayan yıllık veri seti kullanılmış olup ekonometrik yöntem olarak panel veri analizi uygulanmıştır. Çalışmada ele alınan

faktörler AR-GE, altyapı, beşeri sermaye, doğrudan yabancı yatırımlar, döviz kurları, enflasyon, gayrisafi yurt içi tasarruflar, gayrisafi sermaye oluşumu, göç, internet kullanımı, patent, teknoloji ve Endüstri 4.0'a olan ilgi düzeyidir. Panel veri analiz sonuçlarına göre, yurt içi tasarruflar, ülkelerin ihracatını ve ithalatını pozitif yönde etkilemektedir. Ayrıca patent sayısının ileri teknoloji ithalatını artırırken, ihracatını azalttığı, AR-GE harcamalarının ise tüm değişkenler modele dâhil edildiğinde ileri teknoloji ihracatını artırırken ithalatı üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığı saptanmıştır.

Zhang vd. (2021) çalışmalarında dijital ekonominin makro ve mikro düzeyde yüksek (kaliteli) iktisadi kalkınma üzerindeki doğrudan etkisini incelemeyi amaçlamıştır. Bu doğrultuda tahmin için 2015-2019 dönemleri arasını kapsayan yıllık olarak Çin'deki 30 şehire ilişkin panel verileri kullanmıştır. Çalışmanın analizinde genelleştirilmiş en küçük kareler (GEKK “FGLS”), en küçük kareler (EKK “OLS”) ve genelleştirilmiş tahmin denklemi (GEE) yöntemleri kullanılmıştır. Analiz kapsamında teknolojik ilerlemenin (dijital ekonominin) yüksek (kaliteli) iktisadi kalkınma üzerinde ciddi oranda etkili olduğu ve hatta aracı etkisi toplam etkinin yaklaşık 1/3'ünü açıkladığı sonucuna varılmıştır.

4.2.Teknolojik İlerlemeler ile İktisadi Olgular İlişkisi Üzerine Uygulamalı Literatür Taraması

Literatüre bakıldığında teknolojik gelişmeler, dijitalleşme ve Endüstri 4.0'a ilişkin çalışmaların zaman ilerledikçe iktisat bilimi dâhil pek çok alanda daha da ilgi odağı haline geldiği fark edilmektedir. Ancak bu çalışma yalnızca iktisat bilimi ile sınırlandırılmıştır. Literatürde Endüstri 4.0 üzerine yapılan çalışmalar genellikle mikro düzeyde ele alınmış olup makro düzeyde ise özellikle istihdama odaklanılmıştır. Ancak Endüstri 4.0'ın iktisadi büyüme ve kalkınmaya etkileri, son derece önemli ve incelenmesi gereken bir konudur. Bu çalışmada da literatürdeki ilgili eksiklik, boşluk tamamlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca son dönemde gündeme gelen bir olgu olmasından ötürü literatürde özellikle Endüstri 4.0 (dijitalleşme) baz alınarak incelenen ekonometrik analiz içerikli çalışmaların çok fazla olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla bu çalışmanın orijinal yönü ve önemi, seçilen ülkeler ile birlikte Endüstri 4.0 devriminin iktisadi büyüme ve kalkınmaya etkilerinin ekonometrik modeller kullanılarak analiz edilmesiyle ortaya çıkmaktadır. Tablo 4.1'de literatürde yer alan teknolojik ilerlemeler (ileri teknoloji ihracatı, bilgi

iletişim teknolojileri ihracatı) ile iktisadi olgular ilişkisi üzerine yapılan uygulamalı çalışmalara yer verilmiştir.

Tablo 4. 1. Teknolojik gelişmeler üzerine uygulamalı literatür

Çalışma	Yöntem	Gözlem aralığı	Örneklem grubu	Sonuç
Pohjola (2000)	Regresyon Analizi	1980-1995	Gelişmiş ve Gelişmekte Olan (39) Ülke	çalışmanın analizi sonuçlarına göre, BİT yatırımlarının gelişmiş ülkelerin iktisadi büyümesi üzerinde güçlü bir etkisinin olduğu, fakat gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler birlikte değerlendirildiğinde önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.
Asteriou ve Agiomirgianakis (2001)	Zaman serisi Analizi, Nedensellik Analizi	1960-1994	Yunanistan	çalışmada beşeri sermayenin fiziki sermaye yatırımlarıyla birlikte teknolojik gelişmeyi de arttırdığı ve böylece iktisadi büyümenin süreklilik kazandığı tespit edilmiştir.
Ülkü (2004)	Sabit Etkiler ve Arellano-Bond GMM Tahmin Edicileri	1981-1997	OECD Üyesi (20) Ülke ve OECD Üyesi Olmayan (10) Ülke	çalışmada yeniliğin (patent sayısı) kişi başi GSYH'yi arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.
Jalava ve Pohjola (2005)	Zaman Serisi Analizi	1995-2002	Finlandiya	çalışmada bilgi ve iletişim teknolojilerindeki artış ile doğrudan ve dolaylı olarak diğer girdilerin verimlilik oranı yükselirken, bununla paralel olarak da iktisadi büyüme üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu saptanmıştır.
Karagiannis (2007)	Panel Veri Analizi	1990-2003	Avrupa Birliği Üyesi (15) Ülke	çalışmada yapılan analiz sonucuna göre bilgi ve iletişim teknolojilerine yönelik yatırımların iktisadi büyüme üzerinde pozitif etkisinin ülkelerin gelir düzeyleriyle ilişkili olarak değiştiği saptanmıştır.

Tablo 4.1. Teknolojik gelişmeler üzerine uygulamalı literatür (devamı)

Çalışma	Yöntem	Gözlem aralığı	Örneklem grubu	Sonuç
Falk (2009)	GMM Analizi	1980-2004	(22) OECD Ülkesi	Çalışmanın analiz sonuçlarına göre yüksek teknoloji ihracatının iktisadi büyüme üzerinde dinamik bir etkisi olduğu belirtilmiştir.
Yousefi (2011)	Panel Veri Analizi	2000-2006	Yüksek, Üst-Orta, Düşük-Orta ve Düşük Gelirli (62) Ülke	Çalışmada elde edilen bulgulara göre BİT, yüksek ve üst-orta gelirli ülkelerin iktisadi büyümelerinde önemli bir rol oynarken, düşük-orta gelirli ülkelerin iktisadi büyümelerine katkıda bulunmamıştır.
Türedi (2013)	Panel Veri Analizi	1995-2008	Seçilmiş (53) Ülke	Çalışmada yapılan analizde teknolojinin (bilgi ve iletişim teknolojilerine yapılan yatırımların) iktisadi büyüme üzerinde pozitif etkisi olduğu sonucuna varılmıştır.
Ishida (2015)	Panel ARDL Sınır Testi	1980-2010	Japonya	Çalışmada yapılan analizde bilgi ve iletişim teknolojilerine yapılan yatırımların iktisadi büyüme üzerinde etkisi olmadığı tespit edilmiştir.
Telatar vd. (2016)	Engle-Granger Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik Testleri	1996:01- 2015:03	Türkiye	Çalışmanın analiz sonuçlarına göre ileri teknoloji ürünü ihracatının iktisadi büyümeyi arttıracığı sonucuna varılmıştır.
Yıldız (2017)	Panel Sabit Etkiler ve Panel Rassal Etkiler Modelleri	2005-2014	Türkiye ve BRICS Ülkeleri	Çalışmanın analiz sonuçlarına göre ileri teknoloji ihracatının artması ile iktisadi büyümenin de artacağı tespit edilmiştir.
Durgun ve Çapık (2018)	Johansen Eşbütünleşme Analizi ve Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM)	1993-2016	Türkiye	Çalışmada yapılan analiz sonucuna göre uzun dönemde yüksek teknoloji ihracatı ve AR-GE harcamalarının iktisadi büyüme üzerinde anlamlı ve pozitif yönde etkisi olduğu saptanmıştır.

Tablo 4.1. Teknolojik gelişmeler üzerine uygulamalı literatür (devamı)

Çalışma	Yöntem	Gözlem aralığı	Örneklem grubu	Sonuç
Konak (2018)	Nedensellik Analizi	1992-2016	Seçili OECD Ülkeleri ve Türkiye	Çalışmada elde edilen sonuçlara göre yüksek teknolojili ürün ihracatının iktisadi büyümeye önemli ölçüde etkilemektedir.
Niebel (2018)	Panel Veri Analizi	1995-2010	Seçilmiş (59) Ülke	Çalışmada BİT sermayesi ile iktisadi büyüme arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.
Erdoğan ve Aydınbaş (2020)	Panel Veri Analiz Yöntemi (Sabit Etkiler, Rassal Etkiler, GMM Tahmin Analizi)	2007-2018	Seçilmiş (16) Ülke	Çalışmanın analiz sonuçlarına göre bağımlı değişken olan yüksek teknoloji ürünleri ihracı ile bağımsız değişken olan GSYH arasında pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur.
Sucuoğlu (2021)	Panel Veri Analizi	1999-2018	OECD Üyesi (20) Ülke	Çalışmada yapılan analiz sonucuna göre sonucunda bilgi ve iletişim teknolojilerinin iktisadi büyüme üzerinde pozitif etkisi olduğu saptanmıştır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİNİN İKTİSADİ BÜYÜME VE KALKINMA OLGUSUNA ETKİLERİNİN EKONOMETRİK ANALİZİ

5.1. Araştırmanın Veri Seti ve Modeli

Bu çalışmada Endüstri 4.0'ın iktisadi büyüme ve kalkınma üzerine etkilerini incelerken “Almanya, ABD, Japonya, İngiltere, Fransa, İsveç, Norveç, Danimarka, Güney Kore, Singapur, Çin, Brezilya, Rusya, Tayland, Arjantin, Polonya, Güney Afrika ve Türkiye” için 2000-2019 dönemine ait yıllık veri seti kullanılmıştır. Bu kapsamda seçilen ülkeler genellikle Endüstri 4.0’ da öne çıkan ve çeşitli planları (stratejileri) olan ülkelerdir. Çalışmada kullanılan ülke verileri Dünya Bankası (World Bank), Penn Dünya Tablosu (Penn World Table, version 10.0-PWT) ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (The United Nations Development Program-UNDP) veri tabanından elde edilmiştir. Tablo 5.1, çalışmadaki değişkenlerin açıklamalarını ve temin edildikleri kaynakları göstermektedir.

Tablo 5. 1. Değişkenler, açıklamaları ve kaynakları

Değişkenler	Sembol	Değişken türü	Gözlem aralığı	Verilerin Alındığı Kaynak
Kişi Başına GSYH	GDPC	Bağımlı Değişken (Model-1 ve Model-3 için)		Dünya Bankası (World Bank-WB)
15 Yaş Üstü Nüfus İstihdamı (Toplam %)	EMP	Kontrol Değişken		Dünya Bankası (World Bank-WB)
Sermaye Stoku	CS	Kontrol Değişken		Penn Dünya Tablosu (Penn World Table, version 10.0-PWT)
Beşeri Sermaye Endeksi	HCI	Bağımlı Değişken (Model-2 için)		Penn Dünya Tablosu (Penn World Table, version 10.0-PWT)
Eğitim Endeksi	EDU	Kontrol Değişken	2000-2019	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (The United Nations Development Program-UNDP)
Doğumda Beklenen Yaşam Süresi	LE	Kontrol Değişken		Dünya Bankası (World Bank-WB)
Patent Başvuru Sayısı	PTNT	Bağımsız Değişken		Dünya Bankası (World Bank-WB)
Bilgi İletişim Teknolojileri İhracatı (Toplam %)	ICT	Bağımsız Değişken		Dünya Bankası (World Bank-WB)
Orta ve İleri Teknoloji İhracatı (İmal Edilen ihracat %)	MHTE	Bağımsız Değişken		Dünya Bankası (World Bank-WB)

Tablo 5. 1’de gösterilen değişkenlere ilişkin detaylı açıklama aşağıda yapılmıştır:

Kişi başına GSYH “GDPC”: Doğal kaynaklar, işgücü ve teçhizatın bir dönemden diğerine kişi başına reel gelirden yarattığı artışı ifade eden bu gösterge, ortalama yaşam standartları, ekonomik performans, ekonomik refah ölçüsü anlamına gelmektedir (OECD, 2012).

İstihdam “EMP”: Bir ülkedeki işgücünün (15 yaş ve üzeri nüfustaki) ekonomik faaliyetler içerisinde sürekli şekilde çalıştırılmasıdır.

Sermaye Stoku (Birikimi) “CS”: Bir ülkenin veya işletmenin belli bir dönem için üretebileceği mal ve hizmet kapasitesidir.

Beşeri Sermaye “HCI”: Beşeri sermaye uzun ve sağlıklı bir yaşam, bilgi edinme ve asgari geçim koşulları için gerekli kaynaklara erişme, emekte (somutlaştırılmış) bilgi ve üretim kabiliyeti ile insanların seçeneklerini artırma süreci olarak tanımlanmaktadır (Berkman, 2008, s. 8). Bir başka deyişle beşeri sermaye üretim faktörlerinin daha etkin, verimli kullanımına imkân tanıyan işgücünün sahip olduğu teknik bilgi, beceri, deneyim ve benzeri faktörlerin (ustalıkların stoku) toplamıdır (Gelgeç ve Hatırlı, 2018, s. 105; Samuelson ve Nordhaus, 1992, s. 233; Sucuoğlu, 2021, s. 20).

Eğitim Endeksi “EDU”: Her yıl Birleşmiş Milletler tarafından yayınlanan İnsani Gelişim Endeksi’nin bir bileşeni olarak “Eğitim Endeksi” (bilgiye erişimi işaret eden endeks) ortalama okullaşma yılları ve beklenen okullaşma yıllarını bileşiminden elde edilmektedir.

Doğumda Beklenen Yaşam Süresi “LE”: Yeni doğmuş bir bireyin, mevcut ölümlülük riskleri ile karşılaşması halinde yaşaması beklenen ortalama yıl sayısına “doğuşta beklenen yaşam süresi” denmektedir (TÜİK, 2020).

Patent “PTNT”: Bir yenilik, yeni bir yöntem, bilimsel icat, buluş göstergesi ve AR-GE faaliyetlerinin çıktısıdır. Bir başka ifadeyle patent, firmalar, kurumlar veya bireyler tarafından geliştirilen buluşları koruma aracıdır.

Bilgi İletişim Teknolojileri İhracatı “ICT”: Ekonominin temel yapı taşının bilgiden kaynaklandığı bilgi toplumlarında “bilgi ve iletişim teknolojisi” alınıp satılabilen, ticarileşmiş bir malı ifade etmektedir.

Orta ve İleri Teknoloji İhracatı “MHTE”: Orta ve yüksek teknoloji ürünler üretme yeteneği, kapasitesi anlamına gelmektedir.

Çalışmada Endüstri 4.0’ı temsil eden bağımsız değişkenler “patent başvuru sayısı (PTNT), orta ve ileri teknoloji ihracatı toplam imalat ihracatındaki payı (MHTE) ve bilgi

iletişim teknolojileri ihracatı toplam ihracattaki payı (ICT)” olduğu durumda, iktisadi büyüme yi temsil eden kontrol değişkenler “istihdam oranı (EMP), sermaye stoku (CS)” iken, iktisadi kalkınmayı temsil eden kontrol değişkenler ise “eğitim endeksi (EDU) ve beklenen yaşama süresi (LE)” dir. Ayrıca bağımlı değişken olarak model-1 için iktisadi büyüme ye ilişkin gösterge kişi başına gelir düzeyi (GDPC), iktisadi kalkınmaya ilişkin gösterge ise model-2 için beşeri sermaye (HCI) ve model-3 için kişi başına gelir düzeyi (GDPC) kullanılmıştır. Dolayısıyla bu çalışma çerçevesinde yapılan analizde üç ayrı model kurulmuştur.

Model-1’de kişi başına düşen GSYH (GDPC) bağımlı değişken olarak belirlenmiştir. Söz konusu modelde kontrol değişkenler olarak istihdam oranı (EMP), sermaye stoku (CS) ve bağımsız değişkenler olarak patent başvuru sayısı (PTNT), orta ve ileri teknoloji ihracatı toplam imalat ihracatındaki payı (MHTE) ve bilgi iletişim teknolojileri ihracatı toplam ihracattaki payı (ICT) analize dâhil edilmiştir. İlgili değişkenler ile kurulan model-1 aşağıda formüle edilmiştir:

$$GDPC_{it} = \alpha_{0i} + \beta_1(EMP)_{it} + \beta_2(CS)_{it} + \beta_3(PTNT)_{it} + \beta_4(MHTE)_{it} + \beta_5(ICT)_{it} + \varepsilon_i \quad (5.1)$$

Model-2’de beşeri sermaye endeksi (HCI) bağımlı değişken olarak belirlenmiştir. Bu modelde kontrol değişkenler olarak eğitim endeksi (EDU), doğumda beklenen yaşam süresi (LE) ve bağımsız değişkenler olarak patent başvuru sayısı (PTNT), orta ve ileri teknoloji ihracatı toplam imalat ihracatındaki payı (MHTE) ve bilgi iletişim teknolojileri ihracatı toplam ihracattaki payı (ICT) analize dâhil edilmiştir. İlgili değişkenler ile kurulan model-2 aşağıda formüle edilmiştir:

$$HCI_{it} = \alpha_{0i} + \beta_1(EDU)_{it} + \beta_2(LE)_{it} + \beta_3(PTNT)_{it} + \beta_4(MHTE)_{it} + \beta_5(ICT)_{it} + \varepsilon_i \quad (5.2)$$

Model-3’te kişi başına düşen GSYH (GDPC) bağımlı değişken olarak belirlenmiştir. Burada kontrol değişkenler olarak eğitim endeksi (EDU), doğumda beklenen yaşam süresi (LE) ve bağımsız değişkenler olarak patent başvuru sayısı (PTNT), orta ve ileri teknoloji ihracatı toplam imalat ihracatındaki payı (MHTE) ve bilgi iletişim teknolojileri ihracatı toplam ihracattaki payı (ICT) analize dâhil edilmiştir. İlgili değişkenler ile kurulan model-3 aşağıda formüle edilmiştir:

$$GDPC_{it} = \alpha_{0i} + \beta_1(EDU)_{it} + \beta_2(LE)_{it} + \beta_3(PTNT)_{it} + \beta_4(MHTE)_{it} + \beta_5(ICT)_{it} + \varepsilon_i \quad (5.3)$$

Bu denklemlerin her birinde; $\text{ülkeler } i=1, \dots, N$; zaman boyutu $t=1, \dots, T$ ve hata terimi için ε ile gösterilmektedir.

5.2. Araştırma Yöntemleri

Çalışmada ekonometrik yöntem olarak panel veri analizi uygulanmaktadır. Analizlere ilişkin tahmin sonuçları hesaplanırken EvIEWS 12, Gaus 16 ve Stata 16 paket programları kullanılmıştır. Çalışma doğrultusunda oluşturulan hipotezler “*Endüstri 4.0, kişi başına gelir düzeyini artırır*” ve “*Endüstri 4.0 beşeri sermaye düzeyini artırır*” şeklindedir.

Analizde öncelikle değişkenlerin zaman serisi özellikleri incelenmiş olup bu amaçla da kesit bağımlılığı test edilmiştir. Bu doğrultuda ilk olarak seçilen ülkeler için değişkenlerin seriye gelen bir şoktan aynı derece etkilenip etkilenmediğini tespit etmek adına yatay kesit bağımlılığının varlığı sınanmasında Breusch-Pagan (1980) CD_{LM1} testi kullanılmıştır. Ardından kesit bağımlılığı test sonuçlarına göre hangi nesil testlerin (birinci nesil ya da ikinci nesil) uygulanacağına karar verilmiştir. Dolayısıyla seriye oluşturan sürecin zaman ilerledikçe sabit olup olmadığının (serinin durağan olup olmadığı) belirlenmesi amaçıyla yatay kesit bağımlılığının varlığına da uygun olarak ikinci nesil birim kök testlerinden biri olan CIPS birim kök testi uygulanmıştır. Daha sonra ise ekonometrik çalışmalar için uygun analiz yöntemlerinin seçilmesi ve daha gerçekçi yorumlar yapılabilmesi adına eğim katsayılarının homojenliği sınanmıştır. Eğim katsayılarının heterojen olması ve birim kök testi sonuçlarına göre değişkenlerin $I(0)$ ve $I(1)$ düzeylerinde karışık bir şekilde durağan hale gelmesi sebebiyle de bir sonraki aşamada Westerlund (2008) Durbin-Hausman eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Bu testin sonucunda, eşbütünleşme ilişkisinin varlığı kanıtlanmıştır. Son olarak panel veri analizi kapsamında uzun ve kısa dönemli ilişkilerin tahmini için gerekli koşullar sağlandığı için Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmini (PMGE) yönteminin kullanılması uygun olduğu belirlenmiştir.

