

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ÇALIŞMA EKONOMİSİ VE ENDÜSTRİ İLİŞKİLERİ
ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

ENDÜSTRİ 4.0 GELİŞMELERİNİN İŞİN VE
İŞGÜCÜNÜN NİTELİĞİ ÜZERİNDEKİ MUHTEMEL
ETKİLERİ: ALMANYA VE TÜRKİYE
KARŞILAŞTIRMASI

Alptuğ BEKTAŞ

2502150037

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Levent ŞAHİN

İSTANBUL – 2021

ÖZ

ENDÜSTRİ 4.0 GELİŞMELERİNİN İŞİN VE İŞGÜCÜNÜN NİTELİĞİ ÜZERİNDEKİ MUHTEMEL ETKİLERİ: ALMANYA VE TÜRKİYE KARŞILAŞTIRMASI

ALPTUĞ BEKTAŞ

Dünün, bugünün ve yarının tüm çalışanlarına...

Çalışmanın amacı Endüstri 4.0 Devrimi çerçevesinde Almanya’da ve Türkiye’de yaşanan gelişmeleri detaylıca inceleyip Endüstri 4.0’ın işin ve işgücünün üzerindeki muhtemel etkilerini karşılaştırmalı şekilde ortaya çıkararak projeksiyon oluşturmaktır. Endüstri 4.0 ile iktisadi yarışta kazanan olmak isteyen ülkeler, planlarını sadece günümüz değil yarının şartlarına göre de yapmak zorundadır. Bu sebeple geleceğe yönelik yapılan çalışmalar hayati önem arz etmektedir.

Çalışma kapsamında Endüstri 4.0’dan önceki endüstri devrimlerine, Endüstri 4.0’ın temel bileşenlerine ve eleştirel tartışmalara yer verilmiştir. Endüstri 4.0 gelişmeleri hizmet, sanayi ve tarım olmak üzere üç sektörde incelenmiştir. Detaylı olması açısından her iki ülke için hizmet sektörü; eğitim, sağlık, veri yönetimi, iletişim ve siber güvenlik; sanayi sektörü ise ulaşım, elektrik/elektronik, iklim ve çevre ve enerji olmak üzere çeşitli başlıklara ayrılmıştır. Endüstri 4.0’la ilgili çeşitli parametrelere yer verilmiştir. Muhtemel etkiler belirlenmek istendiğinden bu çalışmada belirlenmiş sektörler bütüncül bir yaklaşımla teknolojik etki değerlendirmesi yapılmıştır.

Çalışma sonunda yatırımlarını eğitim ve teknoloji odaklı yapan ülkelerin Endüstri 4.0 devriminde kazanan tarafta yer alacağı, devrimin işgücü piyasasında, işgücünün niteliğinde ve işlerde köklü değişikliklere sebep olacağı, mevcut işlerin büyük bir kısmının sermaye tarafından ikame edileceği ve aynı zamanda yeni işlerin ortaya çıkacağı görülmüştür. İzlediği politikalar ve yatırım stratejileri sayesinde Almanya’nın, Endüstri 4.0 dönüşümünde Türkiye’den daha iyi bir durumda yer aldığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Devrim, İş, İşgücü, Otomasyon

ABSTRACT

THE POTENTIAL IMPACTS OF INDUSTRY 4.0 ON JOB AND LABOR CHARACTERISTICS: A COMPARISON BETWEEN GERMANY AND TURKEY

ALPTUG BEKTAS

The purpose of the study is to examine the developments in Germany and Turkey within the framework of the Industry 4.0 Revolution comparatively and reveal the potential impacts of Industry 4.0 on the labor and jobs and create a projection. In this economic race with Industry 4.0, countries that want to be the winner have to make their plans not only according to today's conditions but also tomorrow's. Consequently, future studies on the subject of Industry 4.0 are of vital importance.

Within the scope of this study, the industrial revolutions, the main components of Industry 4.0, and critical discussions are covered and Industry 4.0 developments are examined in three sectors: service, industry, and agriculture. For a detailed study, the service sector for both countries is divided into various titles such as; education, health, data management, communications, and cybersecurity. The industry sector is divided into transportation, electrical and electronics, climate and environment, and energy. Also, parameters related to Industry 4.0 are included. In order to determine the possible effects, this study is based on the technology impact assessment.

Results of the study show that the countries that make their investments on education and technology will be on the winning side in the Industry 4.0 revolution and the revolution will cause radical changes in the labor market, the quality of the labour force, and jobs. Also most of the existing jobs will be replaced by capital while simultaneously new jobs will appear. This study has shown that Germany is in a better position than Turkey in the Industry revolution 4.0, due to the policies and investment strategies it follows.

Keywords: Industry 4.0, Revolution, Job, Labor, Automation

ÖNSÖZ

Literatüre yeni girmiş bir kavram olması sebebiyle Endüstri 4.0 hakkında yapılan çalışmalar, genellikle durum analizi ve farkındalık çalışması niteliği taşımaktadır. Özellikle Türkiye’de bu konuya ilişkin literatürün oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Yabancı dillerdeki çalışmaların ise çok az bir kısmı Türkçeye çevrilmiş durumdadır. Bu nedenle Endüstri 4.0 Devrimini daha iyi anlayıp geleceğe ışık tutabilmek için konunun ayrıntılı bir şekilde anlaşılması büyük önem arz etmektedir.

Türkiye’de yapılan bilimsel yayınlar ve araştırmalar incelendiğinde Endüstri 4.0’ın işgücü piyasasına, işgücünün niteliğine ve işlere etkilerine dair çalışmaların oldukça yetersiz olduğu görülmektedir. Endüstri 4.0’ın en büyük etkisinin bu konulara olacağı düşünülmektedir. Bu sebeple çalışmanın iş ve işgücü odaklı olmasına ve kavramın ortaya çıktığı yer olan Almanya ile karşılaştırarak yürütülmesine karar verilmiştir. İleride karşılaşılabilecek olası sorunlara karşı şimdiden önlem alınmasına yönelik çalışmaların yapılabilmesi için öncelikle Endüstri 4.0’ın doğru tanımlanması, boyutlarının belirlenmesi, öncül sektörlerin ortaya konması, işgücünün ve işin tarihsel sürecinin doğru analiz edilmesi ve tahminlerin tüm bu hususlara göre yapılması gerekmektedir.

Doktora sürecinde talihsiz bir şekilde ortaya çıkıp tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 Pandemisi, tezin araştırma yöntemini ve yazımını etkileyerek birtakım değişikliklere gidilmesine sebep olmuştur. Virüsün bulaşıcılığının yüksek seviyede seyretmesi saha araştırmalarını engellemiş ve yerinde inceleme yapmanın önüne geçmiştir. Bu sebeple saha araştırmasından vazgeçilip teknolojik etki değerlendirmesi yapılmıştır. Kütüphanelere erişim engellendiğinden sadece online kaynaklardan faydalanılmıştır.

Aklımdan tez harici binbir türlü fikrin hızla geçmesine neden olup tezi bir türlü yazmama müsaade etmeyen dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğuma, tezi bu kadar geç bitirmemde büyük etkisi olan ve her aksiyon dolu tekliflerime "tamam" diyen arkadaşlarıma, yılların eskitemediği ve bu tezi yazarken hiçbir arıza çıkarmayan girişimimizden yürüttüğüm emektar bilgisayarıma, otuz iki yaşına gelip de evsiz, barksız ve işsiz olmama rağmen bu konuyla ilgili tek bir laf söylemeyen anneme ve

babama, standarttan çıkmayıp tüm gelenek ve görenekleri gerçekleştiren ve "düzenlerini" kurup kendi düzensizliğimin arada kaynamasını sağlayan kardeşlerime, doktora bu kadar uzayınca kalacağımı düşünerek benimle dalga geçen canım kuzenlerime, hiçbir kriterini karşılamadığımdan dolayı beni bu süreçte hiç rahatsız etmeyen kız arkadaşlarıma, Aleksandra'ya, Cenk'e, Dilar'a, Gressa'ya, Hanife'ye, Recep'e, Ufuk'a ve Ulaş'a, bana her zaman kol kanat geren sayın Prof. Dr. Meltem Güngör Delen'e, ilk tanıştığımız zamandan beri enerjimizin hiç düşmediği ve bundan sonra da böyle gitmesini umduğum sayın danışmanım Prof. Dr. Levent Şahin'e ve tez sürecini beraber yürüttüğümüz sayın Prof. Dr. Mustafa Aykaç'a teşekkür ederim.

İstanbul 2021

Alptuğ BEKTAŞ

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	ii
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
GRAFİKLER LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM ENDÜSTRİ 4.0 ve GELİŞİMİ

1.1 Endüstri 4.0 Öncesi.....	5
1.1.1. Birinci Endüstri Devrimi	6
1.1.2. İkinci Endüstri Devrimi.....	8
1.1.3. Üçüncü Endüstri Devrimi.....	10
1.2. Dördüncü Endüstri Devrimi: Endüstri 4.0.....	13
1.2.1. Endüstri 4.0 Nedir?.....	14
1.2.2. İnovasyonların Yıkıcılığı.....	16
1.2.3. Endüstri 4.0'ın Önemi	18
1.3. Endüstri 4.0'ın Temel Bileşenleri	20
1.3.1. Siber Fiziksel Sistemler (CPS).....	21
1.3.2. Nesnelerin İnterneti (IoT).....	23
1.3.3. Büyük Veri	30
1.3.4. Bulut Bilişim	32
1.3.5. Robotik Sistemler	34
1.3.6. Yapay Zekâ, Makine Öğrenme ve Derin Öğrenme.....	36
1.3.7. Yatay ve Dikey Entegrasyon.....	39
1.3.8. Sanal Gerçeklik (VR) ve Artırılmış Gerçeklik (AR).....	41
1.3.9. 3D Yazıcılar	44
1.3.10. Siber Güvenlik.....	45
1.4. Endüstri 4.0 ile İlgili Tartışmalar	48

İKİNCİ BÖLÜM
ALMANYA'DA ve TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİ 4.0 ALANINDAKİ
GELİŞMELER

2.1. Almanya'daki Endüstri 4.0 Gelişmeleri.....	54
2.1.1. Yürütücü Aktörler	56
2.1.2. Endüstri 4.0'ın Öncü Sektörleri.....	58
2.1.2.1 Hizmetler Sektörü	58
2.1.2.1.1 Eğitim.....	60
2.1.2.1.2 Sağlık	62
2.1.2.1.3 Veri Yönetimi.....	64
2.1.2.1.4 İletişim ve Siber Güvenlik	66
2.1.2.2 Sanayi Sektörü	68
2.1.2.2.1 Ulaşım	69
2.1.2.2.2 Elektrik/Elektronik.....	73
2.1.2.2.3 İklim ve Çevre.....	75
2.1.2.2.4 Enerji	77
2.1.2.3 Tarım Sektörü	79
2.2. Türkiye'deki Endüstri 4.0 Gelişmeleri.....	81
2.2.1. Yürütücü Aktörler	83
2.2.2. Endüstri 4.0'ın Öncü Sektörleri.....	85
2.2.2.1 Hizmetler Sektörü	85
2.2.2.1.1 Eğitim.....	87
2.2.2.1.2 Sağlık	89
2.2.2.1.3 Veri Yönetimi.....	91
2.2.2.1.4 İletişim ve Siber Güvenlik	94
2.2.2.2 Sanayi Sektörü	95
2.2.2.2.1 Ulaşım	97
2.2.2.2.2 Elektrik/Elektronik.....	99
2.2.2.2.3 İklim ve Çevre.....	101
2.2.2.2.4 Enerji	104
2.2.2.3 Tarım Sektörü	106
2.3. Karşılaştırmalı Temel Veriler	108

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM
ALMANYA VE TÜRKİYE KARŞILAŞTIRMASIYLA İŞGÜCÜ
PIYASASININ, İŞİN VE İŞGÜCÜNÜN NİTELİĞİNDEKİ MUHTEMEL
DEĞİŞMELER

3.1. Neden Endüstri 4.0'a Ulaşılmaya Çalışılıyor?	117
3.2. Endüstri 4.0'ın İşgücü Piyasasının Dönüşümüne Muhtemel Etkileri.....	119
3.2.1. İstihdam ve İşsizlik.....	122
3.2.2. Esnek İstihdam	130
3.2.3. Ücretler	137
3.2.5. Bireysel ve Toplu İş İlişkileri	144
3.2.4. Çalışma Süreleri	150
3.2.6. İş Sağlığı ve Güvenliği	155
3.3. Endüstri 4.0'ın İşlerin Dönüşümüne Muhtemel Etkileri	158
3.3.1. İşlerin Otomasyonlaşması	161
3.3.2. Kalıcı, Yeni, Gereksiz Meslekler ve Roller.....	170
3.3.3. İş Süreci ve Kalitesi.....	176
3.4. Endüstri 4.0'ın İşgücünün Niteliğinin Dönüşümüne Muhtemel Etkileri ..	184
3.4.1. Yetkinlikler.....	187
3.4.2. İş Tatmini	195
3.4.3. Çekirdek ve Çevre İşgücü	198
3.4.4. Yaka Renkleri ve Cinsiyet.....	202
SONUÇ ve ÖNERİLER.....	210
KAYNAKÇA	219
ÖZGEÇMİŞ.....	272

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: İş Yapma Kolaylığı Endeksi	109
Tablo 2: Endüstri 4.0 Temel Verileriyle Almanya ve Türkiye Karşılaştırması	115
Tablo 3: Türkiye'nin Yıllara Göre İstihdam ve İşsizlik İstatistikleri (2010-2021 Kasım)	126
Tablo 4: Almanya'nın Yıllara Göre İstihdam ve İşsizlik İstatistikleri (2010-2020)	127
Tablo 5: Almanya'da ve Türkiye'de Kısmi Sürelerle Çalışmanın Yıllara Göre İstihdamdaki Yeri (2000-2020)	132
Tablo 6: Almanya'da ve Türkiye'de Belirsiz ve Belirli Süreli Çalışmanın Yıllara Göre Karşılaştırılması (2000-2020)	133
Tablo 7: Dünyada, Almanya'da ve Türkiye'de Sektörlere Göre Toplam Ücretlerdeki Muhtemel Değişmelerin Karşılaştırması (milyar \$)	140
Tablo 8: Yıllara Göre Almanya'da ve Türkiye'de Sendikalaşma Oranı (2010-2020)	148
Tablo 9: Seçilmiş Ülkelerin Haftalık Ortama Çalışma Saatleri (2000-2019)	151
Tablo 10: Çalışma Süresi İçinde İş Dışı Yapılan Aktiviteler ve Süreleri	152
Tablo 11: Kişi Başına Düşen Yıllık Çalışma Saatlerine Göre Almanya ve Türkiye (1986 – 2017)	154
Tablo 12: İşlerin Otomasyonlaşma Oranları	164
Tablo 13: Almanya'da ve Türkiye'de Otomasyonun Sektörlerdeki İstihdama Muhtemel Etkilerinin Karşılaştırılması (bin kişi)	168
Tablo 14: Teknolojinin Dünyadaki Toplam İstihdama Etkisi (milyon kişi)	172
Tablo 15: Kalıcı, Yeni ve Gereksiz Meslekler ve Roller	175
Tablo 16: Seçilmiş Ülkelerdeki CRM Kullanımının Yıllara Göre Yüzdelik Değişimi (2009-2019)	179
Tablo 17: Seçilmiş Ülkelerdeki Bulut Bilişim Kullanımının Yıllara Göre Yüzdelik Değişimi (2014-2018)	181
Tablo 18: Seçilmiş Ülkelerdeki SCM Kullanımının Yıllara Göre Yüzdelik Değişimi (2010-2017)	184
Tablo 19: Endüstri 4.0'a Hazır Olma Kapsamında Almanya ve Türkiye	189
Tablo 20: 2025'te En Çok Talep Göreceği Beklenen Meslekler	191
Tablo 21: 2030'da Türkiye'de En Çok Talep Göreceği Beklenen Yetkinlikler	194
Tablo 22: 2025'te Almanya'da En Çok Talep Göreceği Beklenen Yetkinlikler	194
Tablo 23: 2019'daki Eğitim Seviyelerine Göre Almanya ve Türkiye (bin kişi)	205

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Endüstriyel Devrimler	6
Şekil 2: Endüstri 4.0 Bileşenleri	21
Şekil 3: Akıllı Fabrikalar	29
Şekil 4: Yapay Zekâ, Makine Öğrenme ve Derin Öğrenme.....	38
Şekil 5: Yatay ve Dikey Entegrasyon.....	40
Şekil 6: Geleceğin Çalışanı: Emma	156



GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 1: Endüstriyel Robotların Yıllık Kurulum Miktarı (2010-2019)	35
Grafik 2: Üretim Maliyeti Endeksi	117
Grafik 3: Eğitime Göre Otomasyonlaşma Seviyeleri	166



KISALTMALAR LİSTESİ

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
Acatech	: Alman Bilim ve Mühendislik Akademisi
AI	: Yapay Zekâ
AKTAR	: Akıllı Tarım Fizibilite Projesi
AR	: Artırılmış Gerçeklik
AWS	: Amazon Web Servisleri
BİT	: Bilgi ve İletişim Teknolojileri
BM	: Birleşmiş Milletler
BMAS	: Federal Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı
BMBF	: Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı
BMWi	: Federal Ekonomi ve Enerji Bakanlığı
BTYK	: Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu
CPS	: Siber Fiziksel Sistemler
CRM	: Müşteri İlişkileri Yönetimi
DESTATİS	: Almanya İstatistik Kurumu
DFKI	: Yapay Zekâ Alman Araştırma Merkezi
GEF	: Küresel Çevre Fonu
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla
HAVELSAN	: Hava Elektronik Sanayii
HTK	: Haberleşme Teknolojileri Kümelenmesi
HES	: Hidroelektrik Enerji Santrali
IFR	: Uluslararası Robotik Federasyonu
ILO	: Uluslararası Çalışma Örgütü
IoT	: Nesnelerin İnterneti
ISO	: Uluslararası Standartlar Örgütü
KOSGEB	: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
MEB	: Millî Eğitim Bakanlığı

NHTSA	: Ulusal Karayolu Trafiği Güvenliği İdaresi
OECD	: Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü
PLC	: Programlanabilir Mantıksal Denetleyici
RIA	: Endüstriyel Robotik Birliği
RPA	: Robotik Süreç Otomasyonu
SCM	: Tedarik Zinciri Yönetimi
STEM	: Bilim, Teknoloji, Mühendislik, Matematik
TSE	: Tam Süreli Eşdeğerler
UNCTAD	: Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı
UNDP	: Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
Vb.	: ve benzeri
V.d.	: ve diğerleri
VR	: Sanal Gerçeklik
WEF	: Dünya Ekonomi Forumu
YÖK	: Yükseköğretim Kurulu

GİRİŞ

Dünya hızlı bir şekilde 0 ve 1'e dönüşmektedir. Sabahları herkesi uyandırmak için çalan telefon alarmı, toplantıları hatırlatan akıllı asistan, trafik durumunu belirtip en kısa yolu öneren harita uygulaması, toplantılara uzaktaki çalışanları dâhil eden görüntülü konuşma servisi, öğle yemeğinin seçildiği web siteleri... Bu ve bunun gibi daha niceleri artık 0 ve 1'lerden oluşmaktadır.

1965 yılında Intel'in kurucusu Gordon Moore tarafından dile getirilen, teknoloji tarihine "Moore Yasası" olarak geçen ve günümüzde dâhi geçerliliğini koruyan bir yasa bulunmaktadır. Bu yasaya göre her on sekiz ayda, bir tümleşik devre üzerine yerleştirilen bileşen sayısı iki katına çıkmakta, diğer yandan üretim maliyetleri aynı kalmakta ve hatta düşme eğilimi göstermektedir. Üçüncü Endüstri Devrimini başlatan bu yıkıcılık gücü yüksek teknolojiler yeni bir yüzyılda başka bir devrimin de öncüsü olmaktadır.

Teknolojinin gelişme hızının giderek artmasının yanı sıra açık kaynak felsefesinin de teknoloji dünyasında kendine daha fazla yer edinmesi yirmi yıl kadar önce var olmayan bazı teknolojik ürünleri bugünlerde insanların temel ihtiyaçları haline getirmiştir. iPhone, Facebook, YouTube, Instagram, Twitter, WhatsApp, Netflix, Zoom, Google Maps ve Uber bu teknolojilerin bazı örnekleridir.

Kaçınılmaz bir şekilde insan hayatını derinden etkileyen bu teknolojik gelişmeler yeni bir devrimin fitilini ateşlemiştir. 2011 yılında Almanya'da ortaya çıkan bu devrimin adı Endüstri 4.0 olmuştur. Bugün dünya bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle tetiklenen Dördüncü Endüstri Devrimini yaşamaktadır. Yeni devrimin teknolojik temelinde merkezi olmayan kontrol ve gelişmiş ağ bağlantıları ile siber fiziksel sistemlerin bir araya gelerek oluşturduğu akıllı otomasyon yer almaktadır. Bu yeni teknoloji sonucunda üretimde klasik otomasyon sistemleri yerine esnek ve seri şekilde özel üretim yapan, üretim miktarında esnekliğe izin veren ve kendi kendini organize eden siber fiziksel üretim sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerin kullanımının sadece üretim aşamasıyla sınırlı kalmayıp dikey ve yatay entegrasyon ile yönetim, tasarım, lojistik, pazarlama vb. (ve benzeri) departmanların tamamında kullanıyor olması ise dönüşümün boyutunu yıkıcı hale getirmektedir.

Yeni bir devrim üretim bandında olduğu kadar işgücü piyasasında, işgücünde ve işlerde köklü dönüşüm anlamına gelmektedir. Yaşanan bilimsel ve teknolojik gelişmeler sebebiyle her devrimde olduğu gibi bu devrim de çalışanlar açısından birçok yeni etkiye sahiptir. İstihdam türlerinde, ücretlerde, çalışma sürelerinde, hukuksal altyapıda, mesleklerde, yetkinliklerde, iş süreçlerinde, iş tatmininde ve kolektif yapılarda birtakım değişiklikler olmaktadır. Bununla beraber Fordist döneme damgasını vuran Taylorizm yaklaşımı da dönüşüme uğrayarak yeni devrimde Dijital Taylorizm adını almaktadır.

Son yıllarda oldukça gündemde olan yapay zekâ (AI) uygulamalarının, akıllı fabrikaların ve otomasyon teknolojilerinin yavaş yavaş hayatın tüm alanına giriyor olması Endüstri 4.0 tartışmalarının temel noktalarından biri haline gelmiştir. AI uygulamalarının gelecekte insan zekâsının ötesine geçerek medeniyeti ve insan doğasını geri dönülemez biçimde değiştireceğine dair görüş olan Teknolojik Tekillik, çalışanların işgücü piyasasındaki önemine ilişkin soru işaretlerine neden olmuş ve özellikle gündemden hiçbir zaman düşmeyen ve hayatın en önemli sorunlarından biri olan işsizlik sorununu da her devrimde olduğu gibi bu devrimde de ön plana çıkarmıştır.

Otomasyon teknolojilerinin on yıllardır işgücünde meydana getirdiği değişimler diğer endüstri devrimleriyle benzer özellikler taşımaktadır. 20. yüzyılda gelişmiş ülkelerdeki işgücünün teknoloji sebebiyle tarımdan uzaklaşarak sanayi sektörüne kayması buna örnek gösterilmektedir. O dönemde uzun vadeli kitlesel işsizlik sorununun oluşmaması tarım sektöründen gelen çalışanlara yeni iş türlerinin yaratılmasına bağlanmaktadır. Endüstri 4.0 etkisiyle bu sefer yaşanacak dönüşümde işlerde farklılıkların olup olmayacağına dair kesin bir şey söylenememekte ve sadece çeşitli tahminlerde bulunmaktadır. Yapılan araştırmalar otomasyon seviyesi ne kadar yükselmiş olursa olsun gerek mal gerekse hizmet üretiminde insanlara her zaman ihtiyaç duyulacağını ve kaybolan işlerin yerine yeni işlerin ortaya çıkacağını göstermektedir. Bu da ulaşılmak istenen toplam üretim seviyesi için insanların makinelerle beraber çalışmasının elzem olduğuyla açıklanmaktadır.

Endüstri devrimleri ve Türkiye arasındaki ilişki incelendiğinde Türkiye'nin devrimleri zamanında yakalayamadığı dikkat çekmektedir. Diğer yandan bu geç kalma durumunda her yeni devrimde iyileşme görülmüş olup Türkiye, bir önceki devrime göre daha hızlı harekete geçmiştir. Endüstri 4.0 teriminin ortaya çıktığı andan yaklaşık dört yıl sonra 2015'te yeni devrim Türkiye'de tartışılmaya ve projeler yapılmaya başlanmıştır.

Buradan hareketle çalışmanın konusu Endüstri 4.0 gelişmelerinin işin ve işgünün niteliği üzerindeki etkilerini Almanya ve Türkiye karşılaştırması yaparak incelemektir. Bu doğrultuda çalışmanın amacı her iki ülkenin Endüstri 4.0 dönüşümünde nerede olduğunu belirleyerek ülkeleri nasıl bir geleceğin beklediğini ortaya çıkarmaktır. Literatürdeki tezler incelendiğinde Sosyal Bilimler alanında Endüstri 4.0 ile ilgili çalışmaların çoğunun farkındalık üzerine olduğu görülmektedir. Karşılaştırmalı bir teze rastlanmış olsa da bu tez, sınırlı kapsama sahiptir. Ayrıca geleceğe yönelik çalışmalar sınırlı sayıdadır. Tüm bu bağlamlar ışığında bu tezin Endüstri 4.0 konusunu, iş ve işgücü ile bağlantılı şekilde ele almasının Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri alanına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

“Endüstri 4.0 işgücünün ve işlerin niteliğini nasıl etkileyecek ve bu etkiler Almanya’da ve Türkiye’de nasıl farklılık gösterecektir?” sorusunu temel alan bu çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde Endüstri 4.0 ve gelişimi ele alınmaktadır. Dört ana başlıktan oluşan bu bölümde ilk olarak önceki üç endüstri devrimiyle ilgili bilgiler verilmektedir. Ardından Endüstri 4.0’ın tanımı yapılmakta, neden önemli olduğu dile getirilmekte ve inovasyonların yıkıcılığından bahsedilmektedir. Üçüncü başlıkta Endüstri 4.0’ın çerçevesini belirleyen on farklı temel bileşen detaylıca incelenmektedir. Bu bölümün son alt başlığında ise Endüstri 4.0’la ilgili eleştirel yaklaşımlar belirtilmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümü üç temel başlık altında hayat bulmakta olup Almanya’da ve Türkiye’de Endüstri 4.0 alanındaki gelişmeler ele alınmaktadır. Başlıkların ilkinde Almanya’daki Endüstri 4.0 gelişmeleri yer almaktadır. İnceleme yapılırken önce Endüstri 4.0’ın ülkedeki yürütücü aktörlerine yer verilmektedir. Ardından Endüstri 4.0’ın öncü sektörleri detaylandırılmaktadır. Hizmetler sektörü eğitim, sağlık, veri

yönetimi ve iletişim ve siber güvenlik, sanayi sektörü ulaşım, elektrik/elektronik, iklim ve çevre ve enerji başlıkları altında ve son olarak tarım ise tek başlık altında incelenmektedir. İkinci temel başlıkta Türkiye’deki Endüstri 4.0 gelişmeleri, Almanya bölümündeki gibi aynı başlıklar altında incelenmektedir. Bu bölümde son olarak Endüstri 4.0 dönüşümünde ülkeler arasında karşılaştırma yaparken kullanılan birtakım parametreler analiz edilmektedir.

Çalışmanın üçüncü ve son bölümü Almanya ve Türkiye karşılaştırmasıyla işgücü piyasasının, işin ve işgücünün niteliğindeki muhtemel değişimlerden oluşmaktadır. Belirlenmiş sektörlerden bütüncül bir yaklaşımla teknolojik etki değerlendirmesinin yapıldığı bu bölümünde ilk olarak neden Endüstri 4.0’a ulaşmaya çalışıldığı anlatılmaktadır. Ardından Endüstri 4.0’ın işgücü piyasasının, işlerin ve işgücü niteliğinin üzerindeki muhtemel etkilerine yer verilmektedir. Burada konunun detaylıca anlaşılabilmesi için grafikler, tablolar ve şekillerden yararlanılmakta ve istatistiki verilerden sıklıkla faydalanılmaktadır. Bu bölümde her başlık, kendi alt başlıklarına ayrılarak işgücü piyasasının, işin ve işgücünün Almanya’daki ve Türkiye’deki genel durumu hakkında detaylı bilgi verilmektedir. Sonrasında istatistiki verilerden, projeksiyonlardan ve tahminlerden faydalanılıp Endüstri 4.0’ın muhtemel etkileri karşılaştırmalı şekilde belirtilmeye çalışılmaktadır. Nihayetinde verilere dair değerlendirmeler yapıp konu anlamlı hale getirilmektedir.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENDÜSTRİ 4.0 ve GELİŞİMİ

İnsan, var olduğu günden beri gelişme içindedir ve bu gelişme çevresiyle beraber birbirini tetikleyerek bir bütün şeklinde olmuştur. Zamanla doğadaki materyalleri kendi faydası için kullanmaya başlamıştır. Hammadde diye adlandırılan bu materyalleri işleyerek ürüne veya hizmete dönüştürmek için kullanılan tüm yöntem ve araçlara endüstri denmiştir. Endüstri geliştikçe büyük değişimler olmuş ve büyük değişimler büyük sonuçlar getirmiştir.

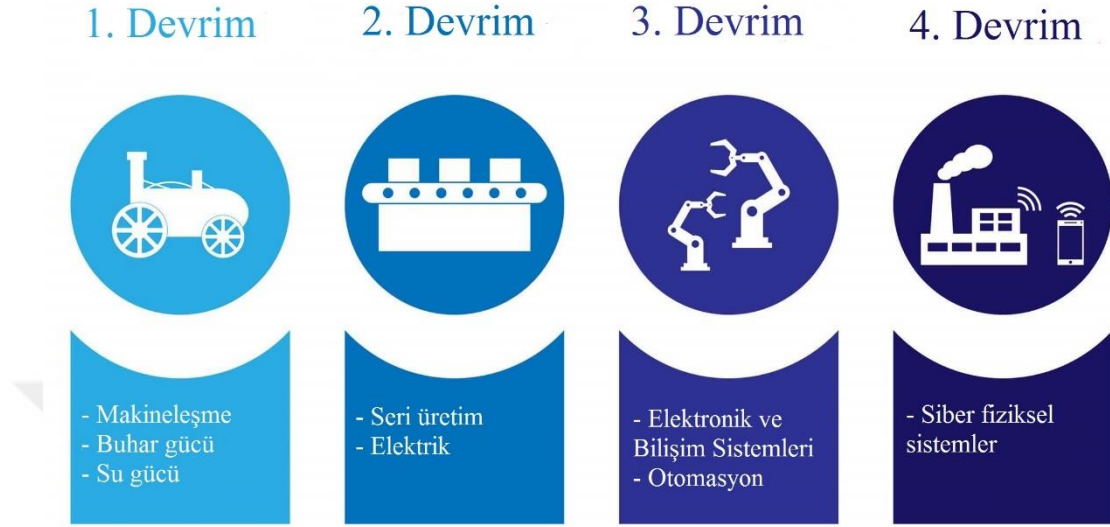
Büyük değişimlerin sonucu olan devrim; toplumların mevcut düzeninin bozularak kargaşaya dönüşmesi ve yıkılması, bu kargaşa ve yıkım durumunu takiben yeni bir düzen inşa edilerek toplumun yeniden yapılanması anlamına gelmektedir. İnsanlık, tarih boyunca birbirinden farklı konularda çeşitli devrimler geçirmiştir. Tarım ve endüstri devrimi bunun en büyük örneklerindendir.

Literatürde endüstri ve devrim kavramları birlikte incelendiğinde bugüne kadar üç endüstri devriminin yaşandığı görülmektedir. Günümüzde ise Endüstri 4.0 diye adlandırılan dördüncü endüstri devrimi yaşanmaktadır. Bu bölümde ilk olarak endüstri devrimleri ve bugünlerde yaşanan Endüstri 4.0 Devrimi incelenecektir.

1.1 Endüstri 4.0 Öncesi

Ekonomik gelişmeyi sağlayıp ülke zenginliğine önemli katkısı olan endüstriyel devrimlerin incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Geçmişe bakıldığında geleneksel üretim şekillerinin, teknolojik gelişmenin etkisiyle değişerek son yıllarda yüksek seviye otomasyon ve AI içeren dijital üretim sistemlerine dönüştüğü görülmektedir. Ülke zenginliğini artırmak ve aynı zamanda rekabet içinde kalabilmek için ülkeler, üretim sistemlerini sürekli geliştirmektedir. Bu sebeple yaşanan her devrime çeşitli teknolojiler damga vurmaktadır. Sonuç olarak işler sürekli dönüşüme uğramakta, işgücü verimliliği artmakta, ekonomik gelişme sağlanmakta ve teknolojik gelişmeler daha da hızlanmaktadır (Koç ve Teker, 2019: 305).

Şekil 1. Endüstriyel Devrimler



Kaynak: Rossana, “What is Industry 4.0?”, (Çevrimiçi) <https://www.trace-software.com/blog/tag/industry-4-0/>, 4 Ağustos 2020.

Şekil 1.1’de endüstri devrimlerinde kullanılan teknolojiler ve enerji kaynakları gösterilmektedir. Birinci Endüstri Devriminde makineleşme başlamış, İkinci Endüstri Devriminde bu makineler seri üretimde kullanılmış ve Üçüncü Endüstri Devriminde makinelere otomasyon, elektronik ve bilişim sistemleri eklenmiştir. Son olarak Dördüncü Endüstri Devriminde ise birbiriyle iletişim kuran, emek ihtiyacını en aza indirgeyen veya sıfırlayan sanal ve fiziksel sistemler getirilmiştir. Aynı şekilde enerji kaynaklarında da geliştirmeler olmuştur. Başlangıçta makineler buhar ve su enerjisi ile çalıştırılırken zamanla elektrik enerjisi daha sonra ise yenilenebilir enerji türleri kullanılmaya başlanmıştır.

1.1.1. Birinci Endüstri Devrimi

Pamuk ile buharın evliliği şeklinde adlandırılan ilk endüstri devriminin başlangıcı İngiltere’ye 18. yüzyılın sonlarına dayanmaktadır. 1763 yılında James Watt buhar gücüyle çalışan ve dönemine göre benzerlerinden yaklaşık 4-5 kat daha güçlü olan buhar makinesini icat etmiştir (Wisniak, 2007: 325).

1784 yılına gelindiğinde ise Edmund Cartwright o yıllara kadar benzerleri üretilmiş çeşitli makinelerden ilham alarak mekanik olarak çalışan ilk dokuma tezgâhını icat etmiştir (Holden, 2014: 36). Daha önce elde veya basit makinelerle evde yapılan dokuma işlemleri zamanla fabrikalardaki dokuma tezgâhlarına taşınarak tekstil sektörünü ekonomi için vazgeçilmez bir sektör haline getirmiştir. Buhar gücüyle çalışan makinelerin imalat, tarım ve ulaşım alanında kullanılmaya başlanması ise devrimi hızlandırmıştır. Makinelerin her sektöre girmesi işlerde de farklılaşmaya sebep olmuş, bazı işleri değişime uğratmış ve aynı zamanda yeni işleri ortaya çıkarmıştır.

Bunun sonucunda çiftçilikten yeteri kadar kazanç elde edemeyen veya işsiz kalan köylüler, şehirlere göç edip fabrikalarda çalışmak zorunda kalmıştır. Aynı durum, zanaatkârların da işsiz kalmasına sebep olmuştur. Toplum, zamanla fabrika çalışanına dönüşmeye başlamıştır (Lindert ve Williamson, 1983: 4).

O döneme kadar üretim evde ve çoğunlukla gün ışığında yapılmıştır. Ampullerin yaygınlaşması ve fabrikalarda aydınlatma sistemi olarak kullanılmaya başlanması üretim için gün ışığına duyulan ihtiyacı ortadan kaldırmıştır. Böylece üretim daha uzun sürelerle yapılmaya başlanmış ve bu da çalışma sürelerini günlük 16 saate kadar yükseltmiştir. Ayrıca makineler sayesinde iş parçalara bölündüğünden kadınlar ve çocuklar da istihdam edilmeye başlanmıştır. Artık kadın, erkek ve çocuk, işin bir parçası haline gelmiştir. (Deane, 2000: 128).

Kâr maksimizasyonu sebebiyle fabrikalardaki çalışma koşullarının elverişsiz olması erkeklerde ve kadınlarda olduğu kadar çocuklar üzerinde de olumsuz sonuçlar doğurmuştur. Çocukları bu olumsuz koşullardan uzaklaştıracak birtakım düzenlemeler yapılmış olsa da bunlar ancak kâğıt üzerinde kalmıştır. Çocukların fiziki yapıları gereği dar yerlere girebilmesi ve makinelerin küçük parçalarına ulaşabilmesi çocuk istihdamını çekici bir unsur haline getirmiştir. Aynı zamanda kadınlar gibi çocuklara da düşük ücret verilmesi maliyetleri de düşürmüştür (Bain, 2000: 52).

Üretimin fabrikalara geçmesiyle çalışılan günlerde ve saatlerde değişiklikler meydana gelmiştir. Fabrika öncesi dönemde o haftanın işleri ilk günlerde yoğun şekilde çalışarak yapılmakta ve kalan günler ise günde birkaç saat çalışacak şekilde

düzenlenmekteydi. Yeni olan fabrika sisteminde ise hiç durmadan, uzun süre boyunca ve hafta tatili yapılmaksızın çalışılmıştır. Ev ve çalışılan yerin birbirinden ayrılması, ev ve işyeri kavramlarını da beraberinde getirmiştir. (Hopkins, 1982: 55).

İşçilerin işyerlerine daha yakın olma gerekliliği yüzünden kentlerin hızla büyümesi birtakım sorunlara neden olmuştur. Hızlı kentleşme ve kentlerde artan nüfus sebebiyle temizliğe iyi özen gösterilememesi kaynaklı hastalıklar, temiz su sorunları, kanalizasyon sorunu vb. ortaya çıkmıştır. Çarpık kentleşme sebebiyle sıkışık bir yapılaşma oluşmuştur. Toplum ani bir şekilde kentleşmek zorunda kalmıştır (Voth, 2003, 223).

1.1.2. İkinci Endüstri Devrimi

Kimi otoritelere göre İkinci Endüstri Devrimi 1914 yılında Birinci Dünya Savaşının başlamasıyla bitmiştir (Mokyr, 2013). Ancak kimi otoriteler ise 1970 yılında otomasyonun üretim sistemine girmesiyle bu devrin sonlandığını söylemektedir.

Çeliğe şekil verilmesinin damga vurduğu bu devrimin önemli özelliklerinden biri elektrikle çalışan makineler kullanılarak kitle üretiminin yapılmasıdır. Ampullerin ticari olarak üretilip satılmasında büyük pay sahibi olan Thomas Edison'un geliştirdiği aydınlatma sisteminin enerji kaynağı olarak elektriği kullanıyor olmasının da etkisiyle elektrik, iş sahaları ve şehirler olmak üzere her yerde ana enerji kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca iş bölümü de yine bu devrimi oluşturan öğelerden biri olmuştur (Gentner, 2016: 628).

Seri üretim sisteminin damga vurduğu İkinci Endüstri Devriminin en önemli buluşlarından biri üretim hatlarıdır. İlk üretim hattı ise tahmin edilenin aksine İngiltere'de değil ABD (Amerika Birleşik Devletleri)'nin Cincinnati şehrinin bir mezbahasında kurulmuştur. Kayan bant sistemi sayesinde kasapların hiç yerlerinden kımıldamasına gerek kalmadan hayvanlar, çalışma alanlarına getirilmiştir (Kagermann, v.d., 2013: 13).

Bir otomobil üreticisi olan Henry Ford, kayan bant sistemini kullanarak rakiplerine göre otomobillerini sekiz kat daha hızlı üretmeye başlamıştır. Hızlı üretim sayesinde o zamana kadar çoğunlukla halkın üst kesimine hitap eden otomobillerin fiyatları

düşmüştür. Otomobiller halkın büyük çoğunluğun ulaşabileceği seviyeye gelmiştir. Ford'un kayan bant sistemindeki bu başarısı kısa sürede tüm ülkede yankılanmış ve bu sistem üretimin tüm alanlarında kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca bu üretim sistemi ABD ekonomisini hızlı bir şekilde geliştirerek ülkeyi hem endüstriyel hem de politik anlamda dünyanın zirvesine taşımıştır. Günümüzde televizyon, buzdolabı ve akıllı telefon gibi tüm ürünler bu sistemle üretilmektedir (Tomic, v.d., 2019: 40).

Ford, ayrıca işletme yönetiminin babası olarak kabul edilen ve oluşturduğu ilkelerle endüstri mühendisliğinin temelini atan Frederick Taylor'dan fazlasıyla etkilenmiştir. Onun Bilimsel Yönetim İlkelerini fabrikasında uygulamıştır. Tüm bu ilkelere ise Taylorizm denmektedir. İlkeler; yönetim biliminin gerçekleştirilmesiyle her işin en iyi nasıl yapılacağına belirlenmesi, çalışanların bilimsel yöntemle seçilerek en iyi yapacağı işe yerleştirilmesi, çalışanların bilimsel olarak eğitilmesi ve geliştirilmesi ve yönetimle çalışanlar arasında dostça bir iş birliğinin oluşturulması şeklinde özetlenebilmektedir (Taylor, 2019).

Ford, bu bilimsel yönetim ilkelerinden yola çıkarak yaratıcı ve yenilikçi bir çözüm yoluna gitmiştir. Otomobillerin her bir parçasını daha kaliteli ve daha ucuza üretmek ve ayrıca kayan bant sistemine uyumunu kolaylaştırmak için yeniden tasarlamıştır. İşçilere belirli görevler vererek iş bölümleri oluşturmuştur. Eğitimli olması gerekmeyen çalışanlara çok az hareket edecekleri şekilde işler vererek üretim süresinde gecikme yaşatmadan çalışmalarını sağlamıştır. Aynı zamanda otomobil için kullanılan metaller de yenilenmiş ve birbirine geçmeli şekilde tasarlanmıştır (Williams, v.d., 1992: 531).

Ford'un öncülüğünü yaptığı kayan üretim bandının uygulamaya konmasını içeren bu üretim sistemi ise öğretilen Fordizm olarak adlandırılmaktadır. Fordizmin kendine has bazı özellikleri bulunmaktadır. Üretim, toplumun genelini hedeflemiş ve yine ürünlerin toplum tarafından tüketilmesi öngörülmüştür. Kitlelerel üretim yapıldığı için yüksek standartlaşma vardır. Standart tek bir ürün olduğundan dolayı üretim süreci esnek değildir. Bir yandan da teknolojik gelişmelerden faydalanılarak işgücünün yerini makinelerin alması amaçlanmaktadır. Standartlaşmanın yüksek olması ve esnek olmayan yapının sonucu gereği rutin işlerin çok olması sebebiyle vasıflı çalışanlara

fazla gerek duyulmamaktadır. Ürönlere talebi korumak ve yükseltmek amacıyla Keynesçi politikalar uygulanmaktadır. İnsanlara, geliri önce nasıl sağlayacağı, sonra ise nasıl harcayacağı konusunda biçimlendirmeler yapılmaktadır (Saklı, 2013: 111).

Fordizm, bu başarısından dolayı diğer öölkelere de sıçrayıp oldukça geniş bir alana yayılarak küreselleşmeyi hızlandırmıştır. Dünya ölçeğinde üretimi ve kâr artışlarını doğrudan etkilemiştir (Aydoğanöglü, 2011a: 22).

Bu devrimde bir önceki devrime göre ürünlerde ve üretimde kullanılan teknolojilerde değışiklik olduğu gibi istihdam edilen işgücünde de birtakım değışiklikler görölmüştür. İkinci Endüstri Devriminde işgücü, belirli bir üretim hattı üzerinde çoğunlukla hiyerarşik şekilde kontrol edilmiştir. Şirketler birbirleriyle olan ilişkilerini dikey entegrasyon üzerinden sağlamışlardır. Her şey standardize edilmiştir ve merkezden yönetilmektedir. Standardizasyon sebebiyle istihdamda da esneklik olmadığından çalışanların iş sözleşmeleri hemen hemen aynı şekilde düzenlenmiştir. İşçileri, ileride nasıl bir kariyerin beklediğı daha en başından bellidir. İşgücü ya belli bir işte yoğunlaşmıştır ya da deneyimsizdir (Gottfried, 2000: 238).

1.1.3. Üçüncü Endüstri Devrimi

Elektronik cihazlar üretimin çeşitli aşamalarında önceki endüstri devriminden beri kullanılmaktaydı ve her bir makine için bu cihazlardan ayrı ayrı birer tane gerekmekteydi. Üçüncü Endüstri Devrimi adında yeni bir devrimin ortaya çıkmasındaki etken ise PLC (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici) olmuştur. İmalat hatlarının, makinelerin ve çalışanların kontrolünü daha kolay hale getirmek için teknolojiden faydalanılmıştır. 1969 yılında PLC diye adlandırılan ve dijital devrelere sahip ilk programlanabilir mantıksal denetleyici olan Modicon 084 geliştirilmiştir (Anderl, 2014: 2). Bununla beraber üretime de yeni bir boyut gelmiştir.

PLC'ler zamanlama, sıralama, sayma ve ardışık mantıksal işlem yapma gibi görevleri emeğe göre çok daha hızlı ve hatasız bir şekilde yapmaktadır (Hudedmani, v.d., 2017: 40). Böylelikle bir işin emek ile makine arasında paylaşılması anlamına gelen otomasyon gerçekleşmeye başlamıştır. Dolayısıyla bu cihazla birlikte bilgi

teknolojilerinin, programlanabilir cihazların ve otomasyonun damga vurduğu üçüncü Endüstri Devriminin başladığı kabul edilmektedir (Kagermann, v.d., 2013: 13).

Birinci Endüstri Devriminin itici gücü buhar ve su gücü ve İkinci Endüstri Devriminin itici gücü elektrik iken bu devrimin itici gücü nükleer, hidroelektrik, rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynakları olmuştur. Telgraf birinci devrimin ve telefon ikinci devrimin iletişim aracıyken üçüncü devrimin aracı olarak internet kullanılmaya başlanmıştır (Froggatt, 2018).

Talep ettiği ürünlerde farklılık arayışında olan tüketicilerin zamanla seri üretim ürünlerden sıkılarak daha iyi, daha ucuz ve daha farklı ürün talep etmeye başlaması, bu devrimde üretim yapısının değişmesine sebep olmuştur. Bununla bağlantılı olarak işlerde ve işgücünde birtakım değişiklikler meydana gelmiştir.

Sanayi toplumundan bilgi toplumuna geçiş yine bu dönemde olmuştur. Vasıfsız çalışanlar, zamanla yerini vasıflı çalışanlara bırakmaya başlamıştır. Böylece beyaz yakalı diye adlandırılan emek yoğun işlere dayanmayan ve daha çok teknoloji kullanan çalışanlar ortaya çıkmıştır. Üretim, planlama, tasarım, kalite yönetimi, süreç kontrolü, laboratuvar, AR-GE, depolama, sevkiyat, satış vb. gibi birimlerde çalışanların sayısı fazlalaşmıştır.

İstihdamın sektörel dağılımında her devrimde olduğu gibi bu devrimde de birtakım değişiklikler yaşanmıştır. Teknolojik gelişmelerle beraber bilgi yoğun işler için emek talebinin artmasıyla sanayi sektöründen bilgi sektörüne olan işgücü hareketliliği bu dönemde hız kazanmaya başlamıştır. Hizmet sektöründe istihdam edilenlerin sayısı, sanayi ve tarım sektörlerinden daha fazla olmuştur.

Örneğin; Birinci Endüstri Devrimine öncelik eden İngiltere’de 1870 yılında %23 tarım, %42 sanayi, %35 hizmetler iken 1950 yılında %5 tarım, %45 sanayi ve %50 hizmetler şeklinde olmuştur. 1870 yılında İkinci Sanayi Devrimine öncülük eden ABD’de tarım, istihdamın %50’sini, sanayi %24’ünü ve hizmetler ise %26’sını kapsarken 1950’ yılına gelindiğinde tarım %13, sanayi %34 ve hizmetler %54 şeklinde olmuştur. Dördüncü Endüstri Devriminin fikir babası olan Almanya’da 1870 yılında

bu oranlar %50 tarım, %29 sanayi ve %22 hizmetler iken 1950 yılında %22 tarım, %43 sanayi ve %35 hizmetler şeklinde görülmüştür (Maddison, 1995: 39).

Her geçen yıl hizmetler sektörünün istihdam oranı hızla artmaya devam etmiştir. 2011 yılına gelindiğinde ise oranlar şu şekilde gerçekleşmiştir. ABD’de tarım %1, sanayi %20 ve hizmetler %79; Almanya’da tarım %2, sanayi %28 ve hizmetler %70 ve son olarak İngiltere’de tarım %1, sanayi %19 ve hizmetler %80 seviyesinde olmuştur (World Bank, 2019a).

Bu devrimde İkinci Endüstri Devrimindeki Fordist sistem yerine tüketicinin değişken taleplerine daha hızlı cevap veren ve esnek bir üretim sistemi olan Post-Fordist sisteme geçilmiştir. Yeni sistemle tüketici talepleri doğrultusunda birbirinden farklı ve kalite kontrolünün sadece üretim sonunda değil, üretim süresince yapıldığı ürünler üretilmeye başlanmıştır. Ürünün her aşamada denetlenmesiyle beraber maliyetler de düşmüştür. Esnekleşmenin artmasıyla beraber büyük ölçekli işletme yerine küçük ölçekli işletmeler tarafından küçük ölçekli üretime geçilmiştir. Üretim süreci departmanlaşmaya başlamıştır. Ürünün kalitesi bu departmanların uyum içinde koordineli bir şekilde çalışmasıyla bağlantılı olmuştur. Üretimin her alanında bilgisayar kullanım oranları yükselmiştir. Fiziksel güce sahip olmak önemini yitirdiğinden dolayı kadın çalışanların sayısı artmıştır (Ansal, 1999).

Esnekleşmeyle beraber esnek istihdam türlerinin ortaya çıkması sebebiyle iş sözleşmeleri, ücretler, çalışma süreleri ve çalışma yerleri de değişime uğramıştır. Kısmi süreli çalışma, çağrı üzerine çalışma, geçici iş ilişkisi, telafi çalışma, belirli süreli çalışma ve evden çalışma bu dönemde ortaya çıkan esnek çalışma biçimleridir (Arslan ve Erdil, 2003: 25-29).

Üçüncü Endüstri Devriminde çalışanların işletme içindeki konumlarında da esnekliğe gidilmiştir. İşçiler farklı işler yapabilmeye ve farklı şekillerde çalışmaya başlamıştır. Çalışma süresinde bir artışa gidilmeden çalışanlara böyle bir esnekliğin gelmesi işlerin yoğunlaşmasına neden olmuştur (Parlak ve Özdemir, 2011: 30-32).

1.2. Dördüncü Endüstri Devrimi: Endüstri 4.0

Endüstri 4.0'dan önceki üç devrim ekonomik, siyasi ve sosyal değişimlerin ve olayların tetiklemesi sonucu meydana gelmiş olan devrimlerdir. Diğerlerinden farklı olarak bu devrim ise teknolojiadaki hızlı gelişmelerin sonucunda akıllı sistemlerin sadece fabrikalarda değil, hayatın her alanında kendini göstermesiyle ortaya çıkmıştır. Dördüncü Endüstri Devrimini ifade eden ve şemsiye gibi toplayıcı bir kavram olan Endüstri 4.0, bazı ülkelerde veya çeşitli platformlarda “Endüstriyel İnternet”, “İnternet +” ve “Sanayi 4.0” gibi kavramlarla ifade edilmeye de çalışılmıştır. Bu çalışmada, ilk ifade ediliş şekli olan “Endüstri 4.0” kavramı tercih edilmiştir.

İnsanlık tarihindeki bu dört endüstri devrimiyle beş toplumsal dönüşüm – avcı ve toplayıcı toplum, tarım toplumu, sanayi toplumu, bilgi toplumu ve bilgi ötesi toplum – arasında birtakım benzerlikler bulunmaktadır. Buradan yola çıkarak Dördüncü Endüstri Devriminin insanlığa getireceği fırsatlar şu şekilde açıklanmaktadır. İlk olarak her toplumsal dönüşümde üretkenlik, bir önceki topluma göre kat kat artmaktadır. İkincisi; her dönem bir önceki dönemin işlerinin çoğunu ortadan kaldırmaktadır. İkinci Endüstri Devriminde yapılan işlerin çoğu kaybolmuş ve ekonomi, bilgiyle çalışanlar üzerinden dönmeye başlamıştır. Üçüncüsü; ilk üç toplumsal dönüşümde mallar ve hizmetler beden gücüyle üretilirken son iki toplumda bilgi çalışanları ürünlerin çoğunu akıllarıyla üretmiştir. Bilgi çalışanları, işletmenin yapacağı diğer yatırımlarla birebir bağlantılıdır. Hedeflere daha verimli bir şekilde ulaşmak için bu yatırımları kullanmada odaklanma, yaratıcılık ve avantaj sağlamaktadırlar. Başka bir deyişle bilgi, yönetimin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Endüstri devriminin itici güçleri sermaye ve makinelerdi. İşçiler de bu makineleri kullanması için gerekliydi ve aynı zamanda vasıfsızdı. Mal ve hizmetlerin üretilmesi için beden gücüyle çalışanların motive edilmesi gerekmektedir. Dördüncü Endüstri Devriminde ise diğer devrimlerden farklı olarak çalışanları motive etme çabasının yanında insanî potansiyellerinin sınırlarını zorlayabilmeleri için nasıl bir yol izleneceği önemli bir soru işaret olmuştur (Covey, 2005: 12-17).

1.2.1. Endüstri 4.0 Nedir?

Endüstri 4.0 kavramı, ilk olarak 2011 yılında dünyanın en büyük endüstri fuarı olan Almanya'nın Hannover Fuarında gündeme gelmiştir. Bunun öncesinde 2006 yılında Alman hükümeti tarafından sunulan "2006 High-Tech Strategy" planında ise temelleri oluşturulmaya başlanmıştır (Bledowski, 2016). Ayrıca Endüstri 4.0'ın bazı özellikleri, Almanya Ekonomi ve Enerji Bakanlığı tarafından 2010 yılında sanayi politikalarına entegre edilmesinin ardından 2012 yılında ülkenin yüksek teknoloji stratejisine yön verecek on projeden biri olarak yerini almıştır (Die Bundesregierung, 2014: 16).

Kimi akademisyenler ve profesyoneller tarafından bugünlerde yaşananın yeni bir devrim değil de Üçüncü Endüstri Devriminin devamı olduğu da söylenmektedir. Uluslararası literatür incelendiğinde de gelecekle ilgili daha çok otomasyon kavramının kullanıldığı göze çarpmaktadır. Dünya Ekonomi Forumu'nun kurucusu ve başkanı olan Klaus Schwab yapmış olduğu çalışmasında günümüzde dördüncü bir devrimin yaşandığını şu üç nedene dayandırarak belirtmektedir (Schwab, 2016: 8):

- **Hız:** Önceki endüstriyel devrimlerde yaşananın aksine günümüzdeki gelişim doğrusal değil, sürekli artarak başka bir deyişle eksponansiyel şekilde olmaktadır. Bunun sebebiyse içinde yaşanan günümüz dünyasının çok yönlü ve birbirine derinlemesine bağlantılı şekilde olmasıdır. Yeni teknolojilerin daha yeni ve daha yetenekli teknolojileri daha çabuk yaratmasıdır.
- **Genişlik ve Derinlik:** Günümüzde her şey dijitalleşmektedir. Ekonomide, iş dünyasında, toplumsal yapıda ve bireysel düzeyde benzeri görülmemiş rol değişikliklerine yol açan birden fazla teknoloji geliştirilmektedir. Bu da bazı şeylerin sorgulanmasına yol açmaktadır. Daha önce herhangi bir şeyi tanımlarken "neyi" ve "nasıl" soruları sorulurken şimdi buna "biz kimiz" sorusu da eklenmiştir.
- **Sistem Etkisi:** Tüm sistemler; ülkeler, endüstriler ve toplumlar arasında bir bütün olarak dönüşüme uğramaktadır.

Endüstri 4.0 tanımı genel olarak küresel düzeyde ve tüm örgütsel yapılarda meydana gelecek olan dönüşümleri anlatmak için kullanılmaktadır. Makinelerin kendilerini

yeniden yapılandırıp optimize ederek değişikliklere uyum sağlayabildiği ve çeşitli kaynaklardan gelen verilerin dijitalleşmiş süreçlerle düzenlendiği Akıllı Fabrikaların ortaya çıkması anlamına gelmektedir (Wang v.d., 2016: 159). Örneğin, eski tip fabrikalarda üretim başladıktan sonra süreçte değişiklik yapmak zor ve zaman alıcıyken Endüstri 4.0 Devriminde akıllı fabrikalarda talepte meydana gelen ani ve gerçek zamanlı değişikliğe karşı anında aksiyon alma şansı daha kolay ve hızlıdır.

Endüstri 4.0, sanal sistemler olarak da ifade edilen bilgisayar programları yoluyla değer zinciri boyunca özerk bir şekilde iletişim kuran ve son teknolojik cihazlara dayalı üretim süreçlerinin organizasyonu şeklinde de tanımlanabilmektedir. Sanal sistemlerin fiziksel sistemlerle bütünleşerek üretimi esnekleştirmesi ve ürünlerde kişiselleştirme seviyesini artırması Endüstri 4.0 Devrimi ile mümkün olmaya başlamaktadır. Üretim sisteminin her aşamasından verilerin eş zamanlı toplanması ve analiz edilmesi ile daha üretken iş modelleri ortaya çıkmaktadır.

Avrupa Parlamentosu tarafından yeni devrimin ana özellikleri şu şekilde belirtilmektedir (Smit, v.d., 2016, 21):

- **Birlikte Çalışabilirlik:** Siber fiziksel sistemler (taşıma araçları, montaj hatları ve ürünler), çalışanlar ve akıllı fabrikaların birbirleriyle bağlantı ve iletişim kurması sağlanmaktadır.
- **Sanallaştırma:** Akıllı fabrikaların sanal bir kopyası, sensörlerden gelen veriler ve çeşitli modelleme yöntemleriyle simüle edilerek oluşturulmaktadır.
- **Âdem-i Merkeziyet:** Siber fiziksel sistemler kendi kararlarını verebilmekte ve 3D yazıcılar sayesinde üretimi bulunduğu yerde gerçekleştirebilmektedir.
- **Gerçek Zamanlılık:** Veriler gerçek zamanlı toplanıp analiz edilmekte ve gerekli senaryolar oluşturulmaktadır.
- **Hizmet Odaklılık:** Şirketlerin, siber fiziksel sistemlerin ve çalışanların diğer şirketlere, siber fiziksel sistemlere ve çalışanlara verilerini paylaşarak bunları kullanabilmesi için erişilebilirlik sağlanmaktadır.
- **Modülerlik:** Bireysel modülleri değiştirerek veya genişleterek akıllı fabrikaların değişen gereksinimlerine esnek şekilde uyarlanması kolaylaşmaktadır.

Endüstri 4.0 Devriminde üretim yöntemlerine dair çözümlerin detaylandırılması ve uygulanması için değer ağları üzerinden yatay entegrasyon yapılmaktadır. Tüm değer zincirleri uçtan uca dijital dünyaya aktarılmaktadır. Ağ bağlantılı üretim sistemleri sayesinde dikey entegrasyon gerçekleştirilmektedir. Tüm bunlar Endüstri 4.0'ın üç karakteristik özelliği olarak değerlendirilmektedir (Schuster v.d., 2015: 14).

Endüstri 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için birtakım ön koşullar bulunmaktadır. Bunlar; iş süreçlerinin oluşturulması ve organize edilmesi, ürünlerin belirlenmesi, araştırma ve geliştirme yapılması, eğitim ve mesleki gelişimin ihtiyaçlar doğrultusunda düzenlenmesi, yeni iş modellerinin kurulması, güvenlik ve fikri hakların korunması ve yeterli işgücünün varlığının sağlanması şeklinde sıralanabilmektedir. Ayrıca tüm bu koşulların yasal bir çerçevede şekillenmesi gerekmektedir.

Tüm koşulların sağlanmasının bir sonucu olarak gelişim sürecinin hız kazanması, endüstriyel süreçlerde sıçramalara yol açmakta ve bu da yüksek seviyede üretkenlik ile sonuçlanmaktadır. Başka bir ifadeyle gelişim, yıkıcı bir hale bürünmektedir. Yıkıcı inovasyon diye tabir edilen bu gelişimi anlamak, Endüstri 4.0'ın daha iyi kavranması açısından önem arz etmektedir.

1.2.2. İnovasyonların Yıkıcılığı

Endüstri 4.0 hakkında çalışmalar yapan proje grupları, üretimde bir dizi yıkıcı yeniliğin, endüstriyel düzeyde sıçramaların ve verimliliğin önemli ölçüde yükseldiğini fark etmiştir. Önceki zamanlarda da buna benzer üç sıçrama olmuştur. İlki; buhar gücünün kullanılmaya başlanmasıyla 18. yüzyılın sonlarına doğru üretimin sanayileşerek ilk endüstri devrimine yol açmasıdır. İkincisi; 19. yüzyılın sonlarına doğru elektrik ve montaj hatları kullanılarak seri üretime geçilmesiyle İkinci Endüstri Devriminin yaşanmasıdır. Son olarak üçüncüsü ise; 1970'lerden itibaren elektronikteki ve bilgi teknolojilerindeki gelişmelerin küreselleşmeyle beraber sanayileşmeyi hızlandırıp üçüncü devrimi başlatmasıdır. Bu doğrultuda 2010'lardan itibaren üretimin her bir aşamasının akıllandırılıp yeni nesil otomasyon sistemlerinin kurulması ve AI uygulamalarının geliştirilmesi Dördüncü Endüstri Devrimi adı altında yeni bir yıkıcılığı işaret etmektedir (BMBF, 2015).

Çeşitli radyo frekans yongaları ve mini donanımlar aracılığıyla üretim sürecinin her bir aşamasının daha önce olmadığı kadar birbirine bağlanması, üretimdeki dönüşümün daha yıkıcı olmasına neden olmaktadır. Bu bağlanma sayesinde ürün, üretim hattı boyunca ilerlerken hattaki her bir aşama birbiriyle iletişim kurmakta ve insan müdahalesine gerek olmaksızın süreç yürütülebilmektedir. Tüm üretim verileri, makinelerde meydana gelen bozukluklar ve eskiyen malzemeler büyük veri ve bulut bilişim yoluyla analiz edilebilmektedir. Bütün bunların kendi kendine otomatik olarak yapılması, makinelerin üretim süreci boyunca kendi parametrelerini ayarlayarak bağımsız bir şekilde kendini yeniden ayarlamasını sağlamaktadır. Bu sayede ürünler daha fazla kişiselleştirilerek “müşteri eksenli üretim” yapıp üreticilerin değişen müşteri taleplerine ve piyasa koşullarına daha hızlı yanıt vermesi kolaylaşmaktadır (Shead, 2013).

Yıkıcı inovasyonun altında yatan temel mantık şu şekilde karakterize edilmektedir (Kagermann, v.d., 2013: 31-32):

- **Ağlar Aracılığıyla Yatay Entegrasyon:** Ürünün sipariş edildiği andan teslim edildiği ana kadar ki süreç, ağlarla gerçek zamanlı şekilde yönetilebilmektedir.
- **Uçtan Uca Dijital Entegrasyon:** Hammaddeler, tasarım, lojistik, pazarlama ve satış sonrası hizmetler dâhil olmak üzere değer zincirinin tamamı baştan sona entegre edilmektedir.
- **Dikey Entegrasyon ve Ağa Bağlı Üretim Sistemi:** Tedarikçilerin ve üreticilerin, sürecin her aşamasında kullanılan bilgi teknolojileri sayesinde fiziksel prototiