

T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKTİSADİ GELİŞME VE ULUSLARARASI İKTİSAT PROGRAMI

ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI EKSENİNDE OTOMASYONUN
İSTİHDAM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: GELİŞMİŞ ÜLKELER
ÖRNEĞİ

Adil AKSOY

Danışman
Doç. Dr. Filiz ERATAŞ SÖNMEZ

MANİSA-2022

T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
İKTİSADİ GELİŞME VE ULUSLARARASI İKTİSAT PROGRAMI

ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI EKSENİNDE OTOMASYONUN
İSTİHDAM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: GELİŞMİŞ ÜLKELER
ÖRNEĞİ

Adil AKSOY

Danışman
Doç. Dr. Filiz ERATAŞ SÖNMEZ

MANİSA-2022

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Endüstri 4.0 Kavramı Ekseninde Otomasyonun İstihdam Üzerindeki Etkisi: Gelişmiş Ülkeler Örneği” adlı çalışmanın, tarafımdan bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilen eserlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanmış olduğumu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

.../.../2022

Adil Aksoy

ÖZET

ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI EKSENİNDE OTOMASYONUN İSTİHDAM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: GELİŞMİŞ ÜLKELER ÖRNEĞİ

Endüstri devrimlerinin gelişim aşamaları ve yarattığı sonuçlar tarihte önemli bir yere sahiptir. 18. yüzyılın ortalarında Birleşik Krallık'ta başlayan endüstri devrimleri tarihi ülkelerin yalnızca ekonomik yapısını değil siyasi, sosyal ve kültürel olarak birçok konuda eksenini değiştirmiştir. 1780 yılı itibarıyla James Watt tarafından geliştirilen buhar makinesi Birleşik Krallık'ı sanayileşme konusunda dönemin gelişmiş ülkeleri arasında öne çıkarmıştır. Daha sonraki dönemlerde sanayi gelişimi önce Kıta Avrupa'sına daha Amerika Birleşik Devletleri'ne kadar yayılmıştır. Demiryolu ağının gelişmesiyle beraber hammaddelere ulaşım kolaylaşmış, buhar gücü ile çalışan makinelerden daha güçlü makinelerin üretimde kullanılması ve dünyanın seri üretim kavramı ile tanışması ikinci endüstri devriminin başlamasına yol açmıştır. 20.yüzyılın ilk yarısında gerçekleşen iki dünya savaşı ve 1929 Ekonomik Buhranı, sanayileşme ve teknolojik gelişmeleri yavaşlatsa da üretimde bilgisayarlaşma ve iletişim teknolojilerinin kullanımının gerçekleşmesi üçüncü endüstri devrimini ortaya çıkarmıştır. İkinci ve üçüncü endüstri devrimleri yalnızca Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde değil Doğu Asya ülkelerinde de önemli gelişmeler yaratmıştır. Bilgi işlem teknolojilerinin gelişmesi ve üretime entegre edilmesi ile 2011 yılında Endüstri 4.0 kavramı doğmuş ve günümüzdeki teknolojik gelişmeler dördüncü endüstri devrimine diğer endüstri devrimlerine nazaran farklı bir boyut kazandırmıştır.

Dördüncü endüstri devrimi ile hızla artan teknolojik gelişmeler yaşamın her alanında kendisini göstermektedir. Endüstri 4.0 ile üretimdeki otonom süreç bir diğer ismi yeni nesil otomasyon da denilen teknoloji yoğun üretim yapısının ile istihdam ve çalışma hayatına etki etmesi beklenmektedir. Üretiminde meydana gelen robotlaşmanın daha fazla yaygınlaşması ile işgücünün işletmelerdeki ağırlığı ortadan kalkmaktadır. Endüstri 4.0'ın getirmiş olduğu birçok yeni teknolojik gelişmeler, üretimde yeni bir dönemi ortaya çıkarmakta ve istihdam konusunda teknoloji yoğun üretim yapısını benimseyen gelişmiş ülkelerin bu durumun yaratmış olduğu istihdam üzerindeki etkileri araştırmaya itmektedir.

Bu çalışmada öncelikle Endüstri 4.0 kavramı ele alınan birinci bölümde endüstri devrimleri kronolojik bir biçimde incelenmiş, daha sonra dördüncü endüstri

devrimi tanıtılması ile bu devrimin getirmiş olduğu teknolojik bileşenler genel olarak ele alınmış ve son olarak dördüncü endüstri devriminin istihdam üzerindeki etkileri genel olarak araştırılmıştır. İkinci bölümde ise ele alınan gelişmiş ülkelerin Endüstri 4.0 hazırlıkları, plan ve stratejilerinden bahsedilmiş ve ekonomik verilerden faydalanılarak istihdam ve bilişim teknolojileri dış ticaret verileri gibi konular ile ilgili gerekli açıklamalar yapılmıştır. Çalışmanın son bölümünde Endüstri 4.0 devrimi kapsamında artan otomasyon kavramının istihdam üzerindeki etkisi gelişmiş ülkeler açısından durağan olmayan panel veri analizi yöntemi kullanılarak incelendiği ampirik bir çalışmaya yer verilmiştir. Bu doğrultuda ekonometrik bir model kurulmuş ve bu modele ait değişkenler açıklanmıştır. Ampirik model kapsamında değişkenlere ait eğim katsayılarının heterojenliği analiz edilmiş, daha sonra söz konusu değişkenlerin yatay kesit bağımlılığı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ikinci nesil panel birim kök testlerinden faydalanılarak veri setinin durağanlığı analiz edilmiş ve daha sonra ikinci nesil panel eşbütünleşme testleri kullanılarak seriler arası eşbütünleşik ilişki araştırılmıştır. Son aşamada ise CCE Ortak İlişkili Etkiler Modeli uzun dönem regresyon katsayısı tahmin edilmiş ve elden edilen bulgular ile birlikte değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Otomasyon, İstihdam, Durağan Olmayan Panel Veri Analizi.

ABSTRACT

THE EFFECT OF AUTOMATION ON EMPLOYMENT IN THE AXIS OF THE INDUSTRY 4.0 CONCEPT: CASE OF DEVELOPED COUNTRIES

The development stages and results of industrial revolutions have an important place in history. The history of industrial revolutions, which started in the United Kingdom in the middle of the 18th century, changed not only the economic structure of the countries, but also political, social and cultural axis in many issues. The steam engine developed by James Watt in 1780 made the United Kingdom stand out among the developed countries of the period in terms of industrialization. In later periods, industrial development first spread to Continental Europe and then to the United States. With the development of the railway network, access to raw materials became easier, the use of more powerful machines than steam powered machines in production and the world's acquaintance with the concept of mass production led to the start of the second industrial revolution. Although the two world wars in the first half of the 20th century and the 1929 Economic Depression slowed down industrialization and technological developments, the concept of the third industrial revolution emerged with the realization of the use of computerization and communication technologies in production. The second and third industrial revolutions created important developments not only in Europe and the United States, but also in East Asian countries. With the development of information processing technologies and their integration into production, the concept of Industry 4.0 was born in 2011 and today's technological developments have brought a different dimension to the fourth industrial revolution compared to other industrial revolutions.

The rapidly increasing technological developments with the fourth industrial revolution show themselves in all areas of life. Industry 4.0, the autonomous process in production, also called new generation automation, is expected to affect employment and working life with its technology-intensive production structure. With the widespread use of robotization in production, the weight of the workforce in enterprises is disappearing. Many new technological developments brought by Industry 4.0 reveal a new era in production and push developed countries, which have adopted a technology-intensive production structure for employment, to investigate the effects on employment created by this situation.

In this study, firstly the concept of Industry 4.0 was discussed, in the first part, industrial revolutions were examined chronologically, then the introduction of the fourth industrial revolution and the technological components brought by this revolution were discussed in general, and finally the effects of the fourth industrial revolution on employment were investigated in general. In the second part, Industry 4.0 preparations, plans and strategies of the developed countries were mentioned and necessary explanations were made about subjects such as employment and information technology foreign trade data by making use of economic data. In the last part of the study, an empirical study in which the effect of the concept of increasing automation on employment within the scope of the Industry 4.0 revolution is examined by using non-stationary panel data analysis method in terms of developed countries is included. In this direction, an econometric model was established and the variables of this model were explained. Within the scope of the empirical model, the heterogeneity of the slope coefficients of the variables was analyzed, and then the cross-sectional dependence of the said variables was investigated. According to the results obtained, the stationarity of the data set was analyzed by using the second generation panel unit root tests and then the cointegration relationship between the series was investigated by using the second generation panel cointegration tests. In the last stage, the long-term regression coefficient of the CCE Common-Related Effects Model was estimated and evaluated together with the findings.

Keywords: Industry 4.0, Automation, Employment, Non Stationary Panel Data Analysis.

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitim hayatım boyunca bilgisi ve yenilikçi bir bakış açısıyla bizlere yol gösteren, tez çalışmam boyunca beni cesaretlendiren, hoşgörüsünü her zaman koruyan, çalışkanlığına ve azmine her zaman saygı duyduğum, tez çalışmamın her aşamasında katkılarını ve desteğini esirgemeyen, kendisini tanımaktan onur duyduğum tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Filiz ERATAŞ SÖNMEZ'e sonsuz teşekkür ederim.

Lise dönemimden beri her zaman yanımda olan ve her zaman paylaşımda bulunduğum kıymetli dostum Emre Can İNAN'a bu yolda destekleri için teşekkür ederim. Ayrıca hayatım boyunca beni her koşulda destekleyen ve bugünlere gelmemde en büyük pay sahipleri olan sevgili annem Ayşe AKSOY'a, sevgili babam Sami AKSOY'a ve değerli abim Sefa AKSOY'a şükranlarımı sunar, çalışmamı kendilerine ithaf etmekten büyük mutluluk duyarım.

Adil AKSOY
Manisa, 2022

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiv
GRAFİKLER LİSTESİ.....	xv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

TEORİK ÇERÇEVE: ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI ve KAPSAMI

1.1. ENDÜSTRİ DEVRİMLERİNE GENEL BAKIŞ	4
1.1.1. Birinci Endüstri Devrimi	5
1.1.2. İkinci Endüstri Devrimi.....	8
1.1.3. Üçüncü Endüstri Devrimi.....	10
1.2. DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİNE GENEL BAKIŞ	13
1.3. DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİNİN BİLEŞENLERİ.....	15
1.3.1. Yapay Zeka	16
1.3.2. Nesnelerin İnterneti	19
1.3.3. Siber Güvenlik.....	20
1.3.4. Büyük Veri	22
1.3.5. Bulut Bilişim	25
1.3.6. Siber Fiziksel Sistemler.....	28
1.3.7. Akıllı Fabrikalar	30
1.3.8. Otonom Robotlar.....	31
1.3.9. Üç Boyutlu Yazıcılar.....	34
1.3.10. Simülasyon	36
1.3.11. Yatay ve Dikey Entegrasyon.....	38
1.3.12. Arttırılmış Gerçeklik	39
1.3.13. Karanlık Fabrikalar	40
1.3.14. Öngörücü Bakım	41
1.3.15. Blockchain ve Kripto Para	43

1.4. DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİNİN İSTİHDAM ÜZERİNE ETKİLERİ.....	45
1.4.1. İşgücü Piyasası	47
1.4.2. Riskler ve Çözüm Önerileri.....	49
1.4.3. Yeni Meslekler	50

İKİNCİ BÖLÜM

ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMININ ÜLKE ÖRNEKLERİ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.1. AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ.....	54
2.2. ALMANYA	62
2.3. BİRLEŞİK KRALLIK	68
2.4. FRANSA	73
2.5. JAPONYA	84
2.6. GÜNEY KORE.....	90
2.7. AVUSTRALYA.....	95

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ENDÜSTRİ 4.0 EKSENİNDE OTOMASYONUN İSTİHDAM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: EKONOMETRİK BİR ANALİZ

3.1. PANEL VERİ ANALİZİ ve ÖZELLİKLERİ.....	103
3.2. YAZIN TARAMASI	106
3.3. VERİ SETİ VE YÖNTEM.....	108
3.3.1. Eğitim Katsayısının Heterojenliğinin Analizi	109
3.3.2. Yatay Kesit Bağımlılığı.....	110
3.3.3. Durağanlık Analizi	113
3.3.4. Panel Eş Bütünleşme Testi	117
3.3.5. CCE Model.....	118
SONUÇ.....	122
KAYNAKÇA	127

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

3DP	3 Dimensional Printing (Üç Boyutlu Baskı)
A.I.	Artificial Intellingence (Yapay Zeka)
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AMP	Advanced Manufacturing Partnership (İleri İmalat Ortaklığı)
ARPANET	Advanced Research Project Agency Network (Gelişmiş Araştırma Projeleri Dairesi Ağı)
B2B	Business to Business (İşletmeden İşletmeye)
B2C	Business to Customer (Doğrudan Müşteriye)
BİT	Bilgi İletişim Teknolojileri
CAD	Computer-Aided Design (Bilgisayar Destekli Yazılım)
CEDA	Avustralya Kalkınma Komitesi
CRM	Customer Relationship Management (Müşteri İlişkileri Yönetimi)
ÇUŞ	Çok Uluslu Şirket
DARPA	Defense Advanced Research Projects Agency (Savunma İleri Araştırma Projeleri Ajansı)
DFKI	German Research Centre for Artificial Intelligence (Alman Yapay Zeka Araştırma Merkezi)
DSRPAI	Dartmouth Yapay Zeka Yaz Araştırma Projesi
EICAR	European Institute for Computer Anti-Virus Research (Avrupa Bilgisayar Antivirüs Araştırma Enstitüsü)
EPR	İstihdamın nüfusa oranı
GDP	Kişi Başına Düşen GSYİH (Sabit Fiyat)
GSYİH	Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
IDC	International Data Corporation (Uluslararası Veri Şirketi)
IFR	International Federation of Robotics (Uluslararası Robotik Federasyonu)
IMF	International Monetary Fund (Uluslararası Para Fonu)
MIT	Massachusetts Institute of Technology (Massachusetts Teknoloji Enstitüsü)
NFC	Near Field Communications (Yakın Alan İletişimi)

NIST	National Institute of Standards and Technology (ABD Ulusal Standartlar ve Teknolojisi Enstitüsü)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)
PLC	Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)
R	Endüstriyel Robotların Yıllık Üretimleri
QoS	Ağ İletişimi Hizmet Kalitesi
RFID	Radio Frequency Identification (Radyo Frekansı ile Tanımlama)
www	World Wide Web (Dünya Çapında Ağ)



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Küreselleşmenin Aşamaları	12
Tablo 2: Yapay Zekanın Tarihçesi	17
Tablo 3: Siber Güvenliğin Tarihçesi	21
Tablo 4: Büyük Verinin Tarihçesi.....	23
Tablo 5: Bulut Bilişim Tarihçesi.....	26
Tablo 6: Siber Fiziksel Sistemler Tarihçesi	29
Tablo 7: Robotların İnsanlara Göre Avantajları ve Dezavantajları	32
Tablo 8: 3D Yazıcı Teknolojisinin Gelişimi ve Tarihçesi	34
Tablo 9: Kripto Varlıkların Sınıflandırılması	43
Tablo 10: Yeni Meslek İş Kolları.....	52
Tablo 11: 2021 Yılında En Fazla Patent Başvurusu Yapan ABD’li Firma Listesi ve Faaliyetleri.....	60
Tablo 11: Yeni Endüstriyel Fransa Projeleri.....	76
Tablo 12: Güney Kore Hükümetinin Endüstri 4.0 Hedefleri	90
Tablo 13: Güney Kore’nin İmalat İnovasyon 3.0 Projesi	94
Tablo 14: Delta Testi Sonuçları	110
Tablo 15: Model için Testi Sonuçları	112
Tablo 16: EPR_{t-1} için CD_{LM} Testi Sonuçları	112
Tablo 17: R için CD_{LM} Testi Sonuçları	113
Tablo 18: LGDP için CD_{LM} Testi Sonuçları	113
Tablo 19: EPR Değişkeni için CADF Testi Sonuçları	115
Tablo 20: EPR_{t-1} Değişkeni için CADF Testi Sonuçları.....	115
Tablo 21: R Değişkeni için CADF Testi Sonuçları.....	116
Tablo 22: LGDP Değişkeni için CADF Testi Sonuçları.....	116
Tablo 23: Panel CUSUM Testi Sonuçları	118
Tablo 25: CCE Tahmincilerinin Her Bir Yatay Kesit Birimi İçin Hesaplanan Regresyon Katsayıları	120

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Endüstri Devrimlerinin Kronolojik Şekli	14
Şekil 2: Katmanlı İmalatın Endüstride Kullanımı.....	36
Şekil 3: Sanal Gerçeklik ve Arttırılmış Gerçeklik Farkı	39
Şekil 4: Piyasa Değeri Olarak En Yüksek İlk 20 Kripto Para Birimleri.....	44
Şekil 5: Toplum 5.0 Evrimi.....	84
Şekil 6: Japonya'nın Süper Zeki Toplum Hizmet Platformu Şeması	86



GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: 1831 ve 1850 Yıllarında Fransa, Almanya ve Birleşik Krallık'taki Ham Pamuk Tüketimi (Bin Ton).....	7
Grafik 2: 1800-1920 Yılları Arasında Dünya'da Tarım ve Sanayi Sektörü İstihdam Oranları	8
Grafik 3: 1830 ve 1850 Yıllarında Ülkelerin Demiryolu Uzunlukları (Kilometre)...	10
Grafik 4: Endüstri İçinde Kullanılan Robotların Dünya Geneline Yıllık Arzı 2005-2019 (1000 adet)	33
Grafik 5: Yıllık Bazda İşgücü Verimliliğin Artışına Eski ve Yeni Teknolojilerin Katkısı (%).....	46
Grafik 6: ABD 2010-2019 Yılları Arasındaki İşsizlik Oranları.....	58
Grafik 7: ABD'nin 2010-2020 Yılları Arasındaki Yüksek Teknoloji İhracatı, BİT Mal İthalatı ve BİT Mal İhracatı Grafik Tablosu	59
Grafik 8: Dünyada Her 10.000 Çalışan Sayısına Düşen Robot Miktarı	62
Grafik 9: 2010-2020 Yılları Arasında Almanya'da Gerçekleşen İşsizlik Oranları....	64
Grafik 10: Almanya'da 2010-2018 Yılları Arasında Araştırma ve Geliştirme Faaliyetinde Bulunan Araştırmacı Sayısı	65
Grafik 11: Almanya'nın 2010-2020 Yılları Arasındaki Yüksek Teknoloji İhracatı, BİT Mal İthalatı ve BİT Mal İhracatı Grafik Tablosu	67
Grafik 12: Birleşik Krallık'ın 2010-2020 Yılları Arasındaki Yüksek Teknoloji İhracatı, BİT Mal İthalatı ve BİT Mal İhracatı Grafik Tablosu.....	71
Grafik 13: Birleşik Krallık'ın 2010-2019 Yılları Arasındaki İşsizlik Oranları	73
Grafik 13: Fransa'nın 2010-2019 Yılları Arasındaki Yüksek Teknoloji İhracatı, BİT Mal İthalatı ve BİT Mal İhracatı Grafik Tablosu	82
Grafik 14: 2010-2020 Yılları Arasında Fransa'da Gerçekleşen İşsizlik Oranları.....	83
Grafik 15: Japonya'nın 2010-2019 Yılları Arasındaki İşsizlik Oranları	88
Grafik 16: Güney Kore'nin 2010-2020 Yılları Arasındaki Yüksek Teknoloji İhracatı, BİT Mal İthalatı ve BİT Mal İhracatı Grafik Tablosu	92
Grafik 17: 2010-2019 Yılları Arasında Avustralya'da Gerçekleşen İşsizlik Oranları	98
Grafik 18: Avustralya'nın 2010-2020 Yılları Arasındaki Yüksek Teknoloji İhracatı, BİT Mal İthalatı ve BİT Mal İhracatı Grafik Tablosu	101

GİRİŞ

Dünyada dördüncü endüstri devrimi ile beraber yeni teknolojilerin ve yeni üretim anlayışının işletmelere entegrasyon süreci devam etmektedir. Üretimde meydana gelen robotlaşma ve otonom sistemlerin kullanımının artması üretimde eskisine nazaran daha az insanın istihdam edileceği ihtimalini güçlendirmektedir. Özellikle sanayileşmenin yüksek olduğu gelişmiş ülkelerde teknoloji yarışı tüm hızıyla devam ederken istihdam konusunda da bu ülkelerin çalışmalar yapması kaçınılmazdır.

1780’li yıllarda icat edilen buhar makinesiyle başlayan endüstri devrimleri tarihi 19. yüzyılın ortalarında elektriğin imalat sanayisinde kullanılmaya başlanması ve Fordist üretim yapısı ile seri üretim anlayışının kullanılmaya başlanmasıyla ikinci endüstri devrimi dönemi başlamıştır. 20. yüzyılın başlarında elektriğin bilişim teknolojileri entegrasyonu ve bu gelişmenin üretime yön vermesiyle üçüncü endüstri devrimi başlarken 21. yüzyıla gelindiğinde ise internet teknolojisi ve dijitalleşme çabaları neticesinde gerçekleşen inovasyon faaliyetleri akıllı cihazlar ve otonom sistemleri de beraberinde getirmiştir. Günümüzde de etkilerini hissettiğimiz bu döneme dördüncü endüstri devrimi adı verilmekte ve bu yeni dönem yaklaşık olarak 250 yıllık endüstri birikiminin son evresi olarak adlandırılmaktadır.

Endüstri 4.0 olgusu, bir ekonomide yer alan tüm üretim sistemlerinin dijital dönüşüm yaşadığı ve birbirlerine siber fiziksel sistem adı verilen teknolojik bileşen ile bağlantı kurabildiği bir dönemi ifade etmektedir. Bu doğrultuda dördüncü endüstri devrimini kendinden önceki ilk üç endüstri devriminden ayıran belki de en önemli unsurların başında fiziksel ve sanal tüm üretim mekanizmaları arasında olan sınırların kalkmış olması gelmektedir. Bu dönemde geleneksel fabrika yapısından insan emeği faktörünün minimize edildiği akıllı fabrika üretim sistemlerine geçiş gerçekleşmekte ve böylelikle bu üretim yapısını benimseyen işletmelerde üretim başlangıcından bitişe kadar geçen üretim sürecinin siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti ve büyük veri gibi teknolojik bileşenler aracılığıyla anlık olarak veri akışı takip edilmektedir. Bahsedilen akıllı teknolojik yapılar ile üretim merkezlerinde insan, makine ve dijital teknoloji arasında iletişimin sürekli açık olduğu kusursuz bir endüstri sistemi amaçlanmaktadır.

Küreselleşmenin hız kazandığı günümüzde Endüstri 4.0 kavramı çerçevesinde üretimde her geçen gün artma eğilimi olan akıllı cihazlar ve otonom sistemler önem kazanmaktadır. Üretimde bu tür bileşenlerin kullanılmasıyla birlikte akıllı fabrikalar

ve karanlık fabrikalar gibi insan faktörünü minimize eden yapıları artması istihdam konusunu bir sorun haline getirmektedir. Özellikle Endüstri 4.0 yarışında yeni teknolojilerin kullanımı anlamında önde gelen gelişmiş ülkeler yalnızca sanayi üretimini arttırmayı değil istihdam konusunda da yeni çözümler üretmek için çalışmalar yapmaktadır.

Bu çalışmanın amacı öncelikle Endüstri 4.0 kavramını ve Endüstri 4.0 ile gelen yeni teknolojileri geniş bir perspektifte sunmaktır. Daha sonra Endüstri 4.0 döneminde sanayileşme rekabetinin en üst seviyede yaşandığı gelişmiş ülkelerin politikalarını incelemek ve özellikle üretimde robotlaşmanın getirmiş olduğu istihdam sorununu incelemektir. Çalışmanın odaklandığı temel konu ise yeni nesil otomasyon adı verilen bu yeni sürecin beraberinde getirmiş olduğu otonom üretim yapısı ile birlikte istihdam sorununun gelişmiş ülkeler bazında nasıl bir seyir izleyeceği ve bu ülkelerin bu konuya ilişkin çözümlerinin ne olacağı konusudur. Çalışmada bu doğrultuda üretimde robotlaşmanın istihdamı etkileme düzeyi ekonometrik model ile ele alınıp amaçladığı biçimde robotlaşmanın istihdamı negatif yönde etkilediği hipotezinin sayısal olarak ispatlanması hedeflenmektedir.

Endüstri 4.0 kavramı bilimsel çalışmalarda çok sık yer almakta ancak Endüstri 4.0 kavramı ekseninde gerçekleşen robotlaşmanın istihdamı ne derecede etkilediği konusu ile ilgili sınırlı ampirik çalışmalar mevcuttur. Mevcut olan çalışmalarda ise ele alınan modeller farklılık göstermekte ve modelde incelenen değişkenler de farklılık göstermektedir. Genel olarak 2011 yılından itibaren ortaya konulan çalışmalarda ele alınan sanayi ve teknolojik altyapısının gelişmişliği ile veriye ulaşma konusunda gelişmiş ülke analizleri öne çıkmaktadır. Ayrıca durağan olmayan panel veri analizine yer verilen ampirik çalışmada otomasyon kavramının yoğun olarak kullanıldığı gelişmiş ülkeler olarak sınıflandırılan ülkelere ait yapılacak model tahminlerinde yatay kesit bağımlılığı ve eğim katsayısı heterojenliği incelenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışma ile ele alınan ülkelerin Endüstri 4.0 çalışmaları ve Endüstri 4.0 kavramı etrafında oluşan yeni sistemlerin detaylı incelemesi ekonomi yazınına katkı sağlarken kurulan ampirik model ve güncel ekonometrik uygulamalar neticesinde çalışmanın ekonomik yazınına katkı sağlaması beklenmektedir.

Çalışmanın birinci bölümünde ilk olarak birinci endüstri devriminden başlayarak dördüncü endüstri devrimine kadar olan süreçteki yaşanan gelişmeler, üretim ve teknolojik yapı nedenleri ve sonuçlarının detayları kronolojik bir biçimde ele alınmıştır. Daha sonra dördüncü endüstri devrimi genel hatlarıyla ortaya konulmuş,

Endüstri 4.0'ın getirmiş olduğu teknolojik bileşenlerin tarihsel süreçleri, teknolojik yapısı detaylıca incelenmiş ve dünyada kullanımına ilişkin örnekler ile açıklanmıştır. Son olarak dördüncü endüstri devriminin istihdam üzerine etkileri işgücü piyasası dikkate alınarak incelenmiş, bu devrimin istihdam üzerinde oluşturduğu riskler ve çözüm önerileri literatürden faydalanılarak incelenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde çalışma kapsamında ele alınan gelişmiş ülkelerin dördüncü endüstri devrimi dönemindeki gelişmeler incelenmiştir. Söz konusu ülkelerin Endüstri 4.0 hazırlıkları, bu yeni devrimi nasıl ele aldıkları, kamu planları gibi bir çok konuyu uluslararası verilerden yararlanılarak geniş bir perspektifte sunulmaya çalışılmıştır. Ayrıca incelenen bu ülkelerin istihdam ve yüksek teknoloji ihracatı gibi önemli kalemlerin oluşturduğu veriler Dünya Bankası ve Uluslararası Robotik Federasyonu tarafından elde edilen verilerden yararlanılmış, böylece bu veriler ışığında ülkeler hakkında yorumlamalar yapılmıştır.

Çalışmanın son bölümünde yıllık endüstriyel robot üretiminin ile istihdam oranları arasındaki ilişkisinin incelenmesi için ekonometrik bir model oluşturulmuştur. Durağan olmayan panel veri analizinden yararlanılan bu çalışmada ele alınan gelişmiş ülkelerin endüstrisinde kullanılan robotların istihdam oranlarına etkisi incelenmiştir.

Ampirik analiz çerçevesinde ilk olarak ekonometrik model oluşturulmuş, modelde kullanılan değişkenler açıklanmıştır. Ampirik model çerçevesinde öncelikle değişkenlere ait eğim katsayılarının heterojenliği analiz edilmiş, daha sonra değişkenlerin yatay kesit bağımlılığı araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda ikinci nesil panel birim kök testlerinden faydalanılan bölümde ikinci nesil panel koentegrasyon testi kullanılarak seriler arası eşbütünleşik ilişki araştırılmıştır. Son olarak CCE Ortak İlişkili Etkiler Modeli kullanılarak modele ait uzun dönem regresyon katsayısı tahmin edilmiş ve elde edilen sayısal bulgular yorumlanmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

TEORİK ÇERÇEVE: ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI ve KAPSAMI

1.1. ENDÜSTRİ DEVRİMLERİNE GENEL BAKIŞ

Endüstri kelime anlamı olarak kısaca büyük ölçekli firmaların çeşitli araçlar kullanarak hammaddeden bir ürün oluşturmak için uyguladığı üretim faaliyetleri yaptığı mekan olarak adlandırılır (Tunçkan, 2008: 114). Endüstrileşme olgusu ise genel olarak endüstri devrimleri ile birlikte üretimde makineleşmenin ve otomasyon süreçlerinin etkisiyle ülkelerin yalnızca ekonomik boyutlarının değil aynı zamanda sosyal, siyasal ve kültürel vs. alanlarının da değişim gösterme süreçleridir (İlkin, 1973: 427).

18. yüzyıldan ve endüstri devrimlerinden önce insanlar ağırlıklı olarak tarım, hayvancılık ve fiziksel güce dayanan sektörlerde faaliyette bulunarak geçimlerini sürdürmüşlerdir. Daha sonra çeşitli buluşlar ve buhar makinesinin keşfiyle endüstrileşme başlamış, daha sonraki süreçlerde endüstri devrimleri oluşmuştur (Drath ve Horch, 2014: 56).

Birleşik Krallık'ta 18. yüzyılın ortalarında James Watt tarafından keşfedilen buhar makinesiyle birlikte birinci endüstri devriminin başladığı ifade edilmektedir. 19. yüzyılın ortalarına kadar devam eden bu süreç yerini Henry Ford'un önemli katkılar sunarak başlattığı seri üretim mekanizması olmuş ve bu üretim modeli ikinci endüstri devriminin de başlangıcı kabul edilmiştir (Jänicke ve Jacob, 2009: 4-6). Birinci ve İkinci Dünya Savaşlarından sonraki süreçte internet teknolojisinin temellerinin atılmasıyla beraber yeni bir üretim anlayışı oluşmuş, endüstride bilgi teknolojileri ve otomasyon kullanılmaya başlanmış ve bu durum üçüncü endüstri devrimini doğurmuştur. Bu süreçten sonra bilgi toplumunun varlığı ile beraber nitelikli işgücünün ve robot teknolojisinin üretim süreçlerinde ağırlık oluşturduğu dördüncü endüstri devrimi adı verilen süreç 21. yüzyılda varlığını sürdürmektedir (Yankın, 2019: 6-8).

1.1.1. Birinci Endüstri Devrimi

1769 yılında James Watt tarafından yapılan buhar makinesinin icadı birçok görüş tarafından birinci endüstri devriminin başlangıcı olarak kabul edilmektedir (Bulut ve Akçacı, 2017: 57). Devrim öncesi Avrupa'ya ve özellikle Birleşik Krallık'a genel olarak baktığımız zaman devrimin zeminini oluşturan birçok önemli gelişmeler yaşanmıştır. Yaşanan bu gelişmeler sonucu dünyanın ve özellikle Avrupa kıtasındaki ülkelerin üretim yapısı değişmiş ve refah seviyesi öncesine göre nispi olarak artma eğilimine girmiştir (Derya, 2018: 2).

15. yüzyılın sonlarına kadar Avrupa'nın uluslararası ticarete konu olan mallarının büyük bir bölümünü lüks mallar grubunun oluşturması ve bu durumun nedeni olarak uluslararası taşıma maliyetlerinin yüksek olması birçok görüş tarafından sebep gösterilmiştir. 15. yüzyılın ortalarından 17. yüzyılın sonlarına kadar Avrupa kıtasından dünyanın çeşitli bölgelerine coğrafi keşifler yapılmış ve bu durum uluslararası ticarete ilginin artmasına neden olmuştur. Coğrafi keşifler sonucu uluslararası ticarete taşıma maliyeti azalmış, daha sonra coğrafi keşifler yapan Avrupalı devletler kendilerine ciddi anlamda sömürge alanları oluşturmuş, Avrupa kıtasında çok fazla miktarda değerli maden ve hammadde girişi sağlanmış ve bu durum Avrupa'da siyasi, sosyal ve ekonomik değişimleri de beraberinde getirmiştir (Güran, 2013: 93-97).

17. yüzyılın sonlarına kadar Avrupa'da merkezi yönetimler ülkelerde çok etkin değildi o döneme kadar daha çok aristokratlar ve feodaller ülke içinde söz sahibi olmuştur. Uluslararası ticaret hacmindeki büyüme ve uluslararası ticaretteki karlılığın artması sebebiyle ticareti yapan sınıf olan burjuva sınıfının gelirleri de önemli ölçüde artmış ve böylece orta gelir sınıfını oluşturan bu grup yüksek gelir sınıfına terfi olmuştur. Aynı zamanda merkezi yönetimler burjuva sınıfına çeşitli imtiyazlar tanımış ve artan gelirler ile birlikte merkezi yönetimler eskiye nazaran daha güçlü hale gelmiştir. Eski yapı tamamen çökmüş bu durum ülkelerde merkezi yönetimlerin iktisadi hayata dahil olmasını da beraberinde getirmiştir (Hobsbawm, 2003: 24-30).

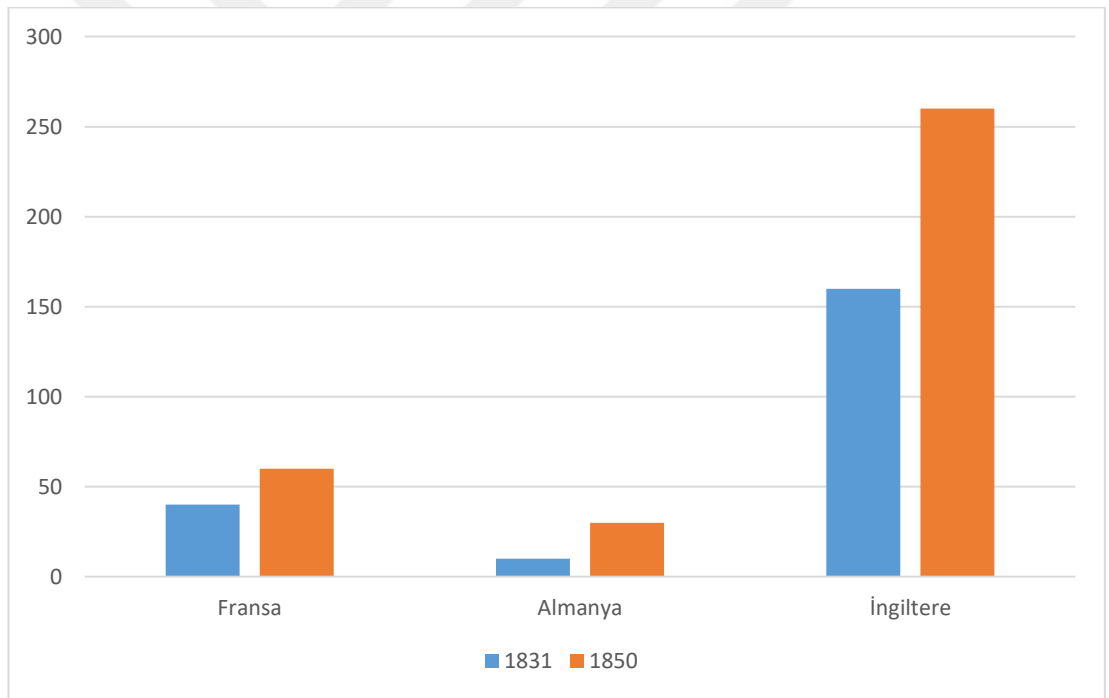
18. yüzyılın başlarına kadar Birleşik Krallık özelinde Avrupa'da insanların büyük bir bölümü kırsal bölgelerde yaşamını sürdürmekte ve halkın büyük bir bölümü tarımla uğraşmaktadır. Bu dönemde Birleşik Krallık'ta tarımsal üretim nüfusun ihtiyaçlarını karşılamamaya başlamış ve bu durum Birleşik Krallık'ın tarım alanında yenilik yapma ihtiyacını doğurmuştur. 17. yüzyılın sonları ve 18. yüzyılının

ortalarında Birleşik Krallık'taki tarımsal alanda yapılan teknik başarılar 'tarımsal devrim' olarak adlandırılmış ve aynı zamanda tarım alanında oluşan kaynağın sanayiye aktarılması ile birlikte birinci endüstri devriminin de tohumları atılmıştır (Hobsbawm, 2003: 89-99). Orta Avrupa'daki savaş ortamı orada yaşayan özellikle bilim ve teknik alanında çalışmalar yürüten insanları tedirgin etmiş ve çalışmalarını yürütecek daha uygun koşullara sahip coğrafyalara yönlendirmiştir. Birleşik Krallık'ın gerek coğrafi yapısı gerekse uygun ekonomik koşulları bu insanları Birleşik Krallık'a yönlendirmiş ve bu durum birçok görüş tarafından da sanayi devriminin Birleşik Krallık'ta başlamasının bir diğer nedeni olarak gösterilmiştir (Küçükkalay, 1997: 52-53).

Birleşik Krallık'ı sanayileşmek isteyen dönemin Avrupa devletlerinden ayıran en temel özellik, Protestan çalışma ahlakı ve bu durumu besleyen kapitalist yapının sağlam temelli olmasıdır. Bu duruma ek Birleşik Krallık'ın sahip olduğu zengin demir ve kömür madenlerinin varlığı, yaşanan döneme göre güçlü bankacılık ve kredi sistemi, sömürgecilik faaliyeti sonucu elde edilen sermaye birikimi ve gelişmiş ulaşım sistemleri sanayileşme yolunda Birleşik Krallık'ı bir adım öne çıkartan unsurlar olmuştur (Woodruff, 2006: 188). Buhar makinesi icadı yolunda ortaya koyulan ve birçok görüş açısından bu teknolojinin temelini oluşturan Thomas Savery 1698 yılında yüksek basınçlı su pompalarını icat etmiş ve Savery onlara "Madencinin Dostu" ismini vermiştir. Ancak bulduğu su pompaları dönemin şartlarına göre çok yüksek basınçlı olduğu için teknolojik yetersizliklerden dolayı kullanım alanı bulamamış ancak bu duruma rağmen gelecek fikirlere ışık olması açısından bu icat tarihte önemli bir yere sahip olmuştur (Asimov, 2006: 177). Ancak Thomas Newcomen'e göre Savery'nin bulduğu buhar makinesi kullanım alanı olmayan ve insan hayatı açısından son derece tehlikeli bir buluştur, daha sonra Newcomen 1712 yılında yeni bir buhar makinesi icat etmiş ve bu alet Savery'nin buluşuna göre daha çok kullanılmış ve tehlikesiz bir icat olmuştur. Ancak dönemin koşullarına göre henüz tam anlamıyla ihtiyaçları ortadan kaldıramamış, bu duruma rağmen buluş 50 yıla yakın bir süre kullanılmış ve üretim kapasitesini az da olsa arttırmıştır. James Watt bu durumu tespit etmiş, Newcomen'in buhar makinesini geliştirmeye çalışmış, daha sonra 1769 yılında Newcomen'in buhar makinesine göre daha verimli bir buhar makinesi icat etmiş, bu durumla birlikte Watt'ın bu icadı birinci endüstri devrimini getiren en önemli unsur haline gelmiştir (Asimov, 2006: 180).

Birinci endüstri devriminin gerçekleşmesi ile beraber fabrika sayısında önemli artışlar gerçekleşmiş bu durum aynı zamanda üretimde artışı da beraberinde getirmiştir. Artan ürün miktarı ihracatın artışına sebep olurken uluslararası ticareti canlandırıcı bir rol üstlenmiş ve bu durumun oluşmasının başlıca sebebi dönemin ticaretinin en önemli ayağını oluşturan ulaşım ve haberleşme sektörlerindeki gelişmeler sebep olmuştur. Birinci endüstri devriminin öncü sektörleri olan tekstil ve demir sektörlerinde faaliyet gösteren işletmeler olmuştur. Grafik 1’de de görüldüğü üzere kullanımında üretimde pamuk tüketimi 1830 ile 1850 yılları arasında önemli bir artış gerçekleşmiştir ve bu durum özellikle de bu sektörlerdeki birçok yeni buluşlar için kaynak oluşmasında etkili olmuştur (Görçün, 2016: 11-18).

Grafik 1: 1831 ve 1850 Yıllarında Fransa, Almanya ve Birleşik Krallık’taki Ham Pamuk Tüketimi (Bin Ton)

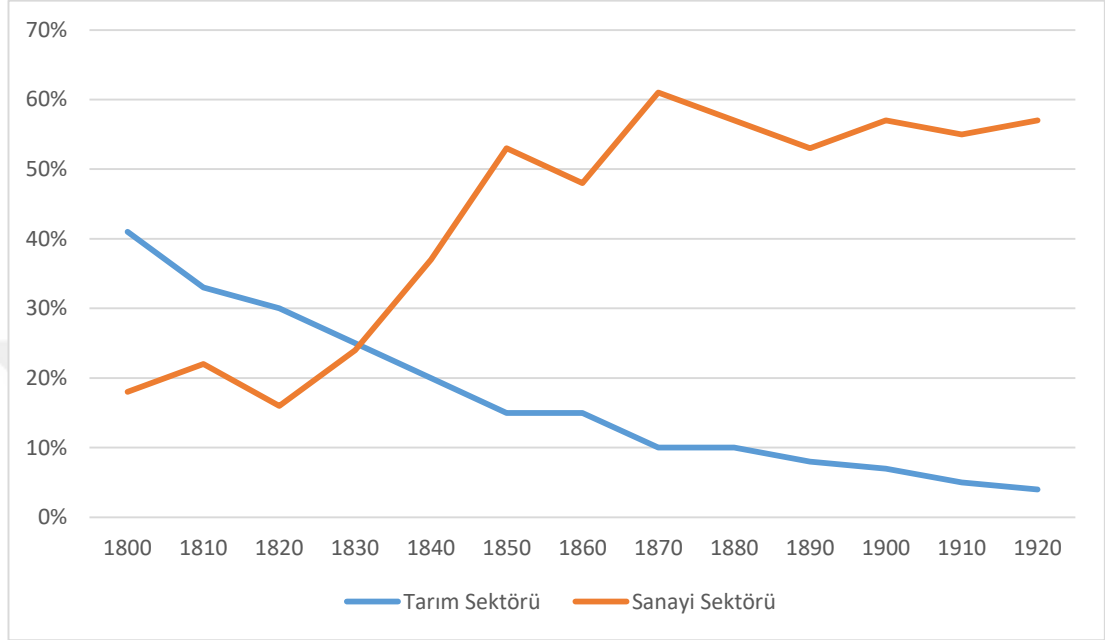


Kaynak: Burke III, 2015: 261.

Grafik 2’de ise belirtilen yıllar arasında istihdam oranları verilirken, birinci endüstri devrim ile birlikte uzun yıllar sürecektir bir şekilde tarım sektöründe istihdam oranı düşmüş, sanayi sektöründeki istihdam oranı da sürekli olarak tarım sektöründeki istihdam oranının üstünde gerçekleşmiştir. Üretimin artması aynı zamanda ürün çeşitliliği ve kalitesini de yükseltirken tıp alanında gerçekleşen yeni gelişmelerle

beraber refah artışı ve insan yaşam süresinde artış gerçekleşmiştir (Görçün, 2016: 11-18).

Grafik 2: 1800-1920 Yılları Arasında Dünya’da Tarım ve Sanayi Sektörü İstihdam Oranları



Kaynak: Burke III, 2015: 261.

1.1.2. İkinci Endüstri Devrimi

1840 yılından 20. Yüzyılın ortalarına kadar süren ikinci endüstri devrimi birçok yeniliği de beraberinde getirmiştir. Birinci endüstri devriminin enerji ihtiyacını gideren buhar enerjisi yerini elektrik enerjisine bırakırken birinci endüstri devriminin diğer önemli bileşeni olan demir yerini çeliğe bırakmıştır. Birçok yeniliğin ve keşiflerin olduğu bu dönemde birinci endüstri devriminin yetersizliklerine çözüm bulunmuş günümüzde de kullanılan birçok teknolojinin temeli atılmıştır (EBSO, 2015: 5).

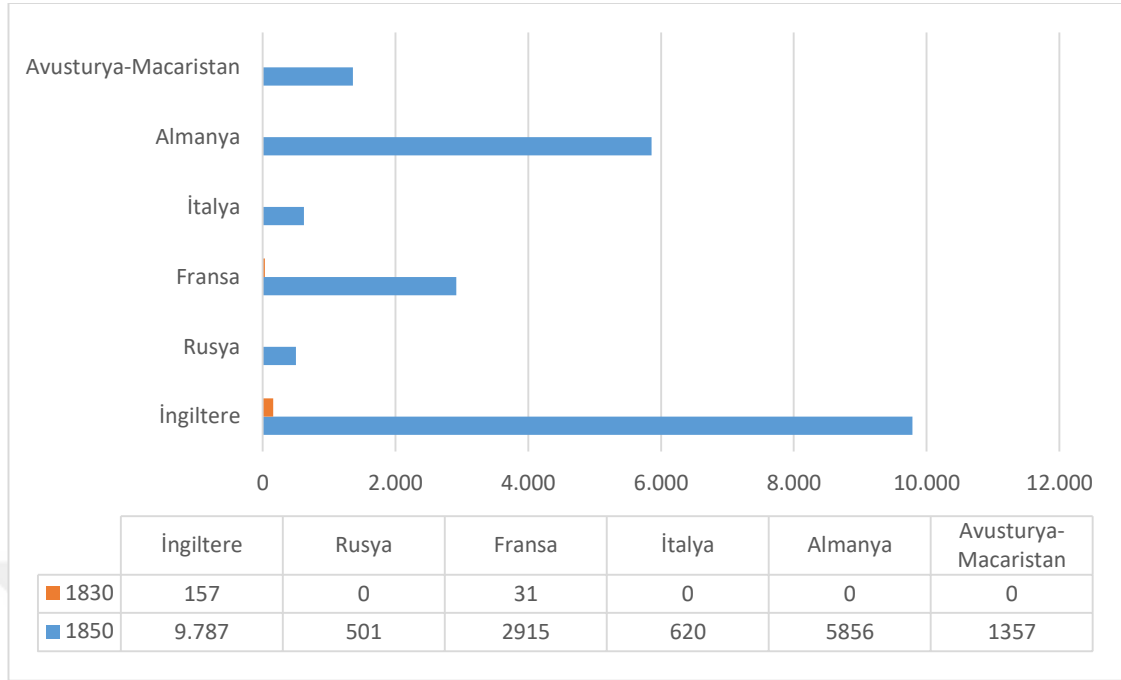
Birçok görüş tarafından ikinci endüstri devrimi 1856 yılında İngiliz mucit Henry Bessemer ve 1867 yılında Alman asıllı İngiliz mühendis Sir William Siemens tarafından demirin işlenip çeliğe dönüştürülmesiyle başladığı ifade edilmektedir (Freeman ve Soete, 2003: 69-70). Bu gelişmelerle birlikte çelik, üretim süreçlerine dahil edilmek istenmiş ancak demirin içinde bulunan kükürt maddesinin oranı düşürülememiştir. 1879 yılında İngiliz mucit Sidney Gilchrist Thomas tarafından

geliştirilen sistemle demir, içinde bulunan kükürt oranı azaltılarak üretim süreçlerine entegre edilmiş ve bu gelişme literatüre “Thomas Çeliği” olarak geçmiştir (Günay, 2002: 12). Aynı dönemlerde 1882 yılında Amerikalı mucit ve iş adamı olan Thomas Edison tarafından icat edilen ampulün bulunmasıyla birlikte elektrik enerjisinin kullanılması da ikinci endüstri devrimi için önemli dönüm noktalarından biri olarak sayılmaktadır (Asimov, 2006: 380).

1870’li yıllardan sonra sanayileşme yarışı daha da artmış ağır sanayi Avrupa kıtası dışına (ABD, Japonya gibi) çıkmıştır. Bu dönemlerde ABD ve Almanya art arda sanayileşme hamleleri yaparken Birleşik Krallık’ta ise ekonomik olarak ciddi şekilde bir durgunlaşma dönemi yaşanmış bu durum Birleşik Krallık’ın sanayileşmede hegemonik yapısını zayıflatmıştır (Yirmibeş Lale, 2019). İkinci endüstri devriminin belki de en önemli gelişmesi 1914 yılında Henry Ford tarafından gerçekleştirilen “Model T” adı verilen otomobilin yapılması üretimde yeni bir sistemi de beraberinde getirmiş ve bu üretim anlayışına “Fordizm” adı verilmiştir. Fordist üretim anlayışı üretimde “kayan bant” adı verilen bir sistemi fabrikaların üretim bandına entegre ederek bu işletmelerin seri üretime geçmesini sağlamış ve bu sistemle birlikte üretim miktarlarında daha önce görülmemiş bir artış, üretimde verimlilik gibi şirketler için olumlu gelişmeleri de beraberinde getirmiştir (Schlötzer, 2015: 3).

İkinci endüstri devriminde bir önceki devrimden farklı olarak çeşitli yeni enerji kaynaklarının üretimde kullanılması üretim miktarlarında artışı sağlarken refah artışını da beraberinde getirmiştir. Grafik 3’te belirtildiği gibi özellikle birinci endüstri devriminde temelleri atılan demiryolu yolu ağlarının bu dönemde geliştirilmesi önemli bir gelişmedir. Ayrıca yeni enerji türü olan petrolün bu alanda aktif olarak kullanılmasıyla birlikte ticaret gelişmiş, hammaddelere ulaşım kolaylaşmış ve bu durum üretimde maliyetleri de azaltmıştır (Hobsbawm, 2003: 101-102).

Grafik 3: 1830 ve 1850 Yıllarında Ülkelerin Demiryolu Uzunlukları (Kilometre)



Kaynak: Burke III, 2015: 261.

Henry Ford tarafından getirilen seri üretim anlayışı 2. Dünya Savaşında kullanılmış ve dünyanın seyrini ciddi anlamda değiştirmiştir. Yeni sektörlerin oluşmasıyla birlikte yeni istihdam alanların yaratılmış kırsal nüfusun kente göçü artmaya devam etmiştir (Alçın, 2016: 20-21). Teknik gelişmeler bu dönem daha da geliştiği için yalnızca kalifiye eleman istihdamı değil, mühendis gibi teknik becerileri yüksek personel istihdamı da artmıştır.

1.1.3. Üçüncü Endüstri Devrimi

20. yüzyılın başlarında başlayan Birinci Dünya Savaşı akabinde önce ABD’yi daha sonra diğer küresel güçleri de etkisi altına alan “Büyük Buhran” ve son olarak 20. yüzyılın ortalarında başlayan İkinci Dünya Savaşı gibi olaylar tüm dünyayı ekonomik, sosyal vb. birçok alanda etkilemiştir. Aynı zamanda endüstrinin gelişimini ve bilim adamlarının çalışmalarını sekteye uğratmıştır (EBSO, 2015: 6). 20. yüzyılın üçüncü çeyreğinde nükleer enerjinin ortaya çıkışı endüstriye yeni bir soluk getirmiş ve bu durum birçok görüş tarafından üçüncü endüstri devriminin de başlangıcı olarak kabul edilmiştir (Moment Expo, 2017: 98-99).

Üçüncü endüstri devriminin en önemli gelişmelerinden biri 1969 yılında ABD Savunma Bakanlığınca geliştirilen ve bakanlık birimlerinin birbirleriyle olan iletişimini hızlandırmaya yönelik ARPANET (Advanced Research Project Agency Network) adı verilen bir sistem geliştirilmiş, bu sistem aynı zamanda şimdiki modern internetin temelini oluşturmuştur (Evans, 2011). 20. yüzyılın son zamanlarında bilgisayar kullanımının artması ile birlikte internet kullanımı da artmış bilgiye ulaşılabilirlik kolaylaşmış ve özellikle 1990 yılında Tim Bernes-Lee tarafından kurulan World Wide Web platformunun geliştirilmesiyle birlikte bilgiye ulaşmada mesafeler ortadan kalkmıştır (Öçer ve Şahin, 1999: 276-278).

Devrimin sanayi kolundaki belki de en önemli gelişmesi temelleri 1969 yılında atılan günümüzde de gelişmiş modelleri kullanılan PLC (Programmable Logic Controller) adı verilen makinelerin icat edilmesidir. PLC adı verilen sistemlerin kullanılmasıyla endüstride ilk kez otomasyon sistemi kullanılmış ve bilgisayarların üretim sistemine dahil olmasıyla birlikte üretimde otomatikleşmeye gidilmiş insan gücü ihtiyacı azalmaya başlamıştır (PLC Tutor, 2013). Günümüze gelinceye kadar ki geçen süreçte üretimin insansızlaştırılması devam ederken insanın yerini bu dönemde temelleri atılan makine ve robotlar almıştır.

İkinci endüstri devriminin en önemli enerji maddelerinden biri olan petrolün bu dönemde kullanımı nispi olarak azalmaya başlamıştır. Bu durumun oluşmasında en önemli sebepler petrolün çevreye olan zararı, petrolün kullanımına karşı başlatılan sivil toplum kuruluşları hareketleri ve çevreci politikalar gibi birçok sebep gösterilmektedir (Davutoğlu, 2020: 177-178). Bu dönemde ortaya çıkan birçok yenilenebilir enerji kaynağı (güneş enerjisi, jeotermal enerji, biyo kütle enerjisi, rüzgar enerjisi, hidrolik enerji vb.) kullanılmaya başlarken bu yeni enerji kaynaklarının kullanım alanları genişletilmeye çalışılmıştır. Özellikle savaşı geçiren uzun yıllarda küresel anlamda dünya nüfusunun artması ve enerji açığının oluşmasını yaratmış ve bu durum yenilenebilir enerji kaynaklarına olan yönelimi de arttırmıştır (Sampller, 1998: 351).

Küreselleşme olgusu üçüncü endüstri devriminden öncesi döneme kadar giden bir kavram olduğu ileri sürülse de modern anlamda küreselleşme olgusu 1950'li yıllar ile 1970'li yıllar arasında modern anlamda küreselleşmenin doğduğu kabul gören bir kavram olmuştur (Gönen, 2013: 123). Bu doğrultuda küreselleşme olgusu hakkında birçok tanım yapılırken, uluslararası anlamda büyük ölçüde kabul gören bir tanım Uluslararası Para Fonu (IMF) tarafından yapılmıştır. IMF'ye göre küreselleşme,

teknolojik gelişmelerin hızının artması ve geniş bir coğrafyaya yayılması ile birlikte uluslararası sermaye hareketlerinin, mal ve hizmet üretiminin ticaret hacminin artmasını da beraberinde getiren, ülkelerin diğer ülkeler ile arasındaki ekonomik bağımlılığını arttıran bir süreç şeklinde yorumlamıştır (Özerkmen, 2004: 135). Küreselleşmenin gelişimi ise üç aşamada incelenmekte ve bu aşamalar aşağıdaki Tablo 1’de gösterilmektedir (Gönen, 2013: 123-124, Çeken ve diğerleri, 2008: 85-86).

Tablo 1: Küreselleşmenin Aşamaları

1. Aşama	• 16. ve 17. yüzyıllarda yapılan coğrafi keşifler sonucu sömürgecilik faaliyetleri ve ticari gelişmeler bu dönemde yaşanmıştır. • Sömürgeci ülkeler kurdukları kolonilerde ucuz işgücü ve hammadde zenginliğinden faydalananarak kıymetli madenleri ve ürünleri ülkelerine transfer etmişlerdir.
2. Aşama	• Birinci endüstri devrimi ile İkinci Dünya Savaşı arasında kapsayan dönemdir. • Endüstrileşme ve uluslararası ticarete engel ve tarifenin olmadığı dönemde sömürge faaliyetlerinde bulunan ülkelerin sömürge ülke pazarlarına ürettikleri ürünleri satma imkanı yakalamıştır. • Sömürgeci ülkelerdeki vatandaşlar birikimlerini sömürge ülkelere yatırım veya dış borç verme suretiyle gerçekleştirmiş ve böylelikle küreselleşme hızlanmıştır. • Buhar gemileri ve haberleşmenin gelişme kaydettiği bu dönemde aynı zamanda işgücü ve sermaye transferi de kolaylaşmıştır
3. Aşama	• Birinci Dünya Savaşı ve İkinci Dünya Savaşı ile beraber sekteye uğrayan küreselleşme faaliyetleri IMF, Dünya Bankası, OECD gibi uluslararası kuruluşların kurulmasıyla tekrar yükselmeye başlamıştır. • 1971 yılında Bretton Woods sisteminin kaldırılması ve sabit kur sisteminden esnek kur sistemine geçilmesiyle beraber uluslararası sermaye hareketleri hız kazanmış, böylelikle küreselleşmenin üçüncü aşaması başlamıştır. • 1980’li dönemler serbestleşme hareketleri ve özellikle Sovyet Rusya’nın dağılması ile Berlin Duvarının yıkılması küreselleşmenin hızlanmasına sebep olmuştur.

Kaynak: Gönen, 2013: 123-124, Çeken ve diğerleri, 2008: 85-86.

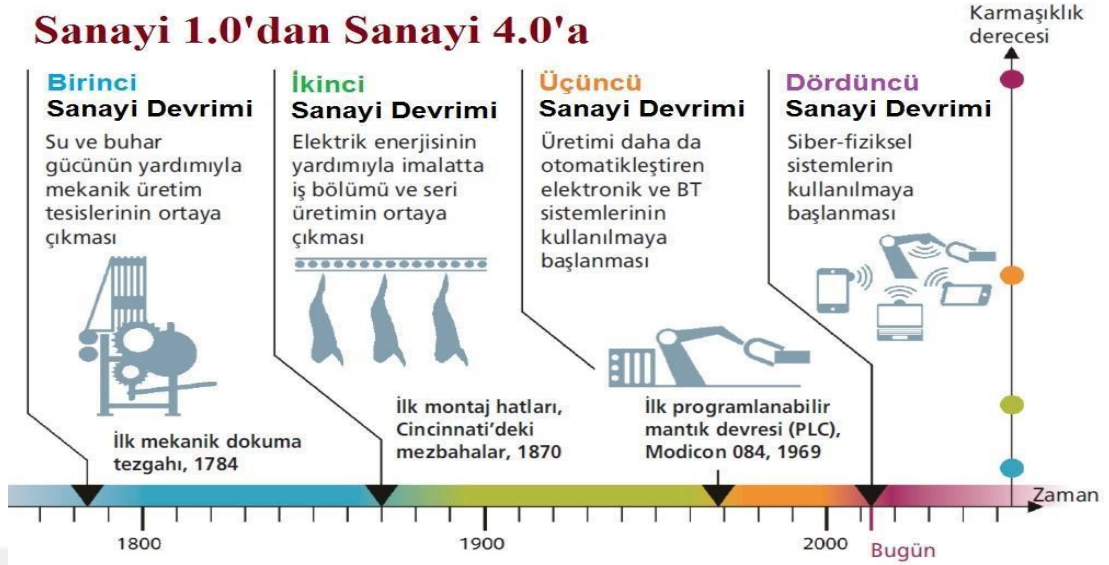
Üçüncü endüstri devriminde kendinden önceki devrimlere nazaran tüketim ve üretim faktörleri olgusunda değişime gidilmiş, kapitalist düzenin dünyaya egemenliği bu olgular çerçevesinde yükseltmiştir. İlk iki endüstri devrimlerinde üretim modellerine öncelik verilirken bu dönemde daha çok tüketim modellerine ağırlık verilmiştir (Bıçakçı, 2008: 7-9). Bu süreçte tüketimi arttırabilmek adına küresel firmalar başta olmak üzere birçok firma pahalı hammaddeleri terk ederek petrokimya endüstrisine ağırlık vermiş, bu durum firmaların maliyetlerini ve ürünlerin fiyatlarını aşağıya çekmelerini sağlamıştır. Bilgisayarın gelişimi de bu dönemde hız kazanırken kişisel bilgisayarlar kullanılmaya başlanmış ve özellikle internetin icat edilmesiyle birlikte bilgiye ulaşılabilirliğin kolaylaşması bu dönemde gerçekleşmiştir (Schwab, 2020: 16).

Fordist üretim anlayışı terk edilerek kişisel tercihlerin ön planda tutulduğu yeni bir anlayış olan “Post Fordist” adı verilen bir anlayış hakim olmuştur. Bu dönemde küreselleşme hızla artarken daha sonra çok uluslu şirketleri (ÇUŞ) oluşturan firmalar, ucuz işgücü, hammadde bolluğu olan, ulaşım açısından elverişli gibi sebeplerden ötürü yönetim merkezinden farklı yerlerde üretim yapma imkanını elde etmiştir. Bu dönemde komünist bir ülke olmasına rağmen Çin, uygulamış olduğu çeşitli politikalarla ve aynı zamanda ucuz iş gücüyle bahsetmiş olduğumuz firmaların dikkatini çekmiş ve çok önemli firmaların üretimini yaptığı ülke haline gelmiştir (MMO Sanayi Portalı, 2019).

1.2. DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİNE GENEL BAKIŞ

Endüstri 4.0 devriminden önceki üç endüstri devriminde ilkel yöntemler ile başlayan süreç gerek mekanik ve teknik beceri gerekse son olarak yapılan bilgi teknolojileri süreçleriyle üretimde verimlilik arttırılmaya çalışılmıştır. Şekil 1’de görüldüğü gibi birinci endüstri devriminde insanlar buhar gücü ve hidroelektrik kullanımından verimliliği arttırmaya çalışırken, ikinci endüstri devriminde ise seri üretim yoluyla verimliliği arttırmış ve son olarak üçüncü endüstri devriminde ise otomasyonu keşfederek bilgi teknolojisi bazlı bir üretim modeli geliştirilmiştir (Zhou ve diğerleri, 2016: 2148).

Şekil 1: Endüstri Devrimlerinin Kronolojik Şekli



Kaynak: DFKI, 2011.

Dördüncü Endüstri kavramı ilk kez 2011 yılında Almanya'nın Hannover kentinde yapılan fuarda görüğe çıkmıştır. Fuarda yarışan birçok teknoloji projesi arasında farkındalık yaratan "Industrie 4.0" adı verilen proje olmuş, Alman hükümetinin de desteğini kazanmış ve bu da projeye duyulan güveni de arttırmıştır (Onggo, 2019: 155). Aynı yıl Hennig Kagermann tarafından ele alınan makale ile birlikte "Endüstri 4.0" kavramı bilimsel bir boyut kazanmış, bu doğrultuda Almanya hükümeti Kagermann'a bu konu hakkında çalışma yapmasını istemiştir. Kagermann başkanlığında toplanan aralarında SAP, AG ve Bosch gibi önemli şirketlerinde bulunduğu bir grup ile çeşitli çalışmalar yapılmış ve hükümete bir rapor sunulmuştur. Bu raporda, yeni iş modellerinin tanıtılması, Endüstri 4.0 ile birlikte sosyal ve ekonomik anlamda yaşanabilecek değişimler gibi bir konu ele alınmıştır (Alçın, 2016: 21). Almanya hükümeti bütün yapılan çalışmalar doğrultusunda ilk etapta 200 milyon euro gibi bir bütçeyle Endüstri 4.0'a yatırım yapmış daha sonra bu kavram hükümet tarafından "Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020 Eylem Planı" içerisinde yer almıştır. Bu plana göre Almanya'nın Endüstri 4.0'a geçişi için gerekli altyapının ivedilikle oluşturulması ve bu süreçte gerekli yasal statülerin sağlanması konusunda çalışmaların oluşturulması gibi Almanya'nın üretim yapısını değiştirecek zeminin oluşturulması hedeflenmiştir (Siemens, 2014: 9).

Yeni nesil otomasyon da denilen Endüstri 4.0 terimi genel olarak üretilen ürünlerin yaşam döngüsündeki tüm organizasyon aşamalarına yeni bir değer katma,

geliştirme ve temeli bilişim teknolojilerine dayanan süreçlere entegre etmeye yönelik çalışmalar bütünüdür. Bu kavram, ürünün üretim fikrinden nihai kullanıcının ürünü kullanımına kadar olan zamanın yanı sıra geri dönüşümü de kapsayan bir süreci ifade eder (Gilchrist, 2016: 197). Endüstri 4.0 devriminin yeni üretim modeli sunmasıyla birlikte dijitalleşmenin ön plana çıktığı, internet tabanlı teknolojilerin tüm üretim sisteminde yer aldığı, otomasyon sisteminin köklü değişimlere neden olduğu ve sanal dünya ile yaşadığımız dünya arasındaki ilişkinin arttırıldığı bir bütün sunmaktadır (Reischauer, 2018: 27).

Bu yeni devrimle beraber farklı disiplinler arası entegrasyon hızlanmış ve farklı teknolojik gelişmeler ile birlikte dünyada yeni bir döneme geçilmiştir. Dijitalleşmenin de hız kazanmasıyla birlikte teknolojik ihtiyaçlar ve gelişmeler çok hızlı bir şekilde değişim göstermiştir. Örneğin; bu dönemin en önemli gelişmelerinden biri olan yapay zeka teknolojisinin etkinliğinin artmasıyla beraber kendi kendini yönlendirebilen otomobiller, sanal asistanlar aracılığıyla kullanılan cihazlar, akıllı robot teknolojileri gibi birçok teknolojik cihaz projelendirilmekte ve ihtiyaçlar da bu doğrultuda teknolojinin hızlı değişimine paralel bir biçimde şekillenmektedir (Schwab, 2020: 19-20). Bu dönemde üretim alanında gerçekleşen yeni anlayışıyla birlikte kişiselleştirilmiş ürünler geçmiş dönemlerden farklı bir şekilde daha hızlı üretilip daha hızlı bir şekilde müşterinin kullanımına sunulması hedeflenmektedir. Böylece üretim alanlarında daha az insan işgücüyü daha fazla arz sağlanırken, verimlilik artışı da beklenmekte ve yaşanan değişimin yalnızca üretim alanlarını değil toplumları ve insanlığı da içine katan bir değişimi de beraberinde getirmesi beklenmektedir (Ege, 2014: 27).

1.3. DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİNİN BİLEŞENLERİ

Endüstri 4.0 diğer bir deyişle yeni nesil otomasyon sürecini oluşturan teknolojiler ve uygulamalar yapılan çalışmalarda dört ana küme etrafında şekillenmiştir (AİMSAD, 2017):

Birinci Küme: Bu kümeyi oluşturan ana unsurlar; nesnelerin interneti, bulut teknolojiler, sensörler ve büyük veri bileşenidir. Bu kümenin özelliği daha geniş bir coğrafyaya hitap etmesi, üretimde düşük enerji ve yüksek verimlilik elde etmesidir. Bu kümede ayrıca dikey ve yatay entegrasyonlar ile firmalar organizasyon süreçlerini daha verimli hale getireceklerdir.

İkinci Küme: Bu küme yapay zeka teknolojileri ve simülasyondan oluşmaktadır. Bu kümede iş planının merkezinde bilgi teknolojileri yer alırken çeşitli yapay zeka makineleri ve veri madenciliği sistemin çalışması için büyük önem taşır.

Üçüncü Küme: Arttırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojileri sayesinde insan ve makine ilişkisi sağlanıp, çeşitli insan aktivasyonları bu teknolojilere entegre edilmektedir.

Dördüncü Küme: Bu kümede yeni üretim sisteminin çarklarını oluşturan otonom robotlar, üç boyutlu yazıcılar, aktüatörler, akıllı ve karanlık fabrikalar yer almaktadır. Dijitalleşmede önemli bir yere sahip olan bu teknolojiler birbirleri arasında işbirliği ile firmalara fayda maksimizasyonu sağlamaktadır.

1.3.1. Yapay Zeka

Yapay zeka konusu birçok disiplinin ilgilendiği bir konudur ve bu konunun disiplinler arası bir konu olması sebebiyle farklı tanımlamalar ortaya çıkmıştır. Nabiyev'e göre yapay zeka, genellikle insana özgü olan deneyimler, deneyimlere bağlı olarak edinilen hareketler, taklit etme, akıl yürütme gibi birçok özelliği bilgisayar teknolojisi aracılığıyla bir makine yardımıyla verilen komutlara uyma ve bunları yerine getirmeye yarayan bir teknolojidir (Nabiyev, 2021: 27). Schwab'a göre ise yapay zeka, büyük veri teknolojisi kullanılarak bilgilerin insandan makineye aktarılmasıyla komut ve sensörler ile birlikte makinelerin birbirleri arasında iletişim kurma olayıdır (Schwab, 2016: 161). Bu tanımlardan hareketle yapay zeka çeşitli algoritmalar ile karşımıza çıkabilmektedir. Yapay zeka otomotiv sektöründe bir direksiyon olarak da karşımıza çıkarken, sağlık sektöründe bir hastalığı teşhiste bir yardımcı, giyim sektöründe müşteri için kıyafet öneren bir asistan olarak da karşımıza çıkabilmektedir. Belki de bu teknolojinin en önemli özelliği diğer teknolojilere göre sürekli olarak kendini geliştiren ve öğrenen bir teknoloji olmasıdır (Brynjolfsson ve diğerleri, 2017: 20).

Tablo 2: Yapay Zekanın Tarihçesi

Yıl	Gelişmeler
1949	İlk bilgisayar programı Machester Mark 1 isimli program olmuştur.
1950	İngiliz Alan Turing, Computing Machinery and Intelligence isimli makalesiyle yapay zeka teknolojisinde kullanılacak makinelerin temel işlevleri hakkında bilgi vermiştir.
1955	Herbert Simon ve Alan Newell, ilk yapay zeka programı olan Logic Theorist isimli programı geliştirdiler.
1956	John McCarthy ve Marvin Minsk tarafından organize edilen Dartmouth Yapay Zeka Yaz Araştırma Projesi (DSRPAI) sunuldu. Birçok otorite tarafından o gün yapay zekanın miladı olarak kabul edilmektedir.
1963	DSRPAI katılımcıları, yapay zeka konusunda birçok devlet kurumunu fon sağlama konusunda ikna etmeyi başardı.
1965	Joseph Weizenbaum, ELIZA isimli bir yapay zeka programı geliştirdi. Bu program ile birlikte makine ve insan duyguları arasında benzerlik sağlanmıştır.
1968	İnsan duyguları olan HAL 9000 isimli makinenin yer aldığı “2001: A Space Odyssey” filmi sinemada seyirci karşısına çıktı.
1969	Seymour Papert ve Marvin Minsk, “An Introduction to Computational Geometry” isimli makalesiyle yapay zekanın sinir ağlarıyla alakalı çalışma yapmışlardır.
1970	Life Magazine dergisine konuşan Marvin Minsk açıklamasında 3 ila 8 yıla kalmadan insan zekasına yakın bir makinenin olacağı varsayımında bulundu.
1981	Japon hükümeti, “Beşinci Nesil Bilgisayar” projesi yatırımı için rekor miktar olan 850 milyon dolar bütçe ayırdı.
1984	Yapay zeka Skynet tarafından dünyayı ele geçiren makinelerin yer aldığı ilk Terminatör filmi vizyona girdi.
1986	Alman Bundeswehr Üniversitesi tarafından yapılan çalışmada yapay zekanın kontrol ettiği sürücüsüz bir otomobil yaklaşık 88 km hıza ulaştı.
1997	O zamana kadarki satranç dünya şampiyonu olan Gary Kasparov, IBM tarafından inşa edilen Deep Blue adlı makineye yenildi.

Yıl	Gelişmeler
2001	Bir Steven Spielberg filmi olan konusu android programlanmış David adlı bir çocuğu anlatan “A.I.: Artificial Intellingence” vizyona girdi.
2005	DARPA Grand Challenge isimli otonom araçların yer aldığı bir yarışma düzenlendi. Ancak katılımcı araçların tamamı parkuru tamamlayamadı.
2012	ABD’li Apple firması “İphone 4s” isimli akıllı telefonunda yapay zeka teknolojisiyle donatılmış “Siri” isimli programı tanıttı.
2014	ABD’li Google firması yapay zeka alanında faaliyet gösteren DeepMind firmasını satın aldı.
2014	Amelia adında tasarlanan bir sanal robot insan davranışlarını taklit etmek yerine insanların düşüncelerini tahmin üzerine kurgulanmıştır.
2015	Google firması yapay zeka yazılımları ile donatılan Skydio adında drone geliştirmiştir.
2017	Google DeepMind firması, geliştirdikleri yeni algoritmalar ile birlikte yapay zeka üzerine hafıza eklemeyi başarmışlardır.
2018	Google, BERT adında dönüştürücü ağ tabanlı bir yapay zeka programını duyurdu.
2018	Çin’li Alibaba firması, geliştirdiği yapay zeka uygulamasıyla Standford Üniversitesi’nin okuma ve anlama testinden 10.000 soruluk testten insanlardan daha yüksek puan almıştır.
2020	OpenAI firması tarafından geliştirilen GPT-3 uygulaması beta testlerinden geçerek uygulamaya konulmuştur.
2021	OpenAI firması tarafından yazı ile resim üreten DALL-E adında bir program geliştirildi.

Kaynak: Press, 2016; Anyoha, 2017; Tate, 2014; Cerebro, 2018.

Günümüzde de geçmişte olduğu gibi yapay zeka ile insan zekası arasında sürekli karşılaştırmalar yapılmıştır. İnsan zekasının duygu yönü ve sosyal dürtüleri ön plana çıkarken, yapay zekada teknik bilgi esastır. İnsan zekasının bilgisayar ortamına aktarımı zor iken, bu durum yapay zekada kolaydır. İnsan zekası satın alınabilirliği pahalı ve yeni fikirler üretim konusunda zengin iken, yapay zekada bu durum tam tersidir. Son olarak insan zekası olaylara geniş bir perspektiften bakarken, yapay zeka ise dar bir bakış açısına sahiptir (Pirim, 2006: 86).

Yapay sinir ağıları, özellikle 1980’li yıllardan günümüze kadar ulaşan bir öngörümleme tekniğidir. Yapay zeka teknolojinin de faydalandığı bu teknik insan beyninin bazı özelliklerinin makineye aktarımı için uygulanan başarılı bir tekniktir. Yapay sinir ağıları genel olarak, insan beyninin herhangi bir fonksiyonunun çalışma prensiplerinin elektronik devreler veya bilgisayar yazılımları aracılığıyla yapay sinir hücreleri adı verilen sistemlere aktarımı şeklinde ifade edilir (Ataseven, 2013: 102). Yapay sinir ağlarının genel özellikleri şunlardır (Öztemel, 2006: 31-33):

- Yapay sinir ağıları sayesinde bilgisayar öğrenmesi gerçekleşir. Böylelikle birçok veri elde eden bilgisayar bu verileri işleyerek bilgiye dönüştürür.
- Yapay sinir ağlarında toplanan bilgiler ağlar aracılığıyla saklanmaktadır. Ayrıca çeşitli yapay zeka uygulamalarıyla entegre bir şekilde çalışmaktadır.
- Yapay sinir ağıları çözümlemede geçmiş verilerden faydalanır. Örnek olaylar olmaz ise yapay sinir ağıları uygulaması çalışmaz. Ancak farklı örneklerden çıkarım yaparak genelleme yapılabilir.
- Yapay sinir ağıları, eksik veri olmasına rağmen çalışabilir ve çıkarım yapabilir. Ancak yapay sinir ağlarının performansının düşmesi halinde eksik olan veri önemli hale gelir.
- Yapay sinir ağlarının çalışabilmesi için verilerin numerik bir şekilde sıralanması gerekmekte ve bu durum verilerin numerik bir şekilde sıralanması bilgilerin işlenmesi ve karar sürecinin kolaylaştırır.

1.3.2. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti literatürde “Her şeyin interneti” ve “Şeylerin interneti” isimleriyle de karşımıza çıkmaktadır. Nesnelerin interneti ile alakalı birçok tanım yapılmaktadır. Kısacası fiziksel ve sanal şeylerin veya nesnelerin birbirleriyle iletişim kurmasını sağlayan, üretilen verileri ortak bir havuzda toplayarak bu verileri ortak ağda paylaşılmasını ve bu ağın diğer kullanıcılar tarafından erişilmesini sağlayan aynı zamanda bilgi alışverişini sağlayan bir teknolojik bileşendir (Kutup, 2011). Nesnelerin interneti, Endüstri 4.0 devrimi ile birlikte birçok bileşenle uyumlu çalışabilen bir platformdur. Siber fiziksel sistemlerin vasıtasıyla veri işlenir daha sonra verileri bilgiye dönüştürür aynı zamanda bu veriler büyük veriye aktarılıp büyük verinin tahmin

uygulama yeteneğine bırakılır. Böylece birçok bileşenle bağlantılı bir şekilde Nesnelerin interneti, fabrika veya özellikle büyük ve orta ölçekli işletmeler için muazzam bir veri işleme yeteneğine sahip bir bileşendir (Lee, 2015: 4).

Nesnelerin interneti teknolojisinin oluşturduğu katkılar birçok sektörün verimliliğin arttırdığı gibi ilerleyen yıllarda bu teknolojiyi henüz kullanmamış sektörlerle de çeşitli avantajlar sağlamayı hedeflemektedir. Nesnelerin internetinin yarattığı etkiler doğrudan faydaları olduğu gibi dolaylı olarak da birçok fayda sağlamıştır (EBSO, 2015: 13). Çeşitli işletmelerde veya fabrikalarda özellikle de akıllı fabrikalarda yapılan üretim teknolojisinde çeşitli değişimler meydana gelecektir. Bu yapılan yeni üretim yönetimi tamamen akıllı robotlar ile gerçekleştirilmesi ve insan gücüne olan ihtiyacın azalmaya gitmesi ayrıca yeni teknolojilerle birçok maliyet kaleminin azalması ve daha çevreci bir anlayışla fabrikaların üretim yapması beklenmektedir. Bir diğer gelişme ise lojistik sektöründe olmakta bu doğrultuda dış ticaretin gerçekleşeceği malların üzerlerine NFC (Near Field Communications) ve RFID (Radio Frequency Identification) adı verilen teknolojiler kullanılarak bu süreçte tedarik zincirinin akıllı bir şekilde yönetilmesi sağlanmaktadır (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017: 155). Bu teknoloji aynı zamanda birçok sektörde de kullanımı artmıştır. Sağlık alanında, inşaat alanında akıllı ev otomasyonu sistemlerinde, endüstriyel otomasyonda, çeşitli altyapı sistemlerinde, lojistik alanında, otomotiv sektöründe akıllı araç sistemlerinde, tarım alanında çeşitli sensörlerin kullanımında, perakende gibi birçok sektörde kullanılmaktadır (Mainetti ve diğerleri, 2011: 2).

1.3.3. Siber Güvenlik

Endüstri 4.0 devrimiyle birlikte firmalar ve bireysel kullanıcılar için veri güvenliği önemli bir konu haline gelmiştir. Endüstri devriminin unsurlarından biri olan siber güvenlik konusu günümüzde artarak önemini korumaktadır. Siber güvenlik genel olarak, firmaların ve kullanıcıların siber ortamda verilerinin güvenliğini sağlamak amacıyla çeşitli araçlar yardımıyla güvenlik kılavuzlarına uyan çeşitli uygulama, eğitim ve teknolojilerin tamamını oluşturmaktadır (Ünver ve diğerleri, 2009: 3).

Tablo 3: Siber Güvenliğin Tarihçesi

Yıl	Gelişmeler
1986	Alman hacker Marcus Hess, Rus istihbarat birimi KGB'ye bilgi satmak için ABD Pentagon'a ait yaklaşık olarak 400 bilgisayarındaki bilgileri çaldı. Bunun üzerine ABD yönetimi harekete geçti.
1987	Andreas Lüning ve Kai Figge adında iki Alman Atari ST adında antivirüs ürünleri satışa sundu. 1987 yılında Çekoslovakya olan ülkede üç kişi NOD adında ilk antivirüs ürünlerini satışa sundu. ABD'li John McAfee, kendi adını taşıyan McAfee firmasını ve VirusScan programını duyurdu.
1988	Avast firması, Eduard Kučera ve Pavel Baudiš adında iki Çek vatandaşı tarafından Prag kentinde kuruldu.
1990	İngiliz dergi PC Today, yanlışlıkla içerisinde virüslerin yer aldığı diskleri ücretsiz olarak dağıttı. On binlerce bilgisayar bu durumdan zarar gördü. EICAR (Avrupa Bilgisayar Antivirüs Araştırma Enstitüsü) resmen ilan edildi.
1992	İlk kez bir antivirüs programı piyasaya sürüldü.
1999	Melissa virüsü adında bir virüs ortaya çıktı. Bu virüs Word belgesi içinde kullanıcının e-postasına oradan e-postası içindeki ilk 50 adrese ulaştı ve hasarın onarılması yaklaşık 80 milyon dolar ulaştı. Microsoft, Windows 98 ile eskiye göre daha güçlü güvenlik duvarını tanıttı ve böylece daha önce olan güvenlik açığını kapatmış oldu.
2000	Bilgisayar korsanları DOS adı verilen saldırılara başladı ve binlerce kişinin kredi kartlarına varıncaya kadar birçok bilgilerini ele geçirdi. İlk açık kaynaklı antivirüs programı duyuruldu.
2001	ClamAV, ticarileştirilen ilk antivirüs programı oldu.
2007	Panda Security firması, ilk bulut tabanlı antivirüs programını duyurdu.
2008	McAfee firması, VirusScan programının bulut tabanlı versiyonunu duyurdu.
2012	Suudi bilgisayar korsanı OXOMAR, virüs saldırıları sonucu yaklaşık 400.000 kredi kartı bilgisini yayınladı.
2017	WannaCry isimli virüs yazılımı bir gün içerisinde yaklaşık 200.000'i aşkın bilgisayara ulaştı.
2019	Yeni Zelanda Borsası siber saldırılar nedeniyle geçici süreliğine kapatıldı.
2020	ABD'de Koloni Boru Hattı siber saldırılar nedeniyle bir hafta kapatıldı, şirket sahipleri hattı açtırmak için hackerlara 4,4 milyon ödeme yaptı.

Kaynak: Chadd, 2020; Öztürk, 2019.

Kurum, kuruluş ve kullanıcılar elde ettikleri verileri bilgisayar gibi çeşitli cihazlarda saklamaktadırlar. Özellikle bu verilerin büyüklükleri gelecekte daha da artma eğilimi göstermektedir. Firmalar bu verileri nesnelerin interneti teknolojisini kullanarak bulut altyapılarda depolamakta ve çeşitli siber saldırılara maruz kalmakta ve bu durum firmaların ve kullanıcıların işleri aksatmaktadır. Bu altyapıları mevcut ve gelecekteki saldırılara karşı korumak siber güvenlik sağlayıcılar için çok önemli hale gelmiştir (Miller ve Dale, 2012: 51).

İnternet üzerinden çalışma yapan şirketler veya kullanıcılar siber ortamda çeşitli tehlikeler ile karşı karşıya kalmakta ve bu ortamı tehlikeli hale getiren kişiler, kullanıcılara ve şirketlere tehdit unsuru oluşturmaya devam etmektedirler. Bu durum siber güvenlik yazılımı üreten firmalar için sürekli olarak kendini yenileme durumu oluşturmaktadır (Ünver ve Canbay, 2010: 96-97). Siber güvenlik konusu içerisinde sorunlar olmasına rağmen kullanıcılar için birçok avantaj da sunmaktadır. Kullanıcılar için veri korumasının yanı sıra kullanılan cihazları çeşitli virüslere, tehlikeli yazılımlara, kimlik kopyalama gibi çeşitli işlemlerine karşı daha güçlü kılmaktadır. Verilere ve ağlara, yetkisiz kullanıcıların erişimi engellenirken firmalardaki uygulama geliştiriciler ve müşteriler için güven ortamı bu teknoloji sayesinde oluşturulmuş olur (Alkan, 2020).

1.3.4. Büyük Veri

Büyük veri kavramının tanımı disiplinler arası görüş farklılıklardan dolayı birçok tanımlama ortaya çıkmıştır. Bu durumun ortaya çıkmasında teknolojik değişimler, çeşitli kurum ve kuruluşların iş süreçlerinin farklılığı, toplumların farklı eğilimleri gibi sebeplerden dolayı oluşmuştur. Ancak yine de ortak bir tanım yapmak mümkündür. Büyük veri tanımı genel olarak hacim (volume), çeşitlilik (variety), hız (velocity), doğrulama (verification) ve değer (value) yani literatürde 5V olarak da adlandırılan kavramları karakterize ederek bilgiyi değere dönüştürmesidir (Mauro ve diğerleri, 2015: 101-103).

Tablo 4: Büyük Verinin Tarihçesi

Yıl	Gelişmeler
1969	ABD Savunma Bakanlığı tarafından üst düzey araştırma projeleri için ilk kez bilgisayar ağı kuruldu.
1991	Tim Berners-Lee tarafından www (World Wide Web) kuruldu.
1994	HotWired firması tarafından ilk kez banner şeklinde bir reklam yayınlandı.
1995	Yahoo! firması “golf” kelimesini kullanarak ilk kez anahtar kelime reklamını tanıttı.
1996	Double Click firması ilk kez reklam teknolojileri ile alakalı firma kurdu.
1997	Finlandiyalı haber sağlayıcı bir firma, ilk kez SMS yöntemiyle ücretsiz bir şekilde haber başlığı ve ilk kez reklam aracılığıyla sponsor olunan mobil reklam yayınladı.
2000	ABD’li şirket Google, Google Adwords’ü duyurdu.
2004	İnternetteki reklam harcamalarının toplam boyutu ABD’de 9,6 milyar dolar hacmine ulaştı.
2007	ABD’li Facebook, kullanıcıların çeşitli verilerini ve davranışlarını içeren bilgileri kullanan reklam uygulamasını kullanıma sundu.
2008	ABD’li Youtube, ilk kez reklamı bir şekilde video yayınlamaya başladı.
2009	Jason Knapp, kullanıcıların ilgilendikleri ve takip ettikleri içeriklere göre doğru zamanda reklam sunan uygulamayı sundu.
2010	ABD’li Twitter, reklam içerikli twit dönemini başlattı.
2012	İnternet reklam gelirleri toplam hacmi ilk kez televizyon reklam gelirleri toplam hacmini geçti.
2014	ABD’li Pinterest, reklam içerikli pinlerini uygulamaya sundu.
2016	ABD’li IBM firmasının araştırma raporuna göre dünyada her gün yaklaşık olarak 2,5 kentilyon bayt veri oluşmaktadır.
2017	International Data Corporation (IDC), büyük veri pazarının 2020 yılına kadar 203 milyar dolar boyutuna ulaşacağı tahmininde bulunmuştur.
2020	Allied Market Research adında bir araştırma şirketine göre 2019’da yaklaşık 194 milyar dolara ulaşan büyük veri pazarı 2027 yılına kadar ki süreçte yaklaşık 420 milyar dolara ulaşacağı öngörüsünde bulunmuştur.

Kaynak: Özge, 2015; Phillips, 2021.

Büyük veri beş ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlardan ilki hacim bileşenidir. Bu bileşenin ortaya çıkmasında veri hacminin çok yüksek şekilde artması ve buna bağlı olarak depolama masraflarının da artması gösterilmektedir. Bileşenlerden ikincisi ise çeşitlilik bileşenidir. Çeşitlilik bileşeni, verilerin format farklılığını ifade etmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle çeşitli ürünler, farklı işletim sistemleri veya farklı diller bu durumun oluşmasını sağlamıştır. Üçüncü bileşen olan hız bileşeni büyük veri teknolojisi için kritik bir öneme sahiptir. Teknolojik şartların iyileşmesi, veri miktarını arttırırken bu verilerin de işlem performansının da artması ihtiyacını doğurmuş, hız bileşeni ise bu ihtiyaca cevap vermiştir. Dördüncü bileşen olan doğrulama bileşeni ise özellikle veri güvenliği konusu özelinde ortaya çıkmış, sistemde yer alan verilere erişimin kimler tarafından sağlanacağı, hangi verilerin örtük hangi verilerin açık erişim olacağı durumudur. Beşinci ve son bileşen olan değer bileşeni ise tüm bileşenler arasında önemli bir değere sahip olup, verilerin işlenilmesi ve anlamlandırılması bu bileşen sayesinde olmaktadır. Ayrıca çeşitli analiz ve simülasyon programlarıyla da yorumlanan veriler büyük veri teknolojisini kullanan işletmeler için ayrı bir önem arz etmektedir (Gtec, 2021).

Büyük veri, şirketlerin geleneksel kalıplardan sıyrılıp modern teknolojilere adaptasyon sürecini geliştirmekte, bu durum sadece şirketlerin teknolojik yönelimlerini ve yönetim tercihlerini değil aynı zamanda top yekün karar alma mekanizmalarını ve düşünce yapılarını da değiştirmektedir. Önceki zamanlarda şirketlerin organizasyonlarında temel olarak dikkat edeceği hususlar pazarlama, satış hedefleri ve hizmet organizasyonu gibi temel süreçleri iyileştirmek olurken şirketler performanslarını uzun süreçler sonunda değerlendirip buna göre yeni planlar geliştirmektedir. Ancak büyük veri ile birlikte süreç tamamen değişmiş, şirketler performans verilerini bulut sistem üzerinden büyük veriye aktarıp performans değerlendirme süreçlerini eskiye nazaran çok daha hızlı bir şekilde gerçekleştirmektedir. Ayrıca bu durum büyük veri teknolojisini kullanan kuruluşların avantaj sahibi olmalarını da sağlamaktadır (Davenport, 2018: 25-26).

Büyük veri kullanımı günümüzde giderek artmakta ve firmalar için daha da önemli bir hale gelmektedir. Özellikle bu sistemi kullanan imalat sanayide birçok bölüm bulunmakta ve veri akışı çok hızlı gelişmektedir. Toplanan bu verileri uyumlu bir şekilde düzenleme ve sistematik bir şekilde analiz etme ihtiyacı olmaktadır. Büyük veri teknolojisinin kullanımı ile birlikte zamanı verimli kullanma, enerji tüketiminin

azaltılması, üretimde verimlilik ve buna bağlı olarak ürün kalitesinin artması gibi birçok olumlu gelişme gözlemlenmektedir (Gilchrist, 2016: 208).

1.3.5. Bulut Bilişim

Bulut bilişim konusunda birçok tanımlama yapılmaktadır. Ancak farklı tanımlamalara rağmen genel bir tanım yapmak mümkündür. Bulut bilişim, internet teknolojisi aracılığıyla ortak erişime açık olan kaynaklara ulaşım sağlanması ve aynı zamanda sistem yönetiminin kolaylığı ile birlikte kullanımı da hızlı olan bilgi ve iletişim servislerini ifade etmektedir (Armutlu ve Akçay, 2013:17). Ayrıca 2011 yılında OECD, bulut bilişim teknolojisi hakkında bir rapor yayınlamış ve bu raporda da ABD Ulusal Standartlar ve Teknolojisi Enstitüsü (NIST) tarafından da genel bir tanım yapılmıştır. Bu tanıma göre “bulut bilişim, yapılandırılabilir bilişim kaynaklarından oluşan ortak bir havuza, uygun koşullarda ve isteğe bağlı olarak her zaman, her yerden erişime imkân veren bir modeldir. Söz konusu kaynaklar (bilgisayar ağları, sunucular, veri tabanları, uygulamalar, hizmetler vb.) asgari düzeyde yönetsel çaba ve hizmet alıcı-hizmet sağlayıcı etkileşimi gerektirecek kolaylıkta tedarik edilebilmekte ve elden çıkarılabilmektedir” (OECD, 2014). Bulut bilişim, Endüstri 4.0 devrimiyle birlikte hayatımıza giren bir teknolojiymiş gibi görünse de, Tablo 5’te belirtildiği üzere Endüstri 4.0 devriminden önce de çeşitli sistemler aracılığıyla kullanılmıştır (Armutlu ve Akçay, 2013:17).

Tablo 5: Bulut Bilişim Tarihçesi

Yıl	Gelişmeler
1961	ABD’li bilgisayar bilimci John McCarthy, bir konuşmasında ilk kez bulut bilişim konusuna değinmiştir.
1963	ABD Savunma Bakanlığına bağlı bir kuruluş olan DARPA (The Defense Advanced Research Projects Agency), MIT’ye ilkel bulut teknolojisinin finansman için 2 milyar dolar yatırım yapmıştır.
1969	ARPANET’in bilim insanı Leonard Kleinrock yaptığı açıklamalar ile bulut bilişim gelecek vizyonundan bahsetmiştir.
1997	Emory Üniversitesi’nden Profesör Ramnath Chellappa bulut bilişimi kısmen tanımlamıştır.
1999	Salesforce firması bulut bilişimi başarıyla kullanan ilk firma oldu.
2002	Amazon firması internet sitesi üzerinden çeşitli iş uygulamaları ve bulut üzerinden depolama gibi hizmetleri kullanıcılara sundu.
2005	Google, ofis programları uyumlu Google Docs uygulamasını sundu.
2006	Amazon firması Esnek İşlem Bulutu (EC2) kurumsal hizmetler için depolama ve insan zekası adı verilen uygulamaları hizmete sundu.
2007	ABD’de IBM, Google ve aralarında MIT, Washington Üniversitesi gibi birçok üniversitenin yer aldığı çalışmalar yapıldı. Netflix, bulut bilişim teknolojisini kullanarak ilk kez video hizmetini uygulamaya koydu.
2008	Eucalyptus firması AWS API uyumlu platformu kurdu. NASA’nın OpenNebula firması bulut hizmetleri sundu.
2011	IBM, IBM Smart Cloud uygulaması çerçevesinde birçok uygulama sundu. Apple firması, iCloud uygulamasını tanıttı.
2013	IaaS platformu verilerine göre bulut ağı 78 milyar sterlinlik pazar payı ile o yıl en çok büyüyen Pazar hizmetleri olmuştur.
2014	Avrupa’da bulut hizmet ağı oluşturuldu.
2016	Bulut tabanlı IoT tabanlı program kullanılmaya başlandı.
2017	Amazon firması, AWS Step Functions isimli bulut tabanlı bir yazılım geliştirdi.
2018	Google firması, Cloud TPU isimli bulut yazılım programını tanıttı.

Kaynak: Foote, 2017; BSC, 2019.

Bulut bilişim hakkında birçok özellik bulunmasına rağmen bu özellikleri standart hale getiren NIST olmuştur. NIST’e göre bulut bilişim beş temel özellikten oluşmaktadır (Mell ve Grance, 2011);

1. **Talep zerine self servis:** Kullanıcı, servis sağlayıcı aracılığıyla herhangi bir insan müdahalesi olmaksızın sisteme direkt olarak erişim sağlamaktadır.
2. **Geniş ağ erişimi:** Kullanıcı, çeşitli araçlar (mobil cihazlar, tabletler ve bilgisayarlar) zerinde internet ağı kullanarak çeşitli bulut hizmetlerden faydalanmaktadır.
3. **Kaynak havuzu:** Kullanıcı, esnek ve kendi talebine göre şekillenen çeşitli kaynaklara tek bir havuzda ulaşabilmektedir. Kullanıcı, bu kaynaklara diğer kullanıcılar gibi herhangi bir konum fark etmeksizin sanki tek bir kaynakmış gibi kolaylıkla ulaşabilmektedir.
4. **Hızlı esneklik:** Kullanıcılar, bulut bilişim sisteminin kendilerine sunduğu hizmetleri taleplerine göre arttırıp azaltma seçeneğine sahiptir. Bu zellik kullanıcıda bulut bilişim sisteminin yetenekleri konusunda sınırsız yetkiye sahip olduğu algısını sunmaktadır.
5. **Ölçülebilirlik:** Bulut sistemlerini hem kullanıcı hem de hizmet sağlayıcı kaynak kullanımını kontrol etme ve izleme hakkına sahiptir. Bu durum hem kullanıcı hem de hizmet sağlayıcı açışından şeffaf bir kullanım deneyimi sağlar.

Firmalar günümüzde özellikle CRM (Customer Relationship Management) gibi konulara ayrı bir önem atfetmektedirler. Bu süreçte firmalar için veri depolama, veri kaydetme, çeşitli ofis programları gibi birçok yazılıma ihtiyaç duyulmakta ve bulut bilişim sistemi de bu ihtiyaçlara cevap vermektedir. Bulut bilişim sistemi firmalara maliyet avantajının yanı sıra birçok avantaj da elde etmesini sağlamaktadır. Kişisel verilerin güvenli ortam sunucularında saklanması, konum ve zaman fark etmeksizin bilgiye hızlı ulaşılması, paylaşılması gereken bilginin hızlı bir şekilde yayılması gibi birçok avantaja firmalar bu süreçte ulaşabilmektedir (DİA Yazılım, 2015).

1.3.6. Siber Fiziksel Sistemler

Siber fiziksel sistemler, sanal dünya ile fiziksel dünyayı internet teknolojisi aracılığıyla çeşitli akıllı sensörler sayesinde bir araya getiren sistemlerdir. Siber fiziksel sistemlerle birlikte bütün üretim süreçlerinde internetin tam etkinliği ile beraber eski endüstrilere nazaran dijitalleşmenin öne çıktığı bir sistem oluşmuştur (Shariq ve diğerleri, 2015: 36). Endüstri 4.0 ile dijitalleşen dünyada siber fiziksel sistemlerin kullanımı gereklilik haline gelmiştir. Siber fiziksel sistemin temel olarak işlevi sanayi endüstrilerinde kullanımı internet aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Siber fiziksel sistemler, endüstride analiz için kullanılan tüm bileşenlerin internet servisleri aracılığıyla sistemlere girişini sağlayıp değerlendirmeler yapabilmektedir (Mourtzis ve Vlachou, 2018: 180-181).

Siber fiziksel sistemler Endüstri 4.0 çağının en önemli bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Siber fiziksel sistemlerin varlığı özellikle günümüzde de etkinliği giderek artan akıllı fabrikalarda gözlemlenmektedir. Bu fabrikalarda siber fiziksel sistemlerin kullanımı fabrikalarda yer alan fiziksel nesnelerin sanal boyutunun nesnelerin interneti adı verilen teknoloji ile birlikte sistemlere aktarılmasıyla gerçekleşmekte ve böylece siber dünyaya aktarılan bu sistemler birbirleriyle iletişim kurması sağlanıp üretimin daha işlevli olmasını gerçekleştirmektedir (Xu ve diğerleri, 2018: 2947-2949). Başka bir deyişle yeni nesil otomasyon sistemleri fiziksel olarak yapılan üretim süreçlerinin yönetimini bilgisayarın egemen bir yapıya bırakmaktadır. Endüstrideki dijitalleşmeyle birlikte fiziksel işlemlerin verilerini bilgisayar ortamına aktarılıp bu verilerin işlenmesiyle üretim süreçleri daha verimli hale gelmektedir (Alçın, 2016: 24).

Tablo 6: Siber Fiziksel Sistemler Tarihçesi

Yıl	Gelişmeler
1932	İsveç doğumlu Amerikan asıllı Harry Nyquist, kontrol sistemleri için yeni bir frekans tasarımı geliştirdi.
1940	Örneklenmiş veri sistemi teorisi geliştirildi.
1945	İlk kez amplifikatör prototipi yapıldı.
1946	Cep telefonunun miladı kabul edilen bir telefon geliştirildi. ENİAC adında ilk bilgisayar icat edildi.
1950	Root Locus (Köklerin yer eğrisi) teorisi geliştirildi.
1954	Dijital kontrol mekanizması geliştirildi.
1959	Durum-Uzay modeli geliştirildi
1969	ARPANET sistemi geliştirildi. (Modern internetin başlangıcı)
1973	Gerçek zamanlı bilgi işleme sistemi geliştirildi. Uyarlamalı denetim sistemi ve optimal kontrol sistemi geliştirildi. Stokastik sistemler geliştirildi.
1990	İnternet altyapısını hızlandıran ve internet kesintilerinin önüne geçen “hibrit sistemler” geliştirildi.
1997	IEEE 802.11 WIFI standardı geliştirildi.
1998	NCS firması tarafından “mote” adı verilen sensörler geliştirildi.
2000	Ağ İletişimi Hizmet Kalitesi (QoS) geliştirildi.
2002	Geri bildirim planlaması yapıldı.
2006	İlk kez siber fiziksel sistemler ismi kullanıldı.
2007	Siber fiziksel sistemler ABD hükümeti tarafından ulusal öncelik listesine alındı.
2010	İsveç’in Stockholm şehrinde “Siber Fiziksel Sistemler üzerinde ACM/IEEE Birinci Uluslararası Konferans” adında bir konferans ile birlikte siber fiziksel sistemler komitesi kuruldu.
2012	İlk kez siber fiziksel sistemler atölyesi ABD’de düzenlendi.

Kaynak: Bradley ve Atkins, 2015: 23023-23024.

Siber fiziksel sistemlerin kullanımında birçok amaç bulunmaktadır. Bunlardan bazıları: Gerçek ve yapay dünyaların etkileşimini sağlamak, endüstride kullanılan mevcut yapıların yerine daha etkili, daha inovatif ve performansı daha yüksek sistemler getirmek, değişime ayak uydurabilen birbirinden bağımsız çalışabilen özerk

sistemler getirmek, insan ve makine uyumunu en üst seviyeye ulaşmasını sağlamak, dağınık yapıları birleştirerek birbirine daha uyumlu hale getirmek gibi sistemin hedefleri bulunmaktadır (Bartodziej, 2017: 54). Siber fiziksel sistemler, günümüzde de varlığını sürdüren ancak bu sistemleri kullanmayan fabrikaların karmaşık ve esneklik konusunda zayıf olan üretim yapılarına çözümler getirmeyi hedeflerken, siber fiziksel sistemlerin yaygınlığı da arttıkça şirketlerin üretim yapısının seyri olumlu yönde etkilenip üretimde yaşanabilecek aksaklıklar en aza indirilmesi beklenmektedir. (KPMG, 2016).

1.3.7. Akıllı Fabrikalar

Akıllı fabrika tanım olarak nesnelerin interneti teknolojisi ve akıllı sensörler aracılığıyla üretim alanında matematiksel hesaplama ve tahmin yöntemiyle kontrol edilen yeni bir sistemi ifade etmektedir. Bu sistemin çalışmasında en önemli teknolojilerden biri siber fiziksel sistemler olmakla birlikte üretim sürecinde birçok teknolojiye dayanmaktadır (Lee, 2015: 231).

Endüstri 4.0 ile birlikte sanayi üretiminde gidilen değişikliğin en somut örneklerinden biri olan akıllı fabrikalar sistemi bu dönemin en önemli teknolojilerindendir. Bu fabrika sistemi anlayışının önemli özellikleri kısaca şunlardır (EBSO, 2015; 16):

- Akıllı fabrikalarda üretilen ürünler insan faktörü hatası minimize edilmiş, hatasız ve uzun yıllar kullanıma uygun hazırlanmaktadır.
- Bu fabrikalarda üretimin büyük bir bölümü makine ve robotlar ile gerçekleştirilse de insan faktörü, cihazlar ve üretim kaynakları sürekli olarak etkileşim halindedirler.
- Akıllı fabrikalarda ürün üretim öncesinden çıkışına kadar ki karmaşık süreçleri yönetebilen teknolojilerden kurulu olduğu için bu süreçleri başarıyla atlatabilmektedir.

Akıllı fabrikalar, endüstrideki üretim yapısını değiştirirken geleneksel anlayış birçok yönden terkedilmiştir. Akıllı fabrikalarda üretim yöntemi insan otoritesinden sıyrılarak internet teknolojisinin kontrolüne geçmiştir. Aynı zamanda makineler birbirlerine bağlanarak sistem entegrasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Bu durum geleneksel üretim yapısında birbirinden bağımsız bir şekilde çalışan makine yapısındaydı (Şekkeli ve Bakan, 2018: 211-212). Akıllı fabrikalarda karar süreçleri

insan temelli yapıdan yapay zeka temelli makine ve robotlar olurken bilgi yönetimi ise tekil ve sınırlı bilgiden, ağlar aracılığıyla aktarılan nesneler büyük veriye, bu veriler ise bulut sistemde depolanmaktadır. Böylelikle teknolojik entegrasyon uygulanan süreçlerde önemini arttırmıştır (Davutoğlu ve diğerleri, 2017: 556-557).

Dijitalleşen dünyada yeni nesil otomasyon sistemleriyle üretim verimliliğini arttırmayı planlayan ve bu doğrultuda uygulamalarını geliştiren firmalar akıllı fabrika çözümleriyle hedeflerine ulaşmayı amaçlamışlardır. Nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, büyük veri ve yapay zeka gibi teknolojileri de kullanarak kendilerine yüksek karlılığı hedef seçmişlerdir. Akıllı fabrikalar bu süreçte firmalara birçok avantaj sunmaktadır. Üretimde daha az insana yer vererek kusursuza yakın bir ürün çıktısı elde edilirken, makineler çeşitli yazılımlar ile birbirlerine bağlantılı bir şekilde çalışmıştır. Bu sistemde kaynak israfının önüne geçilirken, kaynakları optimum bir şekilde kullanarak maliyetler düşürülmektedir. Bu durum aynı zamanda firmanın da karlılığını arttırmaktadır. Üretim süresinde eskiye nazaran azalma gözlemlenirken üretim verimliliği de artmaktadır (Futurism Technologies, 2020).

1.3.8. Otonom Robotlar

Endüstri 4.0 devrimi bazı kaynaklarda robot devrimi olarak da geçmektedir. Bu durumun oluşmasında en önemli sebeplerin başında robot teknolojinin hızlı gelişimi, yapay zeka ile robot uyumu ve otomasyon süreçlerinde otonom sistemlerin kullanılması da söylenebilir. Ayrıca insansız üretim modelini benimseyen akıllı fabrika ve karanlık fabrika sistemlerinin bu dönemde gelişmesi robot devrimi için önemli göstergeler arasındadır. Bu doğrultuda Ivanov tarafından hazırlanan robot işgücünü insanlardan ayıran en önemli avantajları ve dezavantajları Tablo 7’de belirtilmiştir (Ivanov, 2017: 85).

Tablo 7: Robotların İnsanlara Göre Avantajları ve Dezavantajları

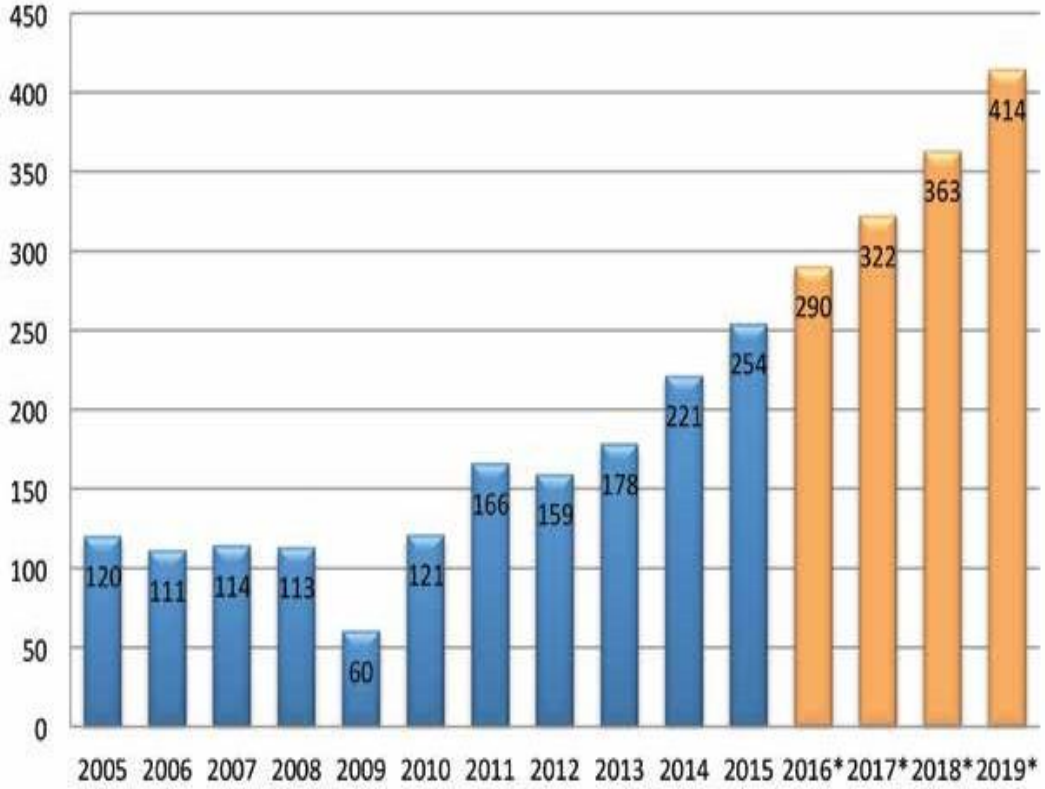
Avantajlar	Dezavantajlar
• Robotlar 7 gün 24 saat çalışabilmektedir. • Robotlar, yazılım ve donanımları vasıtasıyla verilen görevleri yerine getirebilmektedir. • Robotlar gelişime açıktır. Performans iyileştirmeleri gelişimleri için önem taşımaktadır. • Robotlar verilen görevleri zamanında yerine getirmektedir. • Robotlar grev yapmazlar, hasta olmazlar, işi aksatıcı faaliyet göstermezler ve insani duygulardan arındırılmış cihazlardır.	• Robotlar yaratıcı zekadan yoksunlardır. • Robotlar mevcut zamanda insan kontrolü dışında hareket edemezler. • Neo-Luddism (1811 ve 1816 yılları arasında Birleşik Krallık'ta çıkan ayaklanmalar) gibi toplumsal hareketlerden dolayı insanlar tarafından her zaman tehlike altındadır.

Kaynak: Ivanov, 2017: 85.

Otonom robot denilen kavram dijitalleşmenin gereği olan bilişim ve yazılım programlarını içerisinde barındıran çeşitli yapay zeka uygulamalarıyla yönetilen donanımı itibariyle üretime katkı sunan, üretimi destekleyen, internet üzerinden veri transferi yapabilen ve robotlarla etkileşimi olan makineler şeklinde tanımlanmaktadır (Rasgen ve Gönen, 2019: 2094).

Otonom robotların çalışma sistemi üç ana bölümden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi olan sensörler, skaler ve vektörel büyüklükleri algılayan ve algıladıkları varlıkları elektriksel sinyallere çevirerek ikinci bölüm olan elektronik karar mekanizmasına aktarır. Elektronik karar mekanizması, yazılım desteği ile birlikte tekrar elektriksel sinyaller ile üçüncü bölüm olan mekanik uygulayıcıya gönderilir. Böylelikle sistem harekete geçerek çeşitli işlemler yapar (Yalçınkaya, 2017). Otonom robotların kullanımının artması Endüstri 4.0 devriminin de hedeflerinden biri olan esnek üretim sisteminin tam olarak çalışması için önemli bir adım olarak gösterilmektedir. Otonom robotların tam kapasite ile çalışmaya başladığı zamanlarda üretimde hedeflenen köklü değişimlerin gerçekleşmesi beklenmektedir (Yazıcı, 2016: 39).

Grafik 4: Endüstri İçinde Kullanılan Robotların Dünya Geneline Yıllık Arzı 2005-2019* (1000 adet)



Kaynak: Fırat ve Fırat, 2017: 218.

Grafik 4’te de görüldüğü gibi endüstri içerisinde kullanılan robot sayısı 2008 Küresel Finans Krizi’nin de etkisiyle 2009 yılında düşüşe geçmiş olsa da, daha sonraki yıllarda hızla artışa geçmiştir. Endüstri 4.0 devriminin de etkisiyle birlikte akıllı fabrika sistemlerine ilgi artarken bu durum endüstride gelecek yıllarda da robot ihtiyacının artma eğilimine devam edeceğinin en önemli göstergesi olarak gösterilmiştir (Fırat ve Fırat, 2017: 218).

Endüstri 4.0 devriminin diğer devrimlere göre en önemli farklılıklarından biri de insan ve robot işbirliğidir. İnsan varlığının robotlara nazaran robotların yapamayacağı birçok yeteneğe sahip olmasıyla birlikte bu durum robotların bazı alanlarda tek başına yeterli olamayacağı anlamına gelmektedir. İnternet teknolojisiyle donatılmış robotlar ile insan işbirliği kullanarak birçok firma yeni projeler geliştirmiş ve insan hayatını kolaylaştırıcı teknolojilerle insanları buluşturmuştur (Fırat ve Fırat, 2017: 213-214).

1.3.9. Üç Boyutlu Yazıcılar

Endüstri 4.0 ile birlikte insansız üretim yöntemleri hız kazanmıştır. Bu üretim yöntemlerinden biri olan ve dördüncü endüstri devriminin en önemli bileşenleri arasında sayılan üç boyutlu yazıcılardır. Daha önce üretiminde zorlanılan karmaşık yapıdaki parçaların üç boyutlu verilerinin dijital ortama aktarılmasıyla bu parçaları hızlı bir şekilde gerçek nesneye dönüştüren teknolojiye üç boyutlu yazılar denmektedir. Aynı zamanda bu üretim sürecine katmanlı veya eklemeli üretim adı da verilmektedir (Vaidya ve diğerleri, 2018: 236). Bu üretim süreci yapılara daha önce uygulanan ve zaman kaybına sebep olan kesme, delme ve taşlama gibi birçok geleneksel üretim yönteminden sıyrılarak tamamen bilgisayar sisteminin egemen olduğu bir yapıya kavuşmuştur. Üç boyutlu yazıcı malzemeleri günümüz koşullarında metal, seramik gibi birçok hammaddeyi rahatlıkla kullanabilmekte ve tüketicinin sonsuz isteklerine hızlı bir şekilde yanıt vermektedir (Strange ve Zucchella, 2017: 177-178).

Tablo 8: 3D Yazıcı Teknolojisinin Gelişimi ve Tarihçesi

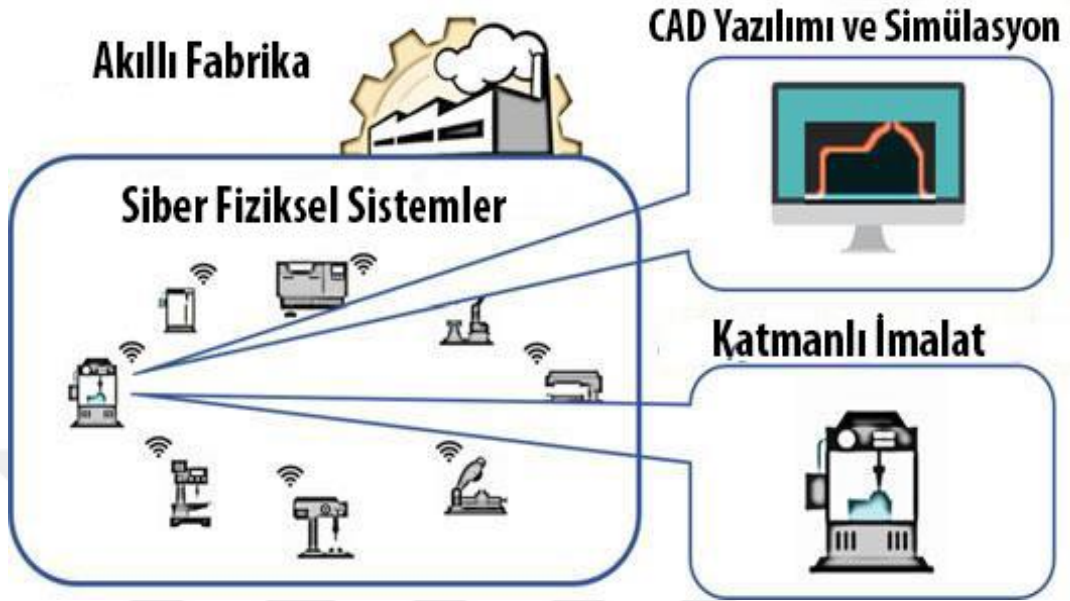
Yıl	Gelişmeler
1981	Dr. Hideo Kodoma, SLA teknolojisini temelini oluşturan “rapid prototyping” adında bir prototip geliştirdi.
1984	Chuck Hull, SLA teknolojisini kullanarak ilk 3D yazıcıyı geliştirdi.
1986	Chuck Hull, ürettiği teknolojik çalışmaların patentini aldı.
1988	Chuck Hull, günümüzde de sektörün en büyüklerinden biri olan 3D Systems firmasını kurdu. 3D Systems firması, SLA-250 adında yazıcıyı tanıttı. Scott Crump, FDM adında bir teknoloji ile 3D baskı teknolojisini icat etti.
1989	Strotesty isimli bir firma FDM teknolojisi mucidi Scott Crump tarafından kuruldu. Carl Deckard, SLS teknolojisini geliştirip patentini aldı.
1993	Massachusetts Institute of Technology (MIT), tarafından 2D yazıcılara Injet teknolojisi eklenerek 3 Dimensional Printing (3DP) teknolojisi geliştirildi.
1995	Z Corpototion şirketi MIT’ye ücret karşılığında kullanım haklarını aldı ve 3D yazıcı üretmeye başladı.

1996	Spectrum Z510 isminde Z Corpototion firması tarafından zamanın en yüksek çözünürlüklü 3D yazıcısı tasarlandı.
2000	Bio-yazıcılar sayesinde ilk kez çalışan insan böbreği geliştirildi.
2005	Z Corpototion, ilk kez yüksek çözünürlüğe sahip 3D yazıcıyı satışa sundu.
2009	FDM patentlerinin süresi doldu. Böylece açık kaynak kodlu 3D yazıcılar piyasaya çıktı. MakerBot ve 3D Systems firmaları, Cubify isimli modelle ev tipi yazıcıları satışa sundu.
2013	NASA, ilk kez 3D yazıcıyı uzaya götürdü.
2014	3D yazıcı ile ilk kez inşaat malzemeleri ve ev inşa edildi.
2016	3D yazıcı ile gerçek insan kulağı üretildi.
2017	SpaceX firmasının Falcon 9 roketinin en önemli aksamlarından biri olan ısı valfi 3D yazıcılar tarafından üretildi.
2018	İlk kez bir aile üç boyutlu yazıcı tarafından yapılan bir eve taşındı.
2020	Belçika’da ilk kez insan olmadan sadece üç boyutlu yazıcılar ile iki katlı ev yapıldı.

Kaynak: Tridi, 2019.

Katmanlı imalat (additive manufacturing), üç boyutlu yazıcılar aracılığıyla gerçekleşen yeni nesil bir üretim şeklidir. Üç boyutlu yazıcılarla yapılan üretim aşamasında kullanılan malzeme eritilir, daha sonra yarı sıvı hale getirilen malzeme kontrollü bir biçimde düz bir yüzeye yayılır. Bundan sonraki aşamada ise yapılmak istenen nesneleri tasarlamak için “Bilgisayar Destekli Yazılım (CAD)” adı verilen bir yazılım kullanılır. Burada en önemli hususlardan bir tanesi üretimden önceki aşamada malzeme kayıplarını azaltmak ve tüm aşamaları test etmek için CAD yazılımı üzerinden simülasyon yapılır. Böylelikle üretim hızlı ve hatasız gerçekleştirilmeye çalışılır (Günel, 2019: 14-15). Şekil 2’de de görüldüğü gibi akıllı fabrikalarda siber fiziksel sistemler aracılığıyla nesneler tasarlanmak için CAD Yazılımı/Simülasyon ve üç boyutlu yazıcılara gönderilir. Böylece üretimde birçok bileşen entegre bir şekilde çalışmış olur.

Şekil 2: Katmanlı İmalatın Endüstride Kullanımı



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Üç boyutlu yazıcıların endüstride etkinliğinin artması ile birlikte üretim sürecinde birçok iyileşme gözlenmektedir. Ürünün tasarımından son aşamasına kadar ki üretim süresinde azalma ve bununla birlikte ürün gelişiminin hızlanma gerçekleşmektedir. Geleneksel üretim modelinde daha önce yapılması mümkün olmayan karmaşık parçaların kolaylıkla imal ediliyor olması da gelişmelerden bir tanesidir. Sadece endüstride değil eğitim, inşaat ve sağlık sektörlerinde de üç boyutlu yazıcıların kullanılması birçok gelişmeyi de beraberinde getirmiştir. Eğitim sektöründe öğrenme ve anlama yetisinin kazanılmasında gelişme sağlanmış, inşaat sektöründe yapıların daha hızlı inşa edilmesini gerçekleştirmiş ve belki de en önemlisi sağlık sektöründe ameliyatlarda özellikle cerrahi müdahalelerde daha başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır (Schwab, 2020: 172-173).

1.3.10. Simülasyon

Simülasyon, yaşadığımız fiziksel dünyadaki var olan öğelerin çeşitli yazılım ve grafik uygulamalar ile sanal ortama taşınmasına ve sanal ortama taşınan verilerin fiziksel dünyadaki özelliklerinin gözlemlenmesine zemin oluşturan bir teknolojidir. Bu teknoloji kullanıcılar için çeşitli avantajlar sunarken simülasyonun başarıya

ulaşabilmesi için fiziksel bileşenlerin sanal ortamda modellenmesi gerekmektedir (elen, 2017: 10).

Endüstride üretim aşamasına gelen üç boyutlu bir şekilde simülasyonu yapılmakta, simülasyonu yapılan görseller gerçek zamanlı bir şekilde modellenip üretim hattına sevk edilmektedir. Bu durumda firmalar ürünleri sanal bir şekilde test etme fırsatı bulurken, ürünlerin üretim zamanını azaltma ve kalitesini arttırma fırsatı elde etmiş olacaktırdır (TÜSİAD, 2016: 26-27).

Simülasyon teknolojisi tek başına kullanıldığı gibi siber fiziksel sistemler ve akıllı fabrikalar gibi teknolojilerle de iş birliğı yaparak sanayide üretimin gelişimine katkıda bulunmuştur. Simülasyon özellikle otomasyon sistemlerinde firmalara birçok fayda sağlamıştırdır, bunları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür (Gunal, 2019: 276-279):

- Simülasyon, çeşitli üretim süreçlerinde çeşitli konfigürasyonlar ile akıllı fabrikalarda üretimi daha iyi hale getirmektedir. Bu durum farklı simülasyon modellerindeki üretim süreçlerinin hızını arttırırken kaynak israfının önüne geçmiş olacaktır.
- Robotlar üstlendikleri görevler ile üretim alanında insanüstü performanslar sergilemektedirler. Üretimde kullanılan robotların artması firma için hem maliyet avantajı hem de verimlilik artışı anlamına gelmektedir. Simülasyon ise hali hazırda robot üretimi, gelişimi ve test etme aşamasında kullanılmaktadır. Böylece simülasyon teknolojisi de robotik alan ile entegre olduğu için doğrudan firmalara üretim avantajı sunmaktadır.
- Endüstri 4.0 devriminden önceki devrimlerde seri üretim modeli uygulandığı için kişiselleştirilmiş ürünlerin üretimi imkansız durumdaydı. Geleneksel üretim yapısında üretim arttırıldığında maliyet azalır durumu yani ölçek ekonomisi ilkesine bağılı bir düzen mevcuttur. Günümüzdeki üretim yapısında üç boyutlu yazıcı teknolojisi ve CAD yazılımı ile kişiselleştirilmiş ürünler üretilmekte, bu üretimi gerçekleştirebilmek için ise simülasyon teknolojisi kullanılmaktadır.
- Endüstri 4.0 ile birlikte insansız üretim sistemleri üzerinde gelişme kaydedilmiştir. Arttırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojileri ile simülasyon yapılan çalışmalar sayesinde üretimde insan kaynaklı hataların önüne geçilmesini sağlamıştırdır.

Fabrika ortamı insanlar için tehlikelere açıktır. Simülasyon teknolojisi ile insanlar iş güvenliği eğitimi almakta ve bu eğitim sonunda insanlar iş güvenliğinin yanında makine ve aletleri sanal bir şekilde öğrenerek gerçek uygulamalarda daha başarılı oldukları gözlemlenmiştir.

1.3.11. Yatay ve Dikey Entegrasyon

Endüstri 4.0 öncesi dönem incelendiğinde firmaların bilişim teknolojileri sistemleri genellikle birbirlerine entegre olmadığı görülmektedir. B2B (Business to Business) ve B2C (Business to Customer) organizasyonları bu süreçte zayıf olduğu bilinmektedir. Ayrıca benzer ve farklı şirketler üretimi tasarım ve tedarik süreçlerini bireysel olarak yaptıkları için bu süreçler yorucu olmakla birlikte oldukça maliyetlidir. Endüstri 4.0 devrimiyle birlikte firmalar modern süreçler ile tanışmış ve firmaların departmanları ve organizasyon bölümleri, firmalar arasında işbirliği artmaya başladıkça firmalar arasında aynı zamanda entegrasyon süreçleri de olumlu etkilenmiştir. Entegrasyon süreçleriyle beraber firmalar birçok yeteneğini geliştirirken, üretim sürecini de daha olumlu bir duruma getirmeyi başarmışlardır (Rüßmann ve diğerleri, 2015: 3-4).

Yatay entegrasyon, firmaların kendi içinde veya farklı firmalar ile üretim ve organizasyonlardaki tüm süreçlerde uyumlu bir şekilde ortak hareket etme durumudur. Yatay entegrasyonda, üretim öncesi ve üretim sonrası dahil olmak üzere tüm süreçlerde işbirliği çok önemlidir. Farklı firmalar arasındaki oluşturulan bu bağ firmaların ürün geliştirme, inovasyon çalışmaları, Ar-Ge gibi firmaların gelişimini sağlayan süreçlerin iyileşmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Dikey entegrasyon ise yatay entegrasyondan farklı olarak üretim süreçlerinde yer alan teknolojik ve teknik materyallerin iyileştirilmesi ve firmalar arasında tedarik zincirindeki ihtiyaçların işbirliği içerisinde yapılması konusudur. Bu süreçte üretim alanındaki çeşitli sensörler, robotlar, üretim yönetimi, çeşitli uygulama ve yazılımlar yer almaktadır (Siemens, 2014:10).

Dünyada bu şekilde entegrasyon sağlayan birçok firma bulunmaktadır. Avrupa’da “Dassault Systemes” ve “BoostAeroSpace” adında havacılık alanında faaliyetini sürdüren iki firma Avrupa’da havacılık ve savunma sanayi projelerinde işbirliği için “AirDesign” adını verdikleri bir çalışma platformu kurmuşlardır. Bu platformda firmalar çeşitli işbirliklerinin yanı sıra tasarım ve üretim alanında ortak Ar-

Ge ekipleri kurup, bu çalışmaları bulut bilişim teknolojisi vasıtasıyla bir hizmete dönüştürmüşlerdir. Daha önce bağımsız olarak çalıştıkları karmaşık konuları bu birliktelik sayesinde verimli hale getirmişlerdir (TÜSİAD, 2016: 27).

1.3.12. Arttırılmış Gerçeklik

Arttırılmış gerçeklik tanım olarak kısaca yaşadığımız dünyadaki fiziksel öğeleri dijital ortamda bilgisayar teknolojisi aracılığıyla çeşitli ses ve görüntü teknolojilerini kullanarak canlı bir görsele dönüştürülmesidir. Bununla beraber fiziksel dünyadaki bilgi, arttırılmış gerçeklikle değiştirilebilir ve arttırılabilir hale gelmiştir. Günümüzde birçok şekilde gördüğümüz bu teknoloji özellikle GPS teknolojisi kullanan sistemlerde, barkod etiket sistemlerinde ve özellikle mobil telefon ve tablet gibi cihazlarda sıklıkla karşımıza çıkmaktadır (Craig, 2013: 15).

Şekil 3: Sanal Gerçeklik ve Arttırılmış Gerçeklik Farkı



Kaynak: İçten ve Bal, 2017: 112.

Yeni nesil teknolojilerin kullanımının artması ile beraber arttırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik kullanımının da önemi artmıştır. Ancak arttırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojilerinin hayatımızda daha çok yer alması ile bu iki kavramın ayrımının iyi bir şekilde yapılması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Sanal gerçeklik, fiziksel dünyadan tamamen ayrı bir şekilde kullanıcılara üç boyutlu grafik yazılımlar vasıtasıyla tamamen yapay görüntülerle sanal bir ortam oluşturulur. Arttırılmış gerçeklikte ise sanal gerçeklikten farklı olarak fiziksel dünyanın içinde bilgisayar

teknolojisi yardımıyla gerçek nesnelerin kullanıldığı bir ortam oluşturulmaktadır (İçten ve Bal, 2017: 111-112).

Dijitalleşme, birçok yeni teknoloji gibi arttırılmış gerçeklik teknolojisine olan ilgiyi de arttırmıştır. Bu süreçte uygulamaların kalitesinin artması arttırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanım alanını genişletmiştir. Özellikle firmaların pazarlama departmanlarının inovasyon çalışmalarıyla beraber şehirlerde yer alan afiş ve billboard gibi bunların türevleri arttırılmış gerçeklik teknolojisiyle birlikte tüketicide ilgiyi arttırmayı amaçlamışlardır. Arttırılmış gerçeklik teknolojisi günümüzde hemen hemen tüm sektörlerde kullanılırken özellikle reklam/pazarlama, sağlık, turizm gibi birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır (Pehlivan, 2019).

Arttırılmış gerçeklik teknolojisi birçok alanda kullanıldığı gibi imalat sektöründe faaliyet gösteren firmalar için de birçok avantaj elde etmesini sağlamıştır. Bu teknoloji sayesinde firmalar özellikle katmanlı üretimde ürün ortaya çıkış sürelerini derinlik sensörleri ve kamera teknolojisi vasıtasıyla kısaltılmıştır. Nesnelerin interneti ve arttırılmış gerçeklik teknolojileriyle üretilen nesnelerin üretimden teslimata kadar olan süreçleri mobil uygulama vasıtasıyla erişme imkanına sahip olmuşlardır. Firmaların herhangi bir makinesi arızalandığında sorun tespiti gecikirken günümüzde arttırılmış gerçeklik teknolojisiyle sorun daha hızlı ve efektif bir şekilde ortaya çıkarılmaktadır. Bu durum zaman açısından firmaların üretiminin kesintisini azaltmaktadır. Üretimde arttırılmış gerçeklik ile birlikte eğitim konusunda da gelişme sağlanmış çeşitli simülatör yardımıyla eğitim, görsellik ve öğrenme açısından daha iyi bir seviyeye gelmiştir (Marsh, 2017).

1.3.13. Karanlık Fabrikalar

Endüstri 4.0 devriminden önceki devrimlerde üretim alanında insan faktörü işin merkezinde yer alırken, Endüstri 4.0 devriminden sonra bu durum yavaş yavaş insansız üretimi hedef alan yapıya kaymıştır. Bu üretim modelini baz alarak daha önce de örnekleri olan karanlık üretim veya karanlık fabrika adı altında üretim modeli geliştirilmiştir. Karanlık fabrika tanım olarak kısaca kontrol mekanizmasının bilgisayar tarafından sağlandığı, üretimde kontrolün insansız olarak sürdürüldüğü bir üretim yapısını ifade etmektedir (Akben ve Avşar, 2018: 31-32). Bu üretim modeline karanlık üretim veya karanlık fabrika ismi verilmesinin birçok sebebi bulunmaktadır. Bu üretim modelinde insan gücü bulunmamakla birlikte üretim tamamıyla robot

cihazlar ile yapılmaktadır. Bu fabrikalarda olan üretimde saat fark etmediği için otomatikleşen bir üretim anlayışıyla ışık olmadan da üretim yapılabilmektedir (Alkan, 2018).

Karanlık fabrikalar ve akıllı fabrikalar sistemleri bu dönemin en önemli kazanımları arasında yer almaktadır. Bu iki farklı teknolojiyle bürünmüş olan üretim anlayışı zaman zaman birbirleri ile karıştırılmaktadır. Bu iki farklı üretim sistemi gerek üretim yapısı gerekse çalışma disiplini olarak birbirlerinden tamamen farklıdır. Akıllı fabrikalarda robot egemen bir üretim yapısı olsa da minimum bir nitelikli bir işgücü personel üretimde mutlaka yer almaktadır. Karanlık fabrikalarda ise üretimde makine sistemlerinin birbirine bağlı olduğu tamamen insansız bir üretim anlayışı söz konusudur (Tomas, 2017).

Endüstri 4.0 ile birlikte sanayi sektörü üretim yapısında değişimler yaşanmıştır. Karanlık fabrikalar ise değişimin en somut örneklerinden bir tanesidir. Üretimde zaman zaman yaşanan problemlere karşı üretilen anlık çözümler, ışıksız bir üretim ortamı, 7 gün 24 saat kesintisiz bir üretim yapısı bu fabrikaların en temel özelliğidir. Birçok yeni teknolojinin yer aldığı bu sistemde siber fiziksel sistemler ve yapay zeka teknolojileri üretim akışında önemli bir yere sahiptir. Bu üretim yapısı ile birlikte siber fiziksel sistemler makinelere tam anlamıyla hakimiyet kurarken, yapay zeka teknolojisi de makinelere çeşitli beceriler vererek makinelerin insan zeka ve becerilerine yaklaşmasını sağlamaktadır (Gökten, 2018: 890-891).

Karanlık fabrikalar, üretimde devrim niteliğinde yeni metotlar geliştirmekle beraber bu üretim yapısını kullanan firmalara önemli avantajlar sağlamaktadır. Standart fabrikalarda aydınlatma ve havalandırma sistemleri yer alırken karanlık fabrikalarda bu iki unsur yer almamakta bu durum firmalara maliyet avantajı sunmaktadır. Çalışma saatlerinin fazla olması sebebiyle daha fazla arz sunulmaktadır. İşgücü maliyeti karanlık fabrikalarda yer almazken, bu fabrikalarda insansız üretim olduğu için iş kazaları çeşitli sorunlar olmamaktadır (Retmes Manufacturing Intelligence, 2020).

1.3.14. Öngörücü Bakım

Endüstri 4.0 ile birlikte endüstriyel teknolojilerin gelişmesi ve buna bağlı olarak üretim gücünün artması firmalar için yeni onarım ve bakım stratejilerinin gelişmesine sebep olmuştur. Bu dönemde öngörücü veya kestirimci bakım adı

verilen görüş yeni trend olmuştur. Öngörücü bakım, makine ve bunların bileşenlerinin kullanımlarına bağlı olarak çeşitli analizler ile herhangi bir arıza çıkarmadan önce çeşitli yöntemler ile tahminleme yaparak sorun tespiti yapılması durumudur. Öngörücü bakımın en önemli iki hedefinden birincisi, kullanılan makine ve bileşenlerin gelecekte oluşması muhtemel arızayı önceden tespit etmek, ikincisi ise gelecekteki muhtemel arızayı tespit edip bu arızanın ileride daha büyük sorunlara yol açmasını önlemektir (Gürsoy ve diğerleri, 2019: 60).

Günümüzde firmalar öngörücü bakımın yararlarından faydalanmak için bu alana yatırımlarını arttırmaktadırlar. Öngörücü bakım veri toplama, veri işleme ve bakım konusunda karar verme olarak üç ana aşamadan oluşmaktadır (Selçuk, 2017: 1671). Öngörücü bakımın başarıya ulaşabilmesi için uygulayıcıların tahmin yeteneğinin yüksek performans ile çalışması gerekmektedir. Bunun için birçok teknolojik bileşenin görevi vardır. Nesnelerin interneti, dikey ve yatay entegrasyon ve yapay zeka gibi Endüstri 4.0 ile birlikte gelişen teknolojiler öngörücü bakımın veri analizi ve tahmin yeteneğinin başarıya ulaşmasında büyük role sahiptir (Brzozowska, 2020).

Öngörücü bakım günümüzde bakım alanında en son yenilik olarak kabul edilmektedir. Geleneksel bakım anlayışlarından biri olan önleyici bakıma nazaran bu görüş sektöre birçok yenilik sunmuştur. Önleyici bakımda kullanılan makine ve bileşenlerin bakımı üreticilerin talimatlarına göre veya bakım mühendislerinin tecrübelerine göre yapılmaktadır. Kısaca önleyici bakım, cihazların bakımlarını zaman esas alınarak yapılan plan bakım sürecidir. Geleneksel bir yaklaşım olan önleyici bakım yaklaşımının öngörücü bakım yaklaşımına göre en temel dezavantajları planlanan zaman öncesi çıkan arıza ve sistem bakımı esnasında uzayan tamir süreçleridir. Bu iki olumsuz durum işlerin aksamasına ve firmanın ekonomik açıdan da sıkıntıya girmesine neden olur (Kimos, 2009).

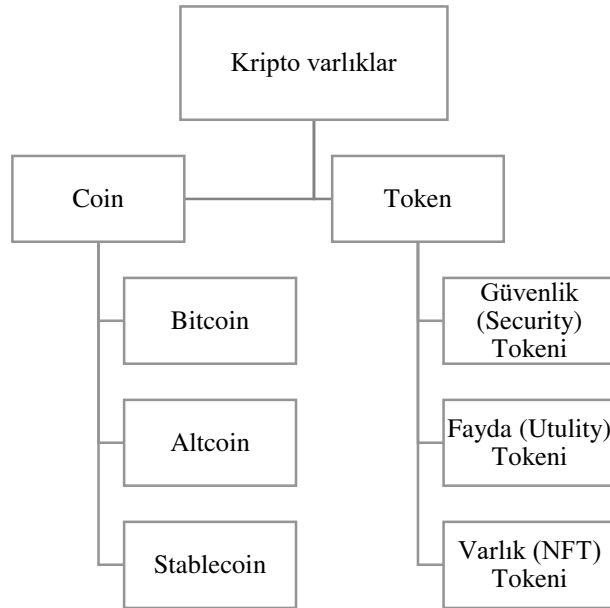
Öngörücü bakım birçok avantajı ile cihaz bakımı konusunda firmalara fayda sağlamayı başarmıştır. Cihazların yapacağı arızaları tespit ve ona en uygun çözümü üretme, veri analizi sayesinde bakım çözümleri için çeşitli tahmin modelleri kullanıp sorun tespiti yapabilme gibi birçok fayda sağlamaktadır. Böylece firmalar için rutin ve masraflı olan bakım maliyetlerini azaltıp iş akışında süreklilik sağlamaktadır (Arıksoy, 2017).

1.3.15. Blockchain ve Kripto Para

2008 yılında kişi veya bir grup tarafından “Satoshi Nakamoto” ismiyle “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System” adında bir makale kaleme alınmıştır. Bu makalede içerik olarak “Bitcoin” ve “Blockchain” kavramları ilk kez yer alırken genel olarak bankacılık sisteminin sorunlarından ve tanıtılan yeni sistemin işleyişinden bahsedilmiştir. Makalede Bitcoin sisteminin Blockchain teknolojisinden türetildiği daha sonra adına kripto para da denilen bu mekanizmanın finansal sistemde olduğu gibi üçüncü bir taraf yerine aşamalı bir şifreleme sisteminin olduğu ve bu sistemin daha güvenilir ve şeffaf bir sistem olduğu ifade edilmiştir (Nakamoto, 2008: 1).

Kripto varlıklar herhangi bir ulusal veya uluslararası bir merkeze bağımlı olmamakla birlikte kullanıcıların karar süreçlerinde karşılıklarına farklı türlerde çıkmaktadır (Elliot ve Lima, 2018:3). Kripto varlıklar genel olarak coin ve token olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Tablo 9’da da belirtildiği üzere coinler sınıfı, Bitcoin, altcoin ve stable coin olmak üzere üç ana grubu ayrılırken, token sınıfı ise güvenlik (security) tokeni, fayda (utility) tokeni ve varlık (NFT) tokeni olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Kamu Gözetimi Kurumu, 2021).

Tablo 9: Kripto Varlıkların Sınıflandırılması



Kaynak: Kamu Gözetimi Kurumu. 2021.

Şekil 4: Piyasa Değeri Olarak En Yüksek İlk 20 Kripto Para Birimleri

#	İsim	Sembol	Fiyat (USD)	Piy. Değ.
1	 Bitcoin	BTC	41.266	\$786,62B
2	 Ethereum	ETH	2.715,7	\$326,67B
3	 Tether	USDT	1,0004	\$79,54B
4	 BNB	BNB	393,7	\$65,25B
5	 USD Coin	USDC	0,9999	\$53,19B
6	 XRP	XRP	0,73604	\$35,37B
7	 Terra	LUNA	89,552	\$33,36B
8	 Cardano	ADA	0,8806	\$29,75B
9	 Solana	SOL	91,804	\$29,28B
10	 Avalanche	AVAX	80,86	\$21,44B
11	 Binance USD	BUSD	0,9999	\$18,00B
12	 Polkadot	DOT	17,23	\$17,10B
13	 Dogecoin	DOGE	0,12726	\$16,90B
14	 SHIBA INU	SHIB	0,0000249	\$13,64B
15	 TerraUSD	UST	1,004	\$13,45B
16	 Polygon	MATIC	1,538	\$11,67B
17	 Wrapped Bitcoin	WBTC	41.244	\$10,98B
18	 Cronos	CRO	0,4179	\$10,60B
19	 Dai	DAI	1,00135	\$9,63B
20	 Cosmos	ATOM	33,554	\$9,50B

Kaynak: Investing, 2022.

Bitcoin platformu, Blockchain teknolojisinin türettiği ve en çok bilinen kripto para birimidir. Bitcoin geleneksel para birimlerinin para transferlerine göre ücretsiz ve kullanımı daha basit olma özelliği taşımaktadır. Bitcoin platformuna dahil olan kişilerin sistem üzerinden oluşturdukları dijital cüzdanları bulunmakta, bu cüzdanlar kişilerin platformdaki kimlikleri olmaktadır. Kullanıcıların açık anahtar ve kapalı anahtar olmak üzere iki adet şifre sistemi bulunmaktadır. Açık anahtar, kişilerin transfer yapacağı sırada paylaştığı bir cüzdan adresi iken kapalı anahtar ise kişiye özel oluşturulan ve paylaşılmaması gereken bir cüzdan adresidir (Usta ve Doğantekin, 2017: 64-65).

Blockchain teknolojisi kullanıcılara birçok yenilik sunmasının yanı sıra birçok fayda da sağlamaktadır. Blok zincirlerdeki kayıtlı bilgiler tüm kullanıcılar tarafından ulaşılabilir ve Blockchain altyapısı bu bilgilere yapılabilecek olan siber saldırılara karşı şifrelenmiş sistemi sayesinde bu tür saldırılara karşı dayanıklıdır. Bu durum kullanıcılara şeffaf ve güvenli işlem deneyimi sunmaktadır. Sistem bankalar gibi birçok aracı kurum ve kuruluşlara ihtiyaç olmadan gerçek kullanıcılar ile maliyeti ortadan kaldırarak bir ağ oluşturmaktadır. Bu durum aynı zamanda işlem süresini azaltmakta ve çalışma saatleri dışında da işlem yapmayı vaat etmektedir. Ayrıca Blockchain teknolojisi sayesinde yapılacak çeşitli işlem ve ödemelerin otomasyon sürecine geçmesini sağlamaktadır (Bozdağ, 2020).

1.4. DÖRDÜNCÜ ENDÜSTRİ DEVRİMİNİN İSTİHDAM ÜZERİNE ETKİLERİ

Endüstri 4.0 devriminden önce yaşanan endüstri devrimlerinde artan verimlilik neticesinde teknolojik değişimde etkisiyle ülke ekonomisinde bir refah artışı gerçekleşmiştir. Gerçekleşen bu refah artışı ile birlikte hem sanayi hem de hizmet sektöründe yeni girişimler ortaya çıkmış ve oluşan bu yeni girişimler sayesinde yeni istihdam alanları oluşmuştur. Geçerliliğini yitiren iş alanları yerini yeni teşebbüslere bırakmış ve bu durumun da etkisiyle uzun vadede işgücü istihdamı artış göstermiştir. Bu durumdan hareketle Endüstri 4.0 devriminin yaratacağı gelişmeler arasında yeni iş alanlarının oluşması ve bu iş alanlarıyla beraber işgücü piyasasının değişime uğraması beklentiler arasındadır (OECD, 2015: 17-26).

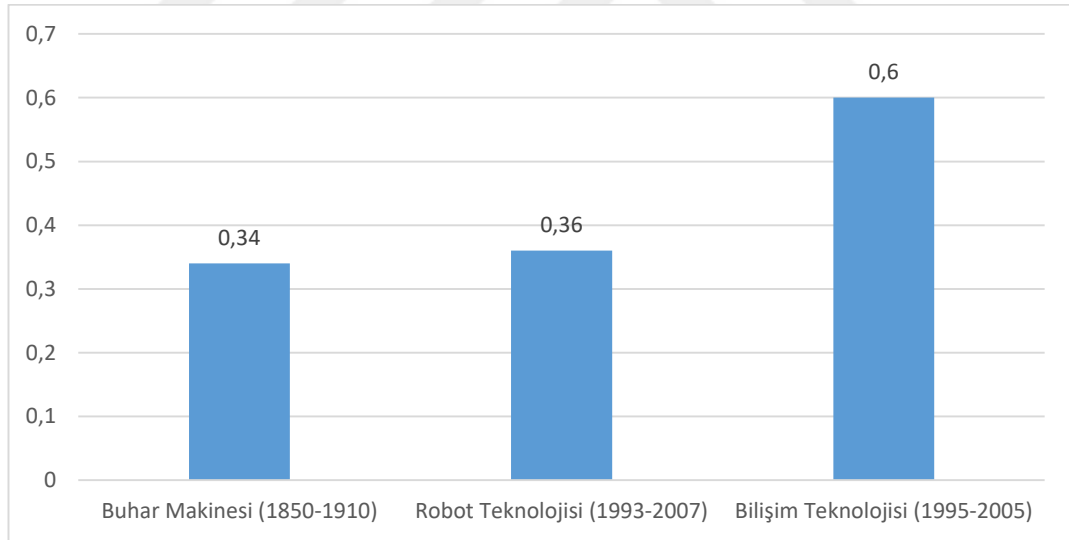
Endüstri 4.0 devriminin yarattığı etkiler birçok alanda hissedilirken, istihdam konusu bu devrimin en önemli etki alanlarından bir tanesidir. Bu alanda birçok çalışma yapılmış ancak Endüstri 4.0 devriminin işgücü piyasası ve istihdam konusunda ortak kanıya varılamamıştır. Dijitalleşmenin yaratmış olduğu üretim alanında ne kadar insan olacağı ve makineleşme oranı gibi farklı şekilde kombinasyonlar yapılmıştır. Daniel Buhr, bu konuyu üç farklı senaryo ile ele almıştır (Buhr, 2017: 8):

- **Otomasyon Senaryosu:** Bu senaryoda siber fiziksel sistemlerin önemi büyüktür. İnsanlar sistemin talimatlarıyla hareket eder ve teknoloji üretim alanında kontrol mekanizmasının başında yer alır. Düşük vasıflı işgücü bu sistemde yer alır.

- **Hibrit Senaryo:** Bu senaryoda ise insan ve makine arasında işbirliği söz konusudur. Üretimin neredeyse tüm aşamaları ortak bir şekilde gerçekleştirilir.
- **Uzmanlık Senaryosu:** Otomasyon senaryosunun tam tersi bir senaryodur. Sistem kullanımı nitelikli işgücü tarafından yapılırken, siber fiziksel sistemler önemli bir yardımcıdır. Düşük vasıflı işgücü istihdamı kısıtlanırken, makinelerin üretim aşamasındaki rolü artmaktadır.

Endüstri devrimlerinin neticesinde dönemin teknolojik yeniliklerini kullanan firmaların bu teknolojileri kullanmayan veya daha az kullanan firmalara göre daha fazla üretimde verim aldıkları ortaya çıkmıştır. Grafik 5'te de belirtildiği gibi bilişim teknolojisinin işgücü verimlilik konusunda buharlı makine ve eski nesil robot teknolojisinin toplamından daha fazla ekonomiye katkı sağladığı görülmektedir (Muro ve Andes, 2015).

Grafik 5: Yıllık Bazda İşgücü Verimliliğin Artışına Eski ve Yeni Teknolojilerin Katkısı (%)



Kaynak: Muro ve Andes, 2015.

Endüstri 4.0 kapsamında üretim alanında oluşabilecek gelişmelerin ve yenilenmelerin etkisi ile özellikle istihdam konusunda ve çalışma hayatında birçok değişimin gerçekleşmesi beklenmektedir. Bu doğrultuda değişimler şu şekilde sıralanabilir (Asiltürk, 2018: 537-539):

- Robot teknolojilerin gelişmesiyle birlikte üretim alanındaki çalışanlar için çalışma koşulları iyileşecek ve böylelikle fiziksel çalışma zorlukları ortadan kalkması beklenmektedir.
- Ofis ortamında çalışma biçimleri farklılaşacak, organizasyonun gelişmesiyle ekipler kendi uzmanlık alanlarında mesai yapacaktır. Bulut sistemlerin ve bilgisayar programlarının gelişmesinin sonucunda mesai saati kavramını değiştirilip, uzaktan erişim ile evde çalışma yaygınlaşması beklenmektedir.
- Bilişim teknolojilerinin istihdam alanına girmesiyle beraber işgücü istihdam tarafında yazılım ve donanım bilgisi çalışanlar için önemli bir özellik olarak beklenmektedir.
- Nitelikli veya düşük vasıflı çalışanlardan dijitalleşmenin de etkisiyle teknoloji alanında bilgi ve yetkinlik özellikleri aranması beklenmektedir.
- Endüstri 4.0 devriminin de etkisiyle yeni mesleklerin de doğuşu beklenirken özellikle veri bilimi, internet teknolojileri, bilgisayar teknolojisi, bulut bilişim ve siber güvenlik gibi birçok alanda yeni meslekler doğacaktır.
- Akıllı fabrika girişimleri ile beraber düşük vasıflı işgücü istihdam kaybına uğrarken, onların yerini robot teknolojisi alması beklenmekte ve bu durumun nitelikli işgücü sınıfının istihdamını artırması beklenmektedir.

1.4.1. İşgücü Piyasası

Endüstri 4.0 devriminin başlangıç sürecinden günümüze kadar olan döneminde hem küresel hem de ulusal bazda birçok alanda önemli değişimler gözlemlenmektedir. Bu süre zarfında ülke hükümetleri teknolojik değişimlerin yaratacağı sonuçları analiz etmesinin yanı sıra demografik sorunlar, küresel iklim değişikliği, işgücü üzerindeki etkiler gibi birçok değişkeni kontrol altına almak için yoğun çaba göstermektedir. Geçmişte yaşanan endüstri devrimlerinde de farklı sorunlar ile mücadele edilse de istihdam alanındaki değişimler tüm endüstri devrimlerinde ortak değişken olarak karşımıza çıkmıştır. Bu doğrultuda OECD 2019 yılında yaptığı istihdam raporuna göre, istihdam alanında birçok görüş tarafından bildirilen olumsuz yorumlara rağmen son on yılda istihdamın kademeli bir şekilde arttığı belirtilmiştir (OECD, 2019: 6).

Endüstri 4.0 devriminin getirdiği teknolojik gelişmeler ve yenilikler işgücü piyasası üzerinde değişimler meydana getirmiştir. Özellikle sermayeyi elinde bulunduran gelişmiş Avrupa ülkeleri bu konu hakkında ciddi yatırımlar yapmış, Endüstri 4.0 devriminde kadar ki süreçte işgücü istihdamı azalan ülkeler bu devrimi bir çıkış yolu olarak görmüşlerdir. Avrupa Birliği (AB) tarafından 2020 senesi için bildirilen raporda, gelişmiş ülkelerin yeni üretim yapısı ile birlikte bilgi teknolojilerini arttırması, sektörel bazda yenilikler yapması, kullanılan makine ve ekipmanların gelişimini sağlaması, üretim artışına bağlı olarak istihdam artışını gerçekleştirmesini beklemektedir. Böylelikle yeni üretim yapısı ve yeni meslekler ile beraber işgücü açığı oluşturulup, istihdamın arttırılması ve bu durumun işsizliği de azaltması beklenmektedir (Bağcı, 2018: 126).

İşgücü piyasasında yaşanan değişimler her sanayi devriminde farklılaşırken bu devrimde ise insan ve makine arasındaki entegrasyonun boyutu bu devrimi diğer devrimlerden ayıran en önemli farklılıklardan bir tanesidir. Bu süreçte bu entegrasyonun en yoğun yaşandığı üretim tesislerinde istihdam oranının azaldığı gözlemlense de genel olarak yeni iş kollarının gelişmesiyle birlikte bu durumun geçici olma ihtimalini güçlendirmektedir. Üretilen her bir robot üretimde verimlilik artışına sebep olurken özellikle akıllı fabrika denilen tesislerde bu doğrultuda nitelikli personelin önemi de artmıştır. Bu durum insan ve robot işbirliğinin Endüstri 4.0 devriminin en önemli kazanımları arasında gösterilmektedir (Şendoğdu, 2020: 169).

Dijitalleşmenin tüm alanlara yayıldığı dünyada bu gelişmenin işgücü ve istihdam üzerinde de etkili olduğu yadsınamaz bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır. Teknolojinin işgücü piyasalarına etkileri olumlu ve olumsuz yönleri bağlamında birçok görüş incelemiştir. Olumlu görüş etrafında birleşenlerin temel argümanları üretimin artacağı, gelişen ve modernleşen ürünlere olan talebin artacağı ve bu durumun istihdam artışına sebep olacağı ve yeni mesleklerin doğuşunun da getirdiği istihdam artışı olacağı gibi gelişmeleri beklemektedirler. Olumsuz yönde görüş bildirenler ise makineleşme ve robot teknolojilerin üretimde kullanılmasıyla birlikte istihdam kaybı, düşük vasıflı işgücünün eğitim sürecinin zor olacağı ve bu durumdaki insanların üretim alanı dışında kalacakları görüşünü belirtmişlerdir (Schwab, 2016: 38-39).

1.4.2. Riskler ve Çözüm Önerileri

Endüstri 4.0 devriminin getireceği olumlu etkilerin yanı sıra olumsuz etkiler de belirtilmiş, bu görüşlerin ana eksenini oluşturan unsurlar ise sermayenin önem kazanacağı, emeğin önemini yitireceği konusu ve düşük vasıflı işgücünü oluşturan insanların teknolojinin gelişmesiyle birlikte üretim dışında kalacağı konusudur. Bu devrimin istihdam üzerindeki risklerini oluşturan en önemli gelişme teknolojik gelişme ve bilişim teknolojilerinin üretim alanında yaratacağı etkidir. Teknolojik gelişmeler ile birlikte maliyetlerin ve üretim tekniklerinin yenilenmesiyle hata payının azalacağı, verimliliğin artacağı ve bu durumun istihdamı da azaltacağı varsayılmaktadır. Bir diğer görüş ise teknolojik devrimin nitelikli çalışan işgücünün önemini arttıracığı, düşük vasıflı işgücünü üretim alanı dışına iteceği görüşüdür (Doğru ve Meçik, 2018: 1587).

Ayrıca bilgi teknolojilerinin yükselmesiyle birlikte üretimde makineleşme ve robotik teknolojilerin kullanımı artması beklenmekte, bu durumun kısa vadede de olsa oluşturacağı etki milyonlarca çalışan insanın işsiz kalacağı gerçeğidir. Bu durumdaki insan topluluğunun başka sektörlere kaydırılmasının gerekli eğitim ve öğretim dışında zor olması işsizliğin artması ve çatışma zemini oluşturmaya sebebiyet verecektir (Wisskirchen ve diğerleri, 2017: 116).

Bir diğer görüşe göre Endüstri 4.0 devriminin önemli yeniliklerinden biri olan akıllı fabrikalar ve robot teknolojisinin gelişmesi ile birlikte düşük vasıflı işgücüne olan ihtiyacın azalması beklenmekte ve bu doğrultuda bahsedilen işgücünün eğitimi ve farklı sektörlere kaydırılması beklenmektedir (Banger, 2018: 9). Bu sürecin belirli bir zaman dahilinde olacağı bilindiğinden dolayı teknolojik dönüşüm sürecinin yavaşlatılması da birçok görüş tarafından ele alınan konular arasındadır. Endüstri 4.0'ın yaratmış olduğu yenilenme ve dönüşüm süreçleri bu işlerde çalışacak işgücünün uzman kişilerden oluşacağı belirtilirken, bu kişilerin sistem ve donanımlarının belirli bir eğitim sürecinden sonra oluşacağı öngörülmektedir. Bu doğrultuda kişilerin hayatlarını sürdürebilmeleri için hükümetlerin bu süre zarfında insanlara destek olması gerekmektedir (Harari, 2018: 48).

2016 yılında Citigroup şirketi ile Oxford Üniversitesinin ortak hazırladığı bir raporda Citi Araştırma Grubu tarafından katılımcılara bir anket yapılmış, soruda “Emek ve servet dağılımını etkileyen otomasyon risklerini dengelemek için hangi

politikaların etkili olması muhtemeldir?” şeklinde soru sorulmuştur. Katılımcıların vermiş olduğu yanıtlar şu şekilde sıralanmaktadır (Citi GPS, 2016: 4):

- Eğitim alanına yatırım yapılması
- Girişimcilik konusunda teşvikin artırılması
- Aktif işgücü piyasası konusunda uygulanacak politikalar geliştirilmesi
- İnovatif yatırımları ve istihdamı arttıran uygulamalara finansman desteğinin sağlanması
- Yüksek gelir sınıfını oluşturan hanelere yüksek, düşük gelir sınıfını oluşturan hanelere düşük vergi uygulanması
- Emek ve sermaye vergisinde adalet sağlanması
- Otomasyon uygulamasına ilişkin yasal düzenlemeler yapılması
- Vatandaşlar için temel geçim kaynağı konusunda yardım edilmesi
- Arz politikalarında düzenlemeler yaparak tüketici talebinin canlandırılması

Yeni üretim modeli ne kadar robot teknoloji ve otonom sistemlerden kurulu bir düzende olsa da tamamen insansız bir üretim modeli değildir. Bu durum doğrultusunda üretim insan ve robot ilişkisinin ön planda tutulduğu, nitelikli işgücü istihdamının artırıldığı bir sistem üzerine kurulmaktadır. Düşük vasıflı işgücünün istihdamının azalması beklenen bir durum olmakla birlikte emek-yoğun üretim modelinin ağırlıkta olduğu ülkelerin zor durumda kalması öngörülmektedir. Bu durum uygulanacak politikalar ve yatırım planları ile birlikte ülkelerin Endüstri 4.0 devrimine yumuşak bir geçiş ile de olsa adapte olması beklenmektedir (Satı, 2019: 33).

1.4.3. Yeni Meslekler

Endüstri 4.0'ın getirmiş olduğu dijitalleşme ile birlikte imalat sanayi çalışanlarının büyük bir bölümünün değişim ve dönüşüm sürecine girmesi muhtemel gözükmektedir. Özellikle düşük vasıflı işgücünün yerini hızla robot teknolojilerin ve otomasyonun alması beklenmekte, ancak bu durumdan nitelikli işgücünün çok az etkilenmesi birçok görüş tarafından bahsedilmektedir. Bu doğrultuda 2016 yılında Dünya Ekonomik Forumu tarafından “The Future of Jobs” adında bir rapor yayımlanmış ve kısaca aşağıda belirtilmiştir (World Economic Forum, 2016):

- Bilişim teknolojilerinin yanı sıra robotik, katmanlı imalat, nano teknoloji, biyo teknoloji ve yapay zeka gibi teknolojilerin de üretim süreçlerine katılması ile birlikte üretimde yeni iş modelleri oluşması beklenmektedir.
- Oluşan yeni iş modellerinde yer alacak işgücünün yetenekleri ile mevcut işgücü arasında önemli farklar oluşacaktır.
- Veri bilimi geleceğin meslekleri arasında önemli bir konuma sahip olacaktır.
- Teknolojik dönüşüm ile birlikte dünyada hizmet sektöründe önemli değişimler yaşanacaktır.

Şirketler bu süreçte daha çok teknik işlerde becerikli ve bilişim teknoloji alanlarında uzmanlaşmış kişileri istihdam etme yoluna girmesi beklenmektedir. AB ülkelerinde işgücü piyasalarında 2020 yılına kadar ki süreçte yaklaşık olarak 825.000 yazılım uzmanı ihtiyacı doğması beklenmekte, bu ihtiyacı ise daha çok veri bilimi analistleri ve siber güvenlik uzmanları ile istihdam edileceğinden bahsedilmektedir (Davies, 2015: 6-7).

Nitelikli işgücünün açığının oluşması dijitalleşmenin getirdiği bir gelişme olmakla birlikte bu açığın kapanabilmesi için üniversiteler ve çeşitli bilim kuruluşları yeni iş kollarının geliştirilebilmesi için çeşitli meslek dallarını öğrenime sunmuşlardır. Tablo 10'da bu mesleklere ilişkin tanıtım ve özellikler belirtilmiştir. Bu yeni iş kollarının bazıları eskiden de olmasına rağmen günümüze uyarlanmıştır (Şener ve Elevli, 2017: 30).

Tablo 10: Yeni Meslek İş Kolları

Meslekler	Görev Tanımları
Endüstriyel Yazılım Mühendisliği	Endüstriyel çözümleme ve çeşitli temel yazılım bilgisi Endüstrideki güncel gelişmeleri takip ve çözümleme yeteneği
Robot Programcısı	Robotlara iş öğretisi ve program yüklemesini sağlamak Gerektiğinde robotlara tamir ve bakım yapmak
Bulut Sistemleri ve Nesnelerin İnterneti Çözüm Mimarı	Kullanılan cihazların ağ iletişiminin sağlanması Verilerin depolanması için gerekli altyapının sağlanması Bilişim teknolojilerine hakim olma
Endüstriyel Veri Analizcisi	Verileri analiz etme ve verilerin işlenmesini sağlama Veri madenciliği, büyük veri ve yapay zeka teknolojilerine hakim olma
Üretim Teknolojileri Uzmanı	Üretimde süreç analizi, simülasyon bilgisi ve bunların optimizasyonunun sağlanması Üretim süreçlerinin planlamasının yapılması
Veri Güvenliği Uzmanı	İnternetin zor anlaşılan alanlarını çözümlemesi Siber saldırılara karşı cihazları koruması Veri bilimi bilgisi ve planlama yetisinin olması
Ürün Tasarımcısı ve Üreticisi	Üç boyutlu yazıcı kullanımı Tasarım programlama bilgisinin olması Tasarım yeteneği ve kişiselleştirilmiş ürün modeli üretme

Kaynak: Şener ve Elevli, 2017: 30-33.

İKİNCİ BÖLÜM

ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMININ ÜLKE ÖRNEKLERİ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Endüstri 4.0 devrimi ülkelerin başta üretim yapısı olmak üzere sosyal ortamı, tüketim tercihleri ve istihdam yapısı gibi birçok etken üzerinde etkili olmaya devam etmektedir. Endüstri 4.0 devrimi Almanya’da ortaya çıktıktan sonraki süreçte önce gelişmiş ülkeleri etkilerken, daha sonra gelişmekte olan ülkeleri de etkisi altına almış ve bu devrimin yatırımları ilk etapta çoğunlukla kamu tarafından karşılanmıştır. Sonraki süreçlerde ise yatırımlar özel sektör tarafından da desteklenmiştir.

Endüstri 4.0 süreci kamu ve özel sektörün işbirliği ile önemli ölçüde gelişirken, Endüstri 4.0 devrimini özellikle gelişmiş ülkeler nezdinde incelenmesi bu devrimi anlamak için çok önemlidir (Sayar ve Yüksel, 2018: 93-95). Bu ülkelerin kamu ve özel sektör planlamaları, araştırma ve geliştirme faaliyetleri, teknolojik projeleri ve stratejileri gibi dijital dönüşüm süreçleri yalnızca bu ülkeleri değil bu devrime ilgi duyan diğer gelişmekte olan ülkeleri de ilgilendirmektedir.

Dördüncü endüstri devriminin başta Almanya, Japonya ve ABD (Amerika Birleşik Devletleri) olmak üzere diğer gelişmiş ülkeler ve Çin’in gerek Endüstri 4.0 uygulamaları gerekse de mevcut yatırımları aracılığıyla bu devrimin gelişiminde önemli rol üstlenmişlerdir (Kagermann ve diğerleri, 2016: 37). Güney Kore ağırlıklı olarak Endüstri 4.0 devriminin önemli teknolojilerinden olan robotik ve otonom sistemler üzerine bir üretim yapısı planlarken, Almanya ve ABD’nin temel stratejisi küresel bazda imalat sanayisi verimliliğinde lider olma hedefi bulunmaktadır. Fransa ve Japonya ise imalat sanayisinde dijital dönüşümüne odaklanmıştır (Berger, 2016: 8). Diğer taraftan ABD, Güney Kore ve Avustralya ülkeleri Endüstri 4.0 devriminin gelişimiyle beraber eğitim müfredatında değişime giderek eğitimde günümüz şartlarını da gözetererek bir eğitim sistemi geliştirme yolunda önemli aşamalar kaydetmiştir (European Parliament, 2015: 50). Ayrıca geçmiş endüstri devrimlerinin gelişiminde önemli bir paya sahip olan Birleşik Krallık’ın da Endüstri 4.0 devriminde incelenmesi gereken diğer bir ülkedir.

Bu bölümde bahsedilen gelişmiş ülkelerin Endüstri 4.0 hazırlıklarından, gelişmiş süreçlerine ve yapmış oldukları yatırımlardan bahsedilirken, son on yılın ekonomik göstergeleri incelenecek ve ülkelerin gelecek perspektifleri ele alınacaktır.

2.1. AMERİKA BİRLEŞİK DEVLETLERİ

Endüstri 4.0 devrimi 2011 yılında Almanya'nın Hannover kentinde düzenlenen fuarda bir girişim fikri olarak ortaya çıkmış ve daha sonra bu fikir Alman hükümetinin de sanayi stratejisi olmuştur. Endüstri 4.0 fikri daha sonra Alman hükümetinin de desteğiyle Endüstri 4.0 platformu olarak geliştirilmiş ve bu platform birçok ülke tarafından ilgi duyulmuştur. Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Endüstri 4.0 devrimini ilk etapta anlama ve araştırma yoluyla inceleme altına almıştır. Bu doğrultuda ABD hükümeti, üretim standartlarının geliştirilmesi ve üretimde sürdürülebilirliğin artırılması yolunda çeşitli araştırmalar yapmıştır. Tüm bu gelişmeler ışığında, ABD'nin yeni üretim devrimine uygun yaptığı hazırlıkları aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür (Ridgway ve diğerleri, 2013: 12):

- Üretimde dijitalleşmeyi odağına alarak robot teknolojisi ve simülasyon gibi yeni nesil teknolojileri imalat sanayisinde kullanarak otomasyonu geliştirmek, ürün ve üretim alanında yapılacak dönüşümler ile beraber üretimde devrim yapmak hedeflenmektedir.
- Yeni gelişen teknolojilerin ve çevreye duyarlı malzemelerin üretim sahasına entegre edilmesi ile birlikte eski üretim yapısından yeni üretim sistemlerine geçişi hızlandırılacaktır.
- Yeni üretim sistemleriyle, demografik yapı da göz önüne alınarak, bu alanda faaliyet gösteren çalışanların yeni sisteme entegre olmaları beklenmektedir.
- Özelleştirilmiş ve kişiselleştirilmiş ürün üretimi modeli için esnek üretim sistemlerinin başta imalat sanayi olmak üzere tüm sanayi kollarının üretim modeli olması üzerinde durulmaktadır.
- Küresel pazara sunulan nitelikteki üretilen ve geliştirilen ürünlerin korunması ve replika ürünlerin piyasadan uzaklaştırılması için yasal zemin oluşturulmaktadır.
- Akıllı fabrikaların yapımına hız verilmekte ve bu fabrikaların sistemlerinde yer alan siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, simülasyon teknolojileri gibi yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve bu teknolojilerden verim alınabilmesi için çalışmalar yapılmaktadır.

- Sürdürülebilir kalkınma hedefiyle birlikte yeşil teknolojiye olan ilgi arttırılmış, aynı zamanda nano teknoloji ve biyo teknoloji gibi teknolojilerin üretim süreçlerine dahil edilmesi ile birlikte sürdürülebilir kalkınma planlanmaktadır.
- İmalat endüstrisine alternatif ve esneklik kazandırılabilmesi için üretim alanında kullanılan malzeme ve enerji çeşitliliğinin arttırılması önem kazanmıştır.

2011 senesinde ABD’de “Bilim ve Teknoloji Danışmanları Konseyi” adında bir oluşum kurulmuş ve bu oluşum ABD’nin imalat sanayisinde tekrar dünya lideri olabilmesi amacıyla bir rapor hazırlamıştır. Raporda imalat sanayisindeki başarının araştırma ve geliştirme harcamasının artmasıyla doğru orantılı olduğu ve bu süre zarfında ABD’nin araştırma ve geliştirme harcamalarını arttırarak bu konuda en önemli rakipleri olan Almanya, Çin ve Japonya gibi küresel rekabet sürecinde söz sahibi ülkeleri yakalayabileceğini belirtmiştir. Raporda yer alan bir diğer ifadeye göre üretimde geleneksel yöntemler yerine, imalat sanayisinde gelişmenin sağlanabilmesi için otomasyon ve bilgiye dayalı özellikle de fiziki ve biyolojik bilimler ışığında yeni yöntemler kullanılması ve bu doğrultuda yeni teknolojiler ile birlikte yeni ürünlerin üretebilme sürecinin gerçekleştirebilmesi beklenmektedir (Yönetimde İnsan, 2018).

Tüm bu gelişmeler ile birlikte 2011 yılında İleri İmalat Ortaklığı (Advanced Manufacturing Partnership -AMP) adında kurulan oluşum, 2012 yılında ABD’nin tekrar üretimde küresel rekabette tekrar üstün olabilmesi için bir rapor hazırlamış, hazırlanan bu rapordaki bazı öneriler aşağıda belirtilmiştir (Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018: 48-49):

- İmalat sanayisinde lider konumun korunması ve sürdürülebilmesi için küresel rekabette öne geçebilme adına hükümet ve birçok kurum ve kuruluş ortak hareket ederek yeni bir strateji oluşturulmalı ve bu strateji hızlı bir şekilde uygulanmalıdır.
- Sanayide kullanılan teknolojilerin geliştirilmesi için gerekli altyapıların sağlanması, araştırma ve geliştirme harcamalarının arttırılması, patent başvurusu kamu ve özel sektör tarafından teşvik edilmesi ülke gelişimi için önem teşkil etmektedir.
- Özel sektöre kamunun yapacağı teşvikler ile işgücü piyasasının gelişimi sağlanmalıdır.

- Dördüncü endüstri devrimini anlamak ve anlatabilmek adına online eğitim programlarını geniş kitlelere ulaştırılması sağlanmalıdır.
- Yeni üretim devriminin eğitim programları ve iş eğitimlerinde yer alabilmesi ile birlikte bu konunun hedef kitleler tarafından içselleştirilebilmesi sağlanmalıdır.

Açıklanan bu raporla birlikte 17 Temmuz 2012 tarihinde AMP Komitesi, dönemin ABD Başkanı Barack Obama'ya raporun geniş halini sunmuş ve açıklanan bu rapor doğrultusunda ABD hükümetinin talimatıyla beraber ABD Savunma Bakanlığı projenin finansman sorumluluğunu üstlenmiştir. Daha sonra 2014-2015 yılları arasında ABD Savunma Bakanlığı ve ABD Enerji Bakanlığı olmak üzere birçok finansman kuruluşunun da desteğiyle bu projeye önemli parasal boyutta ek yatırımlar yapılmıştır (Kuo, 2019: 6).

Endüstri 4.0 ekseninde ABD'de yapılan çalışmalar doğrultusunda üretim alanında yapılacak çalışmalar planlanmaktadır. Dijitalleşme adımlarının yanı sıra yeni nesil otomasyon ismi ile de anılan bu yeni üretim tarzı alanında yenilikler yapılmaktadır. Bu doğrultuda dönemin en önemli teknolojik yeniliği olan akıllı fabrikaların inşasının yapımı sürerken, bu fabrikaların işlevli hale getirilmesinde en önemli faktör olan siber fiziksel sistemler adı verilen teknolojilerin üzerinde durulmaktadır. Aynı zamanda istihdam sisteminin de bozulmaması için gerek çalışma sistemleri gerekse demografik yönden sorun olmaması adına araştırmalar devam etmektedir. Bu dönemde üzerinde durulan diğer teknolojik sistemler özellikle robotik alan ve simülasyon teknolojisi olup, hem bu sistemleri üretim alanına entegre etmek hem de bu alanda öncü sistemleri kurmak için tüm çalışmalar yapılmaktadır (Bağcı, 2018: 135-136).

2012 yılında Dünya Ekonomik Forumu'nun yapmış olduğu araştırmaya göre imalat sanayisinde gelecekte ucuz işçiliğin maliyetler açısından önemini büyük ölçüde yitireceği belirtilirken, tedarik zincirindeki gelişmelerin ve imalat sanayisindeki teknolojik hamlelerin önemli bir faktör haline geleceği öngörüsünde bulunulmuştur. 1990'lı yıllardan itibaren ağırlıklı olarak ucuz işgücü faktöründen dolayı ABD'li firmalar imalat sanayilerini Çin başta olmak üzere Doğu Asya ülkelerine taşıırken, yatırım yaptıkları ülkelerde vergileme sistemleri ve kamu desteği gibi önemli maliyet avantajlarından da faydalanmışlardır. Bu durum genel olarak ABD'ye işsizlik oranının yükselmesine ve dış ticaret açığı gibi birçok makro ekonomik olumsuzluklara sebebiyet vermiştir. Dönemin ABD Başkanı Barack Obama ile birlikte ABD'de yeni

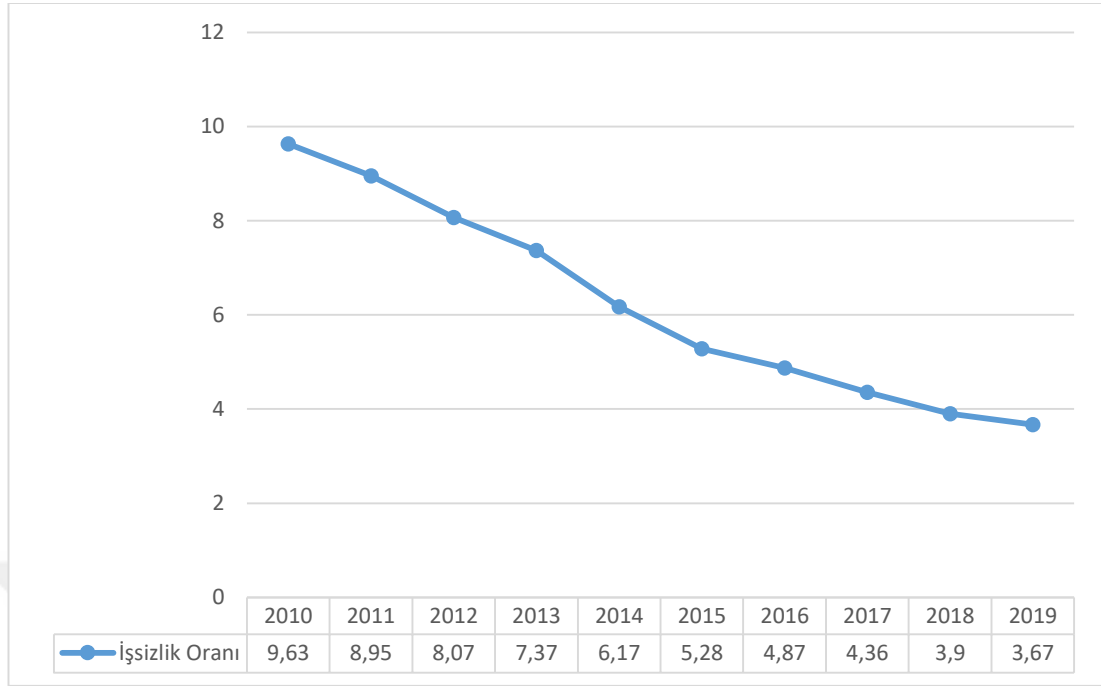
sanayi planları oluşturulurken ileri imalat sanayisinin gelişimi ve lider ülke konumunu gerçekleştirebilme adına yatırım programları açıklanmıştır (Executive Office of the President National Science and Technology Council, 2012: 16).

Barack Obama yönetiminde atılan adımlar neticesinde imalat sanayisinde küresel çapta liderliğini geliştiren ABD, daha sonra 2016 yılında ABD Başkanı olan Donald Trump yönetiminde de liderliğini perçinlemiştir. 2018 yılında ABD Başkanlık Ofisine bağlı Ulusal Bilim ve Teknoloji Konseyi (National Science and Technology Council) tarafından “Gelişmiş İmalat Sanayisinde Amerikan Liderlik Stratejisi (Strategy for American Leadership in Advanced Manufacturing)” adında bir rapor yayımlanmış ve bu raporda imalat sanayisinde Amerikan liderliğinin gelecekte de devam edebilmesi için bir gelecek perspektifi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu perspektife göre Amerikan imalat sanayisinde aşağıda belirtilen hamleler listelenmiş ve bu uygulamalarla beraber imalat sanayisinde küresel çapta liderliği sürdürebileceği ifade edilmiştir (Executive Office of the President National Science and Technology Council, 2018: 4-5):

- Yeni üretim teknikleri geliştirmek
- Uluslararası pazar ağını genişletmek
- Yeni teknolojileri imalat sanayisine entegre etmek
- İşgücü eğitime ağırlık vermek
- Tedarik zincirini modernize etmek

İstihdam konusunda önemli bir ilerleme kaydetmeyi başaran ABD, Endüstri 4.0 öncesi 2010 yılında işsizlik oranı çift hanelere yakın seviyelerde seyrederken, 2012 yılından itibaren ve Endüstri 4.0 ile beraber işsizlik oranında düşüş gözlemlenmiştir. Yeni teknolojilerin imalat sanayisinde kullanılması ve yeni mesleklere yapılan yatırımların da etkisiyle işsizlik oranında 2019 yılında %3,67 seviyesi yakalanmıştır. Aşağıda belirtilen Grafik 6’da 2010-2019 yılları arasında ABD işsizlik oranları göstergesi aşağıda belirtilmiştir (Dünya Bankası, 2021).

Grafik 6: ABD 2010-2019 Yılları Arasındaki İşsizlik Oranları

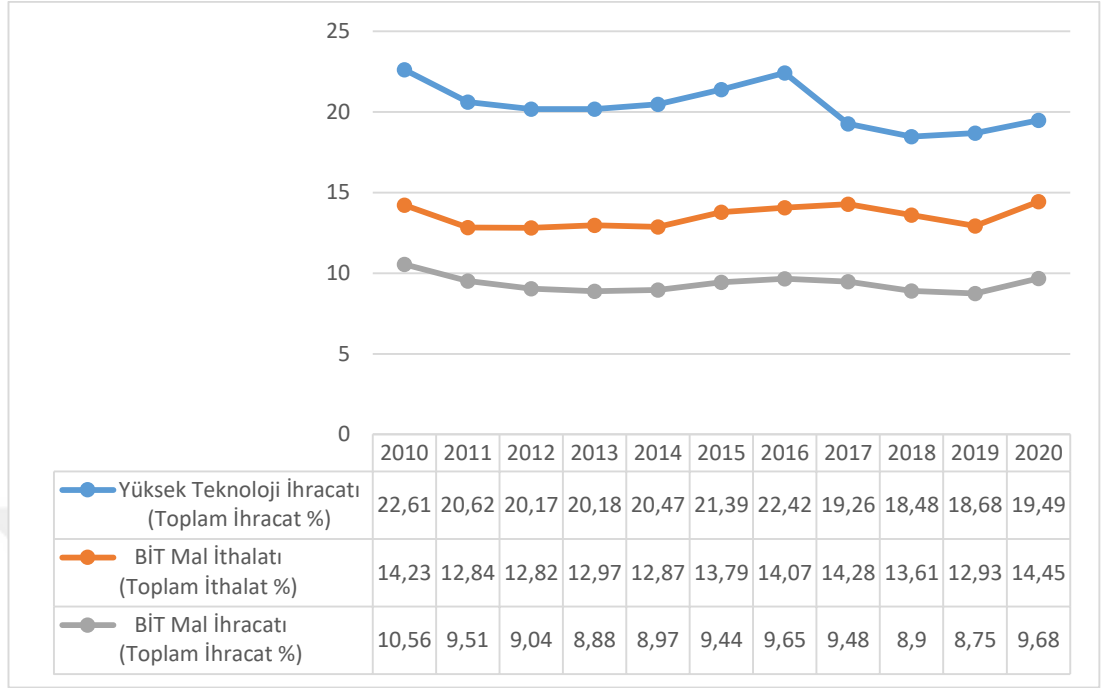


Kaynak: Dünya Bankası, 2021. Database of World Development Indicators, Indicators of Unemployment, Total (% of total labor force).

Daha sonraki süreçte 2020 yılında yapılan 2018 yılında yapılmış olan araştırma raporuna benzer bir şekilde Başkanlık Ofisine bağlı bir kurum olan Ulusal Bilim ve Teknoloji Konseyi tarafından gelecekteki bilgi işlem ekosistemine ve modern yapısına dünyada ABD'nin nasıl liderlik yapacağı konusunda bir rapor hazırlanmıştır. Bu belgeye göre bilgi işlem ekosistemine ABD'nin öncülük edebilmesi için bu konunun Federal Stratejik Plan içerisine girmesi gerektiğinin altı çizilmiş, bu doğrultuda ülkenin gelecekteki hedeflerine ulaşabilmesi için hükümet tarafından hem operasyonel faaliyetlere hem de koordinasyon yapısına destek verilmesi gerektiği raporda belirtilmiştir (Executive Office of the President National Science and Technology Council, 2020: 5).

ABD'nin yüksek teknoloji ihracatı, BİT (Bilgi İletişim Teknolojileri) mal ithalatı ve BİT mal ihracatı birbirlerine paralel bir şekilde gerçekleşmiş ve Grafik 7'de de görüldüğü gibi ABD'de 2010'dan 2011 yılında geçişte azalış eğilimine giren göstergeler daha sonra ABD hükümetinin politikalarının da etkisiyle özellikle 2013-2016 yılları arasında yükseliş eğilimine girmiş ve daha sonra düşüş ile beraber yatay bir seyir izlemiştir (Dünya Bankası, 2021).

Grafik 7: ABD'nin 2010-2020 Yılları Arasındaki Yüksek Teknoloji İhracatı, BİT Mal İthalatı ve BİT Mal İhracatı Grafik Tablosu



Kaynak: Dünya Bankası, 2021. Database of World Development Indicators, Indicators of High-Technology Exports (% of manufactured exports), ICT Goods Imports (% total goods imports) and ICT Goods Exports (% of total goods exports).

Avrupa Patent Ofisi (European Patent Organisation), Endüstri 4.0 devriminin başlangıcı olarak ifade edilen 2011 yılından itibaren dünyada bilişim teknolojileri alanında faaliyet gösteren firmaların önemli teknolojik buluş ve yeniliklerini içeren listeler yayımlamaktadır. 2021 yılında Avrupa Patent Ofisi tarafından yayımlanan listede ilk 25 firma arasında ABD'den sekiz firma (Qualcomm, Raytheon Technologies, Alphabet, Microsoft, Johnson & Johnson, Intel, General Electric ve Hewlett-Packard) yer almıştır. Bu firmaların ağırlıklı olarak faaliyetleri arasında bilişim teknolojisi ve yapay zeka gibi yeni nesil teknolojik uygulamalar alanındaki çalışmaları dikkat çekmekte ve bu firmaların faaliyetleri aşağıdaki Tablo 11'de gösterilmektedir (Li ve Lu, 2021: 219-221).

Tablo 11: 2021 Yılında En Fazla Patent Başvurusu Yapan ABD’li Firma Listesi ve Faaliyetleri

Firma İsmi	Faaliyetler
Qualcomm	• Yapay zeka ve 5G teknolojisi üzerine çözümler ve yenilikler üretmektedir. • 2019 yılında Qualcomm Technologies ve Bosch firmaları ortak işbirliğine giderek nesnelerin interneti teknolojisini de kullanarak 5G Yeni Radyo (NR) üzerine çalışmalar yaptığını duyurmuştur. • Firmalar için teknolojik çözümler üreten firma, insansız hava araçları ve üst düzey bilgi işlem robotlarını tanıttı.
Raytheon Technologies	• Amerikan çok uluslu havacılık ve savunma sektöründe faaliyet gösteren bir firmadır. • Projelerinin %90’ı Amerikan hükümeti için yapan bu firma uçak motorları, hava savunma sistemleri ve siber güvenlik gibi önemli alanlarda teknolojik ürünler geliştirmektedir. • Patriot hava ve füze savunma sistemleri ve F-35 uçakları gibi birçok gelişmiş havacılık ve savunma sistemleri alanında gelişme kaydetmiştir.
Alphabet	• 2015 yılında kurulan bu firma Google ve Google tarafından kurulan ve satın alınan firmaları da bünyesinde bulundurmaktadır. • Yaptığı yatırımlar sonucu elde edilen gelirler neticesinde ABD’de şirket büyüklüğü olarak ilk beş firma arasına girmiştir.

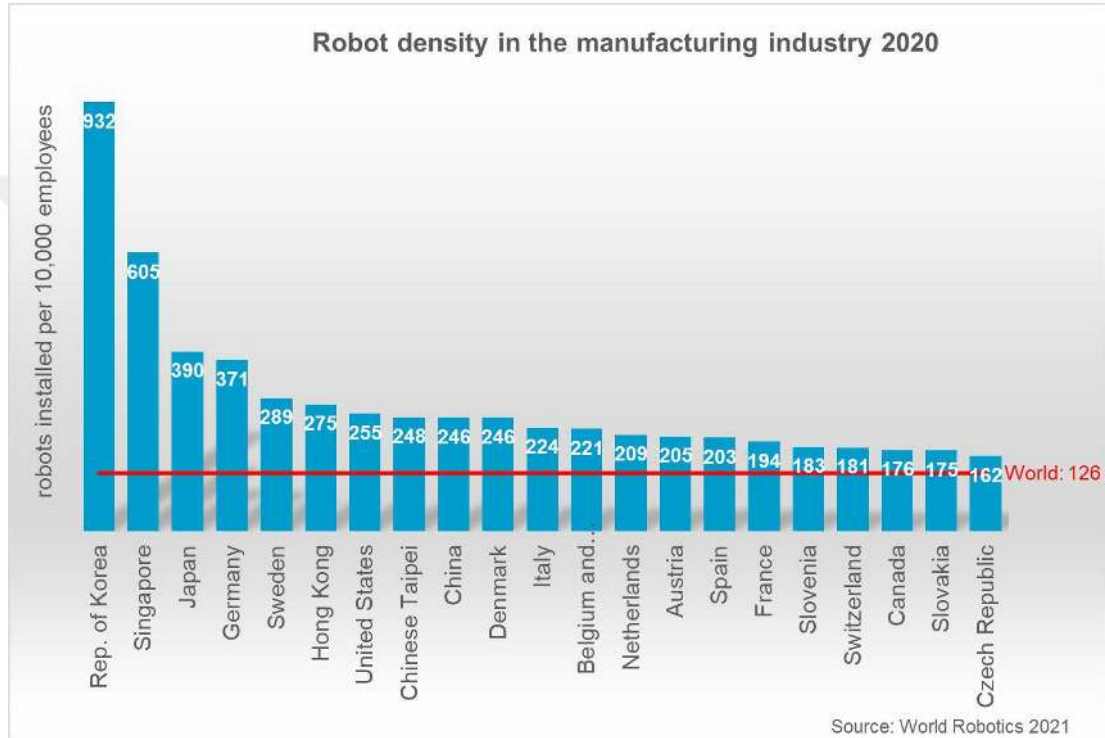
Firma İsmi	Faaliyetler
Microsoft	Bilgisayar işletim sistemleri, mobil cihazlar, bilgisayar ve yazılım gibi birçok teknolojik ürün geliştirmektedir.
Johnson & Johnson	Kozmetik ve hijyenik ürünler alanında üretim yapan firma, bünyesinde bulunan firmalarla birlikte tıbbi malzeme ve ilaç endüstrisinin dünyada en önde gelen firmalarından biridir.
Intel	- Kişisel bilgisayarlara ve nesnelerin interneti cihazlarına işlemci ve grafik yazılımlar ile destek vermektedir. - Intel firması aynı zamanda yapay zeka alanında yatırımlarını artırırken, dünyada ilk kez üzerinde yapay zeka bulunan uyduyu geliştirmiştir.
General Electric	- ABD’li firmanın hizmet ağı çok geniş olmakla beraber enerji, ulaşım ve medikal sektörlerinde faaliyet göstermektedir. - Çok yakın zamanda nesnelerin interneti alanında Predix adında bir yazılım geliştiren firma yapay zeka ve veri bilimi alanlarında da iddialı konuma gelmiştir.
Hewlett-Packard	Bilişim teknolojisi alanında faaliyet gösteren bu firma ağırlıklı olarak bilgisayar donanımları, yazılım ve hizmet sağlayıcıdır.

Kaynak: Li ve Lu, 2021: 219-221.

Her yıl Uluslararası Robotik Federasyonu (International Federation of Robotics -IFR) tarafından yayımlanan ve Grafik 8’de belirtilen verilere göre 2020 yılında ABD’deki endüstriyel robot yoğunluğu 10.000 çalışan kişi başına 255 robot sayısına ulaşarak tarihi rekor kırmış ve bu verilerle birlikte dünya sıralamasında kendisine yedinci sırada yer bulmuştur. Endüstri 4.0 platformunun ilan edilmesi

sürecinden sonra robotik alanda kendini geliştiren ve robot kapasitesini arttıran ABD, her yıl düzenli olarak 10.000 çalışan kişi başına düşen robot sayısında artış gerçekleştirmiştir. Özellikle otomotiv sektöründe ciddi yatırımlar yapan ve bu yatırımlar sonucu robot üretiminde ciddi anlamda mesafe kaydeden ABD, 2020 yılına gelindiğinde robot satışlarını da yaklaşık olarak %15 oranında arttırmıştır (International Federation of Robotics, 2021).

Grafik 8: Dünyada Her 10.000 Çalışan Sayısına Düşen Robot Miktarı



Kaynak: International Federation of Robotics, 2021.

2.2. ALMANYA

21. yüzyılın ilk çeyreğinde sanayileşme yarışında ucuz işgücü maliyetinin de avantajıyla gelişmekte olan Çin ve Hindistan gibi ülkeler küresel rekabet sürecinde öne geçme fırsatını elde etmişlerdir. 2006 yılında Almanya hükümeti yeni bir sanayi stratejisi çalışmalarına başlamış ve aynı yılda dönemin Eğitim ve Araştırma Bakanı olan Annette Schavan tarafından 2006-2020 yılları arasını kapsayan yüksek teknolojinin üretim alanında yaygınlaşmasını sağlayan bir üretim planını açıklamıştır. Bu plana göre ilk etapta 2008 yılına kadar ki olan döneme kadar yaklaşık 15 milyar euro miktarında bir harcama yapılması öngörülmüştür. Tüm bu gelişmeler yaşanırken,

2011 yılında Almanya'nın Hannover kentinde teknoloji çalışmalarının yer aldığı bir fuar gerçekleşmiş ve bu fuarda ilk kez Endüstri 4.0 kavramı tanıtılmıştır. Alman hükümetinin de çalışmalarıyla örtüşen bu proje kapsamında hükümetin liderliğinde bir çalışma grubu kurulmuş ve bu çalışmalar sonucu oluşan “2020 İleri Teknoloji Gelecek Projesi” olarak isimlendirilen proje Alman hükümetinin gelecek planlama stratejisi içerisinde yer almıştır (Kagermann ve diğerleri, 2016: 37-40).

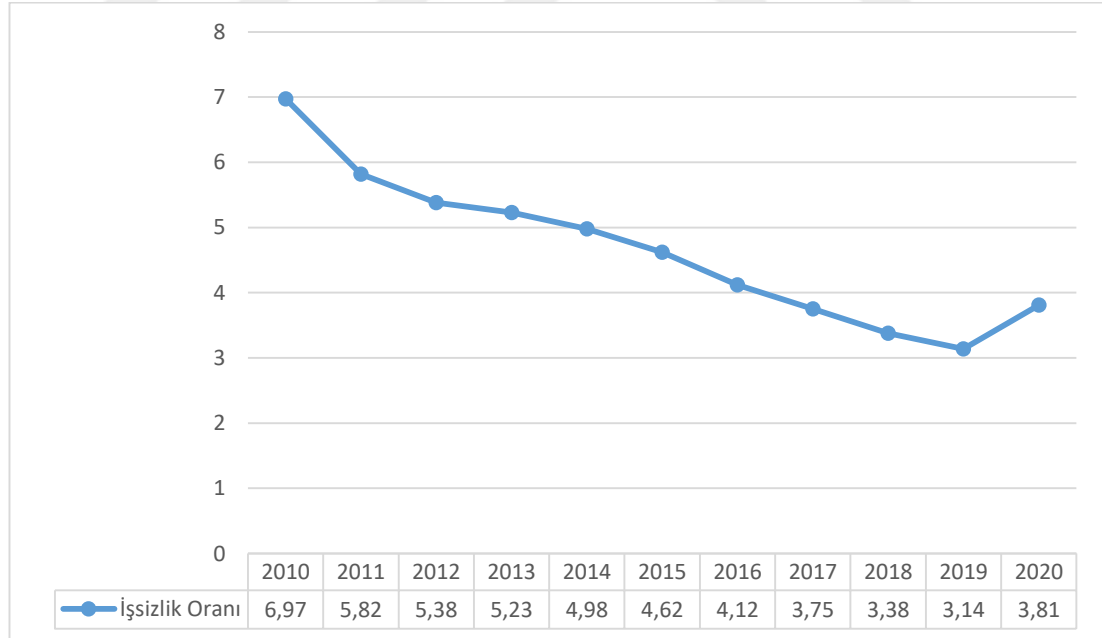
Endüstri 4.0 ve dördüncü endüstri devrimi olarak adlandırılan kavramlar literatürde karşımıza sıkça çıkmakta, ve bu kavramlar, Alman hükümetinin ülkenin geleceği için imalat sanayisini canlandırmak ve küresel rekabet gücünü arttırmak için başlattığı “Industrie 4.0” hareketinden türetilen kavramlar olarak dikkat çekmektedir. Endüstri 4.0 devriminin temel amacı, imalat sanayisinde gerçekleşen üretim süreçlerindeki tüm dikey ve yatay entegrasyonların yenilenmesinin yanı sıra dijitalleşmenin de ön planda tutulduğu ve tüm üretim yapısının akıllı teknolojiler ile donatıldığı endüstriyel değer yaratma süreci olarak açıklanmaktadır. Endüstri 4.0 kavramı bir Alman girişimi olarak karşımıza çıkarken, bu girişim önce Alman hükümetinin dikkatini çekmiş daha sonra AB ve gelişmiş ülkeler tarafından kabul görmüştür. Alman hükümeti bu süreç sonrası önce “Geleceğin Fabrikaları” adını verdikleri bir program başlatırken, daha sonra başta Almanya olmak üzere Avrupa Birliği ülkeleri ile çeşitli özel sektör firmaları arasında ABD’li bazı firmaların başlattığı “Endüstriyel İnternet Konsorsiyumu” adı verilen organizasyona benzer bir oluşum da kurulmuştur (Müller ve Voigt, 2018: 660).

McKinsey tarafından 2015 yılında yayımlanan araştırma raporuna göre; özellikle araştırma ve geliştirme harcamaları konusunda Almanya'nın Amerika'nın gerisine düştüğü ve imalat sanayisi alanında ilave yatırımlarında da bu durumun değişmediğini raporunda sunmuştur. Almanya'nın Endüstri 4.0'ı dünya kamuoyuna tanıtmaya rağmen bu konuda lider olamadığına da değinen bu araştırma raporunda otonom sistemler ve robotik gibi yeni teknolojilerin sanayide kullanımında ABD, Japonya ve Çin gibi ülkelerin önemli boyutta yatırım ve teşvik yaptığına değinilmiştir (Yılmaz, 2016).

2015 yılında Boston Consulting Group (BCG) tarafından yayımlanan bir diğer araştırma raporuna göre Almanya'da Endüstri 4.0 ile birlikte özellikle imalat sanayisinde firma göstergelerinde olumlu etkiler gözlemleneceğine dikkat çekilmiştir. Bu sürecin devam etmesiyle birlikte 2020 yılına kadar ki dönemde firmaların maliyetlerinin önemli ölçüde azalması ve verimlilik artışı ile beraber firmaların 150

milyar euro miktarına yakın bir seviyede gelirlerini arttırması beklenildiği raporda sunulmuştur. Ayrıca bu rapora göre ifade edilen bir diğer husus ise istihdam konusu olup, Endüstri 4.0 devrimi ile birlikte oluşan yeni iş kollarıyla istihdamda gelecek yıllarda olumlu etkiler gözleneceği ve hükümetin de bu konuyla ilgili yapacağı yatırımların istihdam oranına pozitif olarak yansıtacağı tahmin edilmiştir. Son olarak raporda geçen bir diğer konu ise Almanya hükümetinin yapacağı doğrudan ve dolaylı olmak üzere yatırımlar ile ülkenin küresel rekabet sürecinde Endüstri 4.0 devriminin avantajlarından faydalanarak bu devrimi bir fırsata çevirebileceği bir durumun olacağı öngörüsünde bulunmuştur (TÜSİAD, 2016: 35). Bu araştırma raporunda belirtilen hedefler doğrultusunda Endüstri 4.0 platformu kurulmadan önceki yıl olan 2010 yılında Grafik 9’da verilen göstergelere göre Almanya’da gerçekleşen işsizlik oranı %6,97 seviyesinde olurken, daha sonraki yıllarda Endüstri 4.0 platformu projeleri ve Alman hükümetinin reel sektöre ciddi destekleri sonrasında 2011-2019 yılları arasında ülkede önemli ölçüde işsizlik oranı düşme eğilimine girmiş ve son 10 yılın en düşük oranı olan %3,14 seviyesi 2019 yılında görülmüştür (Dünya Bankası, 2021).

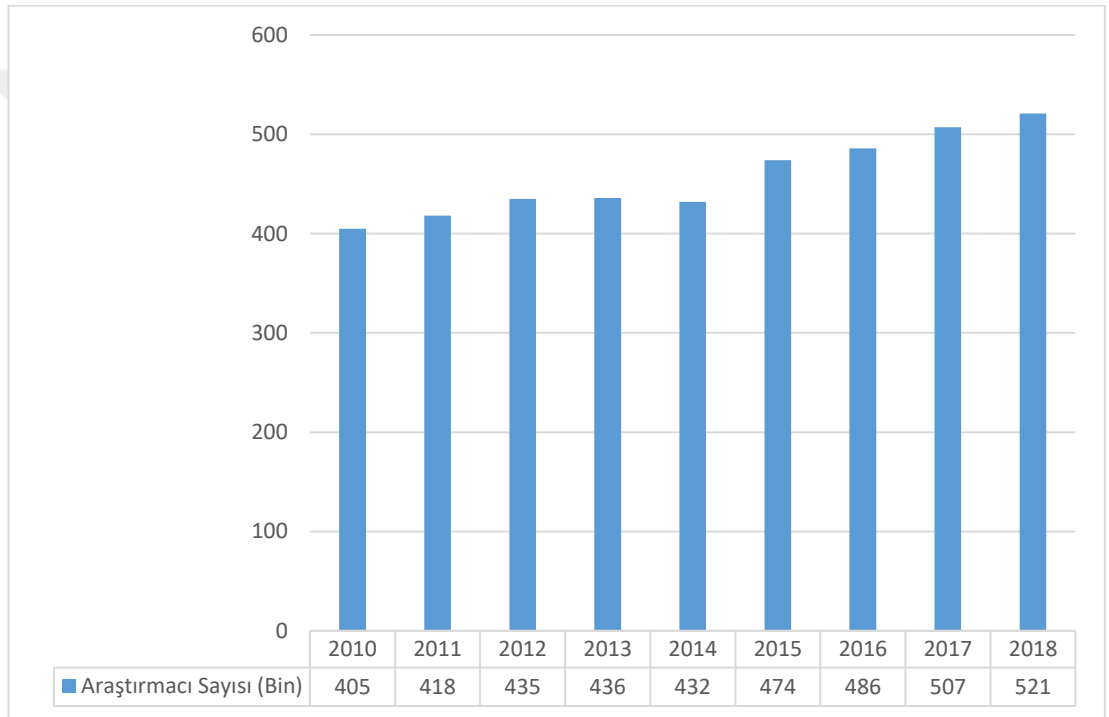
Grafik 9: 2010-2020 Yılları Arasında Almanya’da Gerçekleşen İşsizlik Oranları



Kaynak: Dünya Bankası, 2021. Database of World Development Indicators, Indicators of Unemployment, Total (% of total labor force).

Almanya, Endüstri 4.0'ın getirdiği yeniliklerden biri olan akıllı fabrika sisteminin üretim otomasyonu sayesinde sağladığı avantajlardan dolayı bu konuda dünya lideri olma hedefi bulunmaktadır. Bu kapsamda belirlenen araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin hızlandırılması, yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve girişim faaliyetlerinin desteklenmesi hedeflenmektedir (Kabaklarlı, 2016: 1-3). Bu doğrultuda Grafik 10'da 2010-2018 yılları arasında Almanya'da araştırma ve geliştirme faaliyetinde bulunanların sayısı gösterilmiştir (Dünya Bankası, 2021).

Grafik 10: Almanya'da 2010-2018 Yılları Arasında Araştırma ve Geliştirme Faaliyetinde Bulunan Araştırmacı Sayısı



Kaynak: Dünya Bankası, 2021. Database of World Development Indicators, Indicators of Researchers in R&D (per million people).

Alman hükümetinin Endüstri 4.0 devrimi kapsamında yatırım teşviklerini yalnızca büyük ölçekli firmalar üzerine değil, küçük ve orta ölçekli firmalar üzerinde de uygulamıştır. Bununla birlikte Alman hükümeti küçük ve orta ölçekli firmalara ayrı bir önem atfetmekte ve bu bağlamda Ekonomik İşler ve Enerji Bakanlığı tarafından önce “Mittelstand 4.0” daha sonra yine aynı bakanlık tarafından “Allianz 4.0” programları başlatılmıştır. Bu program neticesinde hedeflenen küçük ve orta ölçekli firmaların Endüstri 4.0 devrimine entegre olmaları ve ülke için sürdürülebilir kalkınmaya destek olmaları beklenmektedir (Bischoff ve diğerleri, 2015).

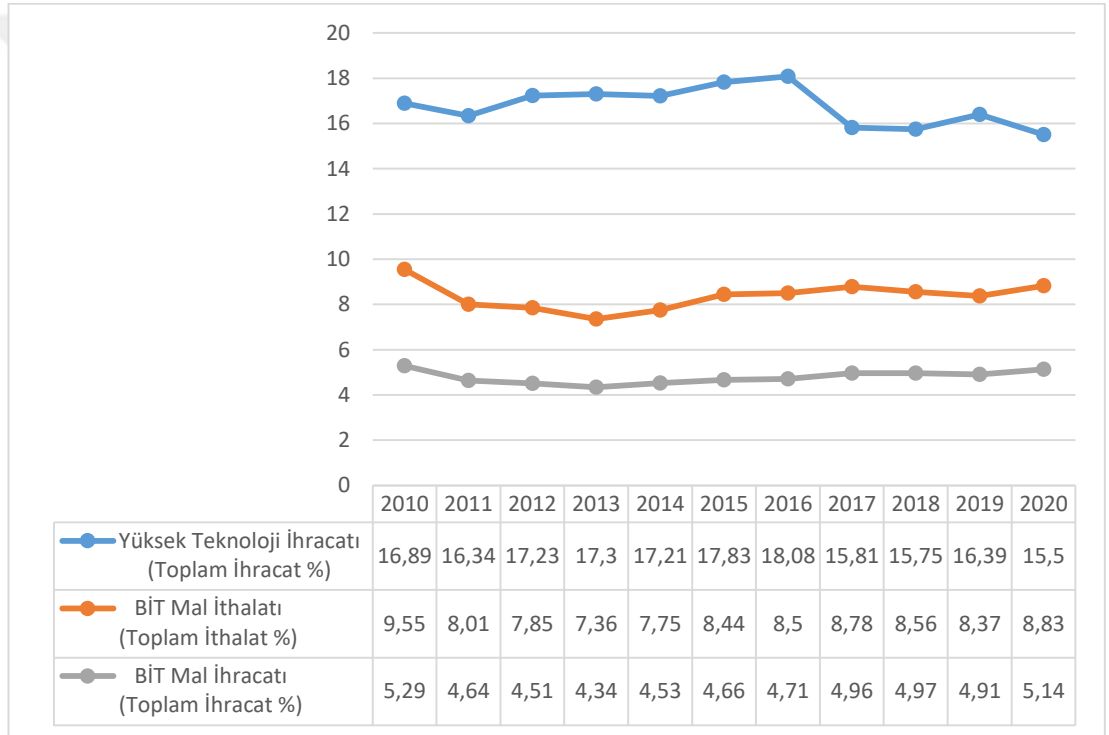
Almanya hükümeti ülkenin Endüstri 4.0 devrimiyle beraber küresel rekabet gücünü koruyabilmesi ve dünyada imalat sanayisi alanında lider ülke olabilmesi için imalat endüstrisinde dijital dönüşüm için aşağıda verilen dört konuya önem vermektedir (Schroeder, 2016: 1):

- **Üretim:** Üretim aşamasında dijital dönüşümle imalat süreçlerinin daha verimli hale getirilmesi ve maliyet minimizasyonu sağlanması beklenmektedir.
- **Müşteri kaybetmeme:** Özellikle yeni devrim ile birlikte kişiselleştirilmiş ürün üretim süreciyle müşteri ihtiyaç ve tercihlerine uygun ürünlerin üretimi hedeflenmektedir.
- **Lojistik:** Endüstri 4.0 ile birlikte ürünlerin üretim sürecinden müşteriye teslimatına kadar ki sürecin dijitalleşme ile birlikte kontrol altına alınması daha verimli bir süreci de beraberinde getirecektir.
- **Akıllı hizmet ve hibrit ürünler:** Üretim süreçlerinde gerçekleştirilecek problemlerin tespiti ve makinelerin genel bakım durumlarının önceden belirlenmesiyle birlikte ürün üretiminde herhangi bir aksama gibi problemler ile karşılaşılmamaktadır.

Almanya hükümeti Endüstri 4.0 konusunda ilk etapta reel sektöre doğrudan katkı sağlayarak ekonomik kalkınmayı amaçlamıştır. Bu doğrultuda ilk olarak Endüstri 4.0 platformuna 2011 yılında Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı ile Federal Ekonomik İşler ve Enerji Bakanlığı arasında ortak mutabakat yapılarak bu platformun finansman ihtiyaçları üstlenilmiştir. 200 milyon euro tutarında finansman ödemesi yapılırken, bunların 120 milyon euro tutarlık kısmı yeni teknolojiler ve internet ağı altyapısı için Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı tarafından karşılanmıştır. 80 milyon euro tutarındaki diğer kısım ise daha önce açıklanan akıllı sistemler ve otomasyon programları için Federal Ekonomik İşler ve Enerji Bakanlığı tarafından yatırım programına dahil edilmiştir. Federal Ekonomik İşler ve Enerji Bakanlığı tarafından küçük ve orta ölçekli işletmeler için dijital dönüşümlerinin sağlanması, ülkenin imalat sanayisinin küresel bazda rekabet gücünün artırılması ve istihdam oranının artırılması için 2013 yılında yaklaşık olarak 6 milyar euro tutarında bir ödeme yapılırken, 2014 yılında ise yaklaşık 7 milyar euro tutarını aşan bir şekilde bütçeden hem teşvik yoluyla hem de vergileme yoluyla reel sektöre kamu tarafından direkt olarak katkı sağlanmıştır. Daha sonra 2014 yılında Alman hükümeti tarafından dijital dönüşümde kamu ve özel sektör bazında Avrupa'nın en gelişmiş ülkesi olma

hedefiyle “Dijital Gündem 2014-2017” planı uygulamaya konulmuş ve bu doğrultuda kamu bütçesinden yaklaşık olarak 8 milyar euro tutarında bütçe ayrılmıştır (Digital Transformation Monitor, 2017). Tüm bu yatırımların da etkisiyle birlikte Grafik 11’de görüleceği gibi Almanya’da yüksek teknoloji ihracatı 2011-2016 yılları arasında yükseliş trendine girmiş ve 2017 yılındaki düşüşle birlikte yatay bir seyir izlemiştir. Diğer iki göstergede ise BİT mal ithalatında 2010-2013 yılları arasında düşüş gözlemlenirken, diğer yıllarda yatay bir seyir izlemiş, BİT mal ihracatında ise 2010-2019 yılları arasında yatay şekilde gerçekleşmiştir (Dünya Bankası, 2021).

Grafik 11: Almanya’nın 2010-2020 Yılları Arasındaki Yüksek Teknoloji İhracatı, BİT Mal İthalatı ve BİT Mal İhracatı Grafik Tablosu



Kaynak: Dünya Bankası, 2021. Database of World Development Indicators, Indicators of High-Technology Exports (% of manufactured exports), ICT Goods Imports (% total goods imports) and ICT Goods Exports (% of total goods exports).

Bölüm 2.1 de yer alan Uluslararası Robotik Federasyonu tarafından açıklanan ve Grafik 8’de de belirtilen 2020 yılı verilerine göre Almanya’da 10.000 çalışan kişi başına düşen robot sayısı 371 miktarında gerçekleşmiş, yakalanan bu başarı ile birlikte Almanya alanında Avrupa birincisi olurken, dünyada ise üçüncü sırada yer almıştır (International Federation of Robotics, 2021).

2.3. BİRLEŞİK KRALLIK

Dördüncü endüstri devriminin getirmiş olduğu üretim modeli anlayışı İngiliz hükümetini bu yeni devrimini anlamaya ve gelecek perspektifini oluşturmaya itmiştir. Bu doğrultuda “Yeni Üretim Vizyonu” adı verilen ve hükümete sunulan raporda üç konuda tavsiyeler verilmiştir. Bu tavsiyeleri kısaca özetlemek gerekirse, birinci olarak değer yargısının dönüşümünü sağlamak, bu alanda yer alan sektörlere inovasyon merkezli bir bakış açısı kazandırmayı teşvik etmektir. İkinci tavsiye ise, üretici kesimin bu yeni devrimi daha iyi anlamaları ve içselleştirmeleri için eğitim verilmesini, bilimdeki yeni gelişmelerin, teknolojik altyapı ve inovasyon altyapısının öneminin kavranmasını ve endüstri politikalarının değişiminin benimsenmesi için hükümetin yeni destekleyici politikalar üretmesi gerektiği ifade edilmiştir. Üçüncü ve son olarak gelecekteki yeni rekabetçi yapıda ülkenin zorluk yaşamaması için hükümetin kurumsal yapıya geçişinin sağlanması ve Endüstri 4.0’ın yarattığı yeniliklerin adaptasyon sürecinin hızlandırılması için uygun koşulların oluşturulması hükümetten istenmektedir (Foresight, 2013: 14-17).

Birleşik Krallık’ta Endüstri 4.0’ın firmalar üzerindeki etkilerini ve uzun vadede yer alması gereken pozisyonlarını inceleyen bir çalışma yapılmış, bu çalışma neticesinde firmalara ve hükümete çeşitli tavsiyelerde bulunulmuştur. Bu çalışmada, firmaların bu devrime adapte olabilmelerinin belirli bir zaman alacağı ve bu nedenden dolayı firmaların çalışmalarına hızlı bir şekilde başlamaları gerektiği belirtilmiştir. Endüstri 4.0 devriminin küresel bazda yayılımının gerçekleştiği ortamda rekabetin çetinleşeceği, Birleşik Krallık’ta firmaların henüz yeterli seviyeye ulaşamadıkları ve bu nedenden dolayı firmalara Birleşik Krallık’a bağlı hükümetin doğrudan destek vermesi gerektiği üzerinde durulmuştur. Ayrıca mevcut firmaların risk sermayelerinin yetersizliği çalışmada yer alırken, bu olumsuz durumun aşılması halinde firmaların araştırma ve geliştirme çalışmalarını verimli hale getirecekleri vurgulanmıştır. Son olarak Endüstri 4.0 ile birlikte üretimde oluşacak enerji açığının firmaların yenilenebilir enerji kaynakları ile karşılanması ve bu konu hakkında araştırma ve geliştirme harcamalarının arttırılması için risk sermayelerinin güçlendirilmesi gerektiği raporda belirtilmiştir (Foresight, 2013: 14-17).

Endüstri 4.0 ile birlikte üretim anlayışının değişmesi ülkelerin yeni sanayi hamlelerini yapmasını gerektirmiştir. Özellikle imalat sanayisinde dördüncü endüstri

devriminin gereği olan dijitalleşmeye ülkelerin yatırım yapması beklenmektedir. Bu doğrultuda Birleşik Krallık 2027 yılına kadar ki olan süre zarfında araştırma ve geliştirme yatırımlarının gayri safi yurtiçi hasıla içerisindeki ağırlığını %2,4 seviyesine kadar getirmesi hedeflenmektedir. Bu süreçte Birleşik Krallık'a bağlı hükümet 725 milyon sterlin tutarında bir yatırım planı açıklarken, "İnovasyon Kredisi Programı" adı altında kurulan programa başvuran girişimcilere ise araştırma ve geliştirme harcamaları kapsamında toplam 50 milyon sterlin tutarında teşvik yapacağını açıklamıştır. İşgücü eğitimi kapsamında hükümet tarafından eğitim kurumlarına 406 milyon sterlin tutarında eğitim teşviki yapılacağı duyurulurken, teknik eğitim veren kurumlara ek olarak 64 milyon sterlin tutarında ödeme yapılacağı açıklanmıştır. Ayrıca İngiliz hükümeti, firmaların dijital dönüşüm yatırımları için 500 milyon sterlin tutarında ilave bir teşvik paketi programı hazırlarken, 20 milyon sterlik tutarında siber güvenlik yatırımı da ayrıca firmalara kazandırılacaktır. Son olarak İngiliz hükümeti Endüstri 4.0 kapsamında 1 milyar sterlinlik tutarı 2023 yılına kadar kamu harcaması olarak açıklarken, bu tutar kamu alanında dijitalleşme altyapısı için kullanılacaktır (Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018).

İngiliz hükümeti daha sonra Endüstri 4.0 dönemindeki en kapsamlı program olan 2050 yılına kadar ki süreç için bir stratejik plan belirlemiştir. Belirlenen bu stratejik plana hükümetin yanı sıra üst düzey sanayi kuruluşların yetkilileri de katkı sunarken, bu projeye 25 ülkeden aralarında iş dünyası liderleri, akademik uzmanlar ve sanayicilerin de bulunduğu 300 kişilik bir heyet destek vermiştir. Öngörü projesi olarak da adlandırılan bu projenin 2050 yılına kadar hükümet ve sanayi için önemli etkileri olacağı varsayılmakta ve bu doğrultuda dört ilke belirlenmiştir (Dickens ve diğerleri, 2013: 18-33).

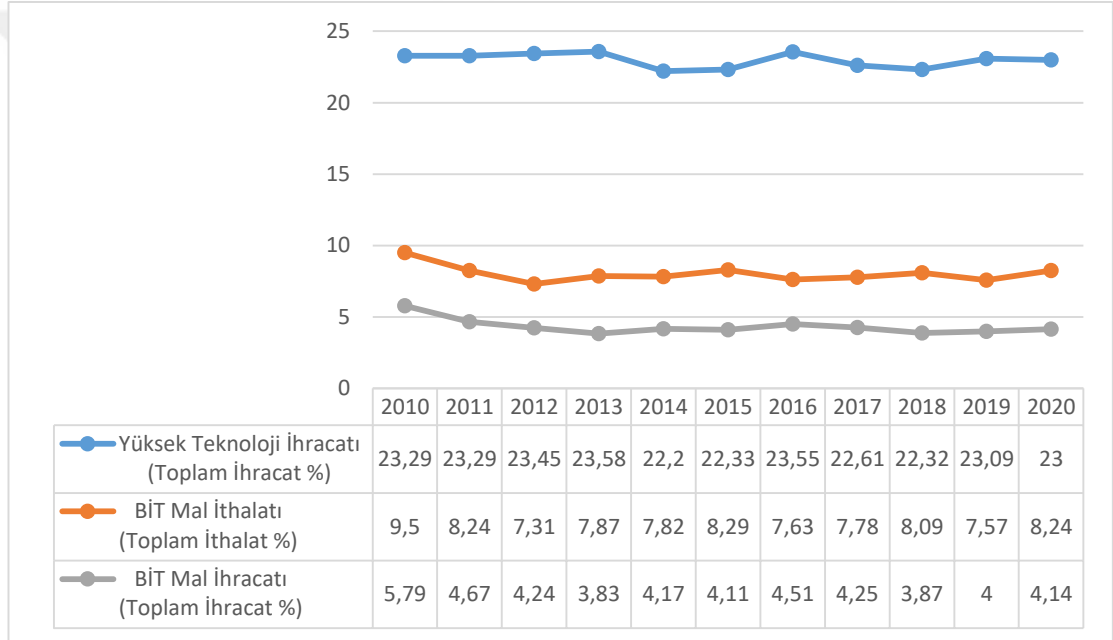
- **Tüketiciler için daha esnek ve daha hızlı üretim modeli:** Üçüncü endüstri devriminde ölçek ekonomilerinden yararlanılarak firmalar düşük maliyetli seri üretim gerçekleştirmişlerdir. Ancak bu durumun yerine dördüncü endüstri devriminde üretim modeli katma değeri yüksek ve eskiye göre daha pahalı kişiselleştirilmiş ürün üretimi üzerine olmuştur. Böyle bir ortamda biyo teknoloji, bilgisayar temelli sistemler, katmanlı imalat ve yeşil enerji gibi alanlara firmaların yatırım yapması beklenmektedir. Firmalar yaptıkları yatırımlar neticesinde nihai tüketicinin de üretimi yönlendirdiği kişiselleştirilmiş ürünler hem daha ucuza hem de daha hızlı bir şekilde üretebilme imkanına sahip olacaklardır. İngiliz

Loughborough Üniversitesi'nde yapılan bir araştırmaya göre kullanıcıların standart ürünlere nazaran kişiselleştirilmiş ürünlere ekstra %10 daha fazla ödeme yapmaya hazır oldukları sonucu elde edilmiş, bu araştırma sonuçlarına yakın birçok araştırmanın da etkisiyle İngiliz firmaların bu tip bir üretim yapma istekleri de artmıştır. Gelecekte öngörülen üretim yapısının karmaşık, sermaye yoğun ve otonom bir sistem üzerine kurulu olacağı tahmin edilmekte ve bu yeni üretim ortamında ise firmaların başarıya ulaşabilmeleri için ağırlıklı olarak yazılım ve sensör teknolojileri geliştirmesi, bilgi işlem süreçlerinin modernize edilmesi ve dijital dönüşümün sağlanması gerekmektedir. Bu doğrultuda atılacak adımlar ile beraber tüketici isteği üzerine oluşturulmuş kişiselleştirilmiş ürün üretiminin hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi ürünün üretiminden lojistik operasyon süreçlerine kadar geçen zamandaki tüm işlemlerin simülasyon teknolojisinin de varlığı ile belirlenen kriterler ışığında tamamlanması firmaların büyümesine ve ülke ekonomisi için önemli katkılarda bulunmasına neden olacaktır. Bu doğrultuda İngiliz hükümeti firmalara çeşitli teşvik programları ve vergi avantajlarının uygulamasının yanı sıra fikri mülkiyet haklarının korunması, sahte ürün üretiminin önüne geçilmesi ve siber saldırıların önlenmesi konusunda doğrudan destek verilmesi bu süreçte önem arz etmektedir (Dickens ve diğerleri, 2013: 25-26).

- **Yeni alanlar ve küresel rekabetin önemi:** Birleşik Krallık Endüstri 4.0 öncesi ve sonrası dönemde yüksek teknoloji, bilişim teknolojileri mal ithalat ve ihracat konusunda Grafik 12'de de belirtildiği gibi 2010-2020 yılları arası yüksek teknoloji ihracatı, BİT mal ihracatı ve ithalatı seviyeleri yatay bir şekilde gerçekleşmiş ve bu durum Birleşik Krallık'ı yeni atılım yapmaya itmiştir. Dördüncü endüstri devrimiyle beraber ülkelerin ihracat ve ithalat yaptıkları ülkeler ve ürettikleri ürünler önem kazanmış, bu süreçte BRICS ekonomileri (Brezilya, Hindistan, Rusya ve Çin) önümüzdeki yıllarda ekonomilerini önemli ölçüde büyütme beklenirken, diğer tarafta N-11 (Türkiye, Mısır, Endonezya, Meksika, Bangladeş, Güney Kore, Filipinler, Nijerya, Vietnam ve Pakistan) ülkelerinin de 2050 yılına kadar ki süre zarfında ABD'nin ve Avrupa ülkelerinin önüne geçeceği tahmin edilmiştir. Tüm bu öngörülerin ışığında Birleşik Krallık'a bağlı hükümetin imalat sanayisi yatırımlarının yanı sıra doğrudan yabancı

yatırım ve onshoring (Daha önce kendi ülkesi dışında üretim yapan şirketlerin daha sonra tekrar kendi ülkelerinde üretim yapması) yatırımlarının ülke içinde arttırılmasını sağlayıcı hamleler yapması gerekmektedir. Böylece ülke içinde üretim artmasıyla beraber imalat maliyetlerinin azalacağı, istihdamın artacağı, ihracatın artmasıyla birlikte lojistik sektörünün canlanacağı, araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin artması gibi önemli gelişmeler yaşanması beklenmektedir (Ridgway ve diğerleri, 2013: 19-20).

Grafik 12: Birleşik Krallık’ın 2010-2020 Yılları Arasındaki Yüksek Teknoloji İhracatı, BİT Mal İthalatı ve BİT Mal İhracatı Grafik Tablosu



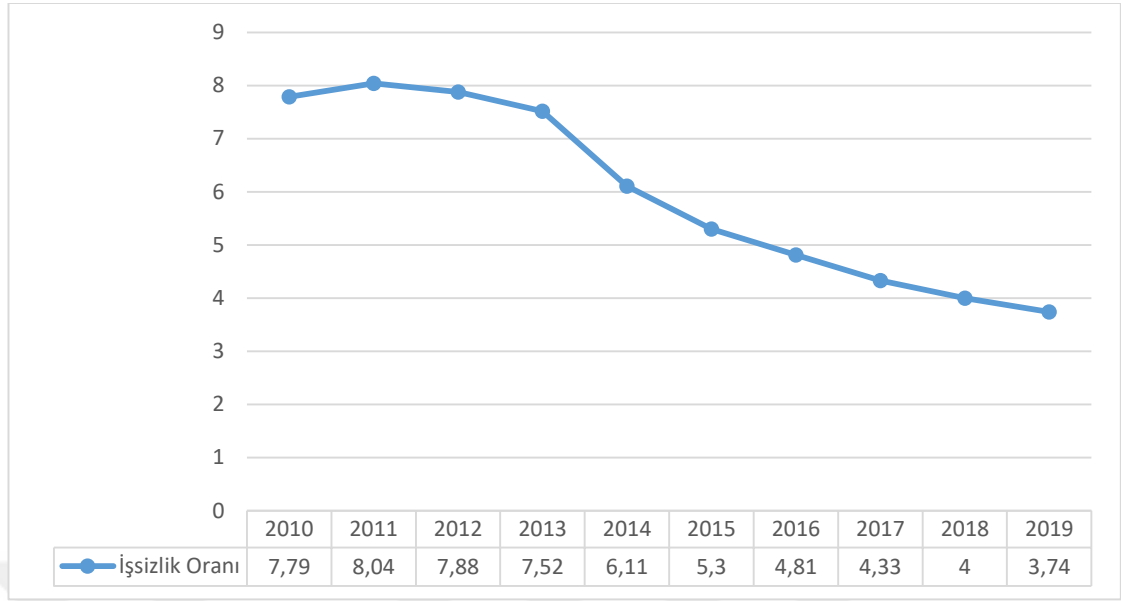
Kaynak: Dünya Bankası, 2021. Database of World Development Indicators, Indicators of High-Technology Exports (% of manufactured exports), ICT Goods Imports (% total goods imports) and ICT Goods Exports (% of total goods exports).

- **Sürdürülebilir kalkınma ve ekonomik güç:** Sürdürülebilir kalkınma için ülkelerin birçok değişkeni göz önüne alarak üretim ve finansmanını güçlendirmeleri gerekmektedir. 2050 yılına kadar ki süreçte günümüze oranla küresel nüfus ve kentleşme oranının atması beklenirken, bu durumun oluşturacağı gıda tüketimi, su kullanımı ve enerji talebi gibi ihtiyaçları ülkelerin dikkate almaları önem arz etmektedir. Mevcut durumda iklim değişikliğinin dünya üzerinde yaratmış olduğu tahribatın

etkilerini üreticiler ve tüketiciler yoğun bir şekilde yaşamakta ve bu doğrultuda ülke yönetimlerinin atacakları adımları desteklemektedir. Günümüz şartlarında firmaların geri dönüşüm malzemelerine olan talebi artmakta, yenilenebilir enerji kullanılan ürünler ve çevreci malzemelerin kullanıldığı ürünlerde tüketiciler tarafından ilgi görmektedir. İngiliz Unilever firması, üretimde sera gazı emisyonlarını sabit tutarak cirosunu iki katına çıkarma vaadinde bulunurken, bir diğer İngiliz tekstil firması Marks&Spencer, üretimde çevresel duyarlılığın ön planda olacağı ve geri dönüşüm malzemelerin yoğunluğunun artacağı sözünde bulunmuştur (Foresight, 2013: 28-29).

- **İşgücü piyasası:** Endüstri 4.0 yatırımları ile birlikte Grafik 13'te de görüldüğü üzere özellikle 2013 yılından itibaren işsizlik oranı ciddi anlamda düşüş gözlemlenen Birleşik Krallık'ta gelecekte de işsizlik oranını belirli seviyede tutmak için çalışmalar yapmaktadır. Birleşik Krallık'ta yaşayan 65 yaş üzeri nüfus her geçen yıl artmakta ve bu durum 2050 yılına kadar nüfusun büyük bir bölümünü oluşturması beklenmektedir. Yapılan bir araştırmaya göre Birleşik Krallık'ta 2030 yılında 60-74 yaş arası nüfus toplam nüfusun %17'sini oluşturacağı varsayımında bulunmuş ve bu durumun Birleşik Krallık'ta gelecekte imalat sanayisi olmak üzere birçok sanayi kolunda günümüze göre daha yaşlı bir işgücünün olması anlamına geldiği ifade edilmiştir (Foresight, 2013: 31-32).

Grafik 13: Birleşik Krallık’ın 2010-2019 Yılları Arasındaki İşsizlik Oranları



Kaynak: Dünya Bankası, 2021. Database of World Development Indicators, Indicators of Unemployment, Total (% of total labor force).

Bölüm 2.1’de yer alan Uluslararası Robotik Federasyonu’nun 2020 yılında açıkladığı ve Grafik 8’de belirtilen verilere göre Birleşik Krallık, 10.000 çalışan başına düşen robot sayısı 101 adet ile dünya ortalaması olan 126 adet endüstriyel robot sayısı altında olan tek G-7 ülkesi olarak dikkat çekmekte ve dünya sıralamasında ise 24. Basamakta yer almaktadır. Ülkenin Brexit ilanından sonra yabancı işgücü kaybı ile imalat sanayisinde robot talebi artmış, özellikle İngiliz hükümetinin de teşvikleri ile beraber Mart 2023 tarihine kadar ki süre zarfında İngiliz hükümeti tesis yatırımları ve makine temini gibi birçok robotik teknoloji alanında toplam olarak mevcut nakdi teşviklere ek ayrıca yaklaşık %130 oranında firmalara vergi indirimi sağlanacağı duyurulmuştur (International Federation of Robotics, 2021).

2.4. FRANSA

2011 yılında Almanya’da tanıtılan Endüstri 4.0 platformu önce gelişmiş daha sonra ise gelişmekte olan ülkelerin dikkatini çekmiş ve birçok ülke tarafından gelecek stratejisi olarak ele alınmıştır. Fransa ise Endüstri 4.0 platformunu kendine uyarlayarak “Geleceğin Endüstrisi (Industry of the Future)” adını verdikleri programını tanıtmış ve Nisan 2015 tarihinde Fransız hükümeti tarafından program resmi olarak başlatılmıştır. Fransız hükümetinin açıkladığı Geleceğin Endüstrisi

programının temellerini Eylül 2013 yılında açıklanan “Yeni Endüstriyel Fransa (New Industrial France)” adı verilen program ile benzerlikler taşımasından dolayı atıldığı birçok görüş tarafından ileri sürülmüştür. Bu ilan edilen program ile birlikte Fransız hükümetinin temel hedefi firmaların imalat sanayisinde teknoloji kullanımını arttırmak, firmaların dijital dönüşümünü sağlamak ve firmaların gelecek stratejilerini bu yönde belirlemelerini teşvik etmek olmuştur (Digital Transformation Monitor, 2017).

Geleceğin Endüstrisi platformunun finansman modelinde özel ve kamu iş birliği önemli bir yer taşımaktadır. Fransız hükümeti öncülüğünde 2012 yılında oluşturulan ve bu platform içinde yer alan “Gelecek için Yatırım (Invest for the Future)” adı verilen bir fon sistemi kurulmuş ve bu fona 47 milyar euro tutarında bir ödenek ayrılmıştır. 2017 yılından itibaren Geleceğin Endüstrisi platformuna 10 milyar euro aktarılırken, teknolojik inovasyon projelerine ve yatırımlara 550 milyon euro ve ek olarak 100 milyon euro tutarında teşvik ödemesi yapılmıştır. Küçük ve orta ölçekli işletmeler için hükümet tarafından aynı yılda yaklaşık olarak 2,2 milyar euro destek sağlanırken, bu tutar gelecek yıllarda 4,2 milyar euro tutarına çıkarılacağı açıklanmıştır. Ayrıca 2014-2020 yılları arasında ise vergi indirimleri yoluyla yaklaşık olarak 5 milyar euro tutarında destek paketi açıklanmış ve son olarak işgücü eğitimi için 100 milyon euro tutarında bir fon desteği Fransız hükümeti tarafından açıklanmıştır (Digital Transformation Monitor, 2017).

Geleceğin Endüstrisi programının genel amaçları arasında kamu ile özel sektörün birbirleriyle olan koordinasyonları sağlamak, dijital dönüşüme olan ilgiyi arttırmak ve bu alanda çalışmalar yapan tüm paydaşların bir araya gelmesi ile güçlü çıkarımlar elde etmelerinin sağlanması yer almaktadır (Fransa Ekonomi ve Maliye Bakanlığı, 2015).

Bu programın oluşmasında öncülük yapan Fransız hükümeti ve birçok katılımcı bir plan çerçevesinde beş hedef belirlemiştir (Bitard ve Zacharewicz, 2016: 36-46):

- 1. Dijital dönüşümü sağlamak:** Geleceğin Endüstrisi platformunun kurulmasıyla birlikte hükümet özellikle küçük ve orta ölçekli firmalara dijital dönüşüm için çeşitli imkanlar sunmakta ve hükümet bünyesinde bulunan 550 uzman personel ile bu süreçte firmalara destek olacağı taahhüdünde bulunmuştur.

2. **Son teknolojileri imalat sanayisine entegre etmek:** Fransız hükümeti, Endüstri 4.0 devriminin getirdiği yeni teknolojilerin imalat sanayisinde kullanımına ve bu teknolojilerin gelişimine katkı sağlamayı kendisine hedef olarak belirlerken, Fransız hükümetinin bu süreçte firmalara çeşitli sübvansiyonlar, araştırma ve geliştirme faaliyetleri teşviki ve kredi imkanlarıyla beraber imalat sanayisinde gelişim sağlamayı amaçladığı belirtilmiştir.
3. **Geleceğin Endüstrisi programını ulusal ve uluslararası paydaşlara tanıtmak:** Fransız hükümetinin Geleceğin Endüstrisi platformuyla birlikte öncelik hedefleri arasında Avrupa ülkelerindeki Fransa'ya olan ilginin artırılmasını amaçlanmakta, daha sonra teknoloji alanında yapılacak olan projeler ve organize edilecek uluslararası ticaret fuarlarıyla birlikte Geleceğin Endüstrisi platformunun önemli bir markası olarak duyurulan “Creative France Industry” markasının gelişimine ve tanıtılmasına önem vermektir.
4. **Eğitim programları sunmak:** Endüstri 4.0'ın getirdiği yenilikleri ve yeni teknolojilerin kullanımının anlatılması amacıyla özellikle sendikalar vasıtasıyla eğitim programları hazırlanmış ve bu amaç doğrultusunda eğitim programlarının işgücü üzerinde yeni üretim modeli için farkındalık oluşturma ve teknik becerilerin geliştirilmesi konusunda yetkinlik kazanılması amaçlanmıştır.
5. **Uluslararası dünya ile iş birliğini kuvvetlendirmek:** Teknolojik gelişmeler ve trendlerin takibi konusunda uluslararası dünya ile iş birliği hedeflenmekte ve bu doğrultuda dördüncü sanayi devrimini dünyada başarıyla uygulayan ülkelerin başında gelen Almanya ile teknolojik iş birliği yapmaya özen gösterilmektedir.

Fransız hükümeti, 12 Eylül 2013 tarihinde Cumhurbaşkanlığı ve Ekonomi, Sanayi ve Dijital Teknoloji Bakanlığı öncülüğünde ekolojik dengeyi koruyan, Endüstri 4.0'ın getirmiş olduğu teknolojileri barındıran, dijitalleşmeyi ön planda tutan yenilikçi bir sanayi hamlesi olarak adlandırılan 34 adet endüstriyel projeyi açıklamıştır. Bu projenin amacı, ülke ekonomisi ve sanayisinin gelişmesi, özel ve kamu iş birliğinin güçlendirilmesi, açıklanan projelerin yenilikçi ve küresel rekabeti de göz önünde bulunduran bir plan olduğunu açıklamıştır. Bu plan için tüm taraflar yaklaşık dokuz aylık bir süreç sonrasında uygulamayı hükümet yetkililerine sunarken, uygulama 9

Temmuz 2014 tarihinde Fransız Başbakanı tarafından onaylanmıştır (Fransa Ekonomi ve Maliye Bakanlığı, 2016).

Tablo 12: Yeni Endüstriyel Fransa Projeleri

Projeler	Hedefler ve Uygulamalar
Yenilenebilir Enerji	• Enerji maliyetini düşürerek enerjide dışa bağımlılığı azaltmak • Dünyada bu alanda teknoloji lideri olmak • 2020 yılına kadar ki süreçte 25.000 ek istihdam sağlamak
Yeni Nesil Araç Motoru	• Karbon salınımını azaltmak • 2020 yılına kadar projeyi seri üretime geçirmek
Elektrikli Şarj İstasyonları	• Elektrikli araç kullanımını teşvik etmek • Elektrikli araçlar için yakıt ikmali sorununu çözmek
Uzun Ömürlü Güçlü Piller	• Temiz bir çevreyi ülkede yaratmak • Yenilenebilir enerji payını arttırmak
Otonom Araçlar	• Karayolu güvenliğini sağlamak • Araç kullanımını özellikle engelli bireyler ve yaşlı bireyler için daha uygun hale getirmek
Yeni Nesil Uçaklar	• Hibrit ve elektrikli motorları uçaklarda kullanmak • Ülke içerisinde üretim yapan Airbus Group firması ile işbirliği yaparak dünyada elektrikli havacılığın öncüsü olmak
Sivil Havacılık	• Hava gemileri projesiyle ağır yüklerin kolayca taşınmasını sağlamak • İnsansız hava araçları üretimiyle birlikte dünyada önemli üretici konumuna gelmek • Drone teknolojisini tarım ve sanayide yaygınlaştırmak

Projeler	Hedefler ve Uygulamalar
Yazılım	• 34 proje arasında en önemli proje olarak gösterilmektedir. • Dünyada önemli yazılım üreticilerinden biri olmayı hedefleyen Fransa bu alanda dünyadaki pazar payında önemli hacime sahip olmak hedeflenmektedir.
Elektrik Enerjili Uydu	• Thales Alenia Space ile Airbus firmaları arasında gerçekleştirilecek olan bu projeye Fransız hükümeti de destek vererek yaklaşık olarak 54 milyon euro tutarında yatırım gerçekleştirilecektir.
Yeni Nesil Hızlı Tren	• Daha az enerji sarfıyatı ve daha fazla yolcu taşınması ile daha uzun mesafeler kaydetmek mümkün olacaktır. • Devlet projesi olma özelliği taşıyan bu projeye kamu tarafından 2014 yılında başlangıç olarak 120 milyon euro tutarında yatırım yapılmıştır.
Ekolojik Gemiler	• Deniz ticaretini canlandırarak öncesi nazaran %50 daha kazançlı bir şekilde çevreci bir deniz ticaretinin önü açılmak istenmektedir.
Akıllı Tekstil Modeli	• Sektöre yenilik getirerek teknolojik ve çevreye duyarlı ürünler geliştirmek • Avrupa’da tekstil merkezi olmak
Ahşap Endüstriler	• 2017 yılına kadar ahşap bina kat sayısını 7 ila 15 arasına çıkartmak daha sonra 2030 yılına kadar kat sayısını 30 kata çıkarmak • Çevreci ve ekonomik olması sebebiyle ayrıca bu projeye önem verilmektedir. • Bu proje ile birlikte özellikle kırsal kesimde istihdam hedefi 60.000 kişi olarak belirlenmiştir.

Projeler	Hedefler ve Uygulamalar
Geri Dönüşüm	- En geniş proje olarak dikkat çeken bu projeye yaklaşık 111 proje eşlik etmektedir. 2020 yılında %30, 2025 yılında ise %50 geri dönüşüm oranının yakalanmasıyla beraber yaklaşık olarak 785 milyon euro kazanç elde edilmesi beklenmektedir.
Akıllı Binalar	- Yıllık 500.000 bina yenileme hedefi ile birlikte 75.000 istihdam kaynağı yaratılma hedefi bulunmaktadır. - İhracatın da önemli kalemlerinden biri olması beklenen bu proje ekonomik kalkınmaya katkı sağlaması beklenmektedir.
Akıllı Elektrik Altyapısı	- Daha düşük karbon emisyonu ile birlikte daha güvenilir bir elektrik arzını tüketicilere sunmak - Pazar payını 6 milyar euro tutarından 30 milyar euro tutarına çıkartarak 25.000 ek istihdam sağlamak
Akıllı Su Sistemleri	- Gelecekte yaşanması muhtemel su kıtlığının önüne geçmek - İnovatif projeler ile beraber suyun kalitesini ve verimliliğini arttırmak
Yeşil Enerji ve Bio Yakıtlar	- Bitkilerin işlenilmesiyle oluşan yakıtların özellikle tarım ve ormancılık sektörlerinde kullanımının sağlanacak - Bio yakıt üretiminin gelişmesiyle birlikte enerji kullanımında önemli tasarruflar sağlamak
Tıbbi Teknoloji	- Birçok hastalığın tedavisinde yeni aşılar, kanser ilaçları ve teknolojik tedavi yöntemleri geliştirilecek - Yeni gelişmeler ile birlikte 15 yıl içerisinde 100 milyon euro tutarında yeni bir Pazar yaratma düşüncesi bulunmaktadır.

Projeler	Hedefler ve Uygulamalar
Dijital Sağlık	Yapılacak köklü değişiklikler ile oluşturulacak yeni sağlık modelleriyle Avrupa’da lider konuma gelmek
Tıp Alanında Yeni Cihazlar	Gelişen teknoloji ile birlikte üretilecek yeni tıbbi cihazlar ve sağlık ekipmanları ile ulusal ve uluslararası alanda gelişim sağlamak
Güvenli Gıda Ürünleri	Tarım alanında kullanılacak yeni teknolojiler ile birlikte gıda verimliliğini arttırmak ve gıda sanayisi alanındaki yenilikler ile gıda güvenliğini sağlamak
Büyük Veri	- Fransa içinde yer alan tüm firmaların büyük veri alanındaki yatırımlarına hükümet tarafından destek verilecek - Veri bilimcilerin gelişimlerini sağlamak eğitime ağırlık verilecek ve temel eğitimde müfredat kapsamında girecek
Bulut Bilişim	- Firmaların ve kamunun bulut sistemden faydalanması sağlanarak daha koruyucu ve kapsayıcı hizmet alması sağlanacak 2020 yılına kadar ki süreçte bulut bilişim alanında ülke için yapılacak atılımlar ile 100.000 kişiye kadar istihdam hacmi hedeflenmektedir.
E-Eğitim	- Öğrenciler ve eğitimciler arasındaki ilişki dijital anlamda geliştirilecek - Eğitimin çeşitlendirilmesi ve dijital çağ ile birlikte eğitimin her ortamda ulaşılabilir hale getirilmesi sağlanacak
Telekomünikasyon	Mevcut olan LTE teknolojisi ve 4G mobil hizmet geliştirilerek 5G (hızlı mobil) sistemine geçişi sağlamak

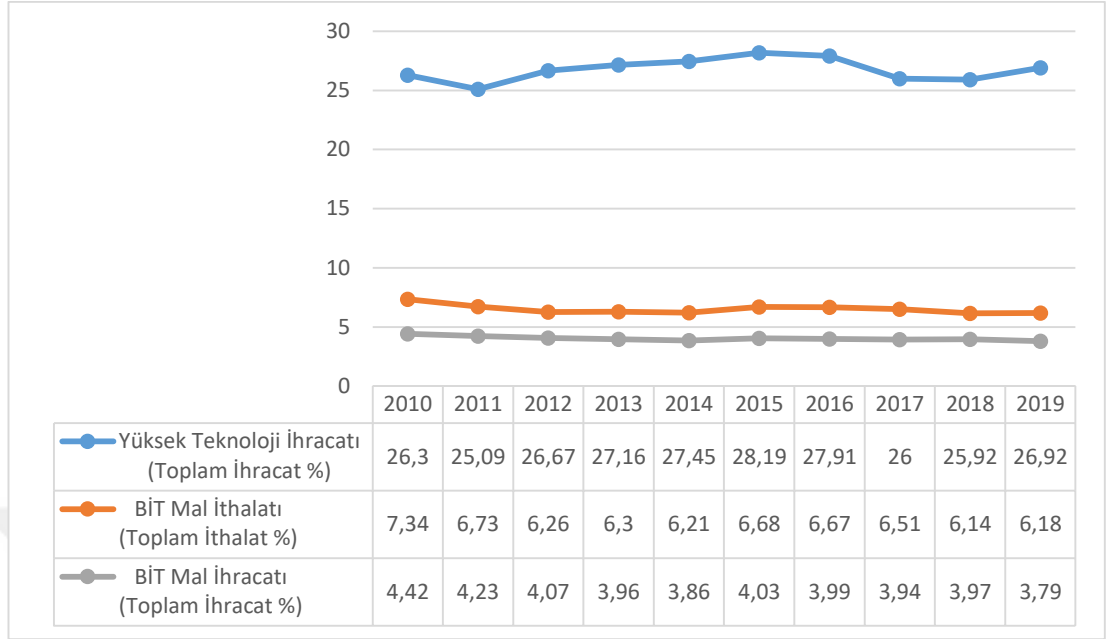
Projeler	Hedefler ve Uygulamalar
Nano Teknoloji	Bu teknolojinin ülke içinde geliştirilmesi ile birlikte birçok sektörün verimliliğinin artması ve elektrik tüketiminde tasarruf sağlanması beklenmektedir.
Nesnelerin İnterneti	- Endüstri 4.0'ın getirmiş olduğu teknolojik nesnelerin birbirlerine entegre olması ve bu entegrasyon için hükümet firmalara teşvikler sunacaktır. - Endüstriyel alanda yapılacak yatırımlar ile Fransa'nın Avrupa'nın en önemli ağ merkezi haline gelmesi beklenmektedir.
Arttırılmış Gerçeklik	- AR platformlarının geliştirilmesiyle beraber kişiselleştirilmiş ürün pazarına olan talebin artması hedeflenmektedir. - Bu teknoloji ile birlikte simülasyon teknolojisini kullanan firmaların daha az hata ile ürün üretilme potansiyeli ulaşması beklenmektedir.
Temassız Hizmetler	Özellikle mobil cihazlar ile NFC etiklerinin birbirlerine entegre olmasıyla beraber bireyler birçok hizmetten daha kolay yararlanacaklardır.
Süper Hesaplayıcılar	Bu teknolojiyle birlikte firmaların sayısal simülasyon yazılımıyla zaman maliyetlerini azaltacağı ve rekabet gücünü arttıracığı belirtilmektedir.
Robotik	Mevcut robot teknolojisi yeterli olmayan Fransız endüstrisine yapılacak yatırımlar ile birlikte robot teknolojisinde en geç 2020 yılına kadar ABD ve Asya ülkeleri ardından dünyada 5. gelişmiş ülke olma potansiyeli hedeflenmektedir.

Projeler	Hedefler ve Uygulamalar
Siber Güvenlik	Siber güvenlik alanında yazılım üreten firmalar hükümet tarafından teşvik edilerek özel sektörün ve kamu sektörünün daha güvenli veri koruması sağlanması beklenmektedir.
Geleceğin Fabrikaları	Endüstri 4.0 ile birlikte en önemli gelişmelerden biri olan akıllı fabrikaların kurulması ve dijital dönüşümün sağlanması için gerekli yatırımların yapılması hedeflenmektedir.

Kaynak: Fransa Ekonomi ve Maliye Bakanlığı, “New Industrial France” 2016.

Açıklanan bu projelerden sonra 2017 yılında dönemin Fransa Ekonomi ve Maliye Bakanı olan Bruno Le Maire tarafından açıklanan uygulanması daha sonraki yıllarda gerçekleşen La French Fab adında bir proje başlatıldı. Bu projenin ana hedeflerinden biri yüksek teknoloji ihracatı ve bilişim teknolojisi ürünlerin üretimi konusunda ülke içi üretimi arttırmak olmuştur. Grafik 13’te de görüldüğü gibi yüksek teknoloji ihracatı yatay bir seyirde devam ederken, aynı şekilde BİT mal ihracatı ve ithalatı da bu duruma bağlı olarak yatay bir şekilde gerçekleşmiştir. Bu doğrultuda açıklanan bu projelerin ana hedefi Grafik 13’teki görülen özellikle ihracat konusundaki yatay seyrin yükselen bir ivme kazanması olmuştur. Bu projenin diğer hedefi ise Fransız ihracatını destekleyerek ihracat firmalarının dijital dönüşümünü sağlamak ve “Made in France” logolu ürünlerin ihracatını arttırmayı hedeflemektedir (La French Fab, 2021).

Grafik 13: Fransa'nın 2010-2019 Yılları Arasındaki Yüksek Teknoloji İhracatı, BİT Mal İthalatı ve BİT Mal İhracatı Grafik Tablosu



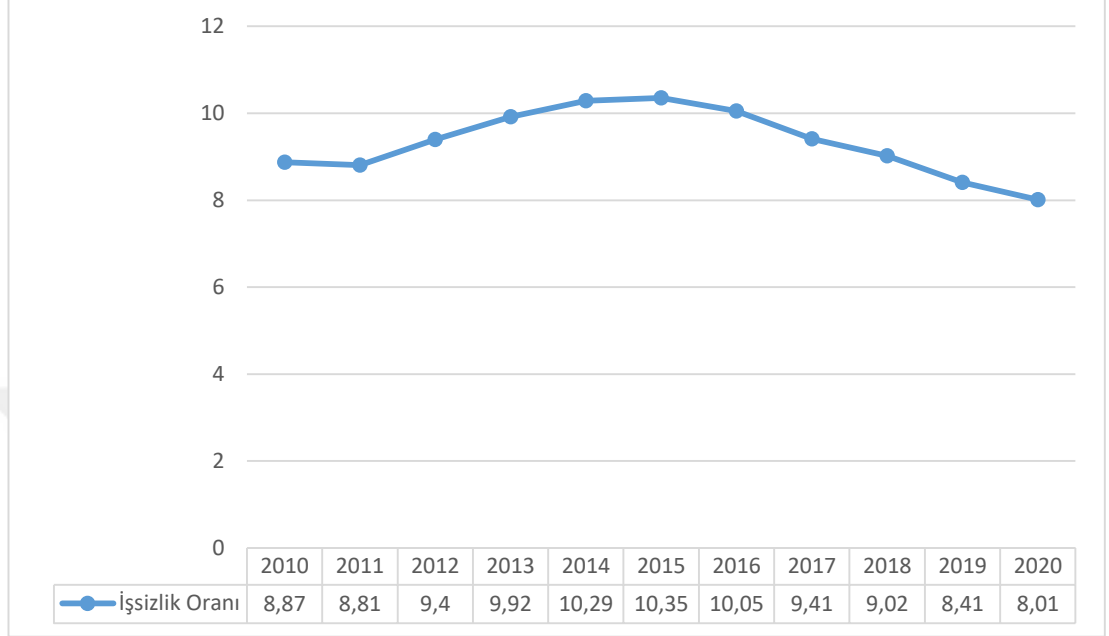
Kaynak: Dünya Bankası, 2021. Database of World Development Indicators, Indicators of High-Technology Exports (% of manufactured exports), ICT Goods Imports (% total goods imports) and ICT Goods Exports (% of total goods exports).

Şekil 2.10'da belirtildiği gibi 2010-2020 yılları arasında Fransa'da gerçekleşen işsizlik oranları verilmiştir. Endüstri 4.0 öncesi dönemde işsizlik oranı yüzde 9 seviyesine yakın seyrederken, daha sonraki dönemlerde kısmi olarak artış gözlemlenmiştir. Özellikle açıklanan projelerin de etkisiyle 2016 yılında düşüşe geçen işsizlik oranları bu süreçte de düşüşünü sürdürmektedir. Bu doğrultuda ilerleyen dönemlerde bir başka program olan Plateforme France Industrie (Platform France I4.0) adındaki bir platform 2019 yılında kurulmuştur. Özellikle istihdam alanında çalışmalarda bulunan bu platform Almanya gibi dördüncü sanayi devriminde Avrupa'daki en önemli rakibine göre işsizlik oranının yüksek seyretmesinin yarattığı olumsuz etkileri azaltma çalışmaları yapmaktadır. Paris Dauphine Üniversitesi gibi önemli üniversitelerin akademik kadroları tarafından başlatılan bu platformun temel amaçları aşağıda verilmiştir (Kornysheva ve Barrios, 2021: 36):

- İşgücü eğitimi
- Platform France I4.0'ın özellikle yurtdışı tanıtım faaliyetleri
- Firmalara finansal destek
- Uluslararası işbirliğinin geliştirilmesi

- Platform kapsamında araştırma ve geliştirme projelerine desteğin sağlanması

Grafik 14: 2010-2020 Yılları Arasında Fransa’da Gerçekleşen İşsizlik Oranları



Kaynak: Dünya Bankası, 2021. Database of World Development Indicators, Indicators of Unemployment, Total (% of total labor force).

Fransa kendi açıkladığı dijital dönüşüm programlarının yanı sıra bu alanda uluslararası işbirliğine de önem vermektedir. Bu doğrultuda 2019 yılında merkezi Fransa olan ve birçok Avrupa ülkesinin de yer aldığı GAIA-X adı verilen bir proje açıklanmıştır. GAIA-X projesi genel olarak Avrupa ülkeleri için veri tabanının daha güvenli ve güvenilir bir şekilde çalışmasını amaçlarken, diğer tarafta kullanıcılar ve veri sağlayıcıların yer aldığı bir ekosistemden oluşmaktadır. Siber güvenlik, büyük veri, bulut bilişim ve yapay zeka gibi yeni nesil teknolojilerden de yararlanan GAIA-X projesi ile beraber Fransa’daki firmalar uluslararası yatırım konusunda ilerleme kaydedeceği öngörüldürken, Avrupa ülkeleri arasında yabancı yatırımlara ev sahibi olma, araştırma ve geliştirme faaliyetleri gibi birçok alanda ilk sıralarda yer alma fırsatı doğmuştur (GAIA-X, 2021).

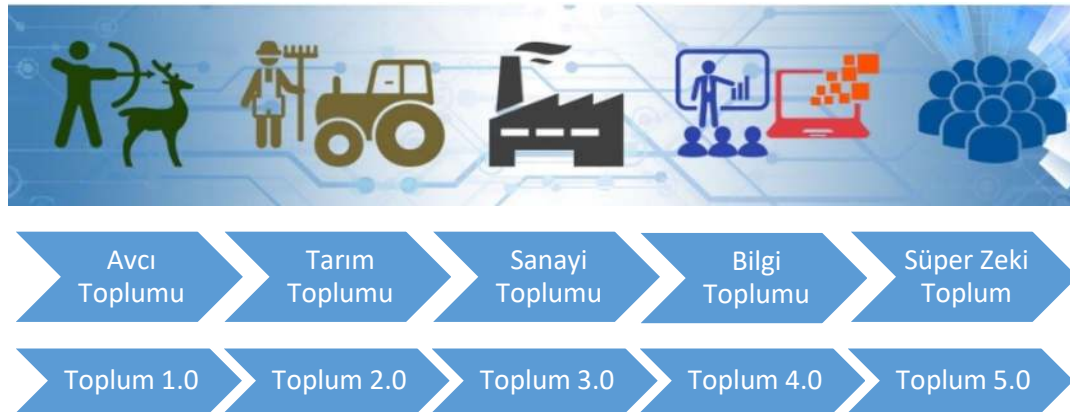
Uluslararası Robotik Federasyonu tarafından Endüstri 4.0 döneminden sonra her yıl açıklanan ve bölüm 2.1’de yer alan Grafik 8’de belirtilen verilere göre 2020 yılında Fransa’da 10.000 kişi başına düşen robot sayısı 194 adet olmuş ve Fransa bu sayı ile birlikte Avrupa’da ilk beş ülke arasına girerken, dünya ortalaması olan 126

adet robot sayısına yakın bir seyirde gerçekleşmiştir (International Federation of Robotics, 2021).

2.5. JAPONYA

Japonya, Endüstri 4.0 devriminin getirdiği teknolojik yenilikleri ve metodolojileri kullanarak “Toplum 5.0” adını verdikleri yeni bir üretim sistemi geliştirmişlerdir. Toplum 5.0 kavramı Şekil 5’te kronolojik şekilde belirtildiği gibi toplumun evrim aşamalarından esinlenen bir kavramdır. Avcı toplumu, toplumun birinci evresi olarak adlandırılırken, tarım toplumu ikinci, sanayi toplumu üçüncü, bilgi toplumu beşinci ve Japonya’nın ortaya attığı “Süper Zeki Toplum” kavramı ise toplumun beşinci evresi olarak belirtilmiştir. Toplum 5.0 tanım olarak, yeni geliştirilen inovatif teknolojilerin insan ve toplum yararına entegre edilmesi ve bu yeni teknolojik ürünlerin insanların yaşam kalite standartlarının yükselmesi anlamında kullanılmaktadır. Bu doğrultuda açıklanan bu yeni sistemle birlikte otonom sistemlerin üretim aşamasında ve hatta üretim sonrası aşamasında da olmak üzere kullanılması hedeflenmektedir. Bu sistem, dünyaya ilham kaynağı olmaya devam ederken, Endüstri 4.0 devriminin yaratmış olduğu uyum sorunlarına da çözüm üretme özelliğine de sahiptir (Ferreira ve Serpa, 2018: 28).

Şekil 5: Toplum 5.0 Evrimi



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

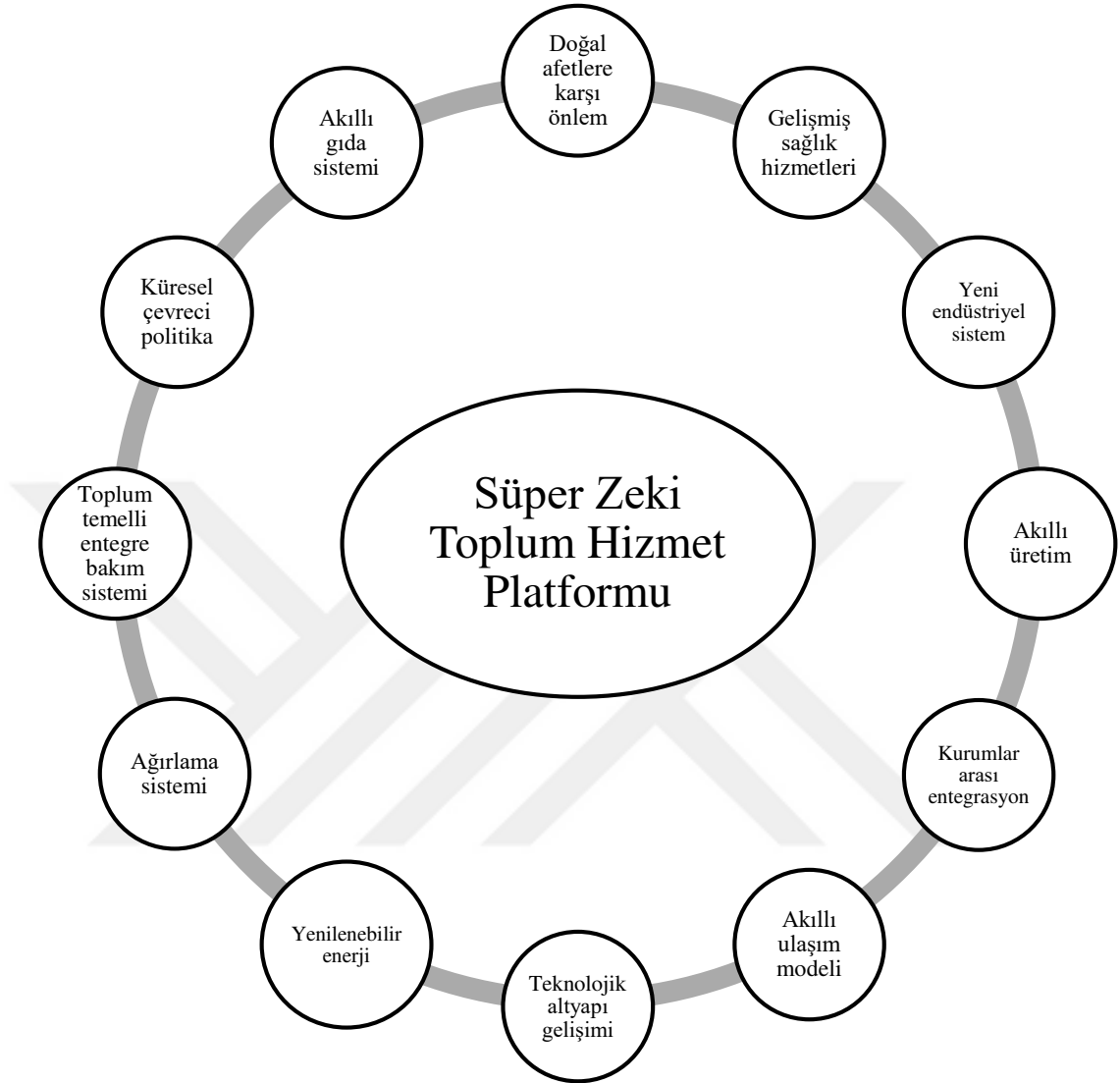
Birçok ülke dördüncü endüstri devriminin gerçekleşmesiyle, bu doğrultuda çalışmalar ve stratejiler geliştirirken Japonya Endüstri 4.0 kavramını farklı bir boyuta taşıyarak Toplum 5.0 adında bir kavramı gelecek stratejisi olarak belirlemiştir. Tıpkı

2011 yılında Endüstri 4.0 kavramının tanıtıldığı Hannover şehrindeki gibi bu kez dünyada teknoloji alanında önemli fuarlar arasında yer alan CeBIT 2017 etkinliğinde bu kez Japonya'nın Toplum 5.0 kavramı dünyaya tanıtılmıştır. Toplum 5.0, genel hatlarıyla teknolojinin insanlığa tehditmiş gibi olarak algılanmasından ziyade teknolojinin insanlık için önemli bir yardımcı olarak görülmesini sağlamayı hedeflemektedir. Aynı zamanda Toplum 5.0, bilim ve teknolojiyi merkezine alıp ülkedeki makro ekonomik göstergelerin iyileştirilmesi doğrultusunda önemli bir görüş olarak da yer almaktadır. Böylece Japonya, Toplum 5.0 ile beraber en çok çekinilen konulardan biri olan yaşlanmış nüfus sorununu çözeceğini düşünürken, aynı zamanda nesnelerin interneti teknolojisi ile toplumun faydası gözetilerek doğal afetlerin yarattığı yıkımları hafifletmeyi planlamaktadır. Daha çok üretim alanında yer alan Endüstri 4.0 ile birlikte hayatımıza giren akıllın fabrikalar, yapay zeka, büyük veri gibi birçok teknolojik bileşeni de sosyal ortamın içine dahil ederek bu teknolojilerin insanlığa faydalı hale getirilebilmesi için uğraş verilmektedir (Çalış Duman, 2020: 67-68).

Toplum 5.0 ile birlikte birçok alanda dönüşümler gerçekleştirilmesi ve bu doğrultuda kamu alanı, istihdam planları, insan ve toplum yararı, sanayi üretim yapısı gibi alanlarda olumlu gelişmeler beklenmektedir. Bununla beraber Toplum 5.0 girişimcilik kabiliyetlerini arttırmayı ve inovasyon projelerine farklı bir boyut getirmeyi hedeflemektedir. Bu teknolojik gelişmeler ile birlikte Japonya'da üretim hacminin artması, gelir adaletinin sağlanması, yeni istihdam alanlarının oluşturulması ile birlikte ekonomik büyümenin artırılması Toplum 5.0 platformunun hedefleri arasındadır (Takakuwa ve diğerleri, 2018: 67).

Japonya, dünya geneline göre nüfusu yüksek, artan nüfusa rağmen sağlık hizmetleri ve iyileşen çalışma koşulları olmasına rağmen dünya geneline göre yaşlı topluluk olma özelliği taşımaktadır. Japonya için yapılan bir araştırmaya göre 2050 yılında ülke nüfusunun yaklaşık olarak %40'ına yakını 65 yaş üzerinde olacağı tahmin edilmektedir. Bu durumun varlığı günümüzde Japonya'yı yeni bir üretim modellerine sürüklerken, Endüstri 4.0 ile birlikte gelen büyük veri, robotik teknolojiler, yapay zeka ve otonom sistemler gibi yeni teknolojileri üretime katmaya itmiştir. Bununla birlikte Japon hükümeti gelecek perspektifi olarak eğitim konusunu ciddi anlamda destekleme yoluna gitmiş, bu konuda "Süper Zeki Toplum" adını verdikleri hedef doğrultusunda akademik çalışmaları destekleyici ve Toplum 5.0 platformunu teşvik edici çalışmalar yapmaktadır (Pereira ve diğerleri, 2020: 3307).

Şekil 6: Japonya'nın Süper Zeki Toplum Hizmet Platformu Şeması



Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

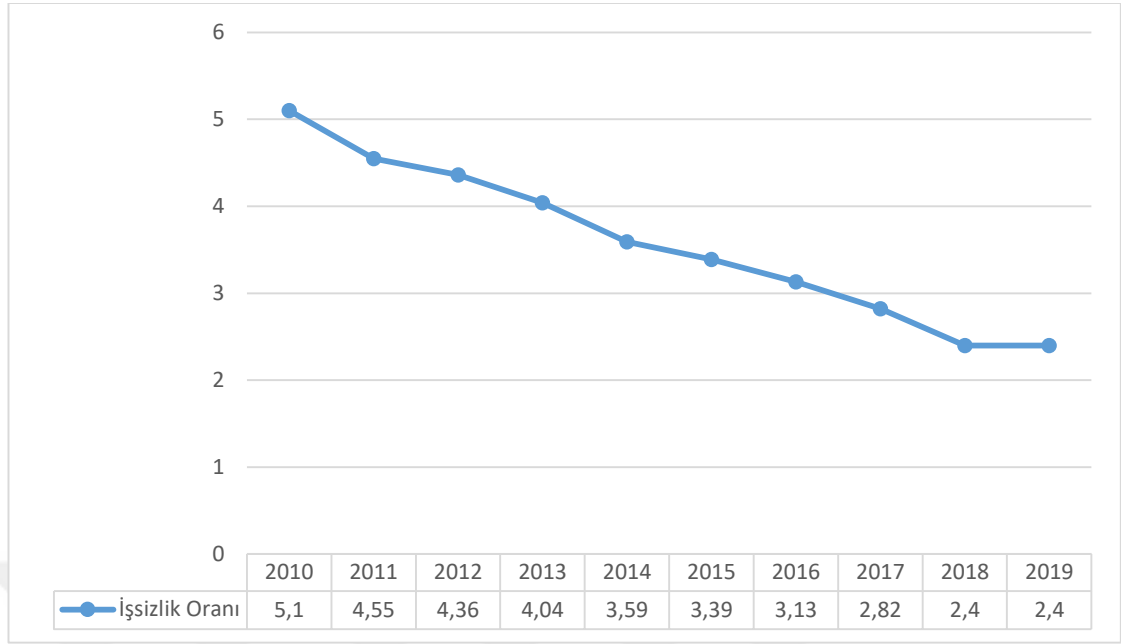
Toplum 5.0 projesi, yalnızca endüstri alanında değil, sosyo-ekonomik düzeni de etkisi altına alma amacıyla kurulan bir platformdur. Japonya İş Federasyonu tarafından belirlenen ve Şekil 6'da da belirtilen "Süper Zeki Toplum Hizmet Platformu" tablosu ile birlikte Toplum 5.0 projesi Japonya'nın sosyal anlamda birçok problemi ortadan kaldırması ve gelecekteki rekabet yarışında elini güçlendirmesi beklenmektedir. Japon hükümetinin belirlediği ilkeler ile beraber Toplum 5.0 platformunun küresel rekabet yarışında, veri biliminin gelişiminde ve ülkedeki yaşam standartlarının iyileştirilmesinin yanı sıra refahın da arttırılmasında Şekil 6'da da

belirtilen 12 adet sistemin başarısıyla gerçekleştirilebileceğini öne sürülmüştür (Japan Business Federation, 2016).

Japonya'nın gelecekte karşılaşması muhtemel toplumsal sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunların varlığı Endüstri 4.0 platformunun tanıtımı ile beraber Japonya'yı bu sorunların çözümü için harekete geçirmiş ve Toplum 5.0 platformunun gelişiminde bu sorunların ortadan kaldırılmasına olan inanç temel motivasyon kaynağı olmuştur. Aşağıda belirtilen toplumsal sorunlar Japonya'nın Toplum 5.0 platformunun kurulmasında etkili olmuştur (Onday, 2019: 4-5):

- **Küçülen İşgücü İstihdamı:** Grafik 15'te görüldüğü üzere 2010-2019 yılları arasında Japonya'da işsizlik oranı güçlü bir azalma eğilimi göstermektedir. Endüstri 4.0 platformunun tanıtımından sonraki süreçte 2013 yılından itibaren ülkede işsizlik oranı düşüş eğilimi hızlandırıp %4,04 seviyesinden 2014 yılında %3,59 seviyesine gerilerken ikinci büyük düşüşünü ise Toplum 5.0 projesinden sonra yapmış 2017 yılında 2,82 olan işsizlik oranı 2018 yılında 2,4 oranına gerilemiştir. Ancak işgücü piyasası tüm dünyada olduğu gibi Japonya'da da daralmaya devam etmekte ve bu durumun varlığı finansal gelişmeyi de tehlikeye atmaktadır. Yapılan tahminlere göre 2050 yılında Japonya nüfusunun yaşlanacağı ve bu durumun mevcut işgücü üzerinde olumsuz etki yaratacağı düşünülmektedir. Bu sorunun çözümlenebilmesi adına yeni sanayi tesislerinin yapımının yanı sıra yapay zeka teknolojileri yatırımları ve otomasyon sistemlerinin modernizasyon süreçleri devam etmektedir. Ancak robot teknolojilerin ve otonom sistemlerin üretim alanlarında egemen olması halinde işgücü kaybının derinleşeceği belirtilirken, bu durumun etkisinin azaltılabilmesi için Japon hükümeti farklı çözüm önerileri geliştirmeye devam etmektedir.
- **Yaşlanan Nüfus:** Gelecekte oluşması muhtemel olan nüfusun yaşlanması sorunu kamu giderlerinin artmasına sebep olması beklenmekte ve bu durumun aynı zamanda sosyal açıdan da incelenmesi gerekmektedir. Böyle bir durumun ortaya çıkması halinde hükümetin vergi gelirlerini arttırması ve yatırımların da azaltılması sonucu doğurabilmektedir. Bu durumla birlikte toplumsal anlamda bir infial doğurması muhtemel olmakla beraber, Japon sanayi üretimini, firmaların karlılığını ve ülkenin büyümesini engelleyici bir durum olabilmesi üzerinde durulmaktadır.

Grafik 15: Japonya'nın 2010-2019 Yılları Arasındaki İşsizlik Oranları



Kaynak: Dünya Bankası, 2021. Database of World Development Indicators, Indicators of Unemployment, Total (% of total labor force).

- **Tüketici Nüfusunun Daralması ve Altyapının Eskimesi:** Onday'ın yaptığı araştırma sonuçlarına göre Japonya'da 15-64 yaş arası nüfus 77 milyon iken 65 yaş üzeri nüfus ise 34 milyon olmuş, yapılan tahminler neticesinde ise tüm koşulların aynı olması halinde 2050 yılındaki 15-64 yaş arası nüfusun 53 milyon, 65 yaş üzeri nüfusun ise 44 milyon olarak gerçekleşmesi öngörülmektedir. Bu durumla birlikte Japonya'nın her yıl sosyal güvenlik maliyeti artarken, vergi gelirleri düşmekte tüketici nüfusunun artması ile birlikte altyapının bozulması beklenmektedir. Azalan doğum oranının belirli bölgelerin nüfus olarak yaşlanmasına neden olurken bölgesel bozulmalar ile birlikte bu durumun eğitim yatırımları, su ve kanalizasyon altyapı hizmetleri ve tıbbi hizmet yatırımlarını azaltıcı etki göstereceği tahmin edilmektedir (Onday, 2019: 5).
- **Çevre Sorunları:** Birleşmiş Milletler öncülüğünde 12 Aralık 2015 yılında düzenlenen İklim Değişikliği Konferansında Japonya devleti, Paris Antlaşması ile yürürlüğe girecek olan yenilenebilir enerji gibi birçok çevre dostu konuları kabul edip imzalamıştır. Bu durum çevresel anlamda olumlu etki yaratsa da yenilenebilir enerji fiyatlarının yüksek olması sebebiyle ülkelerin fiyatları düşürülmesi konusunda yoğun bir şekilde mesai

harcamasına neden olmuştur. Japon hükümeti, özellikle tüketimin yoğun olduğu metropol kentlerde enerji tasarrufu ve enerji kullanımını da kontrol altına alma gibi birçok önleyici politika izlemekte böylelikle bu durumun da enerji maliyetlerini azaltmasını beklemektedir. Bu politikalar başarılı olmaz ise Japonya'nın gelecekte küresel rekabet gücünü ortadan kaldırması ve ekonomik büyümenin istenen seviyede olmaması sonucunu doğurması beklenmektedir.

Japonya, Endüstri 4.0 bağlamında inovasyon çalışmalarına hız verirken, bu yeni devrimde ülke yönetiminin ana odağı demografik yapının gelecekteki değişimi ile gerçekleşmesi muhtemel toplumsal etkilerin de göz önüne alınarak yaptığı çalışmalar olacaktır. Özellikle gelecekte öngörülen yaşlanan nüfus için yeni inovatif ürünlerin üretimi ve işgücünün gelecekte azalacağı varsayımından hareket ile yeni üretim modeline hızlıca geçişin oluşmasını sağlamak Japonya'nın ana hedeflerinden biridir. Bu amacın gerçekleştirilebilmesi için yeşil inovasyon ve toplumsal fayda gözetilmesiyle sürdürülebilir bir kalkınma gerçekleşmesi hedeflenmektedir (Polat ve Erkollar, 2021: 339-340).

Japonya, Endüstri 4.0 ile birlikte üretim alanında çevreye karşı duyarlı, karbon salınımını azaltan ve tüm bunların yanı sıra yeni teknolojiler ile birlikte üretimde verimliliği en üst noktaya taşımayı hedefleyen bir üretim yapısı içerisine girmiştir. “Monozukuri” adını verdikleri bu yaklaşım tanım olarak, azami bir şekilde doğa ve çevre hassasiyeti olan ve kusursuz bir üretim anlayışı olarak ifade edilmektedir. Monozukuri anlayışının başarıya ulaşabilmesi için firmaların ana odağının karlılıktan teknoloji yatırımlarına kayması gerekmektedir. Ayrıca üretimde geleneksel olarak kullanılan pahalı ve kıt olan metallerin yerine onların ikamesi olan ucuz ve çok daha fazla bulunabilecek metallerin kullanılması önemlidir. Nano teknoloji, çevreye duyarlı yeni piller gibi birçok çevre dostu malzemenin üretim alanına girmesi kısa vadede karlılığı azaltsa da uzun vadede hem karlılığı hem de çevrenin korunmasını üst seviyeye taşıması öngörülmektedir (Ridgway ve diğerleri, 2013: 11).

Dünyadaki endüstriyel robot üretiminde önemli bir konuma sahip olan Japonya Uluslararası Robotik Federasyonu tarafından açıklanan ve Bölüm 2.1’de yer alan Grafik 8’de belirtilen 2020 yılı verilerine göre her 10.000 çalışan kişi sayısı başına 390 adet endüstriyel robot sayısı ile sıralamada kendisine üçüncü sırada yer bulmuştur. Aynı zamanda 2020 yılındaki verilere göre geçmiş yıllara nazaran en yüksek seviyeye ulaşan Japonya, bu veriler ışığında üretim kapasitesini dünya endüstriyel robot

üretiminin %45 oranında karşılayarak önemli bir başarı elde etmiştir (International Federation of Robotics, 2021).

2.6. GÜNEY KORE

Japonya, Çin, Singapur ve Tayvan gibi teknoloji açısından dünyada önemli bir konuma sahip Doğu Asya ülkeleri dördüncü sanayi devrimine hazırlanırken bu yeni devrime farklı perspektifte bakarak “Endüstri 4.0” terimi kullanmak yerine farklı isimler ile yeni döneme hazırlanmışlardır. Diğer Doğu Asya ülkeleri aksine Güney Kore, “Endüstri 4.0” kavramını kullanmayı tercih etmiş hatta Güney Kore hükümeti nezdinde de bu kavrama dikkat çekilmek amacıyla Endüstri 4.0 kavramı gerek sözlü gerekse de yazılı olarak hükümet tarafından birçok alanda vurgulanmıştır (Liao ve diğerleri, 2018: 7).

Güney Kore hükümeti, Endüstri 4.0 çerçevesinde birçok kurum ve kuruluşun gelişim ve dijital dönüşümünün sağlanması amacıyla aşağıda verilen Tablo 13’te uygulanması için hedefler belirlemiş ve bu hedefler doğrultusunda çalışmalara başlanması talimatını vermiştir (Sung, 2018: 44):

Tablo 13: Güney Kore Hükümetinin Endüstri 4.0 Hedefleri

Bölümler	Hedefler
Bilgi ve İletişim Teknolojileri	- Girişimciliğin teşvik edilmesi ve teknolojik yatırımların desteklenmesi - Bilgi ve iletişim alanında temel politika ve stratejileri ile alakalı plan yapılması
İstihdam ve İşgücü Piyasaları	- İstihdam ve işgücü piyasalarını düzenlemesi ve gerekli kanunların çıkartılması - İnsan kaynağının teşvik edilmesi
Ticaret ve Sanayi	Akıllı fabrika konusunda yatırımların yapılması
Tarım, Gıda ve Köy Hizmetleri	Tarımın modernizasyonu için büyük veri teknolojisinin kullanılması ve akıllı teknolojiler ile tarım sektörünün desteklenmesi

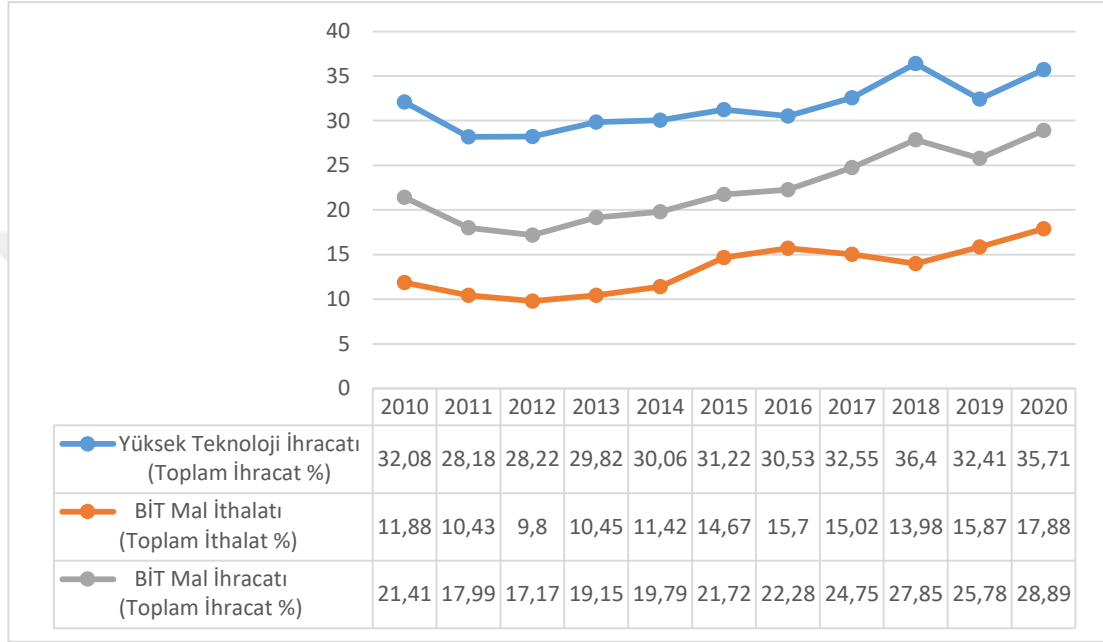
Bölümler	Hedefler
Okyanus ve Balıkçılık	Mevcut teknolojilerin yükseltilmesi ve yeni üretim alanlarının sağlanması
Devlet Mevzuatı	Mevzuat için gerekli kanunların hazırlanması
İşçileri ve Güvenlik	Kamu kurumlarının dijital dönüşümü için yatırım yapılması ve siber güvenlik alanında çalışmalar yapılması
Eğitim	Eğitimde yaratıcılığın teşvik edilmesi ve üniversite eğitiminin güçlü hale getirilmesi
Kültür, Spor ve Turizm	İstikralı politikaların sağlanması ve içeriklerin beslenmesi
Finansal Stratejiler	Finansal yapının daha planlı ve öngörebilir olabilmesi için tüm ekonomi birimlerinin planlanması ve işbirliğinin artırılması
Finansal Hizmetler	Gelecekte oluşturulacak ve mevcut endüstriler için finansal kaynak oluşturulması
Ulaşım ve Altyapı Hizmetleri	Daha çevreci ve akıllı ulaşım hizmetleri geliştirmesi
İnsan Kaynakları	Personel yönetiminin etkin hale getirilmesi

Kaynak: Sung, 2018: 44.

Endüstri 4.0 döneminde üretim yapısındaki değişimin sağlanabilmesi için Güney Kore hükümeti çalışmalar yürütürken, sosyal ve ekonomik çevrenin de düzenlenmesi gerektiği birçok görüş tarafından desteklenmektedir. Güney Kore’de mevcut durumda iç talebin düşük olması ve hane halkının borç riski artış eğiliminin yükselmesi sebebinden dolayı ülkenin potansiyeline göre düşük büyüme oranları ve sosyal yapının bozulma sorununu da beraberinde getirmiştir (Sung, 2018: 44). Güney Kore tüm bu durumları inceleyerek özellikler 2013 yılından itibaren teknolojik stratejilerin yanı sıra ekonomik ve sosyal anlamda da topyekun bir hareket başlatması ile Endüstri 4.0’ın başarılı bir şekilde uygulamasını da beraberinde getirmesi getirmiştir. Grafik 16’da da görüleceği üzere 2012 yılında yüksek teknoloji ihracatı %28,22 seviyesinde gerçekleşirken 2018 yılında %36,4 seviyesini yakalayarak son 10

yılın en yüksek seviyesini test etmiş, 2020 yılında da ise %35,71 oranında gerçekleşmiştir. Aynı zamanda BİT mal ihracatı da yüksek teknoloji ihracatına paralel bir şekilde artmış, 2012 yılında %17,17 seviyesinde iken bu durum yükseliş ile birlikte 2020 yılında son 10 yılın en yüksek seviyesi olan %28,89 seviyesinde gerçekleşmiştir.

Grafik 16: Güney Kore'nin 2010-2020 Yılları Arasındaki Yüksek Teknoloji İhracatı, BİT Mal İthalatı ve BİT Mal İhracatı Grafik Tablosu



Kaynak: Dünya Bankası, 2021. Database of World Development Indicators, Indicators of High-Technology Exports (% of manufactured exports), ICT Goods Imports (% total goods imports) and ICT Goods Exports (% of total goods exports).

Güney Kore imalat sanayisinin ve ülke ekonomisinin gelişmesi ve bu doğrultuda Endüstri 4.0 ile birlikte kalkınabilmesi için belirtilen politika önerileri aşağıda verilmiştir (Jung, 2019: 7-8):

- Dengesiz sosyal yapının ve küresel ekonominin nispeten sorunlu olduğu bir yapıda ülkenin gelişmiş ülkeler düzeyine ekonomik ve sosyal alanda erişebilmesi için gerekli altyapı ve ülke şartları ile uyumlu planlar geliştirilmelidir.
- Belediyeler, akademik enstitüler ve özel sanayi kuruluşlarının araştırma ve geliştirme payları arttırılmalı ve hükümetin bu girişimlere ciddi anlamda katkı sunmalıdır.

- Endüstri 4.0 ekosisteminde yer alan teknolojilerin üretim alanında kullanılmaya başlanması ile dönemin en önemli araçlarında biri olan kitlesel iletişim teknolojileri için gerekli altyapı çalışmalarının hızlandırılması gerekmektedir.
- Endüstri 4.0 ile birlikte gelen yeni iş alanlarına olan ilginin artırılması ve istihdamın geliştirilmesi için bu alanlara teşvikler yapılmalı, konferanslar yoluyla bu konular tartışılarak ekonomik politikalara yol gösterilmelidir.

Güney Kore, dördüncü sanayi devriminin etkilerini ve küresel bazda gerçekleşen gelişmeleri tüm süreçleriyle incelemektedir. Bu bağlamda Güney Kore, Endüstri 4.0'ı ileri teknoloji katma değer yaratan hizmetler ve yeşil teknoloji başlıkları altında değerlendirmektedir. Güney Kore bu hedefler doğrultusunda özellikle bilgi ve iletişim teknolojileri aracılığıyla çevre, alternatif enerjiler, yaşam bilimleri, mekatronik, ve pozitif bilimlere önem verirken, endüstrilerde kullanılacak olan teknolojilerin bilgi tabanlı olmasına önem vermektedir. Güney Kore hükümeti yapılacak teşvikler ile beraber kamu ve özel sektör iş birliğini geliştirip otomobil, makine, yarı iletken, tekstil ve gemi yapımı gibi sektörlerde tedarik zincirini de geliştirerek küresel rekabette güçlü olmayı planlamaktadır. (Ridgway, 2013: 11).

Güney Kore, küresel anlamda özellikle imalat sanayi yatırımları, otomotiv sektörü ve dijitalleşme alanında dünyada iyi bir konuma sahiptir. Dördüncü endüstri devrimi ile beraber araştırma geliştirme ve inovatif teknolojik çalışmalar büyük önem kazanırken, 2016 yılından itibaren Güney Kore hükümeti hem bu alanlara hem de yapay zeka konusunda küresel rekabette söz sahibi olma adına çeşitli yatırımlar yapma kararı almıştır. Bu süreçte akıllı sensörlerin inşası, akıllı fabrikaların kurulumu otonom araçlar ve yapay zeka teknolojileri dahil olmak üzere birçok alana 2 milyar dolarlık bir yatırım yapacağını açıklamıştır (Bayrak, 2018: 69-70).

Endüstri 4.0 ile birlikte dünya akıllı fabrika kavramı ile tanışırken, ülkeler bu sistem için imalat sanayilerini dönüşüme hazırlamaya çalışmaktadır. Ayrıca Güney Kore hükümeti yapılacak olan yatırımların boyutunu 844 milyon dolar olarak açıklarken, 2022 yılına kadar bu yatırımların artabileceğini de açıklamıştır. Güney Kore hükümeti, 2018 yılında aşağıda yer alan alanlara yatırım yaparak bu konuda güçlü ülkeler arasına girmeye çalışmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018):

- Nesnelerin İnterneti
- Otonom Teknolojiler
- Yenilenebilir Enerji
- Yarı İletken Hammaddeler
- Bio Sağlık Hizmetleri

Güney Kore hükümeti, imalat sanayisini geliştirmek için Almanya’da önemli bir proje haline gelen “Industrie 4.0” platformuna benzer “İmalat İnovasyonu 3.0” adında bir proje geliştirmiştir. Bu proje temel olarak Endüstri 4.0 döneminde geliştirilmeye başlanan ve 8 yeni akıllı teknoloji olarak da adlandırılan siber fiziksel sistemler, yenilenebilir enerji, hologram, otonom robot teknolojisi, eklemeli imalat, nesnelerin interneti, bulut bilişim ve büyük veri teknolojileri dikkate alınmaktadır. Aşağıda belirtilen Tablo 14’de İmalat İnovasyon 3.0 projesinin 4 temel stratejisi ve 13 görevi verilmiştir (Kang ve diğerleri, 2016: 116).

Tablo 14: Güney Kore’nin İmalat İnovasyon 3.0 Projesi

Stratejiler	Uygulamalar
Akıllı Üretim	• Akıllı fabrikaların artırılması • Üretimde zayıf noktaların belirlenip düzeltilmesi • 8 yeni akıllı teknoloji kullanımının artırılması • Hükümet tarafından üretimde teşviklerin kullanılması
Yeni Nesil Endüstri için Güçlü Ekonomi	• Reel sektörün araştırma ve geliştirme yatırımlarının teşvik edilmesi • Eklemeli imalat sisteminin geliştirilmesi ve üretim alanında kullanılarak ticari boyut kazandırılması • Akıllı sistemler ile ürünlerin görseline tüketicinin erken erişiminin sağlanması

Stratejiler	Uygulamalar
Üretimde Akıllı Çözümler	• Yaratıcı çözümler için inovasyon merkezlerinin kurulması • Akıllı sistem tabanlı çözümlerin endüstride uygulanması • Yeni endüstrilerin gelişiminin sağlanması
Firmaların Dijital Dönüşümü ve İnovasyon Altyapısı	• Firmaların dijital dönüşüm organizasyonlarının teşvik edilmesi • Endüstri 4.0 teknolojileri ile üretilen yeni ürünlerin geliştirilmesi • İşgücü eğitimlerinin desteklenmesi ve işgücünün inovasyon projelerine katılımının artırılması

Kaynak: Kang ve diğerleri, 2016: 116.

Güney Kore, Endüstri 4.0 ile birlikte imalat sanayisinde kullanılan robot yoğunluğu bakımından küresel rekabette yaklaşık olarak 10 yıllık bir liderliğe sahiptir. Uluslararası Robotik Federasyonu tarafından açıklanan Bölüm 2.1’de yer alan Grafik 8’deki 2020 yılı verilerine göre robot yoğunluğu her 10.000 çalışan başına 932 adet olurken ve küresel çapta robot yoğunluğun ortalama olarak her yıl %10 seviyesinde büyümektedir. Böylesine yüksek robot yoğunluğunun olması ülkenin imalat sanayisinde temel taşlarını oluşturan elektrik/elektronik sektörü ile otomotiv sektörünün başarısına borçludur (International Federation of Robotics, 2021).

2.7. AVUSTRALYA

Almanya’da 2011 yılında tanıtılan Endüstri 4.0 platformu önce Almanya olmak üzere birçok gelişmiş Avrupa ülkesinin dikkatini çekmiş ve ülkeleri bu konuda yatırım yapmaya itmiştir. Tanıtılan bu platforma ilk etapta ülkelerin hükümetleri ilgi göstermiş ve ardı ardına uzun vadeli yatırım planlarını açıklamaya başlamışlardır. Ancak açıklanan bu yatırımlara özel sektöründe dahil olması istenmiş ve böylece daha geniş çapta yatırım boyutuna ulaşarak imalat sanayisi alanı başta olmak üzere kamu alanını da içeren birçok sanayi ve hizmet kolunun dijital dönüşüm süreci hızlandırılması amaçlanmıştır (Digital Transformation Monitor, 2017).

Bu doğrultuda Avustralya, özellikle Almanya ve Amerika'nın Endüstri 4.0 platformlarından etkilenecek çeşitli yatırımları devreye sokmuştur. Endüstri 4.0 platformları baz alınarak yapılan yatırımlar yalnızca doğrudan hükümet yatırımları olmamış, hükümetin önderliğinde birçok kurum ve kuruluşlar ile işbirliği şeklinde geniş bir perspektifte yapılmıştır. Oluşturulan bu konsensüs ile birlikte toplamda 1,1 milyar dolarlık bir yatırım planlanmış, bu yatırımlar aşağıda belirtilen dört ana başlıkta toplanmıştır (Dean ve Spoehr, 2018: 4):

- Kültür ve sermaye
- Çeşitli işbirliği grupları
- Yetenek ve beceri programları
- Hükümet yatırımları

Bir başka yatırım projesi ise Avustralya hükümetine bağlı Avustralya Savunma Bakanlığı liderliğinde oluşturulan “Yeni Nesil Teknolojiler Fonu” adı verilen yatırım programı açıklanmış ve açıklanan bu yatırım programına katılan işletmelerin ilk etapta Avustralya Savunma Kuvvetleri'ne olmak üzere diğer özel iştiraklere dijital ürünler tedarik etmesinin sağlanması ve 2026 yılına kadar yaklaşık 730 milyon dolar tutarında sermaye sağlanması kararlaştırılmıştır. Bu doğrultuda Avustralya hükümeti dijitalleşmenin gerektirdiği üretimde inovasyon ile beraber dijitalleşme alanında üretim yapan işletmelere ve siber güvenlik alanında faaliyet gösteren işletmeler için bu dönemde kurulan ve sayısı altıya ulaşan Sanayi Büyüme Merkezleri'ne yaklaşık 238 milyon dolarlık kaynak ayrılmıştır. Bu yatırımlar ile birlikte Avustralya'da dijitalleşme ve imalat sanayisine sağlanan çeşitli fonlar ile gelişimleri sağlanması ve ekonomiye katkı getirmesi beklenmektedir (Australian Government, 2017).

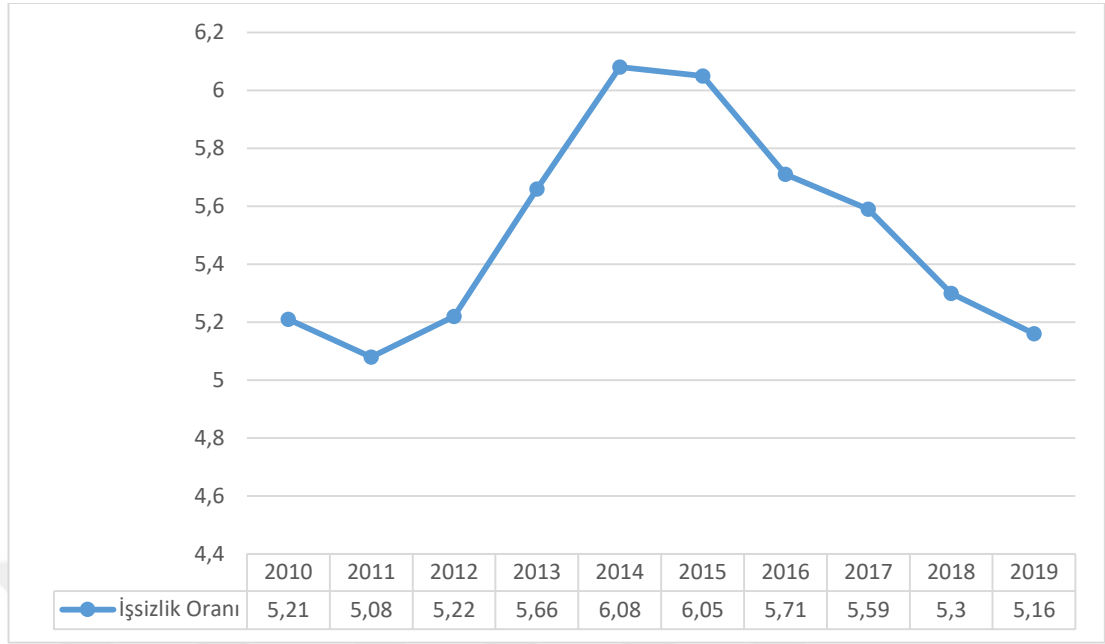
Avustralya hükümeti Endüstri 4.0 devriminin istihdam üzerindeki olumlu etkiler kadar olumsuz etkilerini de gözlemlemekte ve bu süreçte inovasyonun yanı sıra yeni iş kollarının oluşturulması ve geliştirilmesi konusunda da çalışmalar yapmaktadır. Endüstri 4.0 temel olarak ana akım iktisat teorisine uyan bir yapı olmakla birlikte kısa dönemde ağırlıklı olarak yatırım ve inovasyon önemsenirken, istihdam konusu göz ardı edilmiştir. Bu duruma karşın Endüstri 4.0'ın uzun dönemdeki hedefleri arasında firmaların üretim sürecindeki dijital dönüşümünün yaratmış olduğu kazanımlarının yanı sıra yeni iş kolları, yeni pazarlar gibi birçok içerisinde istihdamı da arttırıcı etki bulunmaktadır. Avustralya hükümetinin bu durumda farklı olarak üzerinde durduğu

temel konu kısa vadeli istihdam kaybını minimize etmek olmuştur (KPMG, 2017: 4-5).

Endüstri 4.0 platformunun küresel çapta ilgi görmesiyle birlikte Avustralya Kalkınma Komitesi (CEDA), Avustralya'nın Endüstri 4.0 ışığında gelecek perspektifine dair 2015 yılında bir rapor yayınlamış, gelişen ve hızla dönüşen üretim alanlarının işgücü piyasasını nasıl etkileyeceğine dair çeşitli tahminlerde bulunmuştur. CEDA'ya göre Avustralya'da gelecek 30 yıl içinde mevcut sektörlerin yaklaşık olarak %40'ına yakın bir kısmı artan teknoloji ile beraber dijital dönüşüme uğrayacağı öngörüsünde bulunurken, bilgisayar teknolojisinin ve otomasyon sistemlerinin de etkisiyle özellikle imalat sanayisinin otonom sistemlerin etkisi altına gireceği varsayımında bulunmuştur (Loveder, 2017:7).

2016 yılında Avustralya ekonomisi üzerine yapılan bir diğer araştırmaya göre ise 2006-2016 yılları arasında imalat endüstrisinde yaklaşık olarak 270.000 işgücü kaybı yaşanırken, sağlık sektöründe ise bu durum tam tersi olarak 400.000 işgücü kazanımı şeklinde gerçekleşmiştir (Bankwest Curtin Economic Centre, 2018: 8). 2010-2019 yılları arasında Avustralya'da işsizlik oranları Grafik 17'de verilmiştir. Bu göstergelerden hareket ile Endüstri 4.0 platformunun tanıtılmadan önceki 2012 yılında işsizlik oranı %5,22 ile stabil seyrederken 2014 yılında bu oran %6,08 ile son 10 yılın zirvesini görmüştür. Avustralya hükümeti de Endüstri 4.0 devriminin yaratmış olduğu etkileri göz ardı etmeyerek 2015 yılından itibaren bu konu ile alakalı çeşitli yatırımları devreye almış, yapılan yatırımların da etkisiyle birlikte 2016 yılından itibaren işsizlik oranların ciddi bir azalış gerçekleşirken 2019 yılında %5,16 seviyesine kadar işsizlik gerilemiştir (Dünya Bankası, 2021).

Grafik 17: 2010-2019 Yılları Arasında Avustralya’da Gerçekleşen İşsizlik Oranları



Kaynak: Dünya Bankası, 2021. Database of World Development Indicators, Indicators of Unemployment, Total (% of total labor force).

Bu araştırma baz alınarak Avustralya ekonomisi için Endüstri 4.0 devriminin iyi bir şekilde değerlendirmesi gerekmekte ve özellikle imalat sanayisinde çalışabilecek işgücünün başarılı bir şekilde eğitimlerinin tamamlanması durumunda hem mevcut iş kollarında hem de Endüstri 4.0 ile beraber hayatımıza giren yeni iş kollarında da işgücü istihdamı gerçekleşmesi olası bir durum olarak gösterilmektedir. Bu eğitim süreçlerinin tamamlanmasıyla mühendislikten siber güvenlik alanlarına kadar birçok iş kollarında yeni istihdam hacmi yaratılma ihtimali doğmaktadır. Bu doğrultuda istihdam üzerindeki olumlu etkilerin gerçekleşmesi ve Endüstri 4.0 devriminin vaat ettiği refah düzeyinin oluşabilmesi için kamu ile özel sektörün ortak hareket etme gereksinimi doğmuştur (Dean ve Spoehr, 2018: 4).

Dijitalleşmenin yoğunlaşmasıyla birlikte çeşitli iş modelleri oluşmuş, platform kapitalizmi adı verilen yeni iş modeliyle beraber piyasa değerlemesi hızla artış gösteren firmalar ortaya çıkmıştır. Bu iş modelinde işgücü istihdamının büyük bir bölümünü veri bilimciler oluştururken, diğer kısmında ise gig ekonomisi adı verilen bir sistemin içinde yer alan düşük vasıflı işçiler oluşturmaktadır. Endüstri 4.0 ile birlikte hayatımıza giren gig ekonomisi kavramı içerisinde bulunan işçilerin eskiye nazaran çalışma düzenleri ve alacakları ücretlerin sabit olmadığı, daha çok esnek çalışma düzenleri ve performansa dayalı bir ücrete tabi oldukları bir düzen

gelişmektedir. Avustralya’da bu tip sistemlere işgücü tarafından katılımın artmasıyla birlikte hükümetin hukuki ve yasal zemini işgücü lehine kullanması gerekmekte ve ayrıca buna benzer iş modellerinin yaygınlaşmasının istihdam açısından olumsuz etki oluşturması tahmin edilmektedir (Healy ve diğerleri, 2017: 2-3).

Kamu finansmanının ve iş dünyasının iş birliğiyle, karşılıklı diyalog kanallarının açık olmasıyla Avustralya’nın geleceği için çalışmalar sürdürülmektedir. Özellikle gelecek dünyasında oluşması beklenen dijital dönüşümle birlikte işgücü haklarını koruyan, işgücünün çoğu zaman maruz kaldığı psikolojik ve fiziksel sağlık ve sosyal problemlerin minimize edilmesiyle alakalı yasal zeminin oluşmasına hükümet ayrıca önem vermektedir. Bu doğrultuda Avustralya hükümeti, Endüstri 4.0 devriminin mevcut durumunu ve gelecekte oluşturabileceği etkileri analiz etmek ve araştırmak için ülkenin çeşitli yerlerinde üniversiteler ve çeşitli sektörden firmaların da katkılarıyla “Endüstri 4.0 Test Laboratuvarı” ismini verdikleri laboratuvarları kurmuştur. Test Laboratuvarlarıyla birlikte hükümet yetkilileri ülke genelinde Endüstri 4.0’ın ve dijital olguların insanlar tarafından daha erişilebilir hale getirmeyi amaçlarken, endüstriler için yeni teknolojilerin test edilebileceği, yeni uygulama ve yazılımların geliştirilebileceği ve imalat süreçlerinin analiz edilebileceği bir ekosistem oluşturulmuştur. Endüstri 4.0’ın yaratmış olduğu dijital dönüşümün oluşturulan test laboratuvarlarıyla tanıtım faaliyetlerinin yanı sıra tüm sektörler için önemli bir paydaş olma özelliğine de sahiptir. Test Laboratuvarları oluşumunda ve faaliyetlerini sürdürebilme noktasında birçok öğeye ihtiyaç duymakta ve bu öğeler kısaca aşağıda verilmektedir (Gallagher, 2017: 4):

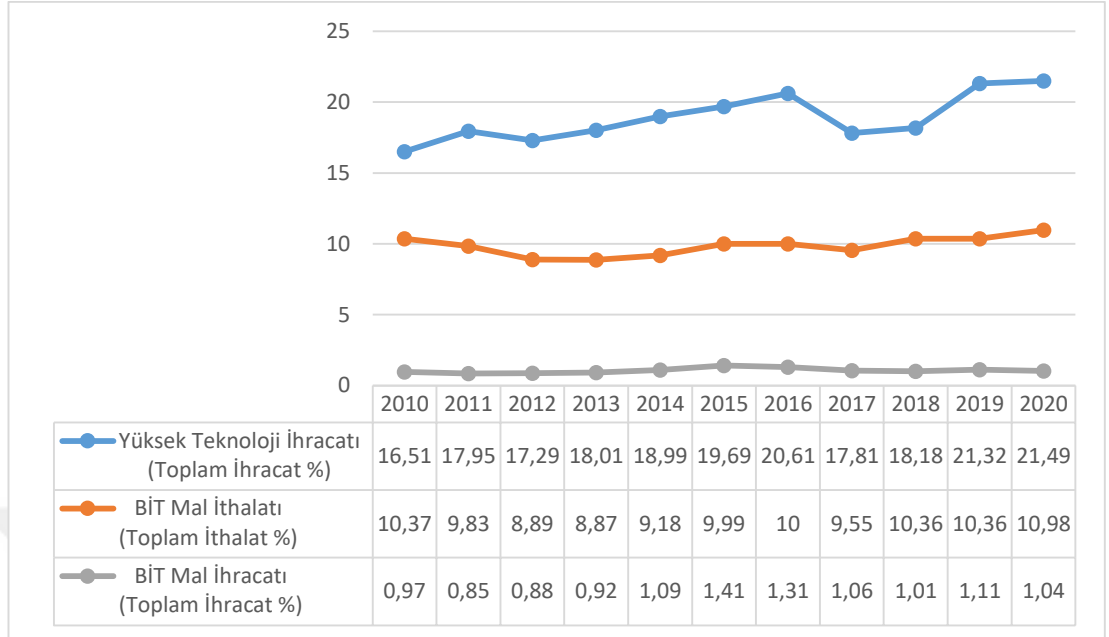
- **Sanayi:** Bütün kurulan Test Laboratuvarlarında ülke içinde faaliyet gösteren bir sanayi temsilcisi başkanlığında bir ekip kurulması ve bu ekip tarafından da düzenli olarak sanayi fuarları düzenlenmesi beklenmektedir.
- **Düzenleme:** Hükümet tarafından çeşitli yasal düzenlemeler ile birlikte Test Laboratuvarında Endüstri 4.0 devriminin etkilerini evrensel ilke ve etik kurallarına uygun bir şekilde ele alması gerekmektedir.
- **Değer Yaratma:** Test Laboratuvarlarında büyük ölçekli firmaların yanı sıra özellikle küçük ve orta ölçekli firmalarında dördüncü endüstri devriminde değer yaratma konusunda destek verme göre bulunmaktadır.
- **İşgücü Evrimi:** Avustralya hükümeti başta olmak üzere üniversiteler, sivil toplum kuruluşları, firmalar gibi birçok önemli paydaş Test

Laboratuvarlarında mevcut ve potansiyel işgücü için eğitim-öğretim organizasyonları ve platformları kurmaları amaçlanmaktadır.

- **Politika:** Test Laboratuvarlarının varlığı ile beraber hükümetin bu konu hakkında politikasının şekillendirmesin ve standartlara uygun bir şekilde uygulamaları yürürlüğe koyması beklenmektedir.
- **Erişim Kolaylığı:** Test Laboratuvarlarında ve uluslararası bu laboratuvarlara benzer yapılarda uygulanan projeler incelenecek ve Test Laboratuvarında faaliyet gösteren firmaların bu alanlarda ortak işbirliği yapması teşvik edilecektir.
- **Stratejik Önem:** Büyük ölçekli firmaların Test Laboratuvarlarında küçük ve orta ölçekli firmalara destek vermesi stratejik önem arz ederken, bu durumun yanında tüm proje geliştiricilerin işbirliği esas alınarak ve rekabete dayalı olmayan bir ortamda geliştirmeleri çok önemlidir.

Avustralya hükümetinin Endüstri 4.0'ın uygulanmasıyla birlikte oluşması muhtemel istihdam kaybının etkileri üzerinde dururken, dikkat ettiği temel alan imalat sanayisi olmuştur. Bu konuda Avustralya hükümeti çeşitli iş modelleri üzerinde çalışmalar yürütürken, ülkedeki imalat sanayisinin potansiyelini geliştirmeye ve 2018 yılında Uluslararası Çalışma Örgütü tarafından “Skills Policies and Systems for a Future Workforce (Geleceğin İşgücü için Beceri Politikaları ve Sistemleri)” adındaki raporda geçen tavsiyeler üzerine dijitalleşen işgücünü desteklenmesine odaklanmıştır (ILO, 2018). Bu doğrultuda Endüstri 4.0 döneminde ithalat ve ihracata konu olan malların türü önem kazanmış, yüksek döviz getirili gelişmiş teknolojilerin kullanıldığı katma değerli ürünlerin önem kazanmıştır. Grafik 18’de verilen Avustralya’nın yüksek teknoloji ihracatı, BİT mal ithalatı ve BİT mal ihracatı göstergelerinde önemli bir değişiklik gözlemlenmese de yüksek teknoloji ihracatının 2016 yılından sonraki düşüşün ardından 2018 yılından sonraki süreçte toparlanma eğilimine girdiği gözlemlenmektedir (Dünya Bankası, 2021).

Grafik 18: Avustralya'nın 2010-2020 Yılları Arasındaki Yüksek Teknoloji İhracatı, BİT Mal İthalatı ve BİT Mal İhracatı Grafik Tablosu



Kaynak: Dünya Bankası, 2021. Database of World Development Indicators, Indicators of High-Technology Exports (% of manufactured exports), ICT Goods Imports (% total goods imports) and ICT Goods Exports (% of total goods exports).

Tüm bu incelenen ülkeler baz alındığında Endüstri 4.0 devrimi, 2011 yılından günümüze gelindiğinde çok önemli gelişmeler kaydetmiştir. Bu doğrultuda incelenen ülkeler, genel olarak ilk etapta kamu yatırımları ağırlıklı gelişmeler kaydederken, daha sonraki dönemlerde gerek üniversiteler gerekse de sivil toplum kuruluşları ve iş dünyasının da desteğiyle gelişmeye devam etmektedir. Bu süreçte incelenen ülkelerin genelinde araştırma ve geliştirme yatırımları, BİT harcamaları ve istihdam göstergelerinde pozitif ayrışma gerçekleşmiş, pozitif ayrışma gerçekleşmeyen birkaç ülkede ise stabil bir seyir gözlemlenmiştir. Bu doğrultuda Avustralya, Birleşik Krallık ve Fransa bu konuda yatırımlarını ciddi oranda arttırmaya başlamışlardır. Endüstri 4.0 devriminin önemli sacayağını oluşturan unsur olan robot teknoloji alanında Güney Kore, Japonya ve ABD önemli gelişmeler gösterirken, Avrupa tarafından bu ülkelere en yakın konumda Almanya yer almaktadır. Endüstri 4.0 devriminde önde olan bu ülkeler otonom sistemler ve yapay zeka alanında önemli yatırımlar gerçekleştirmekte ve diğer gelişmiş ülkelere göre Endüstri 4.0 yarışında önde yer almaktadır. Avusturalya ve Fransa, Endüstri 4.0 yarışında geri kalmanın da etkisiyle bu devrimi araştırma ve geliştirme yolunda laboratuvar çalışmalarına hız vermiş, özel sektör

yatırımları ve istihdam konusunda gelişmeler kaydetmiştir. Birleşik Krallık ise özellikle otonom sistemler üzerine kamu tarafından önemli teşvikler ile gelişmeye çalışırken, 2020 Brexit sürecinden sonra onshoring yatırımlar ve dış yatırımları ülkesine çekmek için çaba sarf etmektedir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ENDÜSTRİ 4.0 EKSENİNDE OTOMASYONUN İSTİHDAM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ: EKONOMETRİK BİR ANALİZ

Bu bölümde ampirik analiz kapsamında panel veri analizine ilişkin tanım ve özellikleri hakkında bilgilendirmelerden sonra söz konusu yöntemin avantajları ve kısıtları açıklanmıştır. Durağan olmayan panel veri analizi doğrultusunda ekonometrik bir model kurulmuş ve bu modele ait değişkenler açıklanmıştır. Ampirik model kapsamında değişkenlere ait eğim katsayılarının heterojenliği analiz edilmiş, daha sonra söz konusu değişkenlerin yatay kesit bağımlılığı araştırılmıştır. Bu doğrultuda elde edilen sonuçlara göre ikinci nesil panel birim kök testlerinden faydalanılarak veri setinin durağanlığı incelenmiştir. Daha sonra ise ikinci nesil panel eşbütünleşme testleri kullanılarak seriler arası eşbütünleşik ilişki araştırılmıştır. Son olarak CCE Ortak İlişkili Etkiler Modeli kullanılarak uzun dönem regresyon katsayısı tahmin edilmiş ve elden edilen bulgular değerlendirilmiştir.

3.1. PANEL VERİ ANALİZİ ve ÖZELLİKLERİ

Bir ekonometrik model oluşturulurken yapılması ilk olarak değişkenlere ait verileri toplamak gerekmektedir. Ekonometrik uygulamalarda zaman serisi, yatay kesit ve panel olmak üzere üç çeşit veri tipi bulunmaktadır. Zaman serisi verisi değişken değerlerinin gün, ay, yıl gibi zamanlara ait dağılımları gösterirken, yatay kesit verisi ise değişkenlerin yalnızca bir dönemine ait bilgi içermektedir. Panel veri ise zaman serisi verisi ile yatay kesit verisinin bileşiminden oluşmaktadır. Bu veriler yatay kesit birimlerine benzer bir şekilde zamana göre değişimini belirtiyorsa bu tip verilere de panel veri adı verilmektedir (Baltagi, 2021: 28). Diğer bir deyişle panel veri, ülkeler, firmalar, endüstriler ve hane halkları gibi gruplara ait yatay kesit gözlemlerinin zaman verileri ile birleştirilmesine denilmektedir. Böylece panel veri setinde geniş ve karmaşık olabilecek modellemeler yapılması mümkün olmaktadır. Ayrıca panel verinin içerisinde bulunan zaman ve yatay kesit verilerinin gözlem sayısı ile serbestlik derecesi yükseldiğinden dolayı bağımsız değişkenlerin arasında oluşması muhtemel çoklu doğrusal bağlantının derecesi azalış göstermekte ve böylece

ekonometrik tahminlerin de etkinliği artma eğilimine girmektedir (Yerdelen Tataoğlu, 2012: 9).

Zaman serisi ile kesit verisi özelliği taşıyan panel veri önemli bazı hususlar taşımaktadır. Panel veri setinde oluşabilecek bir veri noksanlığı konusu önem taşırken, her bir kesit verisi için gözlem süresi aynı ise dengeli panel veri seti kullanılmakta ve bazı gözlem süreleri tam değil ise dengesiz panel veri seti kullanılmaktadır (Gujarati, 2016: 406).

Panel veri çalışmaları kullanımında genellikle üç temel amaç esas alınır (Hsiao, 2007: 2):

- Yatay kesitte yer alan her birimin zaman içindeki değişimini ortaya çıkarmak.
- Birimlerin birlikte veya ayrı ayrı bir şekilde değişim süreçlerini diğer değişkenler vasıtasıyla açıklamak.
- Her birimin ilgili açıklayıcı değişkene bağlı kalarak çeşitli öngörülerde bulunabilmek.

Panel veri analizi, kesit verisine ve zaman serisine nazaran içerisinde birçok avantajı barındırmaktadır. Bu avantajlar şu şekilde ifade edilebilir (Hsiao, 2007: 3-6; Baltagi, 2021: 6-8):

- Yatay kesit ve zaman serisi analizlerinde bireysel heterojenlik durumu kontrol altına alınamazken, bu durum panel veri analizlerinde, birimler heterojen olduğu varsayımı yapılarak kontrol edilmektedir. Böylece ekonometrik analizlerde yanlı sonuçlar elde etmenin önüne geçilebilmektedir.
- Panel verisi analizlerinde diğer iki analize göre gözlem sayısı fazla olmasından dolayı daha fazla bilgilendirici veri içermektedir. Böylece çoklu bağlantı sorununa daha az rastlandığı için serbestlik derecesi artmakta ve diğer iki analize kıyasla daha etkin tahmin yapmaya olanak sağlamaktadır.
- Panel veriler, yatay kesit veya zaman serilerinde kolay bir şekilde algılanamayan bireysel ve zaman etkilerini daha kolay saptama yeteneğine sahiptir.

- Yatay kesit ile zaman serilerine göre panel veri modelleri, karmaşık modelleme oluşturma ve bunları test etme durumunu daha kolay bir şekilde yapılmasını sağlamaktadır.
- Panel verisi kullanımı, yapılan uygulamayı tek bir yatay kesit veya zamana bağlı tutmamaktadır.

Panel verinin diğer iki veriye göre bir takım avantajları olduğu gibi dezavantajları da mevcuttur. Bu dezavantajlar veri toplama sorunu, ölçüm hatalarındaki sapma durumu, kısa zaman verisi boyutu ve yatay kesit bağımlılığı olup, bu dezavantajlar aşağıda sıralanmıştır (Baltagi, 2021: 9-11):

- Veri toplama sorunu: Bu tip sorunlar genellikle veri toplama aşamasında verilerin eksik ya da hatalı bir şekilde toplanmasıyla oluşmakta ve bu durum çalışmaya olan güvenilirliği de azaltmaktadır. Ayrıca panel anketi düzenlerken de ortaya çıkan bu sorun anket gerçekleştirilen birimlerden yöneltilen sorulara katılımcının yanlış veya eksik yanıt vermesi, anketör hataları, ankete katılan katılımcının yanıt verdiği soruları unutması gibi sorunlarda karşımıza çıkmaktadır.
- Ölçüm hatalarındaki sapma durumu: Böyle durumların oluşmasının temel sebepleri çalışmaya katılan kişilerden kaynaklanan durumlardır. Sorulara bilerek yanlış cevap verilmesi, hafızadan kaynaklanan hatalar, yanlış cevaplar ve yanlış seçilen örneklem gibi nedenlerden kaynaklanan sorunlardır.
- Kısa zaman serisi boyutu: Panel veri analizlerinde, her birim için zaman verisi serisi boyutu kısa olması sebebiyle sorunlar çıkabilmektedir. Özellikle doğrusal olmayan panel verisi analizlerinde zaman boyutu kısalığının çözülmesi çok zor olan bir durumdur. Bu sorunun oluşmasındaki en önemli sebep zaman boyutu arttırıldığında aşınma olasılığının da artması ve sınırlı bağımlı değişkenli modellemelerin hesaplanma zorunluluğunun artmasıdır.
- Yatay kesit bağımlılığı: Panel veri çalışmalarında ülke analizi yaparken yatay kesit bağımlılığının çalışmada yer almaması ülkelerin uzun zaman serisi biçiminde araştırılan makro panellerde hatalı sonuçlara neden olmaktadır. Bu durum bu tip çalışmalar için yatay kesit bağımlılığının sonuçları üzerinde etkisini göstermektedir.

3.2. YAZIN TARAMASI

2011 yılında ilk kez Almanya’da duyurulan Endüstri 4.0 kavramı bilimsel çalışmalar önemli bir altyapı oluşturmuş ve dördüncü endüstri devrimi ile birlikte planlanan teknoloji yoğun üretim yapısının işgücü piyasasına etkisi çalışmalar için ilgi uyandırmıştır. Ampirik çalışmanın yararlandığı çalışmalar genel olarak Endüstri 4.0 devriminin getirmiş olduğu teknolojik gelişmeler neticesinde ele alınan gelişmiş ülkelerin işgücü piyasasına etkileri üzerinde durulmuş ve çalışma sonuçlarına göre ele alınan ülkelere politika önerileri getirmiştir.

Acemoğlu ve Restrepo (2017) çalışmasında 1990-2007 yılları arasını kapsayan dönemde ABD için robot teknolojisinin emek piyasası üzerine etkilerini yığılmış farklar ve en küçük kareler yöntemi (ordinary least squares (OLS)) kullanarak araştırmıştır. Bu çalışmaya göre robot teknolojisinin ABD ekonomisi üzerine 360.000 ile 670.000 arasında işgücü istihdam kaybı yarattığı sonucuna ulaşmış ve sonucuna ulaştığı rakamların ABD’de toplam istihdamın yüzde 0.18 ile 0.34 oranları arasına geldiği çalışmada belirtilmiştir. Ayrıca üretimde kullanılacak her bir robotun yaklaşık olarak 6.2 kişinin işgücü istihdam kaybına neden olacağı çalışmada çıkan bir diğer sonuçtur.

Chiacchio vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada 1995-2007 yılları arasında Avrupa Birliği (AB) içinde robot piyasasının %85’ine sahip olan altı ülkeyi iki aşamalı en küçük kareler (two stage least square (2SLS)) yöntemiyle ele alınmıştır. Bu çalışmaya göre, 1000 kişilik işçi başına karşılık bir robotun istihdam oranını yüzde 0.16 ile 0.20 arasında düşürdüğü, işçilik ücretlerini ise yüzde 0.63 oranında azalttığı sonucuna ulaşılmıştır. Son olarak robot teknolojisinin işsizliği arttırdığı sonucuna varılsa da, bu artışın ağırlıklı olarak orta ve alt eğitim düzeyine sahip işgücünü etkileyeceği vurgulanmıştır.

Graetz ve Michaels (2015) çalışmasında aralarında 14 Avrupa ülkesi olmak üzere ABD, Güney Kore ve Avustralya’nın da bulunduğu 17 ülkeyi 1993-2007 yılları arasında imalat sanayisinde endüstriyel robot kullanımını en küçük kareler yöntemini kullanarak araştırmıştır. Bu araştırmaya göre endüstriyel robot kullanımı yıllık bazda emek verimliliğini yüzde 0.36 oranında arttırırken, aynı şekilde GSYİH büyüklüğünü de yüzde 0.37 oranında arttırdığı neticesine ulaşılmıştır. Ayrıca yüksek vasıflı

işgücünün diğeri işgücüne oranla işgücü talebinin artacağı ve nitelikli işgücünün revaç haline geleceğı bu araştırmada değinilmiştir.

Dauth vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada 1994-2014 yılları arasında Almanya imalat sanayisi üzerinde endüstriyel robot kullanımının etkisini iki aşamalı en küçük kareler yöntemiyle araştırılmıştır. Yapılan araştırma neticesinde endüstriyel robot kullanımının istihdam üzerinde olumsuz etkiye neden olduğına dair net bir bulgu elde edilememiştir. Ayrıca robot teknolojisinin gelişimi ile beraber imalat sanayisi ile robot teknolojisinin kullanıldığı diğeri sektörlerde olmak üzere yeni iş olanakları oluşturduğı araştırma neticesinde bulunmuştur.

Frey ve Osborne (2017) alışmasında İngiltere ve ABD’de ki 702 farklı meslek grubunu ele alarak otomasyonun işgücü üzerindeki etkisi tahmin edilmiştir. Tahmin edilen analiz sonuçlarına göre ABD’de de otomasyon süreçlerinde yüksek risk grubunda yer alan işgücü oranı yüzde 47 oranında gerçekleşirken, İngiltere’de ise bu durum yüzde 35 oranında gerçekleşmiştir.

Arntz vd. (2016) tarafından yapılan çalışmada 21 OECD ülkesi ele alınırken, bu ülkelerdeki işgücü piyasasını otomasyonun ne denli etkilediğı Genelleştirilmiş Doğrusal Model (Generalized Linear Model (GLM)) yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Yapılan çalışmada işçilerin mesleklerindeki pozisyonlarının heterojenliğı de hesaba katılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre örneklem alınan 21 OECD ülkesindeki mesleklerin yaklaşık olarak yüzde 9 oranında otonom hale geldiğı tahmin edilmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlara göre çalışanların yüksek risk sınıfında çok düşük bir paya sahip olduğı belirtilmiştir.

Nedelkoska ve Quintini (2018) alışmasında mevcut mesleklerin otomasyon süreçlerindeki etkilerini 32 OECD ülkesini inceleyerek araştırmıştır. Araştırma sonuçlarına mesleklerin yalnızca yüzde 14’ünün otomasyon süreçlerine dahil olduğı bulgusuna ulaşmıştır. Bu oran baz alınarak 32 OECD ülkesinde yaşayan yaklaşık 66 milyon çalışanı etkileyen bir süreç olması durumu dikkat çekmektedir. Ayrıca mevcut otomasyon süreçlerinin meslekler üzerinde etkisinin daha da artacağı ve mevcut mesleklerin yaklaşık olarak yüzde 32’sinin yüzde 50 ile 70 oranları arasında otonom süreçlere dahil olabileceğı belirtilmiştir.

Siu ve Jaimovich (2018) alışmasında ABD’nin son 35 yılındaki işgücü piyasasını inceleyerek düşük ve orta vasıflı meslek sınıflarının robot sistemlerin etkisiyle olası istihdam kayıplarını incelemiştir. Çalışmanın sonuçları arasında ilk olarak orta vasıflı mesleklerin özellikle ekonomik kriz dönemlerinde istihdam kaybı

yaşadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bir diğer sonuç ise, ekonomik kriz dönemlerinde yaşanan durgunluk sırasında istihdamdaki daralmanın düşük ve orta vasıflı mesleklerin neredeyse tamamında yaşandığı ve birçok mesleğin bu durumdan olumsuz etkilendiği ortaya koyulmuştur.

Endüstri 4.0'ın getirmiş olduğu üretimde robotlaşmanın işgücü piyasasına olan etkisini inceleyen sınırlı ampirik çalışma literatürde yer almaktadır. Bu çalışmalarda mevcut olan modeller ve incelenen değişkenler farklılık göstermektedir. Bu çalışmada ise çoklu ülke analizi ve bu doğrultuda ülkeler arasında yapılacak olan karşılaştırmalara imkan tanıyan panel veri analizi kullanılmıştır. İncelenen ülke grubu ile kurulan ampirik model ve güncel ekonometrik uygulamalar ile beraber çalışmanın ekonomik yazınına katkı sağlaması beklenmektedir.

3.3. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Bu çalışmada Endüstri 4.0 devriminin yaratmış olduğu yeni nesil otomasyon ve robotlaşma gibi süreçlerin istihdama etkisi gelişmiş ülkeler nezdinde incelenmiştir. Araştırmaya konu olan ülkeler Endüstri 4.0'ın getirmiş olduğu üretim alanındaki yenilikleri uygulamada dünyada önemli bir paya sahiptir.

Oxford Economics dergisinin “How Robots Change The World” adlı çalışmasında ve Aslı Aydın'ın “Robotların İstihdam Üzerindeki Etkisi Seçilmiş Ülkeler Üzerine Ampirik İnceleme” adlı makalesinde Endüstri 4.0 etkisiyle robotlaşmanın artması ve üretimde otonom süreçlerin seçilmiş ülkeler üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmalar kapsamında üretimde yer alacak her birim ilave robotun istihdam üzerindeki etkisi ortaya konmuştur.

Ampirik model kapsamında, gelişmiş ülkelerden Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, Japonya ve Güney Kore ülkelerinin 2010 ile 2020 yılları arasındaki yıllık veriler dikkate alınarak ekonometrik bir model oluşturulmuştur. Endüstri 4.0 kavramı ortaya çıkışından itibaren incelenen çalışmalarda dünya ekonomisinde ve teknolojik üretim altyapısında önde olan gelişmiş ülkeler ele alınmıştır. Bu doğrultuda diğer gelişmiş ülkeler veri kısıtı sebebiyle ekonometrik modele dahil edilmiştir. Durağan olmayan panel veri analizinden faydalanılmasının sebebiyle ampirik çalışmada ele alınan ülkelerin model tahminlerinde yatay kesit bağımlılığı ve eğim katsayısı heterojenliği incelenmesi gerekmektedir.

Oluşturulan model için elde edilen veriler Dünya Bankası ve Uluslararası Robotik Federasyonu veri tabanlarından elde edilmiş, model analizinde ise Gauss 10.0 programından faydalanılmıştır. Kurulan ekonometrik model 1 numaralı modelde belirtilmiştir:

$$EPR = \beta_0 + \beta_1 EPR_{t-1} + \beta_2 R + \beta_3 GDP \quad (1)$$

Yukarıda yer alan denklemde;

EPR : İstihdamın Nüfusa Oranı

EPR_{t-1} : İstihdamın Nüfusa Oranının Bir Yıl Gecikmeli Hali

R : Endüstriyel Robotların Yıllık Üretimleri

GDP : Kişi Başına Düşen GSYİH (Sabit Fiyat)

3.3.1. Eğim Katsayısının Heterojenliğinin Analizi

Araştırmada yer alan ekonometrik model kapsamında öncelikle değişkenlerin homojen ya da heterojen olup olmadıkları incelenmektedir. Değişkenlerin homojenlik veya heterojenlik durumu ekonometrik analiz kapsamında ilerleyen süreçlerde uygulanacak olan birim kök testleri ve panel eş bütünleşme testlerinin yapısını değiştirebilmektedir. Delta testine ait 2 ve 3 numaralı denklemler aşağıda verilmiştir (Pesaran ve Yamagata, 2008: 56).

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \frac{N^{-1}\tilde{S}-k}{\sqrt{2k}} \quad (2)$$

$$\tilde{\Delta}_{adj} = \frac{\sqrt{N}N^{-1}\tilde{S}-k}{\sqrt{Var(T,k)}} \quad (3)$$

$\tilde{\Delta}$: Küçük örnekler için delta test istatistiğini

$\tilde{\Delta}_{adj}$: Büyük örnekler için uyarlanmış test istatistiğini göstermektedir.

2 ve 3 numaralı denklemlerde gösterilen N bileşeni gözlem sayısını, S bileşeni Swamy test istatistiğini, k bileşeni açıklayıcı değişken sayısını ve son olarak Var (T, k) bileşeni ise varyansı ifade etmektedir. Delta testine ait boş hipotez ve alternatif hipotez aşağıda belirtilmiştir (Pesaran ve Yamagata, 2008: 57-58):

H_0 : Eğim katsayıları homojendir.

H_1 : Eğim katsayıları heterojendir.

Tablo 15’te delta testi uygulamasına ait sonuçlar verilmiştir:

Tablo 15: Delta Testi Sonuçları

Test	Test İstatistiği	Prob.
$\tilde{\Delta}$	-0.648	0.741
$\tilde{\Delta}_{adj}$	-0.793	0.786

Elde edilen test sonuçlarına göre, hesaplanan olasılık değerleri %5 düzeyinde anlamlı olmadığı için H_0 reddedilmiştir. Paneli oluşturan değişkenler homojendir.

3.3.2. Yatay Kesit Bağımlılığı

Yatay kesit bağımlılığı, panel veri modellerinde serilerin durağanlık tespitini yapabilmek ve aynı zamanda analiz edilen her bir birim için meydana gelen bir şokun diğer kesit birimlerinin seriye gelen şoktan nasıl etkileneceği varsayımına dayandırılmaktadır. Dolayısıyla yatay kesit bağımlılığı testleri yapılmayan ekonometrik modellerdeki analiz sonuçlarını tutarsız ve sapmalı bir şekilde ortaya çıkmaktadır (Mercan, 2014: 235, Koçbulut ve Altıntaş, 2016:56).

Yatay kesit bağımlılığı testleri incelendiğinde karşımıza çıkan ilk test Breus-Pagan (1980) tarafından geliştirilen LM testidir. Zaman boyutunun (T), yatay kesit boyutundan (N) büyük olduğu varsayımı ile hareket eden bu test aşağıda belirtilen 4 numaralı denklem ile ölçülmektedir (Pesaran, 2004: 4):

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{p}_{ij}^2 \quad (4)$$

Denklemden verilen $\hat{p}$ bileşeni iki kare korelasyonunun örnek tahmini olarak gösterilmektedir. Ayrıca verilen denklemden hareketle ($T > N$) varsayımı altında panel verisi analizlerinde testin H_0 hipotezi yatay kesitlerin birbirinden bağımsız olduğunu belirtmektedir (Pesaran, 2004: 4).

Bir diğer tez CD_{LM} testi Pesaran (2004) tarafından geliştirilmiş ve bu test N ve T 'nin büyük olduğu varsayımına dayandırılmıştır. Bu durumdan hareketle geliştirilen test 5 numaralı denklem ile aşağıda belirtilen biçimde hesaplanmaktadır (Pesaran, 2004: 5, Pesaran vd., 2008: 106):

$$CD_{LM} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (\hat{p}_{ij}^2 - 1) \quad (5)$$

Belirtilen denklemden N ve T bileşenlerinin sonsuz olduğu varsayımı altında yatay kesit bağımlılığı olmadığı belirtilmektedir. Ancak $N > T$ olduğu durumlar için Pesaran (2004), yatay kesit bağımlılığını test etme üzerine yeni bir CD_{LM} testi geliştirmiştir. Pesaran (2004) tarafından geliştirilen CD test modeli 6 numaralı denklem ile aşağıda belirtilmiştir (Pesaran, 2004: 4):

$$CD_{LM} = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{p}_{ij} \right) \quad (6)$$

Bu testin bir önceki CD_{LM} testinden farkı yatay kesit kalıntıları arasındaki korelasyon katsayılarının toplamına dayandırıldığı bir durumdur. Bu doğrultuda H_0 hipotezi “yatay kesitler arasında ilişki yoktur” biçiminde belirtilmektedir (Erataş Sönmez ve Sağlam, 2018: 66).

Pesaran vd. (2008) tarafından geliştirilen ve yatay kesit bağımlılık testleri arasında sonuncu test olan LM_{adj} testidir. Bu testin denklemi aşağıda 7 numaralı denklem ile gösterilmektedir (Pesaran, vd. 2008: 108):

$$LM_{adj} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N T \hat{p}_{ij}^2 \frac{(T-k)\hat{p}_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{\sqrt{v_{Tij}^2}} \quad (7)$$

Denklemden k bileşeni regresyon numarasını ifade ederken, μ_{Tij} bileşeni $(T - k)\hat{p}_{ij}^2$ 'nin ortalamasını v_{Tij}^2 bileşeni ise $(T - k)\hat{p}_{ij}^2$ 'nin varyansını

açıklamaktadır. Böylece elde edilen tüm test istatistikleri asimptotik olarak standart normal dağılıma sahiptir. Açıklanan tüm yatay kesit bağımlılığı testi için kurulan tüm hipotezler aşağıdaki gibidir (Pesaran vd. 2008: 108):

H_0 : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

H_1 : Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Tablo 16: Model için CD_{LM} Testi Sonuçları

CD Test	Test İstatistiği	Prob.
LM (Breusch, Pagan 1980)	503.492	0.000*
CD LM 1 (Pesaran 2004)	16.082	0.000*
CD LM 2 (Pesaran 2004)	-2.847	0.002*
Bias-adjusted CD (Pesaran vd. 2008)	84.841	0.000*

*: simgesi %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

**: simgesi %5 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

***: simgesi %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 16’da yer alan model için elde edilen CD_{LM} testi sonuçlarına göre H_0 hipotezi reddedilir. Yatay kesit birimler arası bağımlılık mevcuttur.

Tablo 17: EPR_{t-1} için CD_{LM} Testi Sonuçları

CD Test	Test İstatistiği	Prob.
LM (Breusch, Pagan 1980)	11.592	0.072***
CD LM 1 (Pesaran 2004)	1.614	0.053***
CD LM 2 (Pesaran 2004)	-1.720	0.043***
Bias-adjusted CD (Pesaran vd. 2008)	1.246	0.106

*: simgesi %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

**: simgesi %5 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

***: simgesi %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 17’de yer alan model için elde edilen CD_{LM} testi sonuçlarına göre H_0 hipotezi reddedilir. Yatay kesit birimler arası bağımlılık mevcuttur.

Tablo 18: R için CD_{LM} Testi Sonuçları

CD Test	Test İstatistiği	Prob.
LM (Breusch, Pagan 1980)	21.504	0.001*
CD LM 1 (Pesaran 2004)	4.476	0.000*
CD LM 2 (Pesaran 2004)	-1.305	0.096***
Bias-adjusted CD (Pesaran vd. 2008)	0.571	0.284

*: simgesi %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

**: simgesi %5 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

***: simgesi %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 18’de yer alan model için elde edilen CD_{LM} testi sonuçlarına göre H_0 hipotezi reddedilir. Yatay kesit birimler arası bağımlılık mevcuttur.

Tablo 19: $LGDP$ için CD_{LM} Testi Sonuçları

CD Test	Test İstatistiği	Prob.
LM (Breusch, Pagan 1980)	17.018	0.009*
CD LM 1 (Pesaran 2004)	3.181	0.001*
CD LM 2 (Pesaran 2004)	-2.156	0.016**
Bias-adjusted CD (Pesaran vd. 2008)	0.341	0.366

*: simgesi %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

**: simgesi %5 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

***: simgesi %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Tablo 19’da yer alan model için elde edilen CD_{LM} testi sonuçlarına göre H_0 hipotezi reddedilir. Yatay kesit birimler arası bağımlılık mevcuttur.

3.3.3. Durağanlık Analizi

Durağanlık analizi yapabilmek için iki farklı yaklaşım bulunmaktadır. İlk yaklaşım yatay kesit bağımlılığın olmadığı durum olan birinci nesil birim kök testleri; ikinci yaklaşım ise yatay kesit bağımlılığının mevcut olduğu ikinci nesil birim kök testleridir (Şak, 2018: 262). Birinci nesil birim kök testleri homojen ve heterojen olmak üzere iki farklı durumdan oluşurken, seçilen verilerin durağanlık analizlerinde benzer özellik bulunması durumunda homojenliği, farklı özellik bulunması durumunda ise heterojenliği varsayan testler kullanılmaktadır. Birinci nesil birim kök testleri

kullanılan panel veri modellerini oluşturan herhangi bir birimde meydana gelebilecek bir şok durumunda diğer tüm yatay kesit birimlerinin aynı düzeyde etkilenebilecekleri varsayılmaktadır. Ancak bu durumun farklılaşmasından dolayı birinci nesil birim kök testlerinin yaratmış olduğu bu eksikliği ikinci nesil birim kök testleri ile giderilmeye çalışılmıştır (Erataş Sönmez ve Uysal, 2018: 38).

Pesaran (2007), birimler arası bağımlılığı yok etmek için bir yöntem geliştirmiştir. Bu yöntem ile birlikte birim kök testinde ADF (Augmented Dickey Fuller) adı verilen regresyona bireysel serilerin gecikmeli düzeyleri ile birinci farklarının yatay kesit ortalamaları ilave edilmiştir. Böylece bu yöntemle birlikte ADF regresyonunun gecikmeli yatay kesit ortalamaları ile genişletilmiş hali kullanılmaktadır. Pesaran (2007), regresyonun birinci farklı birimler arası korelasyonu yok eden teste CADF (Cross-Sectionally Augmented Dickey-Fuller) olarak adlandırılmakta ve ayrıca bu teste yatay kesit genişletilmiş Dikey Fuller olarak da ifade edilmektedir (Pesarn, 2007:269).

Pesaran (2007), bireysel serilerin farkları $(\Delta \bar{y}_{i,t-1})$ ile gecikmelerin $(\bar{y}_{t-1})$ yatay kesit ortalamalarını modele dahil etmiştir. Aşağıda 8 numara ile belirtilen CADF regresyon modeli otokorelasyonun olmadığı durumda kullanılmaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2018: 84).

$$\Delta y_{i,t} = \alpha_i + \rho_i \gamma_{i,t-1} + \beta_i \bar{y}_{t-1} + \sum_{j=0}^k \gamma_{i,j} \Delta \bar{y}_{i,t-1} + \sum_{j=0}^k \delta_{i,j} \gamma_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (8)$$

Durağanlık sınaması için aşağıda belirtilen testler kurulmaktadır :

$H_0: \rho_i = 0$ (Serideki tüm kesitlerde birim kök vardır.)

$H_1: \rho_i < 0$ (Serideki en az bir kesitte bir kök yoktur.)

CADF testinde belirtilen ρ_i katsayılarına ilişkin t değerleri hesaplanarak, Pesaran (2007) tarafından tablo haline getirilen kritik değerler ile karşılaştırma yapılmakta ve CADF testine ait t istatistiği 9 numaralı denklem ile aşağıda belirtildiği şekilde hesaplanmaktadır (Pesaran, 2007: 268):

$$t_i(N, T) = \frac{\Delta \hat{y}_i \bar{M}_w Y_{i-1}}{\hat{\sigma}(\hat{y}_i \bar{M}_w Y_{i-1})^{\frac{1}{2}}} \quad (9)$$

Ayrıca CIPS test modeli ise, her bir kesit verisi için hesaplanan CADF testi istatistiklerinin toplamının ortalamasına eşittir. CADF testine ait CIPS istatistiği 10 numaralı aşağıda belirtilen biçimde hesaplanmaktadır (Pesaran, 2007: 269):

$$\bar{t} = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \quad (10)$$

Tablo 20: EPR Değişkeni için CADF Testi Sonuçları

CADF T-istatistik Değerleri	
Almanya	-4.5254
Güney Kore	-0.6437
Japonya	-0.8135
ABD	-0.6709
CIPS	-1.6634

Tablo 20’de yer alan CADF testi sonuçlarına göre, EPR değişkeni için durağan değildir. Tabloda yer alan test sonuçları için yorum yapılırken paneli oluşturan seriler homojen olduğu için CIPS istatistiği kullanılmaktadır. CIPS istatistiği %1’de kritik değer olan -3.10’dan büyüktür ve H_0 hipotezi reddedilmektedir. Seri birim kök içermekte ve EPR değişkeni için durağan olmadığı yorumu yapılmaktadır (Pesaran, 2007: 281).

Tablo 21: EPR_{t-1} Değişkeni için CADF Testi Sonuçları

CADF T-istatistik Değerleri	
Almanya	-7.0081
Güney Kore	-0.8272
Japonya	-0.6050
ABD	-2.7140
CIPS	-2.7886

Tablo 21’de yer alan CADF testi sonuçlarına göre, EPR_{t-1} değişkeni için durağan değildir. Tabloda yer alan test sonuçları için yorum yapılırken paneli oluşturan seriler homojen olduğu için CIPS istatistiği kullanılmıştır. CIPS istatistiği %1’de kritik

değer olan -3.10 'dan büyüktür ve H_0 hipotezi reddedilmektedir. Seri birim kök içermekte ve EPR_{t-1} değişkeni için durağan olmadığı yorumu yapılmaktadır (Pesaran, 2007: 281).

Tablo 22: R Değişkeni için CADF Testi Sonuçları

CADF T-istatistik Değerleri	
Almanya	-2.1302
Güney Kore	-2.1805
Japonya	-0.6121
ABD	-3.9344
CIPS	-2.2143

Tablo 22'de yer alan CADF testi sonuçlarına göre, R değişkeni için durağan değildir. Tabloda yer alan test sonuçları için yorum yapılırken paneli oluşturan seriler homojen olduğu için CIPS istatistiği kullanılmıştır. CIPS istatistiği %1'de kritik değer olan -3.10 'dan büyüktür ve H_0 hipotezi reddedilmektedir. Seri birim kök içermekte ve R değişkeni için durağan olmadığı yorumu yapılmaktadır (Pesaran, 2007: 281).

Tablo 23: $LGDP$ Değişkeni için CADF Testi Sonuçları

CADF T-istatistik Değerleri	
Almanya	-2.6078
Güney Kore	-0.2615
Japonya	-2.7827
ABD	-2.4350
CIPS	-2.0217

Tablo 23'de yer alan CADF testi sonuçlarına göre, $LGDP$ değişkeni için durağan değildir. Tabloda yer alan test sonuçları için yorum yapılırken paneli oluşturan seriler homojen olduğu için CIPS istatistiği kullanılmaktadır. CIPS istatistiği %1'de kritik değer olan -3.10 'dan büyüktür ve H_0 hipotezi reddedilmektedir. Seri birim kök içermekte ve $LGDP$ değişkeni için durağan olmadığı yorumu yapılmaktadır (Pesaran, 2007: 281).

3.3.4. Panel Eş Bütünleşme Testi

Panel eşbütünleşme yaklaşımı, tıpkı zaman serisi analizlerine benzer bir şekilde panel veri analizlerinde de kullanılmakta ve panel veri serileri arasında uzun dönemli ilişkiyi analiz etme amacıyla uygulanan bir yaklaşım modelidir (Şak, 2018:317).

Panel eşbütünleşme testleri, incelenen modelde elde edilen verilerin yatay kesit bağımlılığının mevcut olup olmamasına göre, birinci ve ikinci kuşak eşbütünleşme testleri olarak birbirinden ayrılmaktadır. Analize konu olan bu testlerde genellikle uzun dönemde homojenlik veya heterojenlik durumlarına bakılarak panel ve grup olmak üzere ayrı ayrı test istatistikleri kullanılmakta homojenlik durumlarında panel, heterojenlik olan durumlarda ise grup test istatistikleri uygulanmaktadır (Yerdelen Tatoğlu, 2020: 190).

Westerlund (2005) tarafından panel CUSUM eşbütünleşme testi geliştirilmiştir. Bu testin başlıca en önemli özelliği sıfır hipotezinin uzun dönem ilişki mevcut olduğunu kabul etmesi, alternatif hipotezin ise eşbütünleşme yok olduğunu ifade etmesidir. Panel CUSUM testi analizinden elde edilen olasılık değerlerinin kritik değerlerden küçük olması durumunda alternatif hipotez kabul edilir ve bu sonuç uzun dönem ilişki olmadığı durumunu göstermektedir. Ancak olasılık değerler kritik değerlerden büyük olduğu durumda ise sıfır hipotez kabul edilir ve uzun dönem ilişki olduğu ortaya çıkmaktadır. Söz konusu değişkenler arası uzun dönem ilişki olduğu savunulabilmesi için olasılık değerlerin %95 veya 0.05'ten büyük olması gerekmektedir (Westerlund, 2005:235- 236).

Çalışmada Westerlund (2005) tarafından geliştirilen panel CUSUM testi tercih edilmesinin ana sebebi panel CUSUM testinin küçük örneklemelerde oldukça başarılı sonuçlar elde etmesidir. Ayrıca panel CUSUM testi, panel boyut bozulmalarına karşın daha düşük seviyededir (Zeren, 2017: 179). Panel CUSUM test istatistiği 11 numaralı denklem ile aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Westerlund, 2005: 237):

$$CS_{NT} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\max_{t=1, \dots, T} \frac{1}{\hat{\omega}_{i1.2} T^{\frac{1}{2}}} |S_{it}^*| \right) \quad (11)$$

Westerlund (2005) panel eşbütünleşme testinin hipotezleri aşağıda gösterilmiştir:

H_0 : Eşbütünleşme vardır.

H_1 : Eşbütünleşme yoktur.

11 numaralı denklemde gösterildiği gibi hesaplanan panel CUSUM test sonuçları Tablo 24’de gösterilmiştir:

Tablo 24: Panel CUSUM Testi Sonuçları

Westerlund (2005)	CUSUM Test İstatistik Değeri	Olasılık Değeri
Panel CUSUM	-0.258	0.602

Westerlund (2005) panel CUSUM eşbütünleşme testinde her bir değişkenin birinci seviyede durağan olması gerekmektedir. Çalışmada yer alan değişkenler birim kök içermekte ve birinci seviyede durağandır. Bu sonuçlar doğrultusunda çalışmada Westerlund panel CUSUM (2005) eşbütünleşme testinden faydalanılmıştır.

Tablo 24’deki panel CUSUM test sonuçlarına göre hesaplanan test istatistiğine dair olasılık değerleri 0,10’dan büyük olduğundan dolayı H_0 hipotezi reddedilemediği çıkarımı yapılmaktadır. Diğer bir ifadeyle değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki mevcuttur.

3.3.5. CCE Model

Pesaran (2006) tarafından geliştirilen CCE Ortak İlişkili Etkiler Modeli (Common Correlated Effects Model), panel veri analizinde incelenen her bir yatay kesit birimin regresyon katsayılarını tahmin etmede kullanılan bir yöntemdir. İncelenen ekonometrik model içerisine dahil edilemeyen ancak etkileri mevcut olan faktörleri CCE parametre tahmincisi aracılığıyla her bir yatay kesit birimin zaman vektörü kullanılarak çoğaltılmış olan regresyon denklemleri ile birlikte analiz edilmektedir (Pesaran, 2006: 2-3).

CCE katsayı tahmincisi, yatay kesit boyutunun zaman kesit boyutundan küçük ($T > N$) ve zaman kesit boyutunun yatay kesit boyutundan büyük ($N > T$) olduğu durumlarda kullanılabilir. Bu tahminci, eğimin her bir yatay kesite değişmesine izin vermekte ayrıca tahminci, panel veri analizinde farklı yöntemler ile yatay kesit

birimler için tahmin edilmiş olan regresyon katsayılarının her bir yatay kesit birim için ayrı biçimde elde edilmesini sağlamaktadır (Erataş Sönmez ve Başçı Nur, 2013: 222).

CCE parametre modeline göre, ilk etapta grup ortalamasının katsayıları bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait yatay kesit birimlerinin ortalaması şeklinde tahmin edilmektedir. CCE katsayı modeline ait ortak grup tahminleri 12 numaralı denklem ile aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Eberhardt ve Teal, 2008: 13):

$$CCE_{MG}Y_{it} = a_i + b_i x_{it} + c_{1i} \bar{y}_t + c_{2i} \bar{x}_t + e_{it} \quad (12)$$

Ayrıca son olarak tüm yatay kesit birimleri için yatay kesit birimi ortalamasını içeren N kadar farklı denklemler yer almaktadır. Her bir farklı β_i katsayılarına ait tahmin edilen eşitlik 13 numaralı denklemde ifade edildiği gibi gösterilmektedir (Pesaran, 2006: 14):

$$\hat{b}_{MG} = N^{-1} \sum_{i=1}^N \hat{b}_t \quad (13)$$

CCE katsayı tahmincisinin başarılı sonuçlar verebilmesi için iki koşulun gerçekleşmesi gerekmektedir. İlk koşul, panel verisinde yer alan denklemlere yeterli sayıda yatay kesit ortalamaları eklenmelidir. İkinci koşul olarak da çapraz kesit sayısı bölüm ortalamalarının en az şekilde gözlemlenemeyen ortak faktör sayısı kadar büyük olması önem teşkil etmektedir. Böylece iki koşul sağlandıktan sonra CCE katsayısı tahmincisinde birden fazla gözlemlenemeyen ortak faktörün mevcut olması neticesinde oluşabilecek etkiler ile birlikte bu durumla başa çıkabilmek için ortak değişkenlerin kullanılması çok önemlidir. Ayrıca panel CCE katsayı tahmincisinin iyi bir şekilde çalışabilmesi için zaman boyutunun yeterince büyük olması gerekmektedir (Erataş Sönmez ve Başçı Nur, 2013: 223-224).

Tablo 25: CCE Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: *EPR*

	Katsayılar	Standart Sapma	T- İstatistiği
EPR_{t-1}	0.029950	0.142869	0.209638
R	-0.01175	0.007949	-1.47908
$LGDP$	20.51419	13.43716	1.526675

CCE modeli tahmin sonuçlarına bakıldığında elde edilen bulgulara göre EPR_{t-1} (İstihdamın Nüfusa Oranının Bir Yıl Gecikmeli Hali) değişkeninde meydana gelecek %1 seviyesindeki değişim istihdamın nüfusa oranını %0.029 oranında arttırmaktadır. EPR_{t-1} değişkenindeki değişimin istihdamın nüfusa oranını pozitif yönde etkilemesi teoriyle uyumlu gerçekleşmiştir. İstihdam edilen kişilerin artması ve bu kişilerin istihdama pozitif etki oluşturması şeklinde yorumlanabilir. Endüstriyel robotların yıllık üretiminde meydana gelebilecek %1 oranındaki bir değişim istihdamın nüfusa oranını %0.01 seviyesinde azaltmaktadır. Endüstriyel robotların yıllık üretimindeki artışın istihdamın nüfusa oranını negatif yönde etkilemesi teoriyle uyumludur. Bu durum endüstriyel robot üretiminin istihdamın nüfusa oranına katkı sağlamadığı biçiminde açıklanabilir. Gelirde meydana gelebilecek %1 oranındaki bir değişim istihdamın nüfusa oranını %20.51 oranında arttırmaktadır. Gelirin artması istihdamın nüfusa oranını pozitif yönde etkilemesi teoriyle uyumlu bir şekilde gerçekleşmiştir. Ülkedeki artan gelir oranı ile birlikte istihdamı arttıran alanlarda kullanıldığı şeklinde değerlendirilebilir.

CCE modeline göre her bir ülke için ayrı ayrı tahmin edilen bağımsız değişkenlere ait regresyon katsayıları Tablo 26’da verilmiştir:

Tablo 26: CCE Tahmincilerinin Her Bir Yatay Kesit Birimi İçin Hesaplanan Regresyon Katsayıları

Y.T	EPR_{t-1}	se(NW)	R	se(NW)	LGDP	se(NW)
1	-0.165	0.153	-0.008	0.026	28.289	4.594
2	0.452	0.283	0.007	0.012	6.057	12.005
3	-0.048	0.366	-0.013	0.024	-6.762	10.283
4	-0.119	0.503	-0.032	0.035	54.473	17.857

Y.T: Yatay kesit

se(NW): Pesaran (2006) Newey-West tipi varyans tahmincisine dayalı standart sapma

T: Zaman

Tablo 26’da yer alan yatay kesit birimleri numaralar ile belirtilmiştir. Belirtilen ülkeler sırasıyla Almanya, Güney Kore, Japonya ve ABD olmuştur. Tablodan çıkarılan sonuçlar ise Güney Kore dışında diğer ülkelerin EPR_{t-1} değişkeni ve endüstriyel yıllık robot üretimi ile istihdamın nüfusa oranı arasındaki ilişkinin negatif olmuştur. Diğer yandan gelirdeki artışın Almanya, Güney Kore ve ABD’de istihdamın nüfusa oranını

pozitif yönde etkilerken, Japonya’da ise istihdamın nüfusa oranı negatif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Elde edilen bulgular neticesinde Güney Kore dışında ele alınan gelişmiş ülkelerin endüstriyel robot üretiminin istihdamın nüfus içerisindeki payını azalttığı gözlemlenmektedir. Bu durumu oluşturan etkenler ülkelerin ekonomik yapıları ile bağlantılıdır. Endüstriyel robot üretiminin artması istihdamı azaltan bir durum olarak karşımıza çıkarken söz konusu ülkelerin üretim altyapısındaki teknolojinin artmasıyla istihdamı azalttığı ortaya çıkarmaktadır. Bir diğer sonuca göre Japonya dışında ele alınan ülkelerdeki gelir artışının istihdamın nüfus içerisindeki payını arttırdığı gözlemlenmektedir. Bu sonuca göre gelir artışının yaratmış olduğu istihdam üzerindeki pozitif unsur olarak söz konusu ülkelerin artan gelirlerini istihdamı artırıcı yatırımlarda kullandığı göstermektedir.

SONUÇ

Tarihsel süreçler göz önüne alındığında toplumlar uzun yıllar boyunca üretim açısından birçok değişim yaşamıştır. Avcılık-toplayıcılık ile yaşamlarını devam ettiren toplumlar hayvanları evcilleştirip tarımsal üretimde aktif olarak kullanmış, aynı zamanda toprağın ekilip biçilmesi süreciyle beraber yerleşik hayata geçmişlerdir. Tarımsal devrimde denilen bu süreçten sonra Avrupa’da gerek rönesans gerekse de reform ve coğrafi keşifler ile birlikte özgür düşünce ortamı oluşmuş, sermaye birikimi gibi pozitif unsurlar ile gelişmişlik düzeyi artmıştır. Bu doğrultuda yapılan buluş hamleleriyle 18. yüzyıla gelindiğinde James Watt’ın geliştirdiği buhar makinesi sanayileşmenin gelişmesini sağlamış ve endüstri devrimleri tarihini başlatmıştır.

19. yüzyılın son çeyreğine gelindiğinde geleneksel sanayi yapısında bilgi, birikim ve tecrübe artmış, elektriğin bulunmasıyla birlikte elektriğin sanayide kullanılmasına başlanmıştır. Bu dönemde sanayileşme yarışında önemli ülkeler arasında yer alan ABD, ikinci endüstri devrimini başlatan ve üretim yapısında yeni evreye geçilmesini sağlayan ülke konumuna gelmiştir. Birinci endüstri devriminin sembol niteliği taşıyan James Watt tarafından geliştirilen buhar makinesi buluşu olmuş bu dönemde ise çığır açan buluş Henry Ford tarafından ilk kez Ford fabrikalarında uygulanan hareketli montaj hattı buluşu olmuştur. Fordist üretim yapısı da denilen bu yeni üretim sistemiyle birlikte aynı maldan çok sayıda ve seri bir biçimde üretim mümkün kılınmıştır. Böylece bu uygulamanın ilk ürünü olan “Model T” üretimiyle kitlesel üretim gerçekleşmiş ve sabit standartlarda çok sayıda mal üretimi gerçekleşmiştir.

Elektronik ve iletişim teknolojilerinin gelişmeye başladığı 20. yüzyılın ortalarında bilgisayar teknolojisinin geniş çapta üretilmeye başlanmasıyla sanayileşme süreci yeni bir evreye geçmiştir. Daha sonra 1952 yılında sanayi dijital tasarım devrimi olarak da lanse edilen CNC makine tezgahlarının sanayi üretiminde yer alması makine ile yazılım arasında bağlantı doğmasını sağlamıştır. Böylece sanayi üretiminde bilgisayar ve bilgi işlem teknolojilerinin önemi artmış ve bu durum üçüncü endüstri devriminin oluşmasına yol açmıştır.

Dünya ekonomisi birinci endüstri devriminden itibaren başlayan makineleşme süreci günümüzde artarak devam etmektedir. Sürekli olarak gelişen ve dönüşen makineleşme ile üretimde mevcut olan insan emeğine olan ihtiyaç azalarak devam etmektedir. Bu durum 1990’lı yıllara kadar sanayide kullanılan konvansiyonel

makineler insan emeğinin ikamesi değil tamamlayıcısı konumunda olup istihdam anlamında insan emeğine yardımcı unsur oluşturmaktadır. Dolayısıyla artan teknoloji gelişmeleri günümüzde insan emeği üzerinde özellikle vasıfsız işgücü anlamında yoğun baskı oluşturmakta ve bu durum ülkelerin kalıcı işsizlik oranını arttırmaktadır.

Endüstri devrimlerinin tarih boyunca doğduğu ve geliştiği ülkeler genellikle dönemin gelişmiş ülkeleri olmuştur. Gelişmiş ülkelerin bu durumu gerçekleştirmelerindeki en önemli unsurlar güçlü sermaye yapıları ve güçlü sanayi altyapıları oluşturmaktadır. Bu durum gelişmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkelerin arasındaki gelişmişlik farkını oluşturan en önemli faktörler arasındadır. 1980’li yıllarda Soğuk Savaş’ın sona ermesi ve küreselleşmenin hız kazanmasıyla birlikte gelişmiş ülkeler yer alan sanayi tesislerinin büyük bir bölümü düşük işgücü maliyeleri ve uygun vergileme sistemleri gibi maliyet düşürücü unsurlar sebebiyle Doğu Asya ve Doğu Avrupa’da yer alan gelişmekte olan ülkelere taşınmıştır. Bu durum gelişmiş ülkelerin gelişmekte olan ülkelere karşı rekabet gücünün zayıflamasına sebebiyet vermiştir. 2008 yılında ortaya çıkan küresel finans kriziyle birlikte gelişmiş ülkelerin finans yapıları bozulmuş ve bu durum sanayi üretiminin reel ekonomiye olan pozitif katkısını ortaya çıkarmıştır. Finans krizinin yarattığı etkileri gelecekte yaşamak istemeyen başta ABD ve Almanya olmak üzere birçok gelişmiş ülke sanayi üretimini arttırarak yeniden rekabet gücünün geri kazanılması için çalışmalara başlamıştır.

Bu çalışmalar doğrultusunda ilk olarak Almanya’nın Hannover kentinde 2011 yılında dünyanın en büyük endüstri fuarı olma özelliği taşıyan “Hannover Fair 2011” isimli fuarda Endüstri 4.0 terimi ortaya atılmıştır. Daha sonra Almanya hükümeti tarafından başlatılan süreç dünya büyük ses getirmiş karşılığını bulmuştur. Endüstri 4.0 projesi ilk olarak gelişmiş ülkeler ve önemli firmalar tarafından araştırılmaya ve geliştirilmeye çalışılmış ve böylece dördüncü endüstri devrimi başlamıştır.

Dördüncü endüstri devrimi ifadesi insan, makine ve akıllı cihazların üretim süreci boyunca uyumlu çalışmasını, aynı zamanda üretim zincirinin otonom hale dönüşmesini, siber fiziksel sistemlerin ve nesnelerin interneti teknolojisiyle üretim süreçlerinin optimize hale gelmesini ifade etmektedir. Bu dönemde üretimde etkin rol alan nesnelerin interneti, büyük veri, siber fiziksel sistemler, siber güvenlik, bulut bilişim, arttırılmış gerçeklik ve yapay zeka gibi teknolojilerin üretimde yarattığı dönüşümün yanı sıra insanların çalışma koşullarında ve istihdam alanında birçok değişimi ve dönüşümü de beraberinde getirecektir. Gelecekte insanlar ve robotlar arasında yaşanabilecek istihdam rekabeti birçok alanı etkileme potansiyeline sahip

olup, özellikle Endüstri 4.0 rekabetinin yüksek olduğu gelişmiş ülkeleri istihdamı geliştirme konusunda çalışmalar yapılmasını sağlamaktadır. Aksi taktirde istihdam yapısında meydana gelebilecek bozulmaların ülkeler üzerinde birçok alanda sorunlara yol açması kaçınılmazdır.

Panel veri analizinden faydalanan ampirik modelde gelişmiş ülkeler kapsamında endüstriyel robot üretiminin istihdama etkisi arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Dördüncü endüstri devriminde gerçekleşen üretimde robotlaşma ile bu durumun istihdam üzerindeki etkisini konu alan çalışmalar özellikle Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıktığı 2011 yılından sonraki yıllarda araştırılmaya başlanmış ve ilk olarak dünya ekonomisine yön veren ve sanayisi gelişmiş ülkeler analize konu edilmiştir. Sermaye ve teknoloji üretim yapısını benimseyen bu ülkeler veriye ulaşma konusunda da önde olması sebebiyle çalışmalarda sıklıkla ele alındığı görülmektedir. Çalışmanın ampirik analiz kısmında bahsedilen sebeplerden dolayı veri kısıtı gözetilerek ekonometrik model oluşturulmuştur.

Dördüncü endüstri devriminde gerçekleşen üretimde robotlaşma ile bu durumun istihdam üzerindeki etkisini konu alan çalışmalar özellikle Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıktığı 2011 yılından sonraki yıllarda araştırılmaya başlanmış ve ilk olarak dünya ekonomisine yön veren ve sanayisi gelişmiş ülkeler analize konu edilmiştir. Sermaye ve teknoloji üretim yapısını benimseyen bu ülkeler veriye ulaşma konusunda da önde olması sebebiyle çalışmalarda tercih edilme durumunu arttırıcı etken olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada durağan olmayan panel veri analizine yer verilmesinin sebebi ise, Endüstri 4.0 sebebiyle otomasyon kavramını ve yoğun olarak kullanıldığı “gelişmiş ülkeler” olarak sınıflandırılan ülkelere ait yapılacak model tahminlerinde yatay kesit bağımlılığı ve eğim katsayısı heterojenliğinin göz önünde bulundurulması gerekliliğidir.

Ampirik analiz için öncelikle durağan olmayan panel veri analizinden yararlanılan ekonometrik bir model oluşturulmuş, öncelikle değişkenlere ait eğim katsayılarının heterojenliği incelenmiştir. Ardından, analiz konu olan her bir yatay kesit biriminde meydana gelebilecek bir şokun diğer kesit birimlerinin bu şoktan etkilenme durumunun analizi için yatay kesit bağımlılığı testinden yararlanılmıştır. Yatay kesit bağımlılığı özelliği bulunmasından dolayı seriler için ikinci nesil panel birim kök testlerinden yararlanılmış, verilerin durağanlık analizinden sonra ise

serilerin arasında eşbütünleşik ilişkinin varlığını analiz etmek amacıyla ikinci nesil koentegrasyon testi olan Westerlund ECM testinden yararlanılmıştır.

Elde edilen bulgular neticesine göre endüstriyel robot üretiminin istihdam üzerindeki etkisi negatif bir şekilde gerçekleşmiştir. Elde edilen bu sonuçlarla birlikte ampirik çalışma, Acemoğlu ve Restrepo (2017), Chiacchio vd. (2016), Frey ve Osborne (2017), Arntz vd. (2016), Nedelkoska ve Quintini (2018) ve Siu ve Jaimovich (2018) ile benzerlik göstermektedir. Elde edilen sonuçlar neticesinde teoriyle uyumlu bir şekilde çalışmada ele alınan ülkelerde endüstriyel robot üretiminin istihdamın nüfusa oranına negatif yönde etkilediği belirlenmiştir. Çalışmadan farklı olarak Graetz ve Michaels (2015) çalışmasında, endüstriyel robot kullanımının emek verimliliğini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Ampirik çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak elde edilen bulgular neticesinde CCE Ortak İlişkiler Modeli ile uzun dönemli regresyon katsayı tahmini yapılmıştır. EPR_{t-1} değişkeni ve LGPD değişkeni ile EPR değişkeni arasında pozitif bir ilişki bulunmuş, R değişkeni ile EPR değişkeni arasında ise negatif bir ilişki tespit edilmiştir. İncelenen Almanya, Güney Kore, Japonya ve ABD ülkeleri için CCE tahmincisi yardımıyla her bir ülke için uzun dönem regresyon katsayısı için tahmin yapılmıştır. Almanya, Japonya ve ABD için EPR_{t-1} değişkeni ve R değişkeni ile EPR değişkeni arasındaki ilişki negatif olurken, Güney Kore için bu durum tam tersi şeklinde gerçekleşmiştir. Almanya, Güney Kore ve ABD için LGPD değişkeni ile EPR değişkeni arasındaki ilişki pozitif yönde gerçekleşirken, Japonya için ise bu durum negatif bir şekilde gerçekleşmiştir.

Endüstri 4.0 devrimi üretim yapısında önemli değişimleri de beraberinde getirmiştir. Otonom teknolojiler, robotlar ve yapay zeka gibi teknolojik gelişmelerin endüstri içinde kullanılmasıyla birlikte birçok gelişmiş ekonomideki işgücü piyasalarını dönüştürücü etkiye sahip olduğu gözlemlenmektedir. Endüstriyel robot üretiminin her geçen yıl daha da arttığı günümüzde özellikle son 10 yılda yaşanan gelişmelerle birlikte endüstriyel robotların emeğin yapmış olduğu işleri yerine getirmektedir. Bununla birlikte geçmiş çalışmalar doğrultusunda endüstriyel robotların işgücü piyasalar üzerinde olumlu ve olumsuz etkileri de gözlemlenmektedir. Olumlu etkiler arasında üretimde yaşanabilecek artışın ekonomideki makro göstergelerin önemli bir bölümünde olumlu yönde etki konusudur. Olumsuz etkisi ise işgücü piyasası üzerinde işçilerin doğrudan bir şekilde endüstriyel robotlar ile yer değiştirme konusudur.

Çalışmada yer alan endüstriyel robotların istihdam üzerindeki etkisi konusuna katkı olarak ilerleyen çalışmalarda endüstriyel robot üretiminin ücretler konusuna etkisi çalışmalara konu edilebilir. Böylece çalışmada yer alan konunun alanı genişletilerek ekonomik yazına katkı sağlanabilir. Ayrıca ilerleyen dönemlerde endüstriyel robot üretiminin artmasıyla birlikte farklı ülkelerinde veri kısıtıyla karşılaşılmadığı takdirde konuya dahil edilmesi, bu konunun etkilerini gözlemlemek açısından önem taşımaktadır.

Gelecek yıllarda endüstriyel robotlar ile insanlar arasında istihdam konusunda rekabet içine girecekleri tahmin edilmektedir. Özellikle kas gücüne bağlı olarak çalışan düşük vasıflı işgücünü oluşturan sınıfın çalışma konusunda yerini endüstriyel robotlara bırakma tehlikesi bulunmaktadır. Bu durum nitelikli işgücünü oluşturan sınıfın bu dönemde düşük vasıflı işgücü sınıf kadar etkilemese de gelecek dönemlerde işletmelerde yer alması muhtemel sitemlerin otonom hale gelmesiyle birlikte bu grubu oluşturan işgücünü de olumsuz yönde etkilemesi beklenmektedir. Söz konusu durumdan etkilenmesi muhtemel ülkeler, işgücü piyasasında bu dönemde ve gelecek dönemlerde oluşabilecek sorunları önceden tespit etme ve öngörülebilir sorunlara önlem alma ve çözüm üretme konusunda yeni stratejiler geliştirmesi gerekmektedir. Ülkelerin, dördüncü endüstri devrimi dönemine uygun bir biçimde ihtiyaç duyulan alanlara işgücünü yönlendirmesi, eğitim-öğretim programının bu yönde planlanması, dijitalleşmenin yoğun olarak yaşandığı günümüzde dijital teknoloji üretimi konusunda istihdam oluşturmaları gerekmektedir. Yeni mesleklerin ve dönüşüm sürecinden alanlarda istihdam oluşturulması için üniversite-sanayi işbirlikleri, teknoloji ve dijital dönüşüm alanlarına kamu teşviki, araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin desteklenmesi, kurum içi ve kurum dışı eğitim programları gibi olumlu adımların atılmasıyla birlikte endüstriyel robotların istihdam üzerinde oluşturduğu olumsuz durumların azaltılması konusunda bu görüşler katkı sunması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Acemoğlu, D. ve Restrepo, P. (2017). Robots and Jobs: Evidence From The US. *NBER Working Paper No, 23285*.
- AİMSAD. (2017). *Yeni Nesil Endüstriyel Otomasyon: Endüstri 4.0*.
<https://aimsaddergisi.com/yeni-nesil-endustriyel-otomasyon-endustri-4-0/>,
(22.04.2021).
- Akben, İ. ve Avşar, İ. İ. (2018). Endüstri 4.0 ve Karanlık Üretim: Genel Bir Bakış. *Türk Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 3(1): 26-37.
- Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0. *Journal Of Life Economics*. 8: 19-30.
- Alkan, A. O. (30 Haziran 2020). *Siber Güvenlik Hakkında Bilmeniz Gereken Her Şey*.
<https://www.cybermagonline.com/siber-guvenlik-hakkinda-bilmeniz-gereken-her-sey>, (15.06.2021).
- Alkan, M. A. (26 Temmuz 2018). *Karanlık Fabrikalar ile İnsansız Üretim*.
<https://www.endustri40.com/karanlik-fabrikalar-ile-insansiz-uretim/>,
(19.06.2021)
- Anyoha, R. (28 Ağustos 2017). *The History of Artificial Intelligence*.
<https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/>,
(18.07.2021).
- Arıksoy, G. (13 Temmuz 2017). *Arızaları Ortaya Çıkarmadan Tespit etmek: Öngörücü Bakım*. <https://www.xtrlarge.com/2017/07/13/arizalayi-ortaya-cikmadan-tespit-etmek-ongorucu-bakim/>, (13.07.2021).
- Armutlu, H. ve Akçay, M. (2013). Bulut Bilişimin Bireysel Kullanımı İçin Örnek Uygulama. *Akademik Bilişim Konferansı 2013* (ss. 17-21), Düzenleyen Akdeniz Üniversitesi. Antalya. 23-25 Ocak 2013.
- Arntz, M., Gregory, T. ve Zierahn, U. (2016). The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis. *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 189, Paris: OECD Publishing.
- Asiltürk, A. (2018). İnsan Kaynakları Yönetiminin Geleceği: İK 4.0. *Journal of Awareness*, 3(5): 527-544.
- Asimov, I. (2006). *Bilim ve Buluşlar Tarihi*. (Çev. Elif Topçugil). Ankara: İmge Kitabevi.

- Ataseven, B. (2013). Yapay Sinir Ağları ile Öngörü Modellemesi. *Öneri Dergisi*, 10(39): 101-115.
- Australian Government. (2015). *National Innovation and Science Agenda*. <https://www.industry.gov.au/data-and-publications/national-innovation-and-science-agenda-report>. (23.11.2021).
- Aydın, A. (2021). Robotların İstihdam Üzerindeki Etkisi: Seçilmiş Ülkeler Üzerine Ampirik İnceleme. *Calisma ve Toplum*, 68(1): 269-288.
- Bağcı, E. (2018). Endüstri 4.0: Yeni Üretim Tarzını Anlamak. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 9(24): 122-146.
- Baltagi, B.H. (2013). *Econometric Analysis of Panel Data (Sixth Edition)*, Springer, New York.
- Banger, G. (2018). *Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletme*. Ankara: Dorlion Yayınları.
- Bankwest Curtin Economic Centre. (2018). *Future of Work in Australia: Preparing for Tomorrow's World. Focus on the States Series*. Perth: Curtin University of Technology.
- Bartodziej, C. J. (2017). *The Concept Industry 4.0*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Bayrak, A. (2018). *Dünya'da ve Türkiye'de Sanayi'de Dijital Dönüşüm (Sanayi 4.0) İncelemesi ve Türkiye'nin Entegrasyonu İçin Değerlendirmeler*. https://digit4turkey.org/wpcontent/uploads/2020/01/End%C3%BCstri_4.0_Raporu.pdf, (21.04.2022).
- Berger, R. (2016). How the Fourth Industrial Revolution is Reshuffling the Economic, Social and Industrial Model. *Mastering the Transformation Journey*.
- Bıçakçı, İ. C. (2008). Sanayi Toplumundan Bilgi Toplumuna Tüketime Devrimi ve Türkiye'deki Yansımaları. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*. 5(1): 1-25.
- Bischoff, J., Taphorn, C., Wolter, D., Braun, N., Fellbaum, M. (2015). *Erschließen Der Potenziale der Anwendung Von "Industrie 4.0" im Mittelstand*. Industrie, German Ministry for Economics and Energy.
- Bitard, P. ve Zacharewicz, T. (2016). *Rio Country Report 2015: France*. JRC Science for Policy Report: Seville.
- Bozdağ, A. (2020). *Blockchain Teknolojisi Kullanım Alanları ve SAP'nin Vizyonu*. <https://nttda-solutions.com/tr/local-blog/blockchain-teknolojisi-kullanim-alanlari-ve-sapnin-vizyonu/>, (28.07.2021).
- Börteçin, E. (2014). 4. Endüstri Devrimi Kapıda mı?. *Bilim ve Teknik Dergisi*.

- Bradley, J.M. ve Atkins, E. M. (2015). Optimization and Control of Cyber-Physical Vehicle Systems. *Sensors*, 15(9): 23020-23049.
- Brynjolfsson, E., Rock, D. ve Syverson, C. (2017). Artificial Intelligence and The Modern Productivity Paradox: A Clash of Expectations and Statistics. *Nber Working Paper Series*, 1-44.
- Brzozowska, E. (8 Haziran 2020). *Predictive Maintenance: This Is How AI Can Transform Industry 4.0*. <https://dlabs.ai/blog/predictive-maintenance-this-is-how-ai-can-transform-industry-4-0/>, (07.07.2021).
- BSC. (19 Mart 2019). *History of the Cloud*. <https://www.bcs.org/articles-opinion-and-research/history-of-the-cloud/>, (28.08.2021).
- Buhr, D. (2017). Social Innovation Policy for Industry 4.0. *Friedrich-Ebert-Stiftung*, 1-17.
- Bulut, E. ve Akçacı, T. (2017). Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 4(7): 55-77.
- Burke III, E. (2015). Climate Change and World History: Plotting the Way Forward. *Asian review of World Histories*, 3(2): 255-264.
- C. M. Ferreira ve S. Serpa, (2018). Society 5.0 and Social Development: Contributions to a Discussion. *Sciedu Press*, 2018, 5: 26-31.
- Cerebro. (16 Mart 2018). *Yapay Zekanın Tarihçesi ve Gelişim Süreci*. <https://medium.com/t%C3%BCrkiye/yapay-zekan%C4%B1n-tarih%C3%A7esi-ve-geli%C5%9Fim-s%C3%BCreci-cb4c73deb01d>, (29.07.2021).
- Chadd, K. (24 Kasım 2020). *The History of Cybersecurity*. <https://blog.avast.com/history-of-cybersecurity-avast>, (11.07.2021).
- Chiacchio, F., Petropoulos, G. ve Pichler, D. (2018). The Impact of Industrial Robots on EU Employment and Wages: A Local Labour Market Approach (No. 2018/02). *Bruegel Working Paper*.
- Citi GPS (2016). The Future Is Not What It Used to Be. *Citi GPS Reports*.
- Cooper, A. (2019). How Robots Change The World. Oxford Economics.
- Craig, A. B. (2013). *Understanding Augmented Reality: Concepts and Applications*. Massachusetts: Morgan-Kaufmann Publishers.
- Çalış Duman, M. (2020). Endüstri 4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Örgütsel Performansa Etkilerini Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma. Doktora Tezi, *İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Malatya.

- Çeken, H., Ökten, Ş. ve Ateloğlu, L. (2008). Eşitsizliği Derinleştiren Bir Süreç Olarak Küreselleşme ve Yoksulluk. *C.Ü. İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 9(2): 79-95.
- Çelen, S. (2017). Sanayi 4.0 ve Simülasyon. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 1(1): 9-26.
- Dauth, W., Findeisen, S., Sudekum, J. ve Wößner, N. (2017). German Robots: The Impact of Industrial Robots on Workers. Institute for Employment Research, *CEPR Discussion Paper*. No. DP12306.
- Davenport, T. (2018). *Big Data At Work: Efsaneye Son Vermek, Fırsatları Keşfetmek*. (Çev. Müge Çavdar). İstanbul: Türk Hava Yolları Yayınları.
- Davies, R. (2015). Industry 4.0 Digitalisation for Productivity and Growth. Briefing, European Parliamentary Research Service.
- Davutoğlu, N. A., Akgül, B. ve Yıldız, E. (2017). İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı İle Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5(52): 544-567.
- Dean, M. ve Spoehr, J. (2018). *The Fourth Industrial Revolution and the Future of Manufacturing Work in Australia: Challenges and Opportunities*. Labour & Industry: a Journal of the Social and Economic Relations of Work, 1–16.
- Derya, H. (2018). Endüstri Devrimleri ve Endüstri 4.0. *GÜ İslahiye İİBF Uluslararası E-Dergi*, 2(2): 1-20.
- DİA Yazılım, (2015). *Neden Bulut Bilişim? Farkı Ne? Ayricalığı Ne?* <https://www.dia.com.tr/neden-bulut-bilisim-farki-ne-ayricaligi-ne/>, (22.05.2021).
- Dickens, P., Kelly, M. ve Williams, J.R. (2013). *What are the Significant Trends Shaping Technology Relevant to Manufacturing*. Foresight, Government Office for Science: London.
- Digital Transformation Monitor. (2017). *France: Industrie du Futur*. Brussels: European Commission. https://ati.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-06/DTM_Industrie%20du%20Futur_FR%20v1.pdf. (02.12.2021).
- Digital Transformation Monitor. (2017). *Germany: Industrie 4.0*. Brussels: European Commission. https://ati.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-06/DTM_Industrie%204.0_DE.pdf. (30.11.2021).
- Digital Transformation Monitor. (2017). *Key Lessons from National Industry 4.0 Policy Initiatives in Europe*. Brussels: European Commission.

- Doğru, B. N. ve Meçik, O. (2018). Türkiye’de Endüstri 4.0’ın İşgücü Piyasasına Etkileri: Firma Beklentileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23: 1581- 1606.
- Drath, R. ve Horch, A. (2014). Industrie 4.0: Hit or Hype. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2): 56-58.
- Eberhardt, M. ve Teal, F. J. (2009). A Common Factor Approach to Spatial Heterogeneity in Agricultural Productivity Analysis. *University Library of Munich, MPRA Paper*, 15810(1): 1-27.
- EBSO. (2015). Sanayi 4.0. Sanayi 4.0: Uyum Sağlayamayan Kaybedecek. *Ege Bölgesi Sanayiciler Odası, Araştırma Müdürlüğü*.
- Elliott, D. J. ve Lima, L. D. (2018). *Crypto-Assets: Their Future And Regulation*. Marsh & McLennan Companies.
- Erataş Sönmez, F. ve Sağlam, Y. (2018). Finansal Gelişme ve Ticari Açıklık ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Avrupa Dönüşüm Ekonomileri Örneği. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 18(4): 59-72.
- Erataş Sönmez, F. ve Uysal, D. (2018). Finansal İstikrarsızlığın Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: BRİCT Ekonomileri. *Business ve Economics Research Journal*, 9(1): 25-48.
- Erataş, F. ve Başçı Nur, H. (2015). Dış Borç Ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: “Yükselen Piyasa Ekonomileri” Örneği. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(2): 207-230. .
- European Parliament. (2015). *Industry 4.0 Digitalisation for Productivity and Growth*. [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2015\)568337](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2015)568337), (12.01.2022).
- Evans, D. (2011). *The Internet of Things How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything*. https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411_FINAL.pdf, (04.04.2021).
- Executive Office of the President National Science and Technology Council. (2012). *A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing*. https://www.energy.gov/sites/prod/files/2013/11/f4/nstc_feb2012.pdf. (13.12.2021)

- Executive Office of the President National Science and Technology Council. (2018). *Strategy for American Leadership in Advanced Manufacturing*. <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2018/10/Advanced-Manufacturing-Strategic-Plan-2018.pdf>. (03.12.2021)
- Executive Office of the President National Science and Technology Council. (2020). *Pioneering the Future Advanced Computing Ecosystem: A Strategic Plan*. <https://www.nitrd.gov/pubs/Future-Advanced-Computing-Ecosystem-Strategic-Plan-Nov-2020.pdf>. (11.12.2021)
- Fırat, O. Z. ve Fırat, S. Ü. (2017). Endüstri 4.0 Yolculuğunda Trendler ve Robotlar. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 46(2): 211-223.
- Foote, K. D. (22 Haziran 2017). *A Brief History of Cloud Computing*. <https://www.dataversity.net/brief-history-cloud-computing/#>, (23.07.2021).
- Foresight, U. K. (2013). The Future of Manufacturing: A New Era of Opportunity and Challenge for the UK. *Summary Report, The Government Office for Science, London*, 20.
- Fransa Ekonomi ve Maliye Bakanlığı. (2015). *Industry of the Future*. https://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/pk_industry-of-future.pdf. (18.10.2021).
- Fransa Ekonomi ve Maliye Bakanlığı. (2016). *New Industrial France*. <https://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/web-dp-indus-ang.pdf>. (18.10.2021)
- Freeman, C. ve Soete, L. (2003). *Yenilik İktisadı*. (Çev. Ergun Türkcan). Ankara: Tübitak Yayınları.
- Frey, C. B. ve Osborne, M. A. (2017). The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs To Computerisation?. *Technological Forecasting and Social Change*, 114: 254-280.
- Futurism Technologies. (31 Ağustos 2020). *Understanding the Advantages of Smart Factory in A Simple Way*. <https://www.futurismtechnologies.com/blog/understanding-the-advantages-of-smart-factory-in-a-simple-way/>, (19.07.2021).

- Gabaçlı, N. ve Uzunöz, M. (2017). IV. Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü. *3rd International Congress on Political, Economic and Social Studies* (ss. 149-174), Düzenleyen Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi. Ankara. 09-11 Kasım 2017.
- GAIA-X. (2021). GAIA-X: A Federated Data Infrastructure for Europe. <https://www.data-infrastructure.eu/GAIA-X/Navigation/EN/Home/home.html>. (24.10.2021)
- Gallagher, S. (2017). Industry 4.0 Testlabs in Australia Preparing for the Future.
- Gilchrist, A. (2016). *Industry 4.0 The Industrial Internet of Things*. New York: Apress.
- Gökten, P. O. (2018). Karanlıkta Üretim: Yeni Çağda Maliyetin Kapsamı. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20(4): 880-897.
- Gönen, M. A. (2013). Küreselleşmenin Ekonomik Boyutu Küreselleşmeyi Yöneten Üç Ana Kurum: IMF, Dünya Bankası, Dünya Ticaret Örgütü. *S.D.Ü Fen Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 29: 117-134.
- Görçün, Ö. F. (2016). *Dördüncü Endüstri Devrimi Endüstri 4.0*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Graetz, G. ve Michaels, G. (2015). Robots At Work: The Impact on Productivity and Jobs (No. 447). *Centre for Economic Performance, LSE*.
- Gtech, (2021). *Büyük Veri Nedir? Nasıl Kullanılır?* <https://www.gtech.com.tr/buyuk-veri-nedir-nasil-kullanilir/>, (15.05.2021).
- Gujarati, D. (2016). *Econometricsby Example (2nd ed.)*. London: Macmillan International Higher Education.
- Gujarati, D. (2016). *Örneklerle Ekonometri*. (Çev. N. Bolatoğlu). Ankara: BB101 Yayınları.
- Günel, M. M. (2019). Simulation for the Better: The Future in Industry 4.0. *Simulation For Industry 4.0* (ss. 275-283). Switzerland: Springer.
- Günay, D. (2002). Sanayi Ve Sanayi Tarihi. *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 31: 8-14.
- Güran, T. (2013). *İktisat Tarihi*. İstanbul: Der Yayınları.
- Gürsoy, M. Ü., Çolak, U. C., Gökçe, M. H., Akkulak, C. ve Ötleş, S. (2019). Endüstri İçin Kestirimci Bakım. *Uluslararası 3D Yazıcı Teknolojileri ve Dijital Endüstri Dergisi*, 3(1): 56-66.
- Harari, Y. N. (2018). *21. Yüzyıl İçin 21 Ders*. İstanbul: Kolektif Kitap.

- Healy, J., Nicholson, D. ve Pekarek, A. (2017). Should We Take the Gig Economy Seriously. *Labour and Industry: a Journal of the Social and Economic Relations of Work*, 27(3): 232–248.
- Hobsbawm, E. J. (2003). *Sanayi ve İmparatorluk*. (Çev. Abdullah Ersoy), Ankara: Dost Kitabevi.
- Hsiao, C. (2007). Panel Data Analysis—Advantages and Challenges. *Test*, 16(1): 1-22.
- ILO. (2018). *Skills Policies and Systems for a Future Workforce*. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---cabinet/documents/publication/wcms_618170.pdf. (22.11.2021).
- International Federation of Robotics. (2021). *Presents World Robotics Report 2021*. <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-nearly-doubled-globally>. (13.11.2021).
- International Federation of Robotics. (2022). *World Robotics 2022*. https://ifr.org/downloads/press2018/2022_WR_extended_version.pdf. (24.11.2022).
- Ivanov, S. (2017). Robonomics – Principles, Benefits, Challenges, Solutions. *Yearbook of Varna University of Management*, 10: 283-293.
- İçten, T. ve Bal, G. (2017). Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2): 111-136.
- İlkin, A. (1973). *Endüstrileşme*. İstanbul: Ak Yayınları.
- Jaimovich, N. ve Siu, H. E. (2020). Job Polarization And Jobless Recoveries. *Review of Economics and Statistics*, 102(1): 129-147.
- Jänicke, M. ve Jacob, K. (2013). *A Third Industrial Revolution*. Long-Term Governance For Social-Ecological Change, 47-71.
- Japan Business Federation. (2016). *Towards Realization of the New Economy and Society: Reform of the Economy and Society by the Deepening of “Society 5.0*. https://www.keidanren.or.jp/en/policy/2016/029_outline.pdf. (17.01.2022).
- Jung, J. (2019). The Fourth Industrial Revolution, Knowledge Production and Higher Education in South Korea. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 42(2): 134–156.

- Kabaklarlı, Esra (2016). *Endüstri 4.0 ve Dijital Ekonomisi; Dünya ve Türkiye Ekonomisi İçin Fırsatlar, Etkiler ve Tehditler (1. Baskı)*. Ankara: Nobel Bilimsel Eserler.
- Kagermann, H., Anderl, R., Gausemeier, J., Schuh, G., Wahlster, W. (2016). *Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for Cooperating with International Partners*. Acatech Study, Herbert Utz Verlag 2016: Munich.
- Kamu Gözetimi Kurumu. (3 Şubat 2021). *Kripto Varlıklar Ve Kripto Varlıkların Raporlanması*. <https://www.alomaliye.com/wp-content/uploads/2021/03/kripto-paralar.pdf>, (22.10.2021).
- Kang, H. S., Lee, J. Y., Choi, S., Kim, H., Park, J. H., Son, J. Y., Kim, B. H. ve Noh, S. D. (2016). Smart Manufacturing: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 3(1): 111–128.
- Kimos, A. (18 Aralık 2009). *Predictive vs. Preventive Maintenance Concepts*. <http://buildipedia.com/aec-pros/facilities-ops-maintenance/predictive-vs-preventive-maintenance-concepts>, (09.07.2021).
- Koçbulut, Ö. ve Altıntaş, H. (2016). İkiz Açıklar ve Feldstein-Horioka Hipotezi: OECD Ülkeleri Üzerine Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Yapısal Kırımlı Panel Eşbütünleşme Analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 48(1): 145-174.
- Kornysheva, E. ve Barrios, J. (2021). Small and Medium-Sized Enterprises and the Industry 4.0 Transformation in France. *Industry 4.0 in SMEs Across the Globe Drivers, Barriers, and Opportunities* (ss. 29-45). Boca Raton: CRC Press.
- KPMG, (2016). *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>, (02.05.2021).
- KPMG. (2017). *The Route to Digital Business Leadership*. Sydney: KPMG.
- Kuo, C.-C., Shyu, J. Z., ve Ding, K. (2019). Industrial Revitalization Via Industry 4.0 – A Comparative Policy Analysis Among China, Germany and the USA. *Global Transitions* (ss. 3-14).
- Kutup, N. (2011). *Nesnelerin interneti; 4H Her Yerden, Herkesle, Her Zaman, Her Nesne ile Bağlantı*. <http://inet-tr.org.tr/inetconf16/bildiri/27.pdf>, (28.04.2021).

- Küçükcalay, A. (1997). Endüstri Devrimi ve Ekonomik Sonuçlarının Analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(2): 51-68.
- La French Fab. (6 Ocak 2021). 2021, *A Year Of Rebound For La French Fab*. <https://lafrench-fab.com/news/2021-a-year-of-rebound-for-la-french-fab/>, (11.03.2022).
- Lee, J. (2015). Smart Factory Systems. *Informatik-Spektrum*, 38(3): 230-235.
- Lee, J., Ardakani, H., Yang, S. ve Bagheri, B. (2015). Industrial Big Data Analytics and Cyber-Physical Systems For Future. *Procedia CIRP* , 38: 3-7.
- Li, L. ve Lu, Y. (2021). Status, Opportunities, and Barriers in Implementing Industry 4.0 in the US. *Industry 4.0 in SMEs Across the Globe Drivers, Barriers, and Opportunities* (ss. 209-227). Boca Raton: CRC Press.
- Liao, Y., Loures, E. R., Deschamps, F., Brezinski, G. ve Venâncio, A. (2018). The Impact of the Fourth Industrial Revolution: A Cross-Country/Region Comparison. *Production*, 28(0).
- Loveder, P. (2017). *Australian Apprenticeships: Trends, Challenges and Future Opportunities For Dealing With Industry 4.0*. National Centre for Vocational Education Research. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED578882.pdf>. (13.01.2021).
- Mainetti, L., Patrono, L. ve Vilei, A. (2011). Evolution Of Wireless Sensor Networks Towards The Internet Of Things: A Survey. *19th International Conference On Software, Telecommunications And Computer Networks*, (ss. 1-6).
- Marsh, A. (30 Ocak 2017). *7 Ways Augmented Reality in Manufacturing Will Revolutionize The Industry*. <https://www.globaltranz.com/augmented-reality-in-manufacturing/>, (05.06.2021).
- Mauro, A.D., Greco, M. ve Grimaldi, M. (2015). What is Big Data? A Consensual Definition and Review of Key Research Topics, *4th International Conference on Integrated Conference, New York: AIP Conference Proceedings*, (ss.97-104).
- Mell, P. ve Grance, T. (2011). The NIST Definition of Cloud Computing. *U.S. Department of Commerce, NIST Special Publication 800-145*.
- Mercan, M. (2014). Feldstein-Horioka Hipotezinin AB-15 ve Türkiye Ekonomisi için Sınanması: Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Yapısal Kırılmalı Dinamik Panel Veri Analizi. *Ege Academic Review*, 14(2): 231-245.

- Miller, B. ve Dale, R. (2012). A Survey SCADA of and Critical in Frastructure Incidents. *RIIT '12: Proceedings Of The 1st Annual Conference on Research in Information Technology*, 51-56.
- MMO Sanayi Portalı. (11 Mart 2019). *Çin Nasıl Başardı: Sanayileşmeyi Başaramayan Ülkelerde Eksik Olan Nedir?* <https://sanayi.mmo.org.tr/cin-nasil-basardi-sanayilesmeyi-basaramayan-ulkelerde-eksik-olan-nedir>, (06.04.2021).
- Moment Expo. (2017). Bilginin Gücü: Sanayi 3.0. 105: 98-99.
- Mourtzis, D. ve Vlachou, E. (2018). A Cloud-Based Cyber-Physical System for Adaptive Shop-Floor Scheduling and Condition-Based Maintenance. *Journal of Manufacturing Systems*, 47(1): 179-198.
- Muro, M. ve Andes, S. (16 Haziran 2015). *Robots Seem to Be Improving Productivity, Not Costing Jobs*. <https://hbr.org/2015/06/robots-seem-to-be-improving-productivity-not-costing-jobs#:~:text=A%20first%20look%20at%20the%20economic%20data.&text=Nearly%2030%20years%20ago%2C%20in,but%20in%20the%20productivit y%20statistics.%E2%80%9D>. (19.08.2021).
- Müller, J. M., ve Voigt, K. I. (2018). Sustainable Industrial Value Creation in SMEs: A Comparison between Industry 4.0 and Made in China 2025. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 5(5): 659–670.
- Nabiyev, V. (2021). *Yapay Zeka*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, (25.07.2021).
- Nedelkoska, L. ve Quintini, G. (2018), Automation, Skills Use and Training. *OECD Social, Employment And Migration Working Papers*, Paris: OECD Publishing.
- OECD. (2014). *Cloud Computing: The Concept, Impacts And The Role Of Government Policy*. OECD. Paris.
- OECD. (2015). *The Future of Productivity*. OECD Publishing.
- OECD. (2019). *Employment Outlook 2019: The Future of Work*. OECD Publishing, Paris.
- Onday, O. (2019). Japan's Society 5.0: Going Beyond Industry 4.0. *Business and Economics Journal*, 10(2): 1-6.
- Onggo, B. S. (2019). Symbiotic Simulation System (S3) for Industry 4.0. *Simulation for Industry 4.0* (ss. 153-164). Birmingham: Springer.

- Öçer, A. ve Şahin, Ç. (1999). İnternette Pazarlamanın Büyüyen Rolü ve World Wide Web. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 15(1): 265-292.
- Özerkmen, N. (2004). Uluslararası Eşitsizliği Derinleştiren Bir Süreç Olarak Ekonomik Küreselleşme. *Ankara Üniversitesi Dil Ve Tarih Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 44(1): 135-148.
- Özge, A. (2015). *Büyük Veri Patlaması Nasıl Oluştu?* <https://www.socialbusinessstr.com/2015/04/02/buyuk-veri-patlamasi-nasil-olustu/>, (15.06.2021).
- Öztemel, E. (2006). *Yapay Sinir Ağları*. İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- Öztürk, A. (19 Mart 2019). *Siber Güvenliğin Tarihçesi ve Gelişimi*. <https://www.protopars.com/siber-guvenligin-tarihcesi-ve-gelisimi/>, (24.07.2021).
- Pehlivan, G. (28 Kasım 2019). *Artırılmış Gerçeklik Nedir?* <https://codemodeon.com/tr/artirilmis-gerceklik-nedir/>, (03.06.2021).
- Pereira, A. G., Lima, T. M. ve Charrua-Santos, F. (2020). Industry 4.0 and Society 5.0: Opportunities and Threats. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(5): 3305–3308.
- Pesaran, H. M. (2004). General Diagnostic Tests For Cross Section Dependence İn Panels (IZA Discussion Paper No. 1240). Institute for the Study of Labor (IZA).
- Pesaran, H. M. (2006). Estimation And Inference in Large Heterogenous Panels With A Multifactor Error Structure. *Econometrica*, 74(4): 967-1012.
- Pesaran, H. M. (2007). A Simple Panel Unitroot Test in the Presence of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Economics*, 22(1): 265-312.
- Pesaran, H. M. ve Yamagata, T. (2008). Testing Slope Homogeneity in Large Panels. *Journal of Econometrics*, 142(1): 50-93.
- Pesaran, H. M., Ullah, A. ve T. Yamagata (2008). A Bias-Adjusted LM test of Error Crosssection Independence. *The Econometrics Journal*, 11(1): 105-127.
- Phillips, A. (01.04.2021). *A History and Timeline of Big Data*. <https://whatis.techtarget.com/feature/A-history-and-timeline-of-big-data>. (28.08.2021).
- Pirim, H. (2006). Yapay Zeka. *Journal of Yasar University*, 1(1): 81-93.

- PLC Tutor. (29 Ağustos 2013). *PLC History*. <http://www.plctutor.com/plc-history.html>, (05.04.2021).
- Polat, L. ve Erkollar, A. (2021). Industry 4.0 vs. Society 5.0. *Digital Conversion on the Way to Industry 4.0*, (ss.333-345). Springer: Turkey.
- Press, G. (30 Aralık 2016). *A Very Short History Of Artificial Intelligence (AI)*. <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2016/12/30/a-very-short-history-of-artificial-intelligence-ai/?sh=59a062f96fba>, (15.07.2021).
- Rasgen, M. ve Gönen, S. (2019). Endüstri 4.0 ve Muhasebenin Dijital Dönüşümü. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(3): 2898-2917.
- Reischauer, G. (2018). Industry 4.0 as Policy-Driven Discourse to Institutionalize Innovation Systems in Manufacturing. *Technological Forecasting and Social Change*, 132: 26-33.
- Retmes Manufacturing İntelligence. (20 Ağustos 2020). *Karanlık Fabrika Nedir?* <https://www.retmes.com/en/karanlik-fabrika>, (01.07.2021).
- Ridgway, K., Clegg, C.W. ve Williams, D. J.(2013). *The Factory Of The Future*. The National Metals Technology Centre, University of Sheffield AMRC: Wallis Way, Rotherham.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P. ve Harnisch, M. (2015). Industry 4.0 The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. *The Boston Consulting Group*.
- Sağlam, Y. ve Erataş Sönmez, F. (2017). Finansal Gelişme ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Avrupa Geçiş Ekonomileri Örneği. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 12(1): 121-140.
- Sampler, J. (1998). Redefining Industry Structure for the Information Age. *Strategic Management Journal*, 19(4): 343-355.
- Satı, Z. E. (2019). Endüstri 4.0'ın İstihdam Paradoksu: Türkiye İstihdam Yapısına Yansımalar. *Toprak İşveren*, 120: 28-40.
- Sayar, M. ve Yüksel, H. (2018). Endüstri 4.0 ve Türkiye Kamu Sektöründe Endüstri 4.0 Dönüşümü. *Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi*, 10(2): 83-98.
- Schlötzer, F. (2015). *The Dynamics of the Digitalization and its Implications for Companies' Future Enterprise Risk Management Systems and Organizational Structures*. (Master Thesis). Copenhagen Business School.
- Schroeder, W. (2016). *Germany's Industry 4.0 Strategy Rhine Capitalism in the Age of Digitalisation*. Friedrich-Ebert-Stiftung: London.

- Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Switzerland: World Economic Forum.
- Schwab, K. (2020). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. (Çev. Zülfü Dicleli). İstanbul: Optimist Yayınevi.
- Selçuk, S. (2017). Predictive Maintenance, its Implementation and Latest Trends. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 231(9): 1670-1679.
- Shariq, S., Sanin, C., Toro, C. ve Szczerbicki, E. (2015). Virtual Engineering Object (VEO): Toward Experience-Based Design and Manufacturing for Industry 4.0. *Cybernetics and Systems*, 46(1-2): 35-50.
- Siemens. (2014). *Endüstri 4.0 Yolunda*. <http://siemens.e-dergi.com/pubs/Endustri40/Endustri40/Default.html#p=1>, (18.04.2021).
- Strange, R. ve Zucchella, A. (2017). Industry 4.0: Global Value Chains and International Business. *Browse Journals & Books- Multinational Business Review*, 25(3): 174-184.
- Sung, T. K. (2018). Industry 4.0: A Korea Perspective. *Technological Forecasting and Social Change* (ss.40-45). 132
- Şak, N. (2018). Panel Birim Kök Testleri. *Uygulamalı Panel Veri Ekonometrisi* (ss.261-314). İstanbul: Der Yayınları.
- Şekkeli, Z. H. ve Bakan, İ. Akıllı Fabrikalar. *Journal Life of Economics*, 5(4): 203-220.
- Şendoğdu, A. A. (2020). Endüstri 4.0 Devriminde Robotik Kaynaklar Yönetimi Bağlamında İnsan Kaynakları Yönetiminde Yeni Açılımların Kaçınılmazlığı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 34(1): 168-184.
- Şener, S. ve Elevli, B. (2017). Endüstri 4.0'da Yeni İş Kolları ve Yüksek Öğrenim. *Mühendis Beyinler Dergisi*, 1(2): 1-13.
- Takakuwa, S., Veza, I., ve Celar, S. (2018). "Industry 4.0" In Europe and East Asia. *Annals of DAAAM & Proceedings*, 29.
- Tate, K. (26 Ağustos 2014). *History of A.I.: Artificial Intelligence (Infographic)*. <https://www.livescience.com/47544-history-of-a-i-artificial-intelligence-infographic.html>, (19.07.2021).
- Tatoğlu, Ferda Yerdelen (2012). *Panel Veri Ekonometrisi*. İstanbul: Beta Yayınları.
- Tomas, J. P. (16 Haziran 2017). *Smart Manufacturing vs. Lights Out Manufacturing*. <https://enterpriseiotinsights.com/20170616/channels/fundamentals/20170616>

- channelsfundamentalsufacturing-lights-out-manufacturing-tag23-tag99, (21.06.2021).
- Tridi. (2019). *80'lerden Bugüne 3D Baskı Teknolojilerinin Kısa Tarihi*. <https://www.tridi.co/blog/80-lerden-bugune-3d-baski-teknolojilerinin-kisa-tarihi>, (08.06.2021).
- Tunçkan, E. (2008). Endüstrileşme Olgusu ve Endüstriyel Reklamcılık. *Selçuk İletişim*, 5(2): 113-120.
- Türkiye Cumhuriyeti Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2018). *Türkiye'nin Sanayi Devrimi "Dijital Türkiye" Yol Haritası*. https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/2023_Dijital-Turkiye-Yol-Haritasi.pdf. (26.11.2021).
- TÜSİAD. (2016). *Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gerekliklik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi*. İstanbul: TÜSİAD Yayını.
- Usta, A. ve Doğanterkin, S. (2017). *Blockchain 101*. Bankalar Arası Kart Merkezi: İstanbul.
- Ünver, M. ve Canbay, C. (2010). Ulusal ve Uluslararası Boyutlarıyla Siber Güvenlik. *TMMOB Elektrik Mühendisliği Odası, Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 438: 94-103.
- Ünver, M., Canbay, C. ve Mirzaoğlu, A.G. (2009). Siber Güvenliğin Sağlanması: Türkiye'deki Mevcut Durum Ve Alınması Gereken Tedbirler. *Bilgi Teknolojileri ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı*, 1-80.
- Vaidya, S., Ambad, P. ve Boshle, S. (2018). Industry 4.0 - A Glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20(1): 233-238.
- Westerlund, J. (2005). A Panel CUSUM Test of The Null of Cointegration. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 67(2): 231-262.
- Wisskirchen, G., Biacabe, B. T., Bormann, U., Muntz, A., Niehaus, G., Soler, G. J. ve von Brauchitsch, B. (2017). Artificial Intelligence and Robotics and Their Impact on the Workplace. *IBA Global Employment Institute*.
- Woodruff, W. (2006). *Modern Dünya Tarihi*. (Çev. Hale Vardar ve Arda Vardar). İstanbul: Pozitif Yayınları.
- World Economic Forum (2016). *The Future Of Jobs: Employment, Skills And Workforce Strategy For The Fourth Industrial Revolution*. In Global Challenge Insight Report. Geneva: World Economic Forum.

- Xu,L.D., Xu, L.E. ve Li, L. (2018). Industry 4.0: State of The Art and Future Trends. *International Journal of Production Research*, 56(8): 2941-2962.
- Yalçinkaya, Ş. (2017). *Robotlar Ve Robotik Sistemler*.
<https://www.bilgiustam.com/robotlar-ve-robotik-sistemler>, (11.05.2021).
- Yankın, F. B. (2019). Dijital Dönüşüm Sürecinde Çalışma Yaşamı. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(2): 1-38.
- Yazıcı, A. (2016). Endüstri 4.0 ve Otonom Robotlar. *Elektrik Mühendisliği*, 459: 39.
https://www.emo.org.tr/ekler/91f2bb2a057879e_ek.pdf?dergi=1069,
(14.05.2021).
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2018). *Panel Zaman Serileri Analizi*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.
- Yerdelen Tatoğlu, F. (2020). *Panel Zaman Serileri Analizi Stata Uygulamalı*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Yılmaz, F. (2016). *Dünyada Endüstri 4.0*. <https://www.endustri40.com/dunyada-endustri-4-0/>, (24.12.2021).
- Yirmibeş Lale, Y. (07 Temmuz 2019). *İkinci Sanayi Devriminde Ne Oldu?*.
<https://www.stendustri.com.tr/bilim-teknoloji/ikinci-sanayi-devrimi-nde-ne-oldu-h101469.html>, (02.04.2021).
- Yönetimde İnsan. (16.01.2018). *4. Endüstri Devrimi Ülke İncelemesi: Amerika Birleşik Devletleri*. <https://www.yonetimdeinsan.com/endustri40/4-endustri-devrimi-ulke-inceleme-amerika-birlesik-devletleri/>, (22.01.2022).
- Zhou K., Liu T. and Zhou L. (2016). Industry 4.0: Towards Future Industrial Opportunities and Challenges. *International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, 12: 2147- 2152.