5.2.1. Panel veri analizi

Farklı bilim dalında yapılan istatistiksel çalışmaların temel amaı değişkenler arası ilişkileri belirleyerek bir değişkende meydana gelen değişimin diğerine ne miktarda ve hangi yönde etki edeceğini tespit etmektedir. İktisat bilim dalı özelinde ise makroekonomik birimler (lkeler/ülke grupları, devletler, endüstriler gibi) ile mikro ekonomik birimlerin (firmalar ve çalışanlar gibi) eğilimleri araştırılırken, çok değişkenli

istatistik yöntemleri kullanılmaktadır. Son yıllardaki istatistiksel analizlere bakıldığında, mikro ve makroekonomik birimlerin davranışlarının açıklanmasında aynı yatay-kesit birimler (N) ile belirli bir zaman aralığı (T) bazında birimler arası ve zaman içindeki farklılaşmaların birlikte incelendiği panel veri analiz yöntemine sıklıkla rastlanmaktadır (Torres-Reyna, 2007). Panel veri bireyler, hanehalkları, firmalar, ülkeler ve benzeri birimlere ilişkin yatay kesit verilerin, belirli bir zaman aralığında bir araya getirilmesi anlamına gelmektedir. Zaman serileri ve yatay kesit analizinin birleştirilerek panel veri modelleri aracılığıyla iktisadi ilişkilerin tamin edilme yöntemine “*Panel Veri Analizi*” denmektedir (Greene, 2003, s. 612; Gujarati, 2004). 1960’lı yıllarda geliştirilmeye başlayan, günümüzde de henüz gelişme sürecinde olan panel veri analizinin sık olarak kullanılmasında panel verinin karmaşık yapısının analiz edilmesi için gerek yararlanılan bilgisayar ortamdaki gerekse paket programlardaki ilerlemelerin son derece önemli bir etkisi olmuştur (Baltagi, 2008). Panel verinin genel formülü aşağıdaki gibidir:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_k X_{kit} + u_{it} \quad i = 1, \dots, N ; t = 1, \dots, T \quad (5.4)$$

Burada “Y” bağımlı değişkeni, “X_k” ise bağımsız değişkeni olup sabit parametre “α” , eğim parametreleri “β” ve hata terimi “u” ile gösterilmektedir. Ayrıca “i” alt indisi birimleri (birey, firma, şehir, ülke ve benzeri), “t” alt indisi ise zamanları (gün, ay, yıl ve benzeri) temsil etmektedir. Bu bağlamda hem parametrelerin hem de hata terimlerinin “i” ve “t” alt indisleri içermesi, panel verilere sahip değişkenler ile çalışıldığını kanıtlamaktadır (Hsiao, 2003).

Panel veri analizi genellikle statik ve dinamik olmak üzere ikili bir ayrıma tabi tutulmaktadır. Statik panel veri analizinde üç çeşit model kullanılmaktadır. Bunlar, havuzlanmış en küçük kareler yöntemi (Pooled OLS) ile tahmin edilen klasik model, sabit etkiler modeli (fixed effect model) ve tesadüfi (rassal) etkiler modeli (random effect model) olarak sıralanmaktadır. Statik panel veri modellerinden farklı olarak dinamik panel veri modeli gecikmeli değişken(ler) içeren modellerdir. Dinamik model de dağıtılmış gecikmeli panel veri modelleri ve otoregresif panel veri modelleri olmak üzere ikili bir ayrıma tabidir (Yerdelen Tatoğlu, 2013, s. 65).

Araştırmacılar tarafından panel veri analizinin yaygınlıkla kullanılmaya başlaması noktasında veri toplama ve analiz yöntemlerindeki gelişmelerinin yanı sıra mevcut yatay-kesit veya zaman serileri analizlerine kıyasla yöntemin birçok avantaja sahip olması da etkili olmaktadır. Hsiao (2003) ve Klevmarken (1989) tarafından panel veri analizinin sağladığı avantajlar şu şekilde sıralanmaktadır (Baltagi, 2008):

- Sadece yatay-kesit veya zaman serileri analizlerine kıyasla panel veri analizi sayesinde daha etkin parametre tahminleri elde edilmekte, daha karmaşık davranışsal modeller oluşturularak test edilmesi mümkün olmaktadır.

- Panel veri analizinin sonuçlarındaki kalite sadece yatay-kesit veya zaman serileri yöntemleri ile ulaşılamayacak kadar yüksektir (Hsiao, 2003, s. 3).

- Gözlem sayısı artarken, buna bağlı olarak serbestlik derecesinin büyümesi de mümkün olmaktadır.

- Zaman serileri analizlerine kıyasla panel veri, daha az çoklu doğrusal bağlantı sorununun tespitine ve değişkenlerin serbestlik derecesi ile verimliliğine ilişkin bilgi edinilmesine imkân tanımaktadır.

- Zaman serileri analiziyle yalnızca üzerinde araştırılan birime ait çıkarsamalar yapılabilirken, panel veri analizi ile birden fazla birim üzerinde araştırma yapıldığından dolayı daha detaylı bilgiler elde edilebilmektedir.

- Panel veri, değişkenleri statik yerine dinamik açıdan ele almaktadır. Bu şekilde de yapılan istatistikî çalışmaların gerçekçi olması mümkün olmaktadır.

Panel veri analizinde avantajların yanı sıra dezavantajlar (kısıtlamalar) da bulunmaktadır. Bunlar, boyut olarak zaman serisinin kısa olması problemi, tasarım ve veri toplama problemi, hata payında oluşan sapmalar, yatay kesit bağımlılığı problemi olarak sıralanabilmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2013, s. 14).

5.2.1.1. Yatay kesit bağımlılığı testi

Panel veri analizlerinde genellikle birim ve zaman boyutunun bir arada ele alınması, seriler arası yatay kesit bağımlılığı (birimler arası korelasyon) sorununu yaratmaktadır. Bu bağlamda her bir birimden gelen hata terimlerinin birbiriyle ilişkili olması durumuna “yatay kesit bağımlılığı (cross section dependency “CSD”)” denmektedir. Yatay kesit bağımlılığı testi, değişkenlerin seriye gelen bir şoktan aynı derece etkilenip etkilenmediğini ortaya koymaktadır. Çalışmada kullanılacak birim kök testleri seçiminde, öncelikle yatay kesit bağımlılığı test edilmelidir. Dolayısıyla, panel veri analizleri kapsamında serilerin yatay kesit bağımlılığının sınanmasıyla sürecin başlaması, kullanılacak birim kök testlerinin tespiti bakımından önemlidir. Bu durum, analizde sapmalı, tutarsız ve hatalı (yanıltıcı) sonuçlar elde edilmesini önlemektedir (Pesaran, 2004, s. 1). Nitekim panel veri analizinde yatay kesit bağımlılığının dikkate alınması, doğru sonuçların elde edilmesine imkân tanırken, yatay kesit bağımlılığının göz ardı

edilmesi, yatay kesit katsayıların homojen olmasından kaynaklı sahte sonuçlara yol açabilmektedir (Chudik ve Pesaran, 2009, s. 6). Bu nedenle her bir değişken ve her bir model için ayrı ayrı yatay kesit bağımlılığının incelenmesi gerekmektedir.

Küreselleşen dünyada ülkeler arasında ticari ve finansal bağların artması, yaşanan petrol şokları ve uluslararası finansal krizler gibi pek çok ülkeyi aynı anda etkileyen unsurlar, ülkelerin birbirine bağımlı olmasına yol açmaktadır. Dolayısıyla yatay kesit bağımlılığı iktisadi mesafe, gözlemlenmemiş ortak faktörler, mekânsal korelasyonlar, ortak küresel şoklar, teknolojik gelişme ve benzeri nedenlerle meydana gelmektedir. Pesaran (2004) CD testi, Breusch-Pagan (1980) CD_{LM1} testi, Pesaran vd. (2004) CD_{LM2} testi ve Pesaran vd. (2008) Bias Adjusted CD test testleri, yatay kesit bağımlılığının panel veri setlerinde sınamak için kullanılan yöntemlerdir. Yatay kesit bağımlılığının analizinde, panelde yatay kesit (N) boyutunun zaman (T) boyutundan daha büyük olması halinde ($T < N$); Friedman (1937), Frees (1995) ve Pesaran (2004) yatay kesit bağımlılığı testleri, zaman boyutunun yatay kesit boyutundan büyük olması halinde ($T > N$) ise Breusch ve Pagan (1980) veya Lagrange Çarpanı (LM) testleri, her iki boyutun büyük olması halinde ise Pesaran (2004) Yatay Kesit Bağımlılık Testi (Cross Section Dependence “CD” Test) kullanılmaktadır (Pesaran, 2004, s. 4). Aşağıdaki denklemde çalışmada kullanılan Breusch ve Pagan (1980) testine yer verilmiştir (Pesaran vd., 2008, s. 107):

$$CD_{LM1} = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N p_{ij}^2 \quad (5.5)$$

Yatay kesit bağımlılık sonuçlarına göre birim kök testleri farklılık göstermektedir. Seriler arası yatay kesit bağımlılık (birimler arası korelasyon) sorunu araştırıldıktan sonra uygulanan panel birim kök testlerinde, birimler arası korelasyonu göz ardı eden “*birinci nesil*” ve birimler arası korelasyonu göz ardı etmeyen “*ikinci nesil*” testleri olarak ikili bir ayrıma gidilmektedir. Ayrıca şunu belirtmek gerekir ki yapılacak birim kök testlerinin yanı sıra eş bütünleşme testlerinin seçiminde de yatay kesit bağımlılığının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Yatay kesit bağımlılığına ilişkin hipotezler (sıfır hipotez ve alternatif hipotez) aşağıdaki gibidir:

H_0 : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

H_1 : Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Yatay kesit bağımlılık testi sonuçlarına göre “ H_0 ” hipotezi kabul edildiğinde ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığının bulunmadığı ortaya koyulmaktadır. Bu durumda, analizde birinci nesil panel birim kök testleri kullanılmaktadır. Eğer olasılık değerleri

0,05'ten küçük ise H_0 hipotezi reddedilmektedir. Bu durumda ise ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığının varlığı kanıtlanmakta ve analizde ikinci nesil panel birim kök testleri kullanılmaktadır (Baltagi, 2008, s. 284).

5.2.1.2. *Panel birim kök testi*

Bir zaman serisi istatistiksel olarak analiz edilmeden önce, o seriyi oluşturan sürecin zaman içerisinde sabit olup olmadığı (serinin durağan olup olmadığı) araştırılmalıdır. Çünkü durağan olmayan seriler arasında ekonometrik analizler yapılması halinde “*sahte regresyon*” olarak adlandırılan yanıltıcı sonuçlarla karşılaşilmektedir. Bir başka deyişle geleneksel t, F testleri ve R^2 değerleri sapmalı sonuçlar vermektedir ki bu nedenle de öncelikle durağanlığın test edilmesi gerekmektedir. Nitekim bir zaman serisindeki stokastik (rastlantısal) bir eğilim ve aynı zamanda durağan bir süreçteki farka “*birim kök testleri*” denmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2013, s. 199).

Ekonometride birim kök analizi olarak bilinen yöntem ile bir zaman serisinde durağanlık test edilmekte, birim kökün bulunması halinde ise öngörülemeyen sistematik bir yapının varlığı ortaya koyulmaktadır. Sonuç olarak birim kökün varlığı, analizde ciddi problemlere yol açmaktadır.

Birim kök testleri, birinci ve ikinci nesil birim kök testleri olmak üzere ikili bir ayrıma tabidir. Birinci nesil testler, yatay kesit birimlerinin bağımsızlığı ve paneli oluşturan birimlerden birine gelen şoktan, yatay kesit birimlerinin tümünün aynı seviyede etkilendiği varsayımına dayanmaktadır. Ancak paneli oluşturan yatay kesit birimlerinden birine gelen bir şokun, diğer birimleri farklı düzeyde etkilemesi, daha gerçekçi bir yaklaşım olarak kabul edilmektedir ki bu sebeple de ikinci nesil birim kök testleri geliştirilmiştir. Tablo 5.2’de, panel birim kök testlerine (birinci ve ikinci nesil) yer verilmiştir.

Tablo 5. 2. Panel birim kök testleri (birinci ve ikinci nesil)

<i>Birinci Nesil birim kök testleri (Yatay-kesit bağımlılığını dikkate almayan testler)</i>	<i>İkinci Nesil birim kök testleri (Yatay-kesit bağımlılığını dikkate alan testler)</i>
Levin-Lin ve Chu (LLC) Birim kök testleri	MADF (Taylor ve Sarno, 1998)
Breitung Birim kök testleri	SURADF (Breuer, Mcknown ve Wallace, 2002)
Lm-Pesaran ve Shin Birim kök testleri	Bai ve Ng (2004)
Fisher ADF Birim kök testleri	CADF (Pesaran, 2006)
Fisher PP Birim kök testleri	PESCADF (Pesaran, 2007)
Hadri Birim kök testleri	CIPS (Pesaran, Smith ve Yamagata, 2009)

Birinci nesil birim kök testlerinde olasılık değerinin 0'a yakın çıkması serilerin durağan olması, 1'e yakın çıkması ise birim kök varlığının kabul edilmesi şeklinde yorumlanmaktadır.

İkinci nesil birim kök testlerinden biri olan “*CIPS test istatistiği*” hem $N > T$ hem de $T > N$ olduğu durumunda güvenilir sonuçlar vermektedir. Dolayısıyla çalışmada panel veri setinin birim kök içerip içermediğini belirlemek adına CIPS (Cross Section Augmented Im, Pesaran Shin/Yatay Kesitle Genişletilmiş IPS) testi ile karar verilmesi uygun görülmüştür. Panelin tümüne ilişkin durağanlık test sonucu CIPS ile elde edilmektedir. CIPS panel birim kök istatistiği, CADF regresyonundaki her bir yatay kesitin birim kök istatistiklerinin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanmaktadır. Bu bakımdan CIPS formülündeki eşitlik şu şekildedir (Pesaran, Smith ve Yamagata, 2009):

$$CIPS = N^{-1} \sum CADF \quad (5.6)$$

CIPS test istatistiği, asimptotik olarak standart dağılıma sahip değildir. CIPS test istatistiği, farklı N ve T değerleri için %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerine bağlı olarak hesaplanmaktadır.

5.2.1.3. Eşbütünleşme katsayılarının homojenliği testi

Ekonometrik çalışmalar için uygun analiz yöntemlerinin seçilmesi ve daha gerçekçi yorumlar yapılabilmesi adına panel veri analizinde eğim katsayılarının homojenliği test edilmelidir. Katsayıların homojenliği varsayımı, ülkelere özgü farklılıkların göz ardı edilmesine sebep olmaktadır. Literatürde çeşitli homojenlik testi uygulamalarına rastlanmaktadır. Panel veri analizinde homojenliğe yönelik literatüre ilk katkı Swamy (1970)'den gelmiştir. Swamy (1970) tarafından yapılan çalışmada eşbütünleşme denklemlerindeki eğim katsayılarının homojenliği değerlendirilmektedir. Ayrıca eğim heterojenliğinin test edilmesinde Pesaran ve Yamagata (2008) delta testleri ($\tilde{\Delta}$) kullanılmaktadır. Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen Delta Testi ile uzun dönem parametrelerinin homojen olup olmadığı sınanmaktadır. Delta testi, kendi içerisinde ikili bir ayrıma tabi tutulmaktadır. Delta testi (Delta Tilde) testi, örneklem grubunun büyük olması halinde kullanılırken, düzeltilmiş Delta testi (Adjusted Delta Tilde) küçük örneklem grupları için daha iyi sonuçlar vermektedir (Pesaran ve Yamagata, 2008). Delta testine yönelik hipotezlere aşağıda yer verilmiştir:

$H_0: \beta_i = \beta$ ise eğim parametreleri homojendir.

$H_1: \beta \neq \beta_j$ ise eğim parametreleri homojen değildir.

Olasılık değerlerinin 0.05'ten küçük olması halinde H_0 hipotezi %5 anlam düzeyinde reddedilirken, aksi halde H_1 hipotezi (eşbütünleşme katsayılarının heterojen olması) kabul edilmektedir (Pesaran ve Yamagata, 2008).

Eğim homojenliğini temsil eden sıfır hipotezi ($H_0: \beta_i = \beta$ tüm i 'ler için), eğim heterojenliğini temsil eden alternatif hipoteze ($H_1: \beta_i \neq \beta$ bazı i 'ler için) karşı sınanmaktadır (Pesaran ve Yamagata, 2008, s. 54-55). Delta testi sonucunda elde edilen $\tilde{\Delta}$ ve $\tilde{\Delta}_{adj}$ istatistikleri ise şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N}[(N^{-1}\tilde{S} - K) \div (\sqrt{2K})] \quad (5.7)$$

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N}[(N^{-1}\tilde{S} - E(\tilde{Z}_{it})) \div (\sqrt{Var(\tilde{Z}_{it}))}] \quad (5.8)$$

Burada yatay kesit sayısı “ N ”, Swamy test istatistiği “ S ”, açıklayıcı değişken sayısı “ k ” ve standart hata “ $Var(t,k)$ ” ile gösterilmektedir (Pesaran ve Yamagata, 2008).

5.2.1.4. Panel eşbütünleşme testi

Zaman serisi verilerindekine benzer şekilde hem değişkenlerin birim kök içerip içermediği hem de aynı dereceden birim köke sahip değişkenler arasında eşbütünleşme olup olmadığı araştırılmalıdır. Yatay kesit birimlerini göz önüne alarak bunlar arasında korelasyonun varlığı yalnızca birim kök testlerindeki gibi değil, aynı zamanda eşbütünleşme testlerinin tercihini de etkilemektedir. Birinci nesil eşbütünleşme testlerinin yatay kesit bağımlılığı durumunda güvenilir sonuçlar elde edilemeyeceğinin kabul edilmesi, yatay kesit birimleri arasında bir korelasyon olması durumunda ikinci nesil eşbütünleşme testlerinin seçilmesine neden olmaktadır. İkinci nesil test türlerinden biri olarak Westerlund (2008, s. 198) tarafından geliştirilen “*Durbin-Hausman testi*” yatay kesit bağımlılığına ve eğimin heterojenliğine imkân tanımaktadır. Değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin tespitinde bağımlı değişken $I(1)$ olması koşulu altında bağımsız değişkenlerin $I(1)$ veya $I(0)$ seviyesinde durağan bulunması sonucunda Westerlund (2008)’un geliştirdiği Durbin-Hausman testi ile panel eşbütünleşme analizi yapılması mümkün olmaktadır (Westerlund, 2008). Westerlund (2008) Durbin-H yönteminde, eşbütünleşme ilişkisinin varlığı, grup ve panel boyutuyla ayrı ayrı sınanmaktadır. Birimler arasında eğim katsayıları değiştiğinde grup istatistiğine, birimler arasında eğim katsayıları değişmediğinde ise panel istatistiğine bakılmaktadır. Westerlund (2008) Durbin-H panel eşbütünleşme testinde otoregresif parametrenin tüm kesitler için aynı

olduğu kabul edilirken, Westerlund (2008) Durbin-H grup testinde otoregresif parametrenin kesitler arası farklılaşmasına müsaade edilmektedir.

Westerlund (2008), panel istatistiği $\llbracket DH \rrbracket_p$ ve grup ortalama istatistiği (the group mean test) $\llbracket DH \rrbracket_g$ olarak iki tür test sunmaktadır. Panel ve grup istatistiği aşağıdaki gibi formüle edilmektedir:

$$DH_p = \hat{S}_N (\tilde{\phi} - \phi)^2 \sum_{i=1}^N \sum_{t=2}^T e_{it-1}^2 \quad (5.9)$$

$$DH_g = \sum_{i=1}^N \hat{S}_i (\tilde{\phi}_i - \phi_i)^2 \sum_{t=2}^T e_{it-1}^2 \quad (5.10)$$

Testin hipotezleri ise şu şekildedir:

H_0 : Eşbütünleşme ilişkisi yoktur.

H_1 : Eşbütünleşme ilişkisi vardır.

Hipotezlerin red veya kabulüne ilişkin karar verilirken, elde edilen test istatistiği ile normal dağılım tablosu kritik değerleri karşılaştırılmaktadır. Elde edilen test istatistiği 1.645'ten büyük olması halinde H_0 hipotezi %5 anlamlılık düzeyinde reddedilirken, seriler arası eşbütünleşme ilişkisinin varolduğuna karar verilmektedir (Westerlund, 2008).

5.2.1.5. Panel veri analizi kapsamında uzun ve kısa dönemli ilişkilerin tahmini

Panel eşbütünleşme testi kapsamında uzun ve kısa dönemli ilişkilerin belirlenmesi için kullanılmak üzere çeşitli tahmin yöntemleri bulunmaktadır. Bu bakımdan heterojen panel veri modelleri olarak ekonometrik analizlerde “Ortalama Grup Tahmincisi (Mean Group Estimator, MGE), Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmincisi (Pooled Mean Group Estimator, PMGE) ve Dinamik Sabit Etkiler Modeli (Dynamic Fixed Effects Model, DFE)” gibi yöntemler kullanılabilmektedir (Yerdelen Tatoğlu, 2013, s. 242).

Dinamik heterojen paneller için Havuzlanmış Ortalama Grup (PMG) tahmincisi Pesaran, Shin ve Smith (1999) tarafından önerilmiştir. PMG tahmincisinin MGE'den ayrıldığı nokta, katsayıların havuzlanması ve ortalamalarının bir bileşimi niteliğindeki ara tahmincilerden oluşmasıdır. Panel PMGE, farklı durağanlıktaki değişkenlerin aynı model ile tahmin edilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca PMGE, ihmal edilmiş değişken neticesinde oluşan sapma (omitted variable bias), içsellik (endogeneity) ve ülke heterojenliği sorunu ile başa çıkabilen, uzun ve kısa dönem katsayılarının ayrı ayrı

hesaplanmasına izin veren dirençli bir tahmincidir. Nitekim bu tahminci, hata düzeltme katsayısıyla beraber kısa dönemli ve uzun dönemli ilişkileri de hesaplamaktadır. PMGE’de, yatay kesitlerin tümü için ortak bir eşbütünleşme denklemi tahmin edilmektedir. PMGE’de uzun dönem için paneli oluşturan ülkeler arasında aynı olmaları (homojen olması) kısıdını getirerek sabitin, hata varyanslarının ve kısa dönem parametrelerinin ülkeden ülkeye farklılık göstermesine (heterojen olmasına) izin vermektedir. Dolayısıyla PMG tahmincisi hem havuzlamanın avantajlarını bir araya getirmekte hem de yeterli düzeyde heterojenliğe izin vermektedir. Bu şekilde PMGE modelinde, değişkenler için uzun dönemde homojenite ile bağlantılı kalarak kısa dönemde heterojenite elde edilmesine imkân tanımaktadır (Pesaran vd., 1999).

5.3.Araştırma Bulguları

Araştırma bulgularının incelendiği bu kısımda, öncelikle panel veri analizi için kullanılacak değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistiklere yer verilmiştir.

Tablo 5. 1. Tanımlayıcı (Özet) istatistikler (Stata 16 paket programı ile hesaplanmıştır.)

Değişken	Gözlem	Ortalama	Standart Sapma	Minimum	Maksimum
GDPC	360	28704.79	20889.85	2.193.893	76085.24
EMP	360	5.745.403	7.821.573	36.8	74.82
CS	360	10200000.00	14100000.00	506261	69100000.00
HCI	360	.830125	.0940572	.594	.957
EDU	360	.7813889	.1163874	.481	.943
LE	360	7.654.174	6.042.563	53.444	8.435.634
PTNT	360	28735.69	58787.21	112	336340
ICT	360	9.907.235	1.068.397	.0599616	5.497.448
MHTE	360	5.724.503	1.440.619	0	8.538.837

Tablo 5.3’te Kişi Başına GSYH, 15 Yaş Üstü Nüfus İstihdamı (Toplam %), Sermaye Stoku, Patent Başvuru Sayısı, Orta ve İleri Teknoloji İhracatı (İmal Edilen ihracat %), Bilgi İletişim Teknolojileri İhracatı (Toplam %), Eğitim Endeksi, Beşeri Sermaye Endeksi ve Doğumda Beklenen Yaşam Süresi değişkenlerinin gözlem sayısı, ortalaması ve standart sapma değerleri gösterilmektedir.

5.3.1. Yatay kesit bağımlılığı test sonuçları

Yatay kesit bağımlılığını test edebilmek adına çalışmada kullanımı uygun olan test ($T > N$ olmasından dolayı), Breusch ve Pagan (1980) testi olmuştur. Değişkenlerdeki ve denklemlerdeki (modellerdeki) yatay kesit bağımlılığı, Eviews 12 kodlarıyla sınanmıştır. Tablo 5.4’te yatay kesit bağımlılık testi sonuçları gösterilmiştir.

Tablo 5. 2. Yatay kesit bağımlılık test sonuçları (Eviews 12 paket programı ile hesaplanmıştır.)

Test	Her bir değişken ve model için yatay kesit bağımlılığı testi sonuçları	
	Breusch-Pagan (1980) CD _{LM}	
	İstatistik değeri	Olasılık değeri
Değişkenler ve Modeller		
GDPC	2411.960***	0.0000
EMP	932.9554***	0.0000
CS	2615.550***	0.0000
HCI	2762.011***	0.0000
EDU	2301.225***	0.0000
LE	2878.105***	0.0000
PTNT	1243.490***	0.0000
ICT	1611.312***	0.0000
MHTE	722.5596***	0.0000
MODEL-1: GDPC=F (EMP, CS, PTNT, MHTE, ICT)	786.4914***	0.0000
MODEL-2: HCI=F (LE, EDU, PTNT, MHTE, ICT)	562.1215***	0.0000
MODEL-3: GDPC=F (LE, EDU, PTNT, MHTE, ICT)	994.4017***	0.0000

Tablo 5.4'e göre değişkenlerin ve modellerin tümünde yatay kesit bağımlılığının varlığı kanıtlanmıştır. Bunun nedeni, değişkenlerin ve modellerin olasılık değerlerinin 0,05'ten küçük olması ve bunun neticesinde de H_0 hipotezinin reddedilmesidir. Dolayısıyla çalışmanın devamında, yatay kesit bağımlılığını dikkate alan birim kök testleri ve tahmin yöntemleri kullanılmıştır.

5.3.2. Panel birim kök testi sonuçları

CIPS test istatistiğinin mutlak değer olarak kritik değerlerden büyük olması, serilerin durağan olduğu şeklinde yorumlanmaktadır (Pesaran, Smith ve Yamagata, 2009). Tablo 5. 5, CIPS birim kök testi sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 5. 3. CIPS birim kök testi sonuçları (Stata 16 paket programı ile hesaplanmıştır.)

CIPS istatistiği			Kritik değerler	
Değişkenler	Seviye	Fark		
GDPC	-1.729	-3.035		
EMP	-1.525	-2.583		
CS	-2.448	-3.094	1%	-2.400
HCI	-1.824	-3.775		
EDU	-2.302	-3.709	5%	-2.210
LE	-2.654	-3.219		
PTNT	-2.025	-3.474	10%	-2.100
ICT	-2.910	-4.062		
MHTE	-2.140	-3.202		

Panel veride kurulan modeller tahmin edilmeden önce, serilerin birim kök içerip içermediği incelenmiştir. Tablo 5.5'e göre; sermaye stoku (CS), eğitim endeksi (EDU),

doğumda beklenen yaşam süresi (LE), bilgi iletişim teknolojileri ihracatı (ICT) $I(0)$ 'da (düzey) durağan iken; kişi başına GSYH (GDPC), istihdam oranı (EMP), beşeri sermaye endeksi (HCI), patent başvuru sayısı (PTNT), orta ve ileri teknoloji ihracatı (MHTE) değişkenleri ise $I(1)$ 'de (birinci fark) durağan hale gelmiştir. Bu durumda panel eşbütünleşme analizine yönelik gereken koşullar sağlanmıştır.

5.3.3. Eşbütünleşme katsayılarının homojenliği testi sonuçları

Panel veri yönteminde Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen Delta testi, eşbütünleşme testi yönteminin doğru şekilde seçimi ve analizlerin anlamlılığı noktasında son derece önemlidir. Dolayısıyla bu çalışmada eşbütünleşme testlerini yapmadan önce, Pesaran ve Yamagata (2008) tarafından geliştirilen “*Delta (Homojenlik) Testi*”nden yararlanılmıştır. Tablo 5.6’da, homojenlik testi sonuçları incelenmiştir:

Tablo 5. 2. Homojenlik testi sonuçları

	MODEL-1		MODEL-2		MODEL-3	
Test istatistiği	T istatistiği	Olasılık değeri	T istatistiği	Olasılık değeri	T istatistiği	Olasılık değeri
<i>Delta_tilde</i>	11.322***	0.000	8.698***	0.000	10.402***	0.000
<i>Delta_tilde_adj</i>	14.043***	0.000	10.788***	0.000	12.902***	0.000

Tablo 5.6’da, birim kök testi sonrası, sabit ve eğim parametrelerinin homojenliği sınanmaktadır. Sabit ve eğim parametrelerinin testleri ve tahmin yöntemleri arasında seçim yapılırken ise birimlere göre homojen ve heterojen olması durumu göz önünde bulundurulmaktadır. Bu tablodan H_0 hipotezinin reddedilerek alternatif hipotezin kabul edildiği anlaşılmaktadır. Bu durum ise eğim katsayılarının heterojen olduğunu göstermektedir. Eğim katsayılarının heterojen olması, bir sonraki aşamanın Westerlund (2008), Durbin-H eşbütünleşme testi olacağını kanıtlamaktadır.

5.3.4. Panel eşbütünleşme testi sonuçları

Yatay kesit bağımlılığı, birim kök testi ve eşbütünleşme katsayılarının homojenliği testi neticesinde bu çalışmada, Westerlund (2008) Durbin-H yönteminin kullanılması uygun görülmüştür. Nitekim Westerlund (2008) tarafından geliştirilen Durbin-H yöntemine ilişkin sınama, Gauss 16 kodlarıyla gerçekleştirilmiştir. Tablo 5.7’de Westerlund (2008) Durbin-H eşbütünleşme testi sonuçları gösterilmiştir:

Tablo 5. 3. Westerlund (2008) Durbin-H eşbütünleşme testi sonuçları (Gaus 16 paket programı ile hesaplanmıştır.)

Kritik Değerler	MODEL-1		MODEL-2		MODEL-3	
%1=2.333 %5=1.645 %10=1.28	Panel					
	<i>İstatistik değeri</i>	<i>Olasılık değeri</i>	<i>İstatistik değeri</i>	<i>Olasılık değeri</i>	<i>İstatistik değeri</i>	<i>Olasılık değeri</i>
Testler						
Durbin-H grup istatistiği	1.345*	0.089	5.393***	0.000	4.704***	0.000
Durbin-H panel istatistiği	1.537*	0.062	9.718***	0.000	6.547***	0.000

Birim kök testi sonucunun $I(0)$ ve $I(1)$ düzeylerinde durağanlaşmasından dolayı, modellerin her biri için Westerlund (2008) testi (Durbin-H eşbütünleşme testi) uygulanmıştır. Tablo 5. 7'ye göre; Model-1'de %10 düzeyinde; Model-2 ve Model-3'te ise %1 düzeyinde Durbin H-Grup istatistiği ve Durbin H-Panel istatistiğinde eşbütünleşme ilişkisinin olmadığı H_0 hipotezi reddedilmiştir. Bu sonuç ile seçilen ülkeler için eşbütünleşme ilişkisinin varlığı kanıtlanmıştır.

5.3.5. Panel ortalama grup (PMG) tahmin sonuçları

Bu çalışmada PMG tahmin yönteminin kullanılması uygun bulunmuştur. Literatürdeki Asteriou vd. (2021), Dam ve Şanlı (2019), Akyol (2021) tarafından yapılan çalışmalarda da $T > N$ durumunda PMG tahmin yöntemi kullanılmıştır. Her üç model için PMG tahmin sonuçlarına tablo 5.8, tablo 5.9 ve tablo 5.10'da yer verilmiştir:

Tablo 5. 4. Model-1 için PMGE (Pooled mean group estimation “Havuzlanmış ortalama grup”) tahmin sonuçları, 2000-2019 (Stata 16 paket programı ile hesaplanmıştır.)

MODEL-1				
N=18		Obs=342		
T=20		Average=19		
		Log Likelihood= -2343.098		
Uzun dönem tahminleri				
<i>ΔGDPC</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Standart hata</i>	<i>Z-değeri</i>	<i>Olasılık değeri</i>
EMP	5.64051***	3.226758	4.35	0.000
CS	.005917***	.0001132	5.23	0.000
PTNT	.4474384***	.085629	5.23	0.000
MHTE	9.37882***	8.43621	4.37	0.000
ICT	7.828192	6.16206	1.58	0.114
Kısa dönem tahminleri				
ECM	-.0735053***	.0190243	-3.86	0.000
ΔEMP	-2.2575***	1.6587	-5.20	0.000
ΔCS	.0011831*	.0006686	1.77	0.077
ΔPTNT	.2113577	.263423	0.80	0.422
ΔMHTE	5.49602	3.45847	0.01	0.988
ΔICT	2.61255	1.0031	0.79	0.431
Sabit	28.845***	24.464	3.11	0.002
Her bir ülke için hata düzeltme katsayıları				
Almanya	-.1193521**	.0541241	-2.21	0.027
Amerika	-.012149*	.0071452	-1.70	0.089
Japonya	-.0324488*	.0584914	-0.55	0.079
Danimarka	-.0124418	.0116552	-1.07	0.286
Fransa	-.091009***	.0347131	-2.62	0.009
İngiltere	-.1764812***	.0533617	-3.31	0.001
İsveç	-.0422182***	.0130884	-3.23	0.001
Norveç	-.1132818***	.0297861	-3.80	0.000
Güney Kore	-.1637214**	.0653558	-2.51	0.012
Singapur	-.2662381***	.0400084	-6.65	0.000
Arjantin	-.012024**	.0057363	-2.10	0.036
Çin	-.0371245*	.0218322	-1.70	0.089
Brezilya	-.0052912	.0390106	-0.14	0.892
Güney Afrika	-.0072003	.0070645	-1.02	0.308
Polonya	-.008304	.0174608	-0.48	0.634
Rusya	-.0041695***	.0011407	-3.66	0.000
Tayland	-.1488563***	.0400111	-3.72	0.000
Türkiye	-.1297123***	.0315175	-4.12	0.000

Not: ***, **, * sırasıyla %1, %5, %10 anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 5. 8’de seriler arasındaki ilişkisinin uzun ve kısa dönem katsayıları ve bu katsayıların yönünün belirlendiği PMG modeli tahmin sonuçlarına yer verilmiştir. Model-1 için uzun dönemde 15 yaş üstü istihdamın toplam istihdamdaki payında (EMP) %1’lik artışın, kişi başına gelir düzeyini 5.6 birim artırdığı görülmektedir. Söz konusu bulgu, Arthur Melvin Okun’un (1962), bir ekonomide daha fazla mal ve hizmet üretmenin daha fazla emek gerektirdiği savını destekler niteliktedir. Uzun dönemde sermaye stokunda (CS) bir artış, kişi başına gelir üzerinde 0.0059 birimlik bir artışa yol

açmaktadır. Solow (1956) tarafından kurulan modelin ilk kurgusunda iktisadi büyümenin temel dinamiğinin sermaye birikimi sürecine dayandırılması, söz konusu bulgunun iktisadi teori ile de uyumlu olduğunu kanıtlamaktadır. Uzun dönemde patent başvuru sayısındaki (PTNT) bir artış ile kişi başına gelir üzerinde 0.44 birimlik bir artış gerçekleşmektedir. İlgili tespit, Sucuoğlu (2021) çalışmasındaki bulgular ile uyumlu olup teorik açıdan “*patent*”in gerek iktisadi büyümeyi gerekse rekabet gücünü artırdığı kanıtlanmıştır. Nitekim Konak (2018)’ın çalışmasında da belirtildiği üzere, teorik olarak patent başvuru sayısı ve tescil edilen patent sayısındaki artış, yeni teknolojik ürünlerin üretimini ve teknolojik gelişmeyi arttırmaktadır. Uzun dönemde orta ve ileri teknolojinin ihracattaki payında (MHTE) %1’lik artış, kişi başına geliri 9,3 birim artmaktadır. Bu tespit, Erdiç ve Aydınbaş (2021), Durgun ve Çapık (2018), Yıldız (2017) ve Falk (2009) tarafından yapılan çalışmalarda elde edilen bulguları destekleyici niteliğe sahiptir. Sonuç olarak kişi başına gelir ile %1 düzeyinde anlamlı ve pozitif yönlü ilişkisi bulunan değişkenler, 15 yaş üstü istihdam oranı, sermaye stoku, patent başvuru sayısı orta ve ileri teknoloji ihracatının imal edilen ihracatındaki oranıdır. Ancak kişi başına gelir düzeyi ile bilgi iletişim teknolojileri ihracatının toplam ihracattaki payı (ICT) arasında uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Söz konusu bulgu, Ishida (2015) çalışmasındaki istatistiksel tespiti destekler niteliktedir. Nitekim analizde elde edilen bulgu teorik olarak Karahan ve Erçakar (2018) çalışmasında da değindiği gibi gelişmiş bir insan sermayesine sahip olmanın bilgi ve iletişim teknolojilerinin benimsenmesini ve kullanımını kolaylaştırdığını kanıtlamaktadır. Bu bakımdan verilerin işlenmiş hali olarak da ifade edilen bilgi, her şeyin temelini oluştursa bile tek başına üretimde etkili olamamaktadır. Yalnızca insanlarla, işlerle ve görevlerle birleştiği zaman bilginin üretken bir hale gelmesi mümkün olmaktadır. Bu üretkenlik, toplumlar ve örgütlerin uzmanlık alanlarındaki birleşme ile gerçekleşmektedir. Dolayısıyla her bilgi ve teknoloji, bir ekonomik sistem ve bu sistem ile oluşan bir toplumsal yapıyı da beraberinde gerektirmektedir. Tam da bu noktada, bilgi iletişim teknolojileri ihracatının gelişmesiyle birlikte insani faktörlerin (beşeri sermaye) de dikkate alınması gerekmektedir. Ancak bu şekilde kişi başına geliri yükseltici bir katkı sağlanabilmesi mümkün olmaktadır. Kısa dönemde ise kişi başına gelir ile istatistiksel bakımdan anlamlı ilişki bulunan değişkenler, negatif yönde %1 düzeyi için 15 yaş üstü istihdam oranı ve pozitif yönde %10 düzeyi için sermaye stokudur. Ancak kişi başına gelir ile patent başvuru sayısı, orta ve ileri teknolojinin ihracattaki payı arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki

bulunamamıştır. Bu duruma detaylı olarak bakıldığında, kısa dönemde 15 yaş üstü istihdamın toplam istihdamdaki payında (EMP) %1’lik artışın, kişi başına gelirden 2.25 birimlik bir düşüşe yol açtığı görülmektedir. Bu tespit, Momete (2007) tarafından elde edilen bulguyu (ekonomik büyüme arttıkça istihdamın azalması) destekler niteliktedir. Teorik açıdan yeni teknolojilerin ortaya çıkması ile eski sistemdeki bazı işlerin geçersiz hale gelmesi neticesinde istihdam edilen kişi sayısındaki azalmayı, kısa dönemdeki istihdamdaki azalışın nedeni olarak belirtmek mümkündür. Nihayetinde teorik olarak uzun dönemde düzelme eğilimine giren istihdamdaki bu durum, uzun dönem için yapılan analizde istatistiksel olarak da kanıtlanmıştır. Kısa dönemde sermaye stokunda (CS) bir artış, kişi başına geliri 0.0011 birim artırmaktadır. Ancak kısa dönemde kişi başına gelir ile patent başvuru sayısı, orta ve ileri teknolojinin ihracattaki payı, bilgi iletişim teknolojileri ihracatının toplam ihracattaki payı arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki saptanamamıştır. Kısa vadede Endüstri 4.0’a ilişkin değişkenler olan (patent başvuru sayısı, orta ve ileri teknoloji ihracatı ve bilgi iletişim teknolojileri ihracatı) istatistiksel açıdan anlamlı ilişkinin tespit edilememesi, teorik bağlamda yeni ürünlerin entegre edilmesi ve bireylerin bu doğrultuda eğitilmesinin zor olması, bu sürecin gerçekleşebilmesinin zaman almasından kaynaklanmıştır. Kısa dönem tahmininde yer alan değişkenler için hata düzeltme katsayısının beklendiği gibi negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Ülkeler bazında uzun dönem etkilerine ait sonuçlar incelendiğinde ise “*Almanya, Amerika, Japonya, Fransa, İngiltere, İsveç, Norveç, Güney Kore, Singapur, Arjantin, Çin, Rusya, Tayland ve Türkiye*”nin hata düzeltme parametrelerine ait katsayılar negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Bunun yanı sıra uzun dönemde “*Danimarka, Brezilya, Güney Afrika ve Polonya*” için hata düzeltme parametrelerine ait katsayılar negatiftir ancak anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir.

Model 1’de istatistiksel olarak anlamsız ve/veya olumsuz bulunan ilişkiler, Model 2 ve Model 3’te beşeri sermaye ve bileşenlerine ilişkin değişkenlerin analize dâhil edilmesiyle istatistiksel olarak anlamlı ve olumlu hale gelmiştir.

Tablo 5. 5. Model-2 için PMGE tahmin sonuçları, 2000-2019

MODEL-2				
N=18			Obs=342	
T=20			Average=19	
			Log Likelihood= -1696.522	
<i>Uzun dönem tahminleri</i>				
<i>ΔHCI</i>	<i>Katsayı</i>	<i>Standart hata</i>	<i>Z-değeri</i>	<i>Olasılık değeri</i>
EDU	.3265188***	.0253532	12.88	0.000
LE	.067428***	.0002188	30.81	0.000
PTNT	.00521***	.0000646	8.08	0.000
MHTE	.001864**	.0000866	2.15	0.031
ICT	.009782***	.0003467	2.82	0.005
<i>Kısa dönem tahminleri</i>				
ECM	-.2600088***	.0619576	-4.20	0.000
ΔEDU	.2055706***	.0289801	7.09	0.000
ΔLE	.0200354	.0133892	1.50	0.135
ΔPTNT	.000206	.0000171	0.12	0.904
ΔMHTE	.0001203	.0001763	0.68	0.495
ΔICT	.0028602	.0021602	1.32	0.185
Sabit	.0201647***	.0051739	3.90	0.000
<i>Her bir ülke için hata düzeltme katsayıları</i>				
Almanya	-.2388376*	.1481828	-1.61	0.057
Amerika	-.0127584*	.0115153	-1.11	0.068
Japonya	-.1798684**	.1805444	-1.00	0.019
Danimarka	-.6754423***	.1980371	-3.41	0.001
Fransa	-.3428227	.2090151	-1.64	0.101
İngiltere	-.5070742***	.1434221	-3.54	0.000
İsveç	-.7659038***	.2312351	-3.31	0.001
Norveç	-.1746984***	.065362	-2.67	0.008
Güney Kore	-.0005052*	.0818553	-0.01	0.095
Singapur	-.5586853***	.1395418	-4.00	0.000
Arjantin	-.0505721	.0652716	-0.77	0.438
Çin	-.1588429*	.1266556	-1.25	0.050
Brezilya	-.0241374	.0547466	-0.44	0.659
Güney Afrika	-.0425965	.072535	-0.59	0.557
Polonya	-.675631***	.211703	-3.19	0.001
Rusya	-.224379***	.0563734	-3.98	0.000
Tayland	-.0694207*	.041518	-1.67	0.095
Türkiye	-.004509	.1251683	-0.04	0.971

Not: ***, **, * sırasıyla %1, %5, %10 anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 5. 9'a göre model-2 için uzun dönemde beşeri sermaye endeksi ile eğitim endeksi, doğumda beklenen yaşam süresi, patent başvuru sayısı ve bilgi iletişim teknolojileri ihracatının toplam ihracattaki payı arasında %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönlü ilişki bulunmuştur. Uzun dönemde beşeri sermaye endeksi ile orta ve ileri teknolojinin ihracattaki payı arasında %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde ilişki olduğu tespit edilmiştir. Uzun dönemde beşeri sermaye ile doğumda beklenen yaşam süresi arasındaki pozitif ilişki, Hansen (2013) tarafından

yapılan (beşerî sermayedeki artışın arkasında yaşam beklentisindeki artış olduğu belirtilen) çalışma ile desteklenmektedir. Uzun dönem için beşeri sermaye ile teknolojik gelişmelere ilişkin değişkenler arası istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönlü ilişki tespiti, Asteriou ve Agiomirgianakis'in (2001) çalışmasındaki beşeri sermayenin teknolojik gelişmeyi arttırdığı ve böylece iktisadi büyümenin sürekli hale geldiğine ilişkin elde ettiği bulgular ile de uyumludur. Nitekim elde edilen bulgular, Lucas (1988)'ın teknolojinin beşeri sermaye aracılığıyla iktisadi büyümeye katkı sağlayacağı savını destekleyici niteliktedir. Lucas bu teorisini, gerçek hayatta Asya kaplanlarının yakalamış olduğu mucizevi büyüme oranları noktasında beşeri sermayenin kilit rolüne vurgu yaparak güçlendirmektedir. Van den Berg (2001)'ın teorik açıklamasında olduğu gibi beşeri sermaye, hayat boyu eğitim ile yetişen insan kaynaklarının sağlanması, yaşam deneyimi ve beklentilerinin temini, gelişmiş sağlık hizmetlerinin varlığı, teknoloji kullanımı ve gelişimi, toplum ve insan haklarına imkân tanıyan iktisadi yapılar da gelişmektedir. Sonuç olarak büyümeyi de içeren kalkınma, çok yönlü çabayı gerekli kılan, uzun dönemli ve merkezinde insanın (beşeri sermayenin) yerleştirildiği bir süreçtir. Bu bakımdan insanın ekonomik sürece katkısının, ona sermaye niteliği kazandırması, beşeri sermayeyi yaratmaktadır. Nitekim uzun dönemde eğitim endeksinde %1'lik bir artış, beşeri sermayeyi 0.32 birim arttırmaktadır. Bununla yanı sıra uzun dönemde doğumda beklenen yaşam süresindeki artış, beşeri sermayeyi de arttırmaktadır. Uzun dönemde patent başvuru sayısında bir artış, beşeri sermayeyi 0.0052 birim arttırmaktadır. Ayrıca uzun dönemde orta ve ileri teknoloji ihracatının imal edilen ihracattaki payında %1'lik artış, beşeri sermayeyi 0.0018 birim arttırmaktadır. Son olarak uzun dönemde bilgi iletişim teknolojileri ihracatının toplam ihracattaki payındaki %1'lik artış, beşeri sermayeyi 0.0097 birim arttırmaktadır. Kısa dönem sonuçlarına bakıldığında ise beşeri sermaye endeksi ile yalnızca eğitim endeksi arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişki saptanmıştır. Kısa dönemde beşeri sermaye endeksi ile doğumda beklenen yaşam süresi, patent başvuru sayısı, orta ve ileri teknoloji ihracatı ve bilgi iletişim teknolojilerinin toplam ihracattaki payı arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki saptanamamıştır. Kısa dönem tahminindeki değişkenler için hata düzeltme katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Ülkeler için uzun dönem etkilerine ilişkin sonuçlara bakıldığında ise “*Almanya, Amerika, Japonya, Danimarka, İngiltere, İsveç, Norveç, Güney Kore, Singapur, Çin, Polonya, Rusya ve Tayland*”ın hata düzeltme parametrelerine ait katsayılar negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Ancak

uzun dönemde “Fransa, Arjantin, Brezilya, Türkiye ve Güney Afrika” için ise hata düzeltme parametrelerine ait katsayılar negatif olmasına rağmen anlamlı bir ilişki saptanamamıştır.

Tablo 5. 6. Model-3 için PMGE tahmin sonuçları, 2000-2019

MODEL-3				
N=18		Obs=342		
T=20		Average=19		
		Log Likelihood= -2409.1103		
Uzun dönem tahminleri				
AGDPC	Katsayı	Standart hata	Z-değeri	Olasılık değeri
EDU	8.5342***	3.97663	5.55	0.000
LE	4.6831***	5.67384	3.76	0.000
PTNT	.189022	.0491465	0.38	0.701
MHTE	6.9489	4.60754	1.29	0.195
ICT	5.7204***	3.41949	4.17	0.000
Kısa dönem tahminleri				
ECM	-.1022094***	.0324797	-3.15	0.002
ΔEDU	7.2357	5.26365	1.21	0.225
ΔLE	5.1174	3.549274	0.93	0.351
ΔPTNT	.0489864	.7783499	1.09	0.275
ΔMHTE	2.02358	2.672353	0.45	0.653
ΔICT	1.2952	.444482	1.13	0.260
Sabit	24.106	21.2068	1.44	0.149
Her bir ülke için hata düzeltme katsayıları				
Almanya	-.0737359*	.0658741	-1.12	0.093
Amerika	-.0059909*	.0836543	-0.07	0.081
Japonya	-.1708769*	.0942964	-1.81	0.070
Danimarka	-.0034013	.0193799	-0.18	0.861
Fransa	-.0178206	.0825885	-0.22	0.829
İngiltere	-.2232058***	.074836	-2.98	0.003
İsveç	-.0204996**	.0087578	-2.34	0.019
Norveç	-.0051256	.0112851	-0.45	0.650
Güney Kore	-.5641034***	.1401657	-4.02	0.000
Singapur	-.2054707***	.0609837	-3.37	0.001
Arjantin	-.0735607**	.030009	-2.45	0.014
Çin	-.1183313***	.0406024	-2.91	0.004
Brezilya	-.0861492	.0723051	-1.19	0.233
Güney Afrika	-.0260739***	.0091446	-2.85	0.004
Polonya	-.0073135	.0175446	-0.42	0.677
Rusya	-.0137994***	.0036803	-3.75	0.000
Tayland	-.182435***	.0550344	-3.31	0.001
Türkiye	-.0641083	.0421313	-1.52	0.128

Not: ***, **, * sırasıyla %1, %5, %10 anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 5. 10 incelendiğinde, model-3 için uzun dönemde kişi başına gelir ile eğitim endeksi, doğumda beklenen yaşam süresi ve bilgi iletişim teknolojileri ihracatının toplam ihracattaki payı arasında %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif ilişki tespit edilmiştir. Dolayısıyla uzun dönemde eğitim endeksinde %1’lik bir artış, kişi başına gelirde 8.5 birimlik artışa neden olmaktadır. Uzun dönemde doğumda beklenen yaşam

süresinde artış, kişi başına geliri 4.6 birim artırmaktadır. Uzun dönemde bilgi iletişim teknolojileri ihracatının toplam ihracattaki payında %1’lik artış, kişi başına geliri 5.7 birim artırmaktadır. Kişi başına gelir ile doğumda beklenen yaşam süresi ilişkisine yönelik tespit, Hickson (2009) tarafından yapılan çalışmasındaki bulguyu destekleyici şekildedir. Kişi başına gelir ile bilgi iletişim teknolojileri ihracatının toplam ihracattaki payı arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif ilişkinin tespit edilmesi, Jorgenson ve Vu (2016), Türedi (2013), Niebel (2012), Jalava ve Pohjola (2005), Jorgenson ve Motohashi (2005), Colecchia ve Schreyer (2001), Jorgenson ve Stiroh (2000) tarafından yapılan çalışmalar ile desteklenmektedir. Uzun dönemde bu model için kişi başına gelir düzeyi ile patent başvuru sayısı, orta ve ileri teknoloji ihracatı arasında herhangi bir ilişki saptanamamıştır. Romer (1990), teknolojiyi iktisadi büyümenin yanı sıra beşeri sermaye ve bilgi ile ilişkilendirmiştir. Lucas (1988), teknolojinin büyümeye katkısının beşeri sermaye vasıtasıyla söz konusu olacağını belirtmektedir. Bu noktada patent başvuru sayısı, orta ve ileri teknoloji ihracatının birlikte kişi başına gelire katkısı için beşeri sermayenin gerekliliğini vurgulamak gerekmektedir. Benhabib ve Spiegel’e (2000) göre yüksek beşeri sermaye birikimi ile donatılmış ülke, teknolojik birikimini genişleterek büyümenin lokomotif rolü edinmektedir. Yakalama etkisi ile söz konusu ülke, diğer ülkeleri kendine doğru çekerek tüm ülke ekonomilerinin büyümesine katkıda bulunmaktadır. Kısa dönem sonuçlarına bakıldığında ise değişkenler için istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Bunun nedeni olarak eğitim, sağlık ve teknoloji gibi değişkenlerdeki gelişmeleri gözlemlemenin zaman alması gösterilebilmektedir. Kısa dönem tahminindeki değişkenler için hata düzeltme katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Ülkeler için uzun dönem etkilerine ilişkin sonuçlara bakıldığında ise “*Almanya, Amerika, Japonya, İngiltere, İsveç, Norveç, Güney Kore, Singapur, Arjantin, Çin, Güney Afrika, Rusya ve Tayland*”ın hata düzeltme parametrelerine ait katsayılar negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Bunun yanı sıra uzun dönemde, Danimarka, Fransa, Brezilya, Polonya ve Türkiye için ise hata düzeltme parametrelerine ait katsayılar negatiftir ancak anlamlı bir ilişki saptanamamıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Endüstriyel gelişim sürecinde birinci dalga “*makine çağı*”, ikinci dalga “*elektronik sanayi ile seri üretim*”, üçüncü dalga “*elektronik ve otomasyon*”, dördüncü dalga “*Batı ve Doğu arasında rekabeti hızlandıran dijitalleşme çağı*” olarak meydana gelmiştir. Dördüncü dalga (Endüstri 4.0) ile oluşturulan sistem, çevre dostu ve kaynak tasarrufu yaklaşımıyla sürdürülebilir bir niteliğe sahiptir. Endüstri 4.0’ın kurduğu bu sistem ile üretimde esneklik, yüksek verimlilik ve maliyette azalmalar görülmektedir. Ayrıca bir taraftan Endüstri 4.0’ın genel mânâda istihdamı düşürmesi beklenirken, öte taraftan sanayinin büyümesiyle ve yeni mesleklerin icra edilmeye başlamasıyla özellikle de nitelikli istihdamın artması mümkün hale gelmektedir.

Günümüzde yapay zekâ ile bilgisayar biliminde öğrenen makinelere odaklı bir sistem oluşturulmakta, nesnelerin interneti ile etraftaki her şey teknoloji ile donanmış, birbirine bağlı, çevrimiçi ve akıllı bir dönüşüm geçirmekte, bulut sistemi ile maliyetler seffaflaştırılmakta, sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamaları ile bireyin o anda bulunmadığı bir yerde bulunuyormuş gibi hissetmesi sağlanmaktadır. Gelecekte üç boyutlu yazıcılar ise yalnızca sanayide değil, evlerde bile kullanabilecektir. İnsanlar kendi ihtiyaçları doğrultusunda ve kendi hayal gücü ile tasarladığı ürünü kendi evlerinde üretebilmektedir. Böylece bu insanların yaşadıkları evler de birer minik fabrikaya dönüşebilmektedir.

Bu çalışmadaki amaç, Endüstri 4.0 devriminin iktisadi büyüme ve kalkınma olgusuna etkilerini incelemektir. Çalışmada Endüstri 4.0’ın iktisadi büyüme ve kalkınma üzerine etkileri araştırılırken “*Almanya, ABD, Japonya, İngiltere, Fransa, İsveç, Norveç, Danimarka, Güney Kore, Singapur, Çin, Brezilya, Rusya, Tayland, Arjantin, Polonya, Güney Afrika ve Türkiye*”ye ait 2000-2019 için yıllık veriler kullanılmıştır. Bu kapsamda seçilen ülkeler, genellikle Endüstri 4.0’da öne çıkan ve çeşitli planları (stratejileri) olan ülkelerdir. Literatür taraması neticesinde çalışmanın bu şekliyle son derece yeni, orijinal bir nitelik içerdiği, yapılan diğer çalışmaların ise farklı bir yaklaşımla değerlendirildiği ve hatta konuyla ilgili ekonometrik analize dayalı çalışmaların az olduğu fark edilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmanın literatürde hâlihazırda yer alan çalışmaları tamamlayacağı ve ileride yapılacak çalışmalara ise önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir.

Çalışmada, panel veri analiz yöntemi uygulanmaktadır. Analizlere ilişkin tahmin sonuçları hesaplanırken Eviews 12, Gaus 16 ve Stata 16 paket programları kullanılmıştır.

Çalışmada üç ayrı model kurulmuş olup bağımlı değişken olarak birinci model için iktisadi büyümeye ilişkin gösterge kişi başına gelir düzeyi (GDPC), iktisadi kalkınmaya ilişkin gösterge ise ikinci model için beşeri sermaye (HCI) ve üçüncü model için kişi başına gelir düzeyi (GDPC) kullanılmıştır. Analizde öncelikle değişkenlerin seçilen ülkeler için seriye gelen bir şoktan aynı derece etkilenip etkilenmediğini tespit etmek adına yatay kesit bağımlılığının varlığı sınanmış olup bu amaçla Breusch-Pagan (1980) CD_{LM1} testi kullanılmıştır. Ardından seriyi oluşturan sürecin zaman ilerledikçe sabit olup olmadığının (serinin durağan olup olmadığı) belirlenmesi amacıyla yatay kesit bağımlılığın varlığına da uygun olarak CIPS birim kök testi uygulanmıştır. Daha sonra ise ekonometrik çalışmalar için uygun analiz yöntemlerinin seçilmesi ve daha gerçekçi yorumlar yapılabilmesi adına eğim katsayılarının homojenliği sınanmıştır. Eğim katsayılarının heterojen olması ve birim kök testi sonuçlarına göre değişkenlerin $I(0)$ ve $I(1)$ düzeylerinde karışık bir şekilde durağan hale gelmesinden dolayı bir sonraki aşamada Westerlund (2008) Durbin-Hausman eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Bu testin sonucunda, eşbütünleşme ilişkisinin varlığı kanıtlanmıştır. Son olarak da panel veri analizi kapsamında uzun ve kısa dönemli ilişkilerin tahmini için gerekli koşullar sağlandığı için Havuzlanmış Ortalama Grup Tahmini (PMGE) yönteminin kullanılması uygun görülmüştür.

Araştırma bulguları değerlendirildiğinde, model-1 için uzun dönemde kişi başına gelir ile 15 yaş üstü istihdamın toplam istihdamdaki payı (EMP) arasında pozitif yönde ve anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Söz konusu bulgu, Arthur Melvin Okun'un (1962), bir ekonomide daha fazla mal ve hizmet üretmenin daha fazla emek gerektirdiği görüşünü destekler niteliktedir. Uzun dönemde kişi başına gelir ile sermaye stoku (CS) arasında pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu saptanmıştır. Solow (1956) tarafından kurulan modelin ilk kurgusunda, iktisadi büyümenin temel dinamiğinin sermaye birikimi sürecine dayandırılması, söz konusu bulgunun iktisadi teori ile de uyumlu olduğunu kanıtlamaktadır. Uzun dönemde kişi başına gelir ile patent başvuru sayısı (PTNT) arasında pozitif yönde ve anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. İlgili tespit, Sucuoğlu (2021) çalışmasındaki bulgular ile uyumlu olup teorik açıdan "*patent*"in gerek iktisadi büyümeyi gerekse rekabet gücünü arttırdığı kanıtlanmıştır. Nitekim Konak (2018)'in çalışmasında da belirtildiği üzere, teorik olarak patent başvuru sayısı ve tescil edilen patent sayısındaki artış, yeni teknolojik ürünlerin üretimini ve teknolojik gelişmeyi artırmaktadır. Uzun dönemde kişi başına gelir ile orta ve ileri teknoloji ihracatının imal

edilen ihracatındaki payı (MHTE) arasında pozitif yönde ve anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir. Bu tespit, Erdinç ve Aydınbaş (2021), Durgun ve Çapık (2018), Yıldız (2017) ve Falk (2009) tarafından yapılan çalışmalarda elde edilen bulguları destekleyici niteliğe sahiptir. Dolayısıyla analiz çerçevesinde kişi başına gelir ile %1 düzeyinde anlamlı ve pozitif yönlü ilişkisi bulunan değişkenler “15 yaş üstü istihdam oranı, sermaye stoku, patent başvuru sayısı orta ve ileri teknoloji ihracatının imal edilen ihracatındaki oranı”dır. Ancak kişi başına gelir düzeyi ile bilgi iletişim teknolojileri ihracatının toplam ihracattaki payı (ICT) arasında uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Söz konusu bulgu, Ishida (2015) çalışmasındaki istatistiksel tespiti destekler niteliktedir. Ayrıca ilgili bulgu teorik olarak Karahan ve Erçakar (2018) çalışmasında da yer verdiği gelişmiş bir insan sermayesine sahip olmanın bilgi ve iletişim teknolojilerinin benimsenmesini ve kullanımını kolaylaştırdığı görüşünü kanıtlamaktadır. Nitekim verilerin işlenmiş hali olarak da ifade edilen bilgi, her şeyin temelini oluştursa da tek başına üretimde etkili olamamaktadır. Bilginin üretkenliği yalnızca insanlarla, işlerle ve görevlerle bir bütün hale gelmesi neticesinde mümkün olmaktadır. Bu üretkenlik, toplumlar ve örgütlerin uzmanlık alanlarındaki birleşme ile gerçekleşmektedir. Dolayısıyla her bilgi ve teknoloji, bir ekonomik sistem ve bu sistem ile oluşan bir toplumsal yapıyı gerektirmektedir. Tam bu noktada bilgi iletişim teknolojileri ihracatının gelişmesiyle birlikte insani faktörlerin (beşeri sermaye) de dikkate alınması gerekmektedir. Ancak beşeri sermaye ile birlikte kişi başına geliri yükseltici bir katkı sağlanabilmesi mümkün olmaktadır. Kısa dönemde ise kişi başına gelir ile istatistiksel bakımdan anlamlı ilişki bulunan değişkenler, negatif yönde %1 düzeyi için 15 yaş üstü istihdam oranı ve pozitif yönde %10 düzeyi için sermaye stokudur. Ancak kişi başına gelir ile patent başvuru sayısı, orta ve ileri teknoloji ihracatının imal edilen ihracatındaki payı arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Kısa dönemde kişi başına gelir ile 15 yaş üstü istihdamın toplam istihdamdaki payı (EMP) arasında istatistiksel olarak anlamlı ancak negatif yönlü ilişki tespiti, Momete (2007) tarafından elde edilen bulguyu (ekonomik büyüme arttıkça istihdamın azalması) destekler niteliktedir. Teorik açıdan yeni teknolojilerin ortaya çıkması ile eski sistemdeki bazı işlerin geçersiz hale gelmesi neticesinde istihdam edilen kişi sayısındaki azalmayı, kısa dönemdeki istihdamdaki azalışın nedeni olarak belirtmek mümkündür. Nihayetinde teorik olarak uzun dönemde düzelme eğilimine giren istihdamdaki bu durum, uzun dönem için yapılan analizde istatistiksel olarak da kanıtlanmıştır. Kısa dönemde kişi başına gelir

ile sermaye stokunu (CS) arasında pozitif yönde ve anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Ancak kısa dönemde kişi başına gelir ile patent başvuru sayısı, orta ve ileri teknoloji ihracatının imal edilen ihracattaki payı, bilgi iletişim teknolojileri ihracatının toplam ihracattaki payı arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Kısa vadede Endüstri 4.0'a ilişkin değişkenler olan (patent başvuru sayısı, orta ve ileri teknoloji ihracatı ve bilgi iletişim teknolojileri ihracatı) istatistiksel açıdan anlamlı ilişkinin tespit edilememesi, teorik açıdan yeni ürünlerin bütünleşik hale getirilmesi ve bireylerin bu doğrultuda eğitilmesinin zor olması, bu sürecin gerçekleşebilmesi için zaman gerekmesinden kaynaklanmıştır. Kısa dönem tahmininde yer alan değişkenler için hata düzeltme katsayısının beklendiği gibi negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Model-2 için uzun dönemde beşeri sermaye endeksi ile eğitim endeksi, doğumda beklenen yaşam süresi, patent başvuru sayısı ve bilgi iletişim teknolojileri ihracatının toplam ihracattaki payı arasında %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönlü ilişki bulunmuştur. Uzun dönemde beşeri sermaye endeksi ile orta ve ileri teknoloji ihracatının imalat ihracatındaki payı arasında %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönde ilişki olduğu tespit edilmiştir. Uzun dönemde beşeri sermaye ile doğumda beklenen yaşam süresi arasındaki pozitif ilişki, Hansen (2013) tarafından yapılan (beşerî sermayedeki artışın arkasında yaşam beklentisindeki artış olduğu belirtilen) çalışma ile desteklenmektedir. Uzun dönem için beşeri sermaye ile teknolojik gelişmelere ilişkin değişkenler arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönlü ilişkiye yönelik tespiti, Asteriou ve Agiomirgianakis'in (2001) çalışmasındaki beşeri sermayenin teknolojik gelişmeyi artırdığı ve bu şekilde iktisadi büyümenin sürekli hale geldiğine ilişkin elde ettiği bulgular ile uyumludur. Nitekim elde edilen bulgular, Lucas (1988)'ın teknolojinin beşeri sermaye aracılığıyla iktisadi büyümeye, kalkınmaya katkı sağlayacağı savını destekleyici niteliktedir. Lucas bu teorisini, gerçek hayatta Asya kaplanlarının yakalamış olduğu mucizevi büyüme oranları noktasında beşeri sermayenin kilit rolüne vurgu yaparak güçlendirmektedir. Dolayısıyla Van den Berg (2001)'in teorik açıklamasındaki gibi beşeri sermaye, hayat boyu eğitim ile yetişen insan kaynaklarının sağlanması, yaşam deneyimi ve beklentilerinin temini, gelişmiş sağlık hizmetlerinin varlığı, teknoloji kullanımı ve gelişimi, toplum ve insan haklarına imkân tanıyan iktisadi yapılar da gelişmektedir. Nitekim büyümeyi de içine alan kalkınma, çok yönlü çabayı gerekli kılan, uzun dönemli ve merkezinde insanın (beşeri sermayenin) yerleştirildiği bir

süreçtir. Kısa dönem sonuçlarına bakıldığında ise beşeri sermaye endeksi ile yalnızca eğitim endeksi arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif yönlü bir ilişki saptanmıştır. Kısa dönemde beşeri sermaye endeksi ile doğumda beklenen yaşam süresi, patent başvuru sayısı, orta ve ileri teknoloji ihracatı ve bilgi iletişim teknolojilerinin toplam ihracattaki payı arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki saptanamamıştır. Kısa dönem tahminindeki değişkenler için hata düzeltme katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir.

Model-3 için uzun dönemde kişi başına gelir ile eğitim endeksi, doğumda beklenen yaşam süresi ve bilgi iletişim teknolojileri ihracatının toplam ihracattaki payı arasında %1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif ilişki tespit edilmiştir. Kişi başına gelir ile doğumda beklenen yaşam süresi ilişkisine yönelik tespit, Hickson (2009) tarafından yapılan çalışmasındaki bulguyu destekleyici şekildedir. Kişi başına gelir ile bilgi iletişim teknolojileri ihracatının toplam ihracattaki payı arasındaki istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif ilişkinin tespit edilmesi, Jorgenson ve Vu (2016), Türedi (2013), Niebel (2012), Jalava ve Pohjola (2005), Jorgenson ve Motohashi (2005), Colecchia ve Schreyer (2001), Jorgenson ve Stiroh (2000) tarafından yapılan çalışmaları desteklemektedir. Uzun dönemde bu model için kişi başına gelir düzeyi ile patent başvuru sayısı, orta ve ileri teknoloji ihracatı arasında herhangi bir ilişki saptanamıştır. Romer (1990), teknolojiyi iktisadi büyümenin yanı sıra beşeri sermaye ve bilgi ile ilişkilendirmiştir. Lucas (1988), teknolojinin büyümeye katkısının beşeri sermaye aracılığıyla gerçekleşeceğini belirtmektedir. Nitekim gerçek anlamda insan sermayesi ile desteklenmeden yalnızca ekonomik büyüme ile teknolojik gelişmeler (patent başvuru sayısı, orta ve ileri teknoloji ihracatı) mümkün olmamaktadır. Benhabib ve Spiegel'e (2000) göre yüksek beşeri sermaye birikimi ile donatılmış ülke, teknolojik birikimini genişleterek büyümenin lokomotif rolü edinmekte, yakalama etkisi sayesinde diğer ülkeleri kendine doğru çekerek tüm ülke ekonomilerinin büyümesine katkıda bulunmaktadır. Kısa dönem sonuçlarına bakıldığında ise değişkenler için istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Bunun nedeni eğitim, sağlık ve teknoloji gibi değişkenlerdeki gelişmeleri gözlemlemenin, zaman almasıdır. Kısa dönem tahminindeki değişkenler için hata düzeltme katsayısının negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak Endüstri 4.0 sürecini kaçırmamak hedefinde her ülke, teknoloji açısından bir ortak noktada birleşmiş olsa bile birbirinden son derece farklı planlar

(stratejiler) geliştirmektedir. Bu doğrultuda çalışmada elde edilen bulgularla uyumlu politik onermelere aşağıda yer verilmiştir:

Gelişmiş lkeler Endüstri 4.0 teknolojileri bağlamında birbirleriyle yarışır hale gelmişken, gelişmekte olan lkeler bu rekabetin içerisine girmenin yolunu bulmalı ve bu sürece dâhil olmalıdır. Nitekim gelişmekte olan lkelerin (rneğin Türkiye), gerek üretim gerekse inovasyon merkezine dönüşmesi, gelişen küresel pazarda kendine yer edinmesini mümkün kılmaktadır. Dolayısıyla Endüstri 4.0 dönüşümüne yönelik teknoloji üretiminde lider ülkeleri baz alarak gelişmekte olan ülkeler, sürecin kendilerine uygulanabilirliği için girişimlerde bulunmalıdır. Nitekim Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, küresel boyutta rekabet gücünün arttırabilmesi adına yeni teknoloji ürünleri geliştirilerek teknoloji ihracatının arttırılması son derece önemlidir.

Endüstri 4.0 sürecinde rekabet halindeki ülkeler için kişi başına gelir artışının yanı sıra beşeri sermayenin de arttırılması son derece önemlidir. İçinde bulunulan dijitalleşme çağında bireyler için bilgisayar okuryazarlığı, internet okuryazarlığı, dijital okuryazarlık ve robotik kodlama konularında eğitimler düzenlenmeli, bu kapsamda maddi destek programları oluşturulmalıdır. lkelerde ise Endüstri 4.0’a geçiş için araştırma kuruluşları, kamu-özel sektör ve üniversitelerin bütünleşmesi ile bir dönüşüm mekanizması oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca Sanayi Odalarının öncülüğünde üretimde etkili, yüksek nitelikli işgücünün yaratılmasına ilişkin eğitim stratejileri belirlenmeli ve buna bağlı olarak da “*Bilim ve Teknoloji Liseleri*”nin kuruluşu yaygın hale getirilmelidir. Üniversitelerde ise mühendislik alanlarının yanı sıra sosyal bilimler alanlarında da Endüstri 4.0 (dijitalleşme) konusuna odaklı daha çok çalışma yapılmalı ve konuya ilişkin bölümler, dersler de arttırılmalıdır. Bu noktada geleceğin toplumuna ilişkin eğitim sisteminin yeniden şekillenmesi son derece önemlidir. Siber güvenlik hakkında ise yeni yapılanmalara gidilmeli, bu doğrultuda ülke genelinde niversiteler, Sivil Toplum rgtleri, kamu-özel sektör işbirliği ile gerekli altyapı oluşturulmalıdır.

Endüstri 4.0 sürecinde yer alan veya bunu planlayan ülkelerde, evre dostu uygulamalar ile daha yaşanabilir, temiz bir dünya yaratmak adına yenilenemeyen ve tüketildikçe yerine yenisinin koyulamayacağı enerjilerden ziyade yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı arttırılmalıdır. Bununla birlikte döngüsel ekonomi, dijital ekonomi ile desteklenerek atıkların geri dönüşümüne yönelik girişimler çoğaltılmalıdır. Bu bakımdan günümüzde her birey, aşır tüketmek yerine bilinçli ve doğru şekilde tüketmeyi bir yaşam biçimi haline getirmelidir.

Multidisipliner bir konu olan Endüstri 4.0'ın iktisadi yaklaşımla değerlendirildiği bu tez çalışmasının gerek sosyal bilimler ve mühendislik gibi alanlarda çalışan akademisyenler, araştırmacılar gerekse politika yapımcılar ve uygulayıcıları için son derece yararlı bir kaynak niteliğinde olduğu düşünülmektedir. Endüstri 4.0 kapsamında gelecekte yapılacak çalışmalarda ekonomik kalkınmanın bileşenleri arasına “*Telekomünikasyon ve Ulaştırma Yatırımları*”, “*Telekomünikasyon ve Altyapı Sermayesi*” gibi farklı değişkenler de (eksizsiz bir şekilde erişilebildiği takdirde) modellere dâhil edilerek inceleme yapılabilmesi mümkündür. Ayrıca insanın (beşeri sermayenin) merkeze yerleştirilmesine dayanan Endüstri 5.0 (Toplum 5.0) konusuna yönelik olarak ileride yapılacak çalışmalarda mutluluğun ve gelişmenin ölçümüne dayanan “*Daha İyi Yaşam Endeksi*”, “*Mutluluk Endeksi*” ve “*Mutlu Gezegen Endeksi*” gibi değişkenlerin de modellere ilave edilmesiyle konuya farklı şekilde bir yaklaşım getirilebilecektir.

KAYNAKÇA

- Abel, A. B., Bernanke, B. S. and Croushore, D. (2008). *Macroeconomics* (6th ed.). Boston: Pearson Education.
- Acar, Y. (2002). *İktisadi büyüme ve büyüme modelleri*. Bursa: Vipaş Yayınları.
- Adedoyin, F. F., Bekun F. V., Drihad, O. M., Balsalobre-Lorentee, D. (2020). The effects of air transportation, energy, ICT and FDI on economic growth in the industry 4.0 era: Evidence from the United States. *Technological Forecasting & Social Change*, 1-10.
- Agarwal, H. and 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(11), 1062-1066.
- Aghion, P. and Howitt, P. (2005). Growth with quality-improving innovations: An integrated framework. P. Aghion and S. Durlauf (Editörler) *Handbook of Economic Growth* içinde (s. 67-110), 1(A), Amsterdam: Elsevier. doi:10.1016/S1574-0684(05)01002-6.
- Akbulut, U. (2011). Sanayi devrimleri dünya gidişini değiştirdi. <http://www.uralakbulut.com.tr/wp-content/uploads/2009/11/.pdf> [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Akıncı, M. ve Yılmaz, Ö. (2012). Validity of the triple deficit hypothesis in Turkey: Bounds test approach. *ISE Review*, 13(50): 1-27.
- Akiş, E. (2021). İktisadi büyüme ve kalkınma. *İstanbul Üniversitesi, Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi Ders Notu*. http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/iktisat_ao/iktisadibuyumevekalk.pdf. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Aksu, L. (2014). İktisadi ekollerin iktisadi büyüme konusundaki düşünceleri ve modellerin analizi. *Türk Dünya Araştırmaları Vakfı*, 208, 351-388.
- Akyol, H. (2021). Petrol fiyatları ve Türk bankacılık sektörü getirileri arasındaki ilişkinin tespiti: PMG-ARDL tekniği. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi (KMUSEKAD)*, 23(40), 23-36.
- Alçın, S. (2016). Üretim için yeni bir izlek: Sanayi 4.0. *Journal of Life Economics*, 3(2), 19-30.

- Alekseev Alexander N., Elena V. Buraeva, Elena V. Kletskova, Natalia A. Rykhtikova (2019). Stages of formation of industry 4.0 and the key indicators of its development. E.G. Popkova, Y.V. Ragulina, A.V. Bogoviz (Editörler), *Industry 4.0: Industrial revolution of the 21st century, studies in systems, decision and control* içinde (s. 93-101), New York: Springer.
- Alkın, E. (1992). *Gelir ve büyüme teorisi*. İstanbul: Filiz Kitabevi.
- Anuşlu Doğruel, M. ve Fırat, S. Ü. (2020). Ülkelerin endüstri 4.0 seviyesinin sürdürülebilir kalkınma düzeylerine etkisinin analizi. *Journal of Industrial Engineering*, 31(0), 44-58.
- Arat, M. (2021). Dijital ekonomi. Ş. Akbulut (Editör), *Teorik perspektiften iktisadi ve finansal olguların değerlendirilmesi* içinde (s. 603-615), Ankara: Gazi Kitabevi.
- Arı, E. S. (2021). Süper akıllı toplum: Toplum 5.0. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(1), 455-479.
- Arslanhan, S. ve Kurtal, Y. (2010). Güney Kore inovasyondaki başarısını nelere borçlu? Türkiye için çıkarımlar. *TEPAV Politika Notu*. http://www.tepav.org.tr/upload/files/12858286955.Guney_Kore_Inovasyondaki_Basarisini_Nelere_Borclu_Turkiye_icin_Cikarimlar.pdf. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Arthur, A. J. (1964). The meaning and measurement of economic growth. Issued by Commonwealth Treasury, Canberra, A.C.T. http://archive.treasury.gov.au/documents/1689/PDF/Treasury_1964_The_meaning_and_measurement_of_economic_growth.pdf. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Aslan, Ö. (2007). Bilgi toplumunda teknolojinin ve teknoloji politikalarının yeri. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Aslan, F. (2010). İktisadi büyümenin ekolojik sınırları ve kalkınmanın sürdürülebilirliği. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Asteriou, D. and Agiomirgianakis, G. M. (2001). Human capital and economic growth: Time series evidence from Greece. *Journal of Policy Modeling*, 23, 481-489.
- Atamtürk, B. (2007). Gelişmekte olan ülkelerde ve Türkiye’de finansal serbestleşmenin iç tasarruflar üzerine etkisi. *Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi*, 23(2), 75-89.

- Atlı, H. (2019). *Endüstri 4.0; imalat sanayi alt sektörler uyumluluğu*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Kayseri: Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Autor, D., Levy, F. and Murnane, R. (2003). The skill content of recent technological change. *Quarterly Journal of Economics*, 118(4), 1279-1333.
- Aydın, O. (2016). Dünyadaki inovasyon kümelerinden ne öğrenebiliriz? *Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Vakfı (TEPAV) Yayınları*, (No: 201634), 1-10. <https://www.tepav.org.tr/upload/files/1479109547>. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Aydın, E. (2018). Türkiye’de teknolojik ilerleme ile istihdam yapısındaki değişme projeksiyonu: Endüstri 4.0 bağlamında ampirik analiz. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(31), 461-471.
- Aydın, A. (2020). Robotların istihdam üzerindeki etkisi: Seçilmiş ülkeler üzerine ampirik inceleme. *Çalışma ve Toplum*, 2021/1, 269-288.
- Aydınbaş, G. ve Erdinç, Z. (2022). Endüstri 4.0 devrimi ile başlayan dijital çağda Türk bankacılık sektörü. Ş. Karabulut (Ed.), “*Ekonomi ve finans konularına teorik yaklaşımlar*” içinde (s.301-320). Bursa: Ekin Yayınevi.
- Aydoğmuş, U. ve Engin, O. (2021). Endüstri 4.0 sürecinde ağırlama sektörüne yönelik uygulamaların incelemesi. *İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(3), 851-874.
- Azuma, R. T., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34-47.
- Backhaus, J. G. (2012). *Handbook of the history of economic thought insights on the founders of modern economics*. New York: Springer.
- Bakırtaş, T. ve Ustaömer, K. (2019). Türkiye’nin bankacılık sektöründe dijitalleşme olgusu. *Ekonomi, İşletme ve Yönetim Dergisi*, 3(1), 1-24.
- Balı, S. (2021). Toplum 5.0 ekonomisi (1.baskı). S. M., İmamoğlu ve S., Erat (Editörler), *Endüstri 4.0’dan toplum 5.0’a dijitalleşmenin gücü* içinde (s. 163-178), Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Baltagi, B. H. (2008). *Econometric analysis of panel data* (4th Edition). Chichester, England: John Wiley and Sons Ltd.
- Banger, G. (2017). *Endüstri 4.0 eksta*. Ankara: Dorlion Yayınevi.

- Barkai, H. O. (1986). Ricardo's volte-face on machinery. *Journal of Political Economy*, 94 (3), 595-613.
- Barro, R. J. (1990). Government spending in a simple model of endogenous growth. *The Journal of Political Economy*, 98(5), 103-125.
- Barutcu, H. C. (2019). *Endüstri 4.0 uygulamalarının üretim süreçlerine etkisi: Bosch San. ve Tic. A. Ş. örneği*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Gelişim Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Baum, A. and Dearsley, J. (2019). What is PropTech, <https://www.unissu.com/proptech-resources/what-is-proptech>. [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- Baysal, İ. (2015). Endüstri 4.0, 14. çözüm ortaklığı platformu, dijital dönüşümü anlamak. <https://www.okul.pwc.com.tr/images/635863141496551266.pdf>. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Bayuk, M. N. ve Öz, A. (2017). Nesnelerin interneti ve işletmelerin pazarlama faaliyetlerine etkileri. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 43, 41-58.
- Benhabib, J. and Spiegel, M. M. (2000). The role of financial development in growth and investment. *Journal of Economic Growth*, 5(4), 341-360. 10.1023/A:1026599402490.
- BEOS (2014). Real Estate in the Age of the Fourth Industrial Revolution. BEOS Survey 05, https://beos.net/fileadmin/user_upload/06_BEOS-NET_Wissen/06_4_Wissen_BEOS-Survey/06_4_BEOS-Survey_Nr5/06_4_3_Nr5_Textinhalte/BEOSS.pdf. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Berber, M. (2011). *İktisadi büyüme ve kalkınma*. (4.Baskı). Trabzon: Celepler Matbaacılık.
- Berberoğlu, B. M. (2021). Dijital dönüşüm ve gelecek (1.baskı.). İmamoğlu, S. M. ve Erat, S. (Editörler), *Endüstri 4.0'dan toplum 5.0'a dijitalleşmenin gücü* içinde (s. 19-34), Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Berkman, K. (2008). *Beşeri sermayenin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi: Türkiye örneği*. Yayınlanmamış yüksek Lisans Tezi. Denizli: Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Bilen, İ. E. (2010). *Araştırma-geliştirme (ar-ge) ve ekonomik büyüme: Seçilmiş gelişmekte olan ülkeler üzerine bir uygulama*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- Bilgin, O. (2018). *Dördüncü sanayi devrimi ve Türkiye ekonomisi: Ulusal yenilik sistemi çerçevesinde bir inceleme*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale: Kırıkkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Bilici, Z. ve Babahanoğlu, V. (2019). Akıllı kent uygulamaları ve Konya örneği. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 9(2), 124-139. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ayd/issue/42177/507536>.
- Bocutoğlu, E. (2015). 2008 küresel finansal krizin nedenleri. N., Eroğlu, İ., Eroğlu ve H. İ. Aydın (Editörler), *İktisadi krizler ve Türkiye ekonomisi içinde* (s. 273-301). Ankara: Orion Yayınevi.
- Bogue, R. (2014). The role of artificial intelligence in robotics. *Industrial Robot: An International Journal*, 41(2), 119-123. doi: 10.1108/IR-01-2014-0300.
- Bradley, J. M. and Atkins, E. M. (2015). Optimization and control of cyber-physical vehicle systems. *Sensors*, 15(9), 23020-23049.
- Brooks, R. (1991). Intelligence without representation. *Artificial Intelligence*, 47(1-3), 139-160. doi:10.1016/0004-3702(91)90053-m.
- Büchi, G., Cugno, M. and Castagnoli, R. (2020). Smart Factory Performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting & Social Change*. 150, 1-10.
- Bulut, E. ve Akçacı, T. (2017). Endüstri 4.0 ve inovasyon göstergeleri kapsamında Türkiye analizi. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 4(7), 55-77.
- Bulut, E. (2019). *Endüstri 4.0'ın gelişimi, Türkiye ve dünya üzerindeki olası etkileri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Büyükgöze, S. ve Dereli, E. (2019). Toplum 5.0 ve dijital sağlık. *IV. Uluslararası Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar Kongresi-Fen ve Sağlık Tam Metin Bildiri Kitabı*, 7-10 Kasım 2019, 1-5, Ankara, Türkiye.
- Canlıoğlu, G. (2008). *Değişen toplum yapılarında bilginin değişen konumu*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Marmara Üniversitesi, Türkiyat Araştırmaları Enstitüsü.
- CEDEFOP. (2009). Future skills needs for the green economy. *Research Paper*, Luxembourg: Publications Office of the European Union, http://www.cedefop.europa.eu/en/files/5501_en.pdf. [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- Chen, Y. (2020). Improving market performance in the digital economy. *China Economic Review*, 62, 1-8. doi: 10.1016/j.chieco.2020.101482.

- Chen, M., Sinha, A., Hu, K., Shah, M. I. (2021). Impact of technological innovation on energy efficiency in industry 4.0 era: Moderation of shadow economy in sustainable development, *Technological Forecasting & Social Change*, 1-10.
- Chohan, U. W. (2017). A history of bitcoin. *SSRN Electronic Journal*, doi:10.2139/ssrn.3047875.
- Chourabi, H., Taewoo N., Shawn W., J. Ramon G. G., Sehl, M., Karine N., Theresa, A. P. ve Hans, J. S. (2012). Understanding smart cities: An integrative framework. *Proceedings of the Annual 45. Hawaii International Conference on System Sciences*, 2289-2297.
- Chudik, A. and Pesaran M.H. (2013). Common correlated effects estimation of heterogeneous dynamic panel data models with weakly exogenous regressors. *Federal Reserve Bank of Dallas Globalization and Monetary Policy Institute, Working Paper No. 146*, Dallas.
- Cialani, C. (2007). Economic growth and environmental quality: An econometric and a decomposition analysis. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 18(5), 568-577.
- Colecchia, A. and Schreyer, P. (2002). ICT investment and economic growth in the 1990s: Is the United States a unique case? A comparative study of nine OECD countries. *Review of Economic Dynamics*, 5(2), 408-442.
- Cooke, M. L. (1913). The spirit and social significance of scientific management. *The Journal of Political Economy*, 21(6), 481-493.
- Corujo, B. S. (2017). The “Gig” economy and its impact on social security: The Spanish example. *European Journal of Social Security*, 19(4), 293-312. doi:10.1177/1388262717745751.
- Çakır, N. (2018). Endüstri 4.0 ve çalışmanın geleceği. *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 8(2), 97-105.
- Çeliktaş, M. S., Sonlu G., Özgel S., Atalay Y. (2015). Endüstriyel devrimin son sürümünde mühendisliğin yol haritası. *Mühendislik ve Makine Dergisi*, 56(662), 24-34.
- Çetin, M. (2009). Kaldor büyüme yasasının ampirik analizi: Türkiye ve AB ülkeleri örneği (1981-2007). *Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, XI(I), 355-373.

- Çetinkaya, Ş. (2018). Kripto paraların gelişimi ve para piyasalarındaki yerinin swot analizi ile incelenmesi. *Uluslararası Ekonomi ve Siyaset Bilimleri Akademik Araştırmalar Dergisi*, 2(5), 11-21.
- Çetinkaya, G. ve Susam, N. (2021). Dördüncü sanayi devriminde kamu destekli gelişmeler: Seçilmiş ülkeler ve Türkiye karşılaştırması. *Journal of Life Economics*, 8(4): 413-429, doi:10.15637/jlecon.8.4.02.
- Çevik, G. Z. (2018). *Endüstri 4.0 bağlamında Türkiye 'nin yerine ilişkin güncel ve gelecek eksenli bir analiz*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çırak, B. ve Yörük, A. (2016). Mekatronik biliminin öncüsü İsmail El-Cezeri. *Siirt Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (4), 175-194.
- Çiçek, D. ve Sarı, Y. (2018). Kalkınma kuramları ve turizm gelişimi. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 6(4): 993-1015.
- Çolak, Y. ve Sandalcılar, A. R. (2019). Türkiye’de sanal para değerinin belirleyicileri. *RTE Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(10), 205-232.
- Dalenogare, L.S., Benitez, G.B., Ayala, N.F., Frank, A.G. (2018). The expected contribution of Industry 4.0 technologies for industrial performance. *International Journal of Production Economics*, 204, 383-394.
- Dam, M. M. ve Şanlı, O. (2019). Ekonomik özgürlüğün büyüme üzerindeki etkisi: BRIC-T ülkeleri üzerine bir panel ARDL analizi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(4), 1027-1044.
- Damer, B. (2008). Meeting in the Ether: A brief history of virtual worlds as a medium for user-created events. *Artifact*, 2(2), 94-107.
- Değer, M. K. (2007). *İhracatın kompozisyonu ve ekonomik büyüme, orta gelirli ülkeler üzerine panel veri analizleri (1982-2004)*. Ankara: İmaj Yayınevi.
- Demir, Ö. (1995). Joseph A. Schumpeter: Hayatı, eserler ve katkıları. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 50(1-2), 155-172.
- Dikkaya, M., Genç, Ü. ve Aytekin, İ. (2018). Endüstri 4.0 devriminin ekonomik etkileri üzerine. *12. Uluslararası Kamu Yönetimi Sempozyumu*, 2018, Kırıkkale, Türkiye, 855-869.
- Dionisio, J. D. N., Burns, W. G. and Gilbert, R. (2013). 3D Virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 45(3), 34.

- Doğaner Gönel F. (2010). *Kalkınma ekonomisi*. (1.baskı). Ankara: Efil Yayınevi.
- Domar, E. D. (1946). Capital expansion, rate of growth and employment. *Econometrica*, 14(2), 137-147.
- Domar, E. D. (1947). Expansion and employment. *The American Economic Review*, 37(1), 34- 55.
- Dönmez Turan, A. (2019). *Dijitalleşme çağında insan-nesnelerin interneti entegrasyonu işletmelerin kaçınılmaz yolculuğu dijital dönüşüm*. I. Mendeş-Pekdemir (Editör), İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Duan, Y., Edwards, J. S. and Dwivedi, Y. K. (2019). Artificial intelligence for decision making in the era of big data-evolution, challenges and research agenda. *International Journal of Information Management*, 48, 63-71.
- Duruk, H. (2019). *Endüstri 4.0'ın insan kaynakları yönetimine etkileri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Yalova: Yalova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Durgun, A. ve Çapık, E. (2018). Ar-Ge harcamaları ve yüksek teknoloji ürün ihracatının büyümeye etkisi: Türkiye örneği. *Journal of Management and Economics Research*, 16(4) , 301-314. doi: 10.11611/yead.463205.
- Durmaz, F. (2019). *Endüstriyel robot kullanımının işsizlik ve istihdam üzerindeki etkisi: Manisa örneği*. Manisa: Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (1991). *Ortak geleceğimiz, Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu* (Çev: B. Çorakçı). Ankara: Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını.
- EFFRA (2013). Factories of the future, multi-annual roadmap for the contractual PPP Under Horizon 2020. https://ec.europa.eu/research/industrial_technologies/pdf/ppp-factories-of-the-future-strategicmultiannual-roadmap-info-day_en.pdf. [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- Eğilmez, M. (2017). Endüstri 4.0. <http://www.mahfiegilmez.com/2017/05/endustri-40.html>, 18.07.2017. [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- Eğilmez, M. (2018). Endüstri 4.0. *Muhasebe ve Finans Tarihi Araştırmaları Dergisi*, 15.
- Elverdi, S. ve Atık, H. (2021). İnovasyon ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin analizi: Bir yapısal eşitlik modellemesi. *Pearson Journal of Social Sciences and Humanities*, 6(10), 183-204.

- Enserov, V. (2019). Uluslararası enformasyon akışında dengesizliğe sebep olan etkenler. *İnönü Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi (İNİF E-Dergi)*, 4(2) , 59-91.
- Erbay, E. R. ve Özden, M. (2013). İktisadi kalkınma kuramlarına eleştirel yaklaşım. *Sosyal Bilimler Metinleri*, (1), 1-27, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/sbm/issue>.
- Ercan, Ş., Öztep, R., Güler, D. ve Saner, G. (2019). Tarım 4.0 ve Türkiye’de uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 25(2), 259-265.
- Erden Özsoy, C. (2017). Kalkınma teorileri. B. Günsoy, C. Erden Özsoy (Editörler). *İktisadi kalkınma içinde* (s.28-55). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Erden Özsoy, C. (2018). Industry 4.0 and its potential impact on employment. *Journal of Current Researches on Business and Economics*, 8(2), 249-270.
- Erdinç Z. (1999). Küreselleşmenin istihdama etkisi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 3, 111-119.
- Erdinç, Z. (2018). İktisadi büyümeyi belirleyici faktörler, aşamalar ve sınırlar. G. Günsoy ve Z. Erdinç (Editörler), “İktisadi büyüme” içinde (s. 32-33). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Erdinç, Z. ve Aydınbaş, G. (2020). Yüksek teknoloji ürünleri ihracı ve belirleyicileri: Panel veri analizi. *International Social Mentality and Researcher Thinkers Journal*, (Issn:2630-631X), 6(30), 496-507.
- Erdinç, Z. ve Aydınbaş, G. (2021). Dış ticaret ve akıllı lojistik ilişkiselliği üzerine bir değerlendirme. *Journal of Current Researches on Business and Economics*, 11(1), 159-182.
- Erdinç, Z. ve Aydınbaş, G. (2022). Ulusal ve uluslararası güvenlik kapsamında savunma harcamalarını etkileyen etmenler: OECD ülkeleri üzerine bir analiz. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (34), 143-158. doi: 10.18092/ulikidince.881698.
- Erdoğan, S. ve Canbay, Ş. (2016). İktisadi büyüme ve Ar-Ge harcamaları ilişkisi üzerine teorik bir inceleme. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 4(2), 29-43. doi: 10.18506/anemon.258538.
- Erkekoğlu, H. ve Uslu, H. (2021). Endüstri 4.0 teknolojik dönüşüm sürecinde seçilmiş ülkeler ve Türkiye’nin durumu: Ampirik bir analiz. *Verimlilik Dergisi*, (4), 51-65. doi: 10.51551/verimlilik.792865.
- Ertek, A. (2005). *Makroekonomiye Giriş*. İstanbul: Beta Yayıncılık.

- Falk, M. (2009). High-tech exports and economic growth in industrialized countries. *Applied Economics Letters*, 16(10), 1025-1028.
- Faarup, J. and Faarup, A. (2017). Global industry 4.0 readiness report 2016. *Danish Institute of Industry 4.0 (DII 4.0), Industry 4.0 Readiness Index*, Ocak, 2017, ISBN: 978-87-40485-22-6.
- Fine, B. (2000). Endogenous growth theory: A critical assessment. *Cambridge Journal of Economics*, 24(2), 245-265.
- Ford, M. (2018). *Robotların Yükselişi: Yapay zekâ ve işsiz bir gelecek tehlikesi*. (Çev: C. Duran). İstanbul: Kronik Yayınevi.
- Frank, M., Roehrig, P. and Pring, B. (2019). *Makineler her şeyi yaptığında biz ne yapacağız?* (Çev: E. Yılmaz). (1.baskı). İstanbul: Aganta Yayıncılık.
- Frey, C. B. and Osborne, M. (2013). The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation? *Oxford Martin Programme on Technology and Innovation Working Paper*.
- Freyer, H. (2014). *Sanayi çağı*. (Çev: B. Akarsu ve H. Batuhan). İstanbul: Doğu Batı Yayınları.
- Fukuyama, M. (2018). Society 5.0: Aiming for a new human-centered society. <https://www.jef.or.jp/journal/July/August>, 47-50.
- Gabaçlı, N. ve Uzunöz, M. (2017). IV. Sanayi devrimi: Endüstri 4.0 ve otomotiv sektörü. (3 nd.). *International Congress on Political, Economic and Social Studies (ICPESS)*, 149-174.
- Gallup, J. L., Sachs, J. D. and Mellinger, A. D. (1999). Geography and economic development. *International Regional Science Review*, 22(2), 179-232.
- Geisberger, E. and Broy, M. (2012). Agenda CPS, integrierte forschungsagenda cyberphysical systems (acatech studie). *Acatech-Deutsche Akademie der Technikwissenschaften*, Munich.
- Gelgeç, G. ve Hatırlı, S. (2018). Bilgi ekonomisi ve büyüme arasındaki ilişki: Türkiye örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(1), 97-122.
- Genç, E. C. (2017). Türkiye’de Sanayi 4.0 ve kamu politikası. *Liberal Perspektif: Analiz*, 6. http://www.ozgurlukarastirmalari.com/pdf/rapor/OAD_OjpIfR4.pdf. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].

- Geray, H. (1997). İletişim, bilgi toplumu ve küreselleşme. *Küreselleşme* içinde (s. 34-45). Ankara: İmge Yayınevi.
- Gerdin, E. and Rifve R. (2018). *Manufacturing system improvement with discrete event simulation: A case study with simulation applied to a manual manufacturing system*. Uppsala, İsveç: Uppsala Universitet, Faculty of Science and Technology. <http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:1229062/FULLTEXT01.pdf>. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Gladden, M. E. (2019). Who will be the members of society 5.0? Towards an anthropology of technologically posthumanized future societies. *Social Sciences*, 8(148), 1-39.
- Glockner, H., Kai J., Johannes, M., Björn, T. (2014). Augmented reality in logistics. *DHL Customer Solutions & Innovation Research Report*, Troisdorf. https://members.aixr.org/storage/csi_augmented_reality_report_290414.pdf [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- GRAANA (2020). Real Estate 4.0-A game changer for the real estate market. <https://graana.com/real-estate-4-0-a-game-changer-for-the-real-estate-market/> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- Grashof, N., Kopka, A., Wessendorf, C., Fornahl, D. (2020). Industry 4.0 and clusters: Complementaries or substitutes in firm's knowledge creation? *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 31(1), 83–105. doi: 10.1108/cr-12-2019-0162.
- Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis*. India: Pearson Education.
- Gretzel, U. (2011). Intelligent systems in tourism: A social science perspective. *Annals of Tourism Research*, 38(3), 757-779.
- Grossman, G. M. and Helpman, E. (1990). Comparative advantage and long-run growth. *American Economic Review*, 80(4), 796-815.
- Gosbteknopark (2019). Sanayide dijital dönüşüm. <https://www.tgbd.org.tr/bulletins/%201gosbteknopark01-2019-pdf> [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Gökrem, L. ve Bozuklu, M. (2016). Nesnelerin interneti: Yapılan çalışmalar ve ülkemizdeki mevcut durum. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 13, 47-68.
- Gönel, F. D. (2013). *Kalkınma ekonomisi*. (2. Baskı). Ankara: Efil Yayınevi.

- Gujarati, D. N. (2004). *Basic econometrics* (4th ed). McGraw-Hill Companies.
- Güler, K. (2019). *Uluslararası ticaretin dijitalleşmesi ve sanayi akımlarının etkisi: Endüstri 4.0 devrimi üzerine bir araştırma*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul: İstanbul Ticaret Üniversitesi, Dış Ticaret Enstitüsü.
- Gültekin, Ş. (2019). *Endüstri 4.0'ın iktisadi etkileri ve sermayenin dönüşüm ihtiyacı*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Karabük: Karabük Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Günaydın, D. (2018). Türkiye’de dördüncü sanayi devrimini beklerken: Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi’nde bir araştırma. *Istanbul Management Journal*, 29(85), 73-106.
- Gündem, F. (2017). Türkiye’de İBBS 2 bölgeleri arasında gelir yakınsaması var mıdır? Mekânsal ekonometrik bir katkı. *Sosyoekonomi*, 25(34), 145-160.
- Gündoğdu E. (2020). *Cephe sistemlerinin enerji etkinliği üzerine biyomimetik bir değerlendirme*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Konya: Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Güngör, T. (2018). *Endüstri 4.0 çerçevesinde inovasyon ve teknoloji temelli büyüme*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Günsoy, G. (2018). Solow (Neo-Klasik) büyüme modeli. G. Günsoy ve Z. Erdinç (Editörler), *İktisadi büyüme içinde* (s. 103-122). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Gürgüze, G. ve Türkoğlu, İ. (2019). Kullanım alanlarına göre robot sistemlerinin sınıflandırılması. *Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi*, 31(1), 53-66.
- Gylfason, T. (1999). *Principles of economic growth*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Habibi, F. and Zabardast, M. A. (2020). Digitalization, education and economic growth: A comparative analysis of Middle East and OECD countries. *Technology in Society*, 63, 101370, 1-9.
- Han, E. ve Kaya, A. A. (2004). *İktisadi büyüme ve kalkınma*. (1. Baskı). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayını.
- Han, E. ve Kaya, A. A. (2013). *Kalkınma ekonomisi: Teori ve politika*. (8. Baskı.). Ankara: Nobel Yayınları.

- Hansen, C. W. (2013). Life expectancy and human capital: Evidence from the international epidemiological transition. *Journal of Health Economics*, 32, 1142-1152.
- Harari, Y. N. (2016). *Home Deus: Yarının kısa bir tarihi*. (Çev: P. N. Taneli). İstanbul: Kollektif Kitap.
- Harayama, Y. (2017). Society 5.0: Aiming for a new human-centered society. *Hitachi Rev*, 66(6), 556-557.
- Harrison, R. (2009). Excavating second life: Cyber-archaeologies, heritage and virtual communities. *Journal of Material Culture*, 14(1) , 75-106.
- Harrod, R. (1939). An Essay in Dynamic Theory. *Economic Journal*, 49, 14-33. doi:10.2307/2225181.
- Hiç, M. (1994). *Büyüme ve gelişme ekonomisi*. İstanbul: Filiz Kitabevi.
- Hickson, K. J. (2009). The contribution of increased life expectancy to economic development in twentieth century Japan. *Journal of Asian Economics*, 20(4), 489-504.
- Hirsch-Kreinsen, H. (2016). “Industry 4.0” as promising technology: Emergence, semantics and ambivalent character. *Technische Universität Dortmund: Dortmund*, Germany, Ekim, 2016, ISSN 1612-5355.
- Hobday, M., Cawson A. and Kim, S. R. (2001). Governance of technology in the electronics industries of East and South-East Asia. *Technovation*, 21(4), 209-226.
- Hobsbawm, E. (2000). *Devrim çağı 1789-1848*. (Çev: B. S. Şener). Ankara: Dost Kitabevi Yayınları.
- Horvat, D., Stahlecker, T., Zenker, A., Lerch, C., Mladineo, M. (2018). A conceptual approach to analysing manufacturing companies’ profiles concerning Industry 4.0 in emerging economies: Paper ID: 1213. *Procedia Manufacturing*, (17), 419-426.
- Hsiao, C. (2003). *Analysis of panel data* (2.baskı). İngiltere: Cambridge University.
- Hurlburt, G. F. and Bojanova, I. (2014). Bitcoin: Benefit or curse? *It Professional*, 16(3), 10-15. doi: 10.1109/MITP.2014.28.
- Ishida, H. (2015). The Effect of ICT development on economic growth and energy consumption in Japan. *Telematics and Informatics*, 32, 79-88.

- Ivanov, D., Dolgui, A., Sokolov, B., Werner, F., Ivanova, M. (2016). A dynamic model and an algorithm for short-term supply chain scheduling in the smart factory Industry 4.0. *International Journal of Production Research*, 54(2), 386-402.
- İlic, U. (2013). *Yabancı dil öğretiminde üç boyutlu sanal dünyalar uygulaması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İzmir: Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Jalava, J. and Pohjola, M. (2005). ICT as a source of output and productivity growth in Finland. *Helsinki Center of Economic Research*, 52, 1-11.
- Jebari, K. and Lundborg, J. (2018). The intelligence explosion revisited. *Business Horizons*, 21(1), 167-174, doi: 10.1108/FS-04-2018-0042.
- Jones, T. M. (1995). Instrumental stakeholder theory: A synthesis of ethics and economics. *Academy of Management Review*, 20(2), 404-437. doi:10.5465/amr.1995.9507312924.
- Jorgenson, D. W. and Vu, K. (2016). The ICT revolution, world economic growth, and policy issues. *Telecommunications Policy*, 40(5), 383-397.
- Jorgenson, D. W. and Motohaski, K. (2005). Information technology and the japanese economy. *NBER Working Paper*, No: W11801, 1-33.
- Jorgenson, D. W. and Stioh, K. J. (2000). Raising the speed limit: U.S. economic growth in the information age. *OECD Economics Department Working Papers*, No:261.
- Kagermann, H. (2015). Change through digitization-Value creation in the age of Industry 4.0. *In Management of permanent change*, 23-45, Springer Gabler, Wiesbaden.
- Kagermann, H., Wahlster, W. and Helbig, J. (2013). Securing the future of german manufacturing industry: Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0. *Final Report of the Industrie 4.0 Working Group*, 4, Frankfurt/Main 2013.
- Kaldor, N. (1957). A model of economic growth. *Economic Journal*, 67, 596-624.
- Kaldor, N. (1962). Comment. *Review of Economic Studies*, 29(80), 246-250.
- Kaplan, J. (2016). *Artificial intelligence: What everyone needs to know*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Karagiannis, S. (2007). The knowledge-based economy, convergence and economic growth: Evidence from the European Union. *Centre of Planning and Economic Research Discussion Papers*, (91), 1-40.

- Karahan, Ö. ve Erçakar, M. E. (2018). Bilgi iletişim teknolojileri ve insan sermayesi arasındaki karşılıklı ilişkinin analizi. *Birinci Uluslararası Sosyal Bilimlerde Kritik Tartışmalar*, 5-7 Ekim, İzmir.
- Kasa, H. (2020). Endüstri 4.0'ın ekonomik büyümeye etkisi: Yenilikçi ekonomilere yönelik ampirik bir analiz. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Özel Sayı, 305-312.
- Kayaalp, K. (2020). Tedarik zinciri ve lojistikte yapay zekâ gelişimi ve entegrasyon süreci. *Lojistik Dergisi*, (2), 38-42.
- Kaynak, M. (2011). *Kalkınma iktisadı*. (4. Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi.
- Kaynak, M. (2009). *Büyüme teorileri giriş*. Ankara: Gazi Kitabevi Yayınları.
- Kazdağlı, H. (2015). Dördüncü sanayi devrimi'ne girerken iktisat eğitimi. *Ekonomi-tek Volume*, 4(3), 9-67.
- Keidanren (2018). *Society 5.0: Co-creating the future (Excerpt)*. Tokyo: Keidanren.
- Kibritçioğlu, A. (1998). İktisadi büyümenin belirleyicileri ve yeni büyüme modellerinde beşeri sermayenin yeri. *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 53(1-4), 207-230.
- Klevmarken, N. A. (1989). Introduction: Panel studies. *European Economic Review*, Elsevier, 33(2-3), 523-529.
- Kocabaş, F. (2015). Endüstri ilişkilerindeki dönüşüm. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (10).
- Koç Aytekin, G. (2015). Güney Kore'nin ihracata dayalı büyüme modeli kapsamında 2023 Türkiye ihracat stratejisi. *Ufuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4 (8), 63-86.
- Koç, T. C. and Teker, S. (2019). Industrial revolutions and its effects on quality of life. *PressAcademia Procedia*, 9(1), 304-311.
- Koç, P. (2021). Endüstriyel dijitalleşme ve işsizlik ilişkisini belirlemede mekânsal faktörlerin rolü. *Turkish Studies-Economy*, 16(1), 387-398. [doi:10.47644/TurkishStudies.47789](https://doi.org/10.47644/TurkishStudies.47789).
- Konak, A. (2018). Yüksek teknoloji içeren ürün ihracatının ihracat hacmi ve ekonomik büyüme üzerine etkisi: Seçilmiş OECD ülkeleri ve Türkiye örneği. *Yönetim Ekonomi Edebiyat İslami ve Politik Bilimler Dergisi*, 3 (2), 56-80. doi: 10.24013/jomelips.489768.

- Koyuncu, G. ve Balan, F. (2020). Endüstri 4.0 bağlamında yüksek teknoloji içeren ürün ihracatı ile işgücü verimliliği ilişkisi: Panel nedensellik analizi. *Girişimcilik ve Kalkınma Dergisi*, 15 (1), 1-10.
- KPMG (2015). Sanayi 4.0 dördüncü sanayi devrimi, yarının fabrikaları neye benziyor? <https://home.kpmg.com/content/dam/kpmg/tr/pdf/2016/08/tr-sanayi-4.PDF>. [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- KPMG (2020). Four tech upgrades featured in real estate 4.0. <https://kpmg.lu/four-tech-upgrades-featured-in-real-estate-4-0/> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- Krusell, P., Ohnian, L., Rios-Rull, J. V., Violante, G.L. (2002). Capital-skill complementarity and inequality: A macroeconomic analysis. *Econometrica*, 68(5), 1029-1053.
- Kubar, Y. (2016). Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin kalkınma göstergeleri ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki: Bir panel veri analizi (1995-2010). *Ardahan Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4, 65-99.
- Lee, M., Yun, J. J., Pyka, A., Won, D., Kodama, F., Schiuma, G., Park, H., Jeon, J., Park, K., Jung, K., Yan, M. R., Lee, S., Zhao, X. (2018). How to respond to the fourth industrial revolution, or the second information technology revolution? Dynamic new combinations between technology, market, and society through open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 4(3), 21-45.
- Liu, S. (2019). The Future of the real estate industry, <https://www.propertyme.com.au/industry-news/future-of-real-estate-industry>. [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- Llerena, P. and A. Lorentz (2004). Cumulative causation and evolutionary microfounded technical change: On the determinants of growth rates differences. *Revue Economique*, 55(6), 1191-1214.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 1-10.
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22, 3-42.
- Lucas, H. C., Clemons, E. K., Sawy, O. A, Weber, B. (2013). Impact research on transformational information technology: An opportunity to inform new audiences. *MIS Quarterly*, 37(2), 371-382.

- Lundvall, B. A. (2007). Innovation system research and policy: Where it come from and where it might go. *In CAS Seminar, Oslo, 4.*
- Manyika, J., Chui, M., Madgavkar, A., Lund, S. (2017a). Technology, jobs and the future of work. *Mckinsey Global Institute*. <https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Featured%20Insights/Employment%20and%20Growth/Technology%20jobs%20and%20the%20future%20of%20work/MGI-Future-of-Work-Briefing-note-May-2017.pdf>. [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- Manyika, J., Lund, S., Chui, M., Bughin, J., Woetzel, J., Batra, P., Sanghvi, S. (2017b). Jobs lost, jobs gained: Workforce transitions in a time of automation. *Mckinsey Global Institute*. <https://www.mckinsey.com/ashx>. [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- Maraşlı, F. ve ıbuk, M. (2015). RFID teknolojisi ve kullanım alanları. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4 (2), 249-275. doi: 10.17798/beufen.19847.
- Meadows, D., H., Meadows, D., L., Randers, J., Behrens III, W., W. (1972). *Limits to growth*. USA: Universe Books.
- Mell, P. and Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing. *NIST Spec. Publ.* 800-145, 1-7.
- Menendez, M. H., Menendez, R. M., Escobar, C. A., McGovern M. (2020). Competencies for industry 4.0. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 14, 1511-1524.
- Milgram, P. and Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D, 1321-1329. doi: 10.1.1.102.4646.
- Mohajan, H. K. (2019). The first industrial revolution: Creation of a new global human era. *Journal of Social Sciences and Humanities*, 5(4), 377-387.
- Mohajan, H. K. (2020). The second industrial revolution has brought modern social and economic developments. *Journal of Social Sciences and Humanities*, 6(1), 1-14.
- Momete, D. C. (2007). Analysis of the relationship between employment and economic growth in Romania. *Fascicle of Management and Technological Engineering*, 6 (16):2052-2057.
- Müller, J. M., Buliga, O. and Voigt, K. (2018). Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in industry 4.0. *Technological Forecasting & Social Change*, 132, 2-17. doi: 10.1016/j.techfore.2017.12.019.

- Myovella, G., Karacuka, M. and Haucap, J. (2019). Digitalization and economic growth: A comparative analysis of Sub-Saharan Africa and OECD economies. *Telecommunications Policy*, 1-12, [doi:10.1016/j.telpol.2019.101856](https://doi.org/10.1016/j.telpol.2019.101856).
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- Nayyar, A. and Kumar, A. (2020). A roadmap to industry 4.0: Smart production, sharp business and sustainable development. *Switzerland: Springer*. ISBN: 978-3-030-14543-9.
- Newman, D. and Blanchard, O. (2020). *İnsan ve makine* (1. baskı). (Çev: F., Kılınçarslan). İstanbul: Orenda Yayınları.
- Niebel, T. (2012). ICT and economic growth-comparing developing, emerging and developed countries. *Center For European Economic Research*, <http://ftp.zew.de/pub/zew-docs/dp/dp14117.pdf>. [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- OECD (1999). The environmental goods & services industry manual for data collection and analysis. *Environment & Sustainable Development*, 1999(7), 1-64.
- OECD (2011). Towards Green Growth. <https://www.oecd.org/greengrowth/48224574.pdf>. [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- OECD (2012). National Accounts of OECD Countries. <http://dx.doi.org/10.1787/2221433x>.
- Okan Gökten, P. (2018). Karanlıkta üretim: Yeni çağda maliyetin kapsamı. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20(4), 880-897. doi:10.31460/mbdd.460897.
- Okun, A. M. (1962). *Potential GNP: Its measurement and significance. in proceedings of the business and economic statistics section*. Washington D.C.: American Statistical Association, 98-103.
- Okutan, E. (2020). Döngüsel ekonomi tasarımı. https://www.iso.org.tr/surdurulebilirlik/docs/Emin_Okutan_opt_10122020.pdf [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- Oláh, J., Aburumman, N., Popp, J., Khan, A. M., Haddad, H., Kitukutha, N. (2020). Impact of Industry 4.0 on environmental sustainability. *Sustainability*, 4674(12), 2. doi: 10.3390/su12114674.
- Orhan, O. ve Erdoğan, S. (2013). *Genel ekonomi*. Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Önder, H. G. (2021). Gayrimenkul 4.0 ve emlak yönetiminde dijitalizasyon. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(79), 1341-1357, doi:10.17755/esosder.845494.

- Özdemir, N. (2011). *Türkiye’de elektriğin tarihsel gelişimi (1900-1938)*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi, Türk İnkılap Tarihi Enstitüsü.
- Özdemir, A. ve Özgüner, M. (2018). Endüstri 4.0 ve lojistik sektörüne etkileri: Lojistik 4.0. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 6(4), 39-47.
- Özden, A. (2014). Total factor productivity growth in Turkish agriculture: 1992-2012. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 20(2), 469-473.
- Özdestici, H. (2017). Toplum 5.0: Teknolojik gücü doğru yönetecek akıllı toplum felsefesi. <https://webrazzi.com/201/05/14/Toplum-5-0/> [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Özdoğan, O. (2017). *Endüstri 4.0 dördüncü sanayi devrimi ve endüstriyel dönüşümün anahtarları*. İstanbul: Pusula Yayıncılık.
- Özgüner, Z. (2017). *Lojistik faaliyetlerin süreçsel etkinliğinde rol oynayan değişkenlerin işletme performansına etkisinde lojistik performansın aracılık (mediatör) rolü*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Gaziantep: Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Özgüven, A. (1988). *İktisadi büyüme iktisadi kalkınma sosyal kalkınma ve Japon kalkınması*. İstanbul: Filiz Kitabevi.
- Özhan, T. (2016). *Makinelerin evrimi: 4. sanayi devrimi*. İstanbul: eKitap Projesi, ISBN: 9786059285933.
- Özkan, M., Al, A. ve Yavuz, S. (2018). Uluslararası politik ekonomi açısından dördüncü sanayi-endüstri devrimi’nin etkileri ve Türkiye. *Siyasal Bilimler Dergisi*, 1(1), 1-30.
- Öztürk, S. ve Alaşahan, Y. (2019). Türkiye’de endüstri 4.0 uygulamalarının değerlendirilmesi: panel veri analiz. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 61, 1-18.
- Parasız, İ. (2003). *İktisadi büyüme teorileri*. Bursa: Ezgi Yayınları.
- Parasız, İ. (2013). *Modern makro ekonominin temelleri*. (2. baskı). Bursa: Ezgi Kitabevi.
- Pehlivan, C. ve Efeoğlu, R. (2019). Empirical investigation of technology-industry 4.0 relation of the effect on trade: An analysis on Turkey. *Turkish Studies-Economics, Finance, Politics*, 14(4), 1487-1502, doi: 10.29228/TurkishStudies.30185.
- Pesaran, M. H., Shin, Y. and Smith, R. P. (1999). Pooled mean group estimation of dynamic heterogeneous panels. *Journal of the American Statistical Association*, 94(446), 621-634. doi: 10.1080/01621459.1999.10474156.

- Pesaran, M. H. (2004). General diagnostic tests for cross section dependence in panels. *Cambridge Working Papers in Economics*, No. 435.
- Pesaran, M. H., Ullah, A. and Yamagata, T. (2008). A bias-adjusted LM test of error cross-section independence. *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127.
- Pesaran, M. H. and Yamagata, T. (2008). Testing slope homogeneity in large panels. *Journal of Econometrics*, 142, 50-93.
- Pesaran, M. H., Smith, V. and Yamagata, T. (2009). Panel unit root tests in the presence of a multifactor error structure. *Cambridge University, unpublished working paper*, September.
- Peterson W. (1994). *Gelir istihdam ve ekonomik büyüme*. (Çev: T. Güllap). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Pine, B. J. and Gilmore, J. H. (2011). *The experience economy*. Updated Edition, Boston, MA: Harvard Business Review Press.
- Pohjola, M. (2000). Information technology and economic growth: A cross-country analysis. *United Nations University/World Institute for Development Economics Research* (UNU/WIDER), No: 173, 1-17.
- Rebelo, S. (1991). Long run policy analysis and long run growth. *Journal of Political Economy*, 99, 500-521. doi:10.1086/261764.
- Rifkin, J. (2008). The third industrial revolution. *Engineering & Technology*, 3(7), 26-27. doi:10.1049/et:20080718.
- Riminucci, M. (2018). Industry 4.0 and human resources development: A view from Japan. *E-Journal of International and Comparative Labour Studies*, 7(1), 1-17.
- Roblek, V., Meško, M. and Krapež, A. (2016). A complex view of industry 4.0. *Sage Open*, 6(2), 2158244016653987.Sf:1.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change. *The Journal of Political Economy*, 98(5), 71-102.
- Romer, P. M. (1994a). The origins of endogenous growth. *Journal of Economic Perspectives*, American Association, 8, 3-22.
- Romer, P. M. (1994b). New goods, old theory, and the welfare costs of trade restrictions. *NBER Working Paper Series*, 4452, 1-52.
- Rostow, W. W. (1959). The stages of economic growth. *The Economic History Review*, 12, 1-16. doi:10.1111/j.1468-0289.1959.tb01829.x.

- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manu-facturing industries. Boston Consulting Group. <https://www.bcg.com/publications/2015/>. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Sabancı Üniversitesi Avrupa İşletmeler Ağı (2014). Akıllı yeni dünya: Dördüncü sanayi devrimi. *EkoIQ Dergisi Özel Eki*, 46, 1-16. <http://content.lms.sabis.sakarya.edu.tr/Uploads/69905/32060/ekoIQ-ek-d.pdf>. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Samuelson, P. A. and Nordhaus W. D. (1992). *Economics*. Newyork: McGraw-Hill.
- Savaş, V. (2007). *İktisadın tarihi*. Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Savaş, V. (1986). *Kalkınma ekonomisi*. (4. baskı). İstanbul: Beta Yayınları.
- SAVTEK (2018). Savunmada Yenilikçi Bir Dijital Dönüşüm Alanı. 9. *Savunma Teknolojileri Kongresi*, 27-29 Haziran 2018, ODTÜ, Ankara. https://www.academia.edu/44893325/SAVTEK_9_Savunma_Teknolojileri_Kongresi. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Schumpeter, J. A. (1947). The creative response in economic history. *The Journal of Economic History*, 7(2), 149-159.
- Schumpeter, J. A. (2003). *Capitalism, socialism & democracy*. USA: George Allen-Unwin Ltd.
- Schwab, K. and Davis, N. (2019). *Dördüncü sanayi devrimini şekillendirmek* (Çev: N. Özata). İstanbul: Optimist Yayıncılık.
- Schwertner, K. (2017). Digital transformation of business. *Trakia Journal of Sciences*, 15(1), 388-393.
- Serpa, S. and Ferreira, C. M. (2018). Society 5.0 and social development: Contributions to a discussion. *Management and Organizational Studies*, 5(4): 26-31. doi: 10.5430/mos.v5n4p26.
- Sesiz, N. (2018). *Moda endüstrisinde Türk tasarımcı markaları ve stil analizleri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Antalya: Akdeniz Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü.
- Seyidoğlu, H. (2006). *İktisat biliminin temelleri*. İstanbul: Güzem Can Yayınları.
- Shabardina T. V. (2019). Econometric analysis of the Russian regions' digital inequality. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 81, 1st International Scientific Conference, Modern Management Trends and the Digital

- Economy from Regional Development to Global Economic Growth (MTDE 2019).
- Siemens (2014). Endüstri 4.0 yolunda. <http://siemens.e-dergi.com/pubs/Endustri40%20/Endustri40/assets/common/downloads/publication.pdf>. [Erişim Tarihi: 01.01.2022].
- Skobelev, P. O. and Borovik, S. Y. (2017). On the way from industry 4.0 to industry 5.0: From digital manufacturing to digital society. *Industry 4.0*, 2, 307-311.
- Skaggs, N. T. (1999). Adam Smith on growth and credit too weak a connection? *Journal of Economic Studies*, 26(6), 481-496.
- Smart, J., Cascio, J. and Paffendorf, J. (2007). Metaverse roadmap 2007: Pathways to the 3D Web. A Cross-industry Public Foresight Project. <https://www.w3.org/2008/WebVideo/Annotations/wiki/images/1/19/MetaverseRoadmapOverview.pdf>. [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- Smith, A. (1991). *Wealth of nations*. New York: Great Minds Series.
- Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *Revue of Economics and Statistics*, 39, 312-320. doi:10.2307/1926047.
- Srholec, M. (2007). High-Tech exports from developing countries: A symptom of technology spurts or statistical illusion?. *Review of World Economics/WeltwirtschaftlichesArchiv*, 143(2), 227-255.
- STM Thinktech Outlook (2021). Günümüzde ve yakın gelecekte robotlar. Nisan 2021, https://thinktech.stm.com.tr/uploads/docs/1619621283_stm-outlook-robotlar.pdf? [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- Sucuoğlu, N. (2021). *Seçilmiş OECD ülkelerinde bilgi iletişim teknolojileri ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Swamy, P. A. V. B. (1970). Efficient inference in a random coefficient regression model. *1139 Econometrica*, 38, 311-323.
- Şahin, Ü. (2017). Yeşil düşünceden yeşil ekonomiye. (3.baskı). A. A. Aşıcı ve Ü. Şahin (Editörler) *Yeşil ekonomi* içinde (s. 22-34). İstanbul: Yeni İnsan Yayınevi.
- Şahin, E. ve Kaya, F. (2019). *Pazarlamada yeni dönem: Endüstri 4.0, yapay zekâ ve akıllı asistanlar*. Ankara: Çizgi Kitabevi.
- Şahinaslan, Ö. (2020). Yeni nesil teknolojiler. G. Telli ve S. Aydın (Editörler) *Dijital dönüşüm* içinde (s. 29-54). İstanbul: Kültür Sanat Basımevi.

- Şenses, F. (2004). Neoliberal küreselleşme kalkınma için bir fırsat mı, engel mi? *ERC Working Papers 0409*, ERC-Economic Research Center, Middle East Technical University. <https://erc.metu.edu.tr/en/system/files/menu/series04/0409.pdf>. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Stock T. and Seliger G. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. *Procedia CIRP*, 40(536-541). doi:10.1016/j.procir.2016.01.129.
- Taban, S. (2011). *İktisadi büyüme: Kavram ve modeller*. (2. baskı). Ankara: Nobel Yayınevi.
- Taban, S. ve Kar, M. (2016). *Kalkınma ekonomisi*. (3. baskı). Bursa: Ekin Yayınevi.
- Tay, S. I., Lee, T. C., Hamid, N. Z. A., Ahmad, A. N. A. (2018). An overview of industry 4.0: definition, components, and government initiatives. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 10(14),1379-1387.
- Taylor, F. W. (1911). *The principles of scientific management*. New York, London: Harper & Brothers Publishers.
- Tayşir Keleş, N. (2018). Türkiye’de fordist üretim krizinin ortam koşulları bağlamında incelenmesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16(32), 47-66.
- T.C. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (2018). Türkiye’nin sanayi devrimi, “*Dijital Türkiye*” yol haritası. https://www.gmka.gov.tr/2023_Dijital-Turkiye-Yol-Haritasi.pdf. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- T.C. Kalkınma Bakanlığı (2018). *On birinci kalkınma planı (2019-2023) İşgücü piyasası ve genç istihdamı özel ihtisas komisyonu raporu*. (Yayın no: KB-3039-ÖİK: 820), Ankara. https://www.sbb.gov.tr/IsgucuPiyasasi_ve_GencIstihdamiOzelIhtisasKomisyonuRaporu.pdf. [Erişim Tarihi: 27.03.2022].
- Telatar, O. M., Değer, M. K. ve Doğanay, M. A. (2016). Teknoloji yoğunluklu ürün ghracatının ekonomik büyümeye etkisi: Türkiye örneği (1996:Q1-2015:Q3). *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 30(4), 921-934.
- Temple, J. (1999). The new growth evidence. *Journal of Economic Literature*, 37(1), 112-156.
- Thirlwall, A.P. (2002). The nature of economic growth: An alternative framework for understanding the performance of nations. *Edward Elgar Publishing*, 144, ISBN 978-1-84064-864-5.

- TOBB. (2016). Akıllı fabrikalar geliyor. <http://haber.tobb.org.tr/ekonomikforum>. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Todaro, M. P. and Smith, S. C. (2012). *Economic development*. (11. Basım), Boston: Pearson.
- Torres-Reyna, O. (2007). Panel data analysis fixed and random effects using stata. [Ders notları]. Data & Statistical Services, Princeton University. <https://www.academia.edu/34441090/PanelDataAnalysisFixedandRandomEffectusingStata42> [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Torun, İ. (2003). Endüstri toplumunun oluşmasında etkili olan iktisadi ve sina-i faktörler. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 4(1), 181-196.
- Tupa, J., Simota, J. and Steiner, F. (2017). Aspects of risk management implementation for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, (11), 1223-1230.
- Turan, T. (2008). *İktisadi büyüme teorisine giriş*. İstanbul: Yalın Yayıncılık.
- TÜBİTAK (2016). Yeni sanayi devrimi akıllı üretim sistemleri teknoloji yol haritası. https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v2.pdf [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- TÜİK (2020). Hayat tabloları, 2017-2019. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayat-Tablolari-2017-2019-33711> [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Türedi, S. (2013). Bilgi ve iletişim teknolojilerinin ekonomik büyümeye etkisi: Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için panel veri analizi. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Elektronik Dergisi*, 7, 298-322.
- Türkcan, H. ve İnce, H. (2021). Endüstri 4.0 kavramsal çerçeve (1.baskı). S. M., İmamoğlu ve S., Erat (Editörler), *Endüstri 4.0'dan toplum 5.0'a dijitalleşmenin gücü* içinde (s. 1-19), Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Türker, M. T. (2007). *Dışa açık büyüme: Türkiye örneği*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- TÜSİAD (2016). *Türkiye'nin küresel rekabetçiliği için bir gereklilik olarak sanayi 4.0; Gelişmekte olan ekonomi perspektifi*. İstanbul: TÜSİAD.
- TÜSİAD ve BCG (2017). *Türkiye'nin sanayide dijital dönüşüm yetkinliği*. İstanbul: TÜSİAD-BCG.
- Tüylüoğlu, Ş. ve Çeştepe, H. (2004). Kalkınma teorilerinin temelleri ve gelişimi. S. Taban ve M. Kar, (Editörler), *Kalkınma ekonomisi: Seçme konular* içinde (s. 27-40), Bursa: Ekin Kitabevi.

- Unay, C. (1983). *Makro ekonomi* (3. baskı). Bursa: Akademi Yayınları.
- U.S. Commercial Service (2018). Advanced manufacturing opportunities in Europe Market Resource Guide 2018. <https://ec.europa.eu/translations/renditions/pdf>. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Usluata, A. (1995). *İletişim*. İstanbul: İletişim Yayınları.
- Ünver, M. ve Canbay, C. (2010). Ulusal ve uluslararası boyutlarıyla siber güvenlik. *Elektrik Mühendisliği*, 48(438), 94-103.
- Ülgener, S. F. (1980). *Milli gelir, istihdam ve iktisadi büyüme* (6. baskı). İstanbul: Der Yayınevi.
- Ülkü, H. (2004). R&D, Innovation and economic growth: An empirical analysis. *IMF Working Paper*, No: 04/185.
- Ünlü, F. ve Atik, H. (2018). Türkiye'deki işletmelerin endüstri 4.0'a geçiş performansı: Avrupa Birliği ülkeleri ile karşılaştırmalı ampirik analiz. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, 17(2), 431-463. doi:10.32450/aacd.512006.
- Ünsal, E. (2016). *İktisadi büyüme*. Ankara: BB101 Yayınları.
- Üstünel, B. (1988). *Ekonominin temelleri*. (5. baskı). Ankara: Alfa Yayınları.
- Üzümcü, A. (2015). *İktisadi büyüme*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Vanchukhina, L., Leybert, T., Rogacheva, Rudneva, Y., Khalikova, E. (2019). New model of managerial education in Technical University. *International Journal of Educational Management*, 33(8), 511-524. doi:10.1108/IJEM-08-2018-0270.
- Van Den Berg, H. (2001). *Economic growth and development*. Columbus: McGraw-Hill International.
- Vinzent, R., Jürgen G., Judith G., Tobias M., Stefan P.(2014). Pattern-based Business Model Development for CyberPhysical Production Systems. *Procedia CIRP*, (25), 313-319.
- Wan, H. Y. JR. (1971). *Economic growth*. Ithaca NY USA: Cornell University Press.
- Wang, W and Lu, Z. (2013). Cyber security in the Smart Grid: Survey and challenges. *Computer Networks*, 57(5), 1344-1371.
- Wang, L., Törngren, M. and Onori, M. (2015). Current status and advancement of cyberphysical systems in manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, (37), 517-527.
- Werthner, H. and Ricci, F. (2004). E-Commerce and tourism. *Communications of the ACM*, 47(12), 101-105.

- Westerlund, J. (2008). Panel cointegration test of the fisher effect. *Journal of Applied Econometrics*, 23, 193-233.
- Wibowo, W., Budiantara, I. N., Wilantari R. N., Amara, D. (2020). The Impact of ICT on economic growth in the fourth industrial revolution: Modeling using principal component panel regression. *International Journal of Integrated Engineering*, 12(7), 151-159.
- Wright, M. F. (2014). Predictors of anonymous cyber aggression: The role of adolescents' beliefs about anonymity, aggression, and the per-manency of digital content. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 17(7), 431-438.
- Xia, F., Yang, L., Wang, L., Vinel, A. (2012). Internet of things. *International Journal of Communication Systems*, 25, 1101-1102.
- Yagubov, S. and Aliyev, A. (2021). Econometric analysis and assessment of the level of digitalization of the economies of the countries of the world. *70th International Scientific Conference on Economic and Social Development-Bakû*, 60-65.
- Yalman, İ. N. (2010). *Liberalizasyon ve ekonomik büyüme ilişkileri: Bir kısım Latin Amerika ve Güney Doğu Asya tipi ülkelerin karşılaştırılması*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Erzurum: Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Yavuz, O. (2021). Üretimde kullanılan endüstri 4.0 araçlarına olan ilgi düzeyinin yüksek teknoloji ürünleri ihracatı üzerine etkisi. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 13(1), 825-843.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2013a). *İleri panel veri analizi: Stata uygulamalı*. (2. baskı), İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2013b). *Panel veri ekonometrisi: Stata uygulamalı*. (2. baskı), İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Yertüm, U. (2017). Küreselleşmenin fordist-kitlesel üretim tarzına etkisi. *Fırat Üniversitesi Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 1(1), 2017, 67-88.
- Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 546-556.
- Yıldız, Ü. (2017). BRICS ülkeleri ve Türkiye'de yüksek teknoloji ihracatı ve ekonomik büyüme ilişkisinin panel veri analizi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Üniversitesi Dergisi*, 53, 26-34.

- Yoo, Y. J., Henfridsson, O. and Lyytinen, K. (2010). The new organizing logic of digital innovation: An agenda for information systems research. *Information Systems Research*, 21(4), 724-735.
- Yoo, C. W., Goo, J., Huang, C. D., Nam, K., Woo, M. (2017). Improving travel decision support satisfaction with smart tourism technologies: A framework of tourist elaboration likelihood and self-efficacy. *Technological Forecasting And Social Change*, 123, 330-341. doi: 10.1016/j.techfore.2016.10.071.
- Yorgancılar, E. (2015). Sanayi 4.0: Uyum sağlamayan kaybedecek! *Ege Bölgesi Sanayi Odası Dergisi*, İzmir. http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi-40_88510761.pdf. [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- Yousefi, A. (2011). The impact of information and communication technology on economic growth: Evidence from developed and developing countries. *Economics of Innovation and New Technology*, 20(6), 581-596.
- Yücel, F. (2004). Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında çevre korumanın ve ekonomik kalkınmanın karşılıklı ve birlikteliği. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(11), 100-120.
- Yülek, M. A. (1997). İçsel büyüme teorileri, gelişmekte olan ülkeler ve kamu politikaları üzerine. *Hazine Dergisi*, 6, 1-15.
- Zhang, W., Zhao, S., Wan, X., Yao, Y. (2021). Study on the effect of digital economy on high-quality economic development in China. *PLoS ONE*, 16(9), doi: 10.1371/journal.pone.0257365.
- https://www.akilfabrika.org/Endustri_4.0_ve_Sistem_Entegrasyonlari,cnt-6 [Erişim Tarihi: 02.10.2021].
- <https://www.altinay.com> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- <https://basinda.metu.edu.tr/2022-08-01/3088543> [Erişim Tarihi: 14.03.2022].
- <https://baykartech.com/tr/> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- <https://www.bbc.co.uk/newsround/59066577> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- <https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye/> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- <https://www.bbc.com/storyworks/travel/garden-of-wonders/gardens-by-the-bay> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- <https://www.bitcoinethereumnews.com/economy/grayscale>. [Erişim Tarihi: 02.02.2022].
- <https://www.businessht.bloomberght.com> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www2.deloitte.com/mt/en/pages/technology/articles/mt-what-is-digital-economy.html> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://ekolojist.net/geri-donusum-projeleri/> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www.ekoyapidergisi.org/22-subat-ta-acilacak-olan-dubai-gelecek-muzesi> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www.endustri40.com/bulut-bilisim-cloud-computing-nedir> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www.ent.es.com.tr/gelecegin-enerji-sektorunde-yapay-zekânin-rolu/> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www.gartner.com/itglossary/digitalization/> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www.gridsurvey.com/economy.php> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<http://www.hansonrobotics.com/> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://m.haberturk.com/> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www.meb.gov.tr/ogrenciler-derslerini-endustri-40-ile-goruyor/haber/18785/tr> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www.ntv.com.tr/galeri/teknoloji/> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www.saglik.gov.tr/TR,57194/bakan-koca-almanyada-yilin-doktoru-secilen-dr-dilek-gursoyu-tebrik-etti.html> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www.stendustri.com.tr/robot-yatirimlari/robotlar-20-milyon-calisana-yeni-is-sahasi-acacak-h101335.html> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www.tdk.gov.tr> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www.tevel-tech.com> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www.tr.undp.org/content/> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www.trt/haber.com> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www.reuters.com/article/us-china-ai-broadcasting-idUSKCN1QK0IU> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

<https://www.visitdubai.com/en/places-to-visit/museum-of-the-future> [Erişim Tarihi: 02.02.2022].

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı Gökçen AYDINBAŞ

Yabancı Dil İngilizce

Eğitim Geçmişi:

Doktora 09/2018-10/2022 Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı

Yüksek Lisans 09/2014-04/2018 Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı

Lisans 09/2008-06/2012 Karadeniz Teknik Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Uluslararası İlişkiler Bölümü

09/2019-01/2022 Anadolu Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler:

1. Zeynep ERDİNÇ, **Gökçen AYDINBAŞ** (2020). Sağlık Harcamaları ve Belirleyicileri Üzerine Ampirik Bir Çalışma. *Journal of Current Researches on Social Sciences*. 10(2), 443-460, <http://www.jocress.com>.
2. Zeynep ERDİNÇ, **Gökçen AYDINBAŞ** (2020). Doğrudan Yabancı Yatırımları Etkileyen Faktörlerin Belirlenmesi: Seçilmiş 11 ülke için Panel Veri Analizi. *Journal of Current Researches on Business and Economics*, 1(10), 1-18.
3. Zeynep ERDİNÇ, **Gökçen AYDINBAŞ** (2020). Yüksek Teknoloji Ürünleri İhracı ve Belirleyicileri: Panel Veri Analizi. *Social Mentality and Researcher Thinkers Journal*, 6(30), 496-507.

4. Zeynep ERDİNÇ, **Gökçen AYDINBAŞ** (2020). Cari İşlemler Açığının Belirleyicileri Üzerine Bir Araştırma: Panel Veri Analizi. *Social Mentality and Researcher Thinkers Journal*, 6(36), 1704-1717.
5. Zeynep ERDİNÇ, **Gökçen AYDINBAŞ** (2020). Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Belirleyicileri Üzerine Panel Veri Analizi. *Journal Of Social, Humanities And Administrative Sciences*, 24(6), 346-358.
6. Zeynep ERDİNÇ, **Gökçen AYDINBAŞ** (2020). Factors Affecting International Tourism Revenues. *Journal of Current Researches on Social Sciences*, 10(4), 709-726.
7. Zeynep ERDİNÇ, **Gökçen AYDINBAŞ** (2021). Dış Ticaret ve Akıllı Lojistik İlişkiseliliği. *Journal of Current Researches on Business and Economics*, 11(1), 159-182.
8. Zeynep ERDİNÇ, **Gökçen AYDINBAŞ** (2021). Tarımsal Katma Değer Belirleyicilerinin Panel Veri Analizi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(1), 213-232, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ausbd>.
9. Zeynep ERDİNÇ, **Gökçen AYDINBAŞ** (2022). Ulusal ve Uluslararası Güvenlik Kapsamında Savunma Harcamalarını Etkileyen Etmenler: OECD Ülkeleri Üzerine Bir Analiz. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 34, 143-158, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ulikidince>.
10. Zeynep ERDİNÇ, **Gökçen AYDINBAŞ** (2022). Tüketim Harcamalarına Etki Eden Unsurların G20 Ülkeleri Üzerine Panel Veri Analizi. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (30), 1-23, <https://dergipark.org.tr/tr/pub/igdirsosbilder>.
11. **Gökçen AYDINBAŞ**, Zeynep ERDİNÇ (2022). Vergi Gelirlerini Etkileyen Unsurların Tespit Edilmesi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(2), 799-817. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/anemon>.
12. **Gökçen AYDINBAŞ**, Merve ÜNLÜOĞLU (2022). Yapısal Kırılma Durumunda Kadınların İşgücüne Katılımındaki Belirleyiciler Üzerine Bir Zaman Serisi Analizi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 74, 1-21.

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında (Özet veya Tam Metin) Basılan Bildiriler

1. Zeynep ERDİNÇ, **Gökçen AYDINBAŞ** (2021). Sosyal Sermaye Düzeyini Etkileyen Faktörler: İskandinav Ülkeleri ve Türkiye üzerine bir Değerlendirme, *Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, Ankara, 10 - 12 Ekim, 2021, Kongre (Tam Metin Bildiri) Kitabı.
2. **Gökçen AYDINBAŞ** (2022). Bankacılık ve Finans Sektörü ile Ödeme Sistemlerinin

Dijital Dönüşümünde COVID-19 Pandemisinin Etkileri. 7. *Uluslararası 19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi*, Samsun, 19 - 20 Mayıs, 2022, Kongre (Tam Metin Bildiri) Kitabı.

3. **Gökçen AYDINBAŞ** (2022). Endüstri 4.0 Devrimi (Sanayinin Dijitalleşmesi) Sürecinde Parasal Gelişmeler. 6. *Uluslararası Kafkasya-Orta Asya Dış Ticaret ve Lojistik Kongresi*, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 30 Eylül - 01 Ekim 2022, Kongre (Tam Metin Bildiri) Kitabı.
4. **Gökçen AYDINBAŞ**, Gökmen AYDINBAŞ (2022). Endüstri 4.0'ın Sağlık Ekonomisine Etkileri: Sağlık 4.0 Üzerine Bir İnceleme. *Uluslararası Karadeniz Modern Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, Rize, 29 Eylül - 02 Ekim 2022, Kongre (Tam Metin Bildiri) Kitabı.

Kitap ve/veya Kitap Bölümü:

1. **Gökçen AYDINBAŞ**, Hüsrev TABAK (2021). Türkiye-Rusya Uçak Krizi Örneği Üzerinden Uluslararası Siyasi Krizler ve Ekonomik Etkilerinin İncelenmesi. UTRAK, “*Siyasi, Sosyal ve Kültürel Yönleriyle Türkiye ve Rusya*”, BERİKAN YAYINEVİ (Uluslararası Kitap Bölümü).
2. Zeynep ERDİNÇ, **Gökçen AYDINBAŞ** (2021). ABD-ÇİN Ticaret Savaşlarının Ekonomik Faturası. “*Teorik Perspektiften İktisadi ve Finansal Olguların Değerlendirilmesi*”, GAZİ KİTABEVİ (Uluslararası Kitap Bölümü).
3. Zeynep ERDİNÇ, **Gökçen AYDINBAŞ** (2022). COVID-19 Pandemisinin Çay Sektörüne Etkileri: Ekonomik Bir Yaklaşım. “*21. Yüzyıl’da Sosyal Bilimlerde Çok Yönlü Yaklaşımlar: Disiplinlerarası Bir Yaklaşım*”, ORİON KİTABEVİ (Uluslararası Kitap Bölümü).
4. **Gökçen AYDINBAŞ**, Zeynep ERDİNÇ (2022). Endüstri 4.0 Devrimi ile Başlayan Dijital Çağda Türk Bankacılık Sektörü. “*Ekonomi ve Finans Konularına Teorik Yaklaşımlar*”, EKİN YAYINEVİ (Uluslararası Kitap Bölümü).
5. **Gökçen AYDINBAŞ** (2022). Endüstri 4.0 ile Dijitalleşme Çağında Kadının İşgücüne Katılımı: Türkiye Üzerine Bir Değerlendirme. “*Teorik Anlamda İktisadi ve Finansal Olaylara Akademik Yaklaşımlar*”, EKİN YAYINEVİ (Uluslararası Kitap Bölümü).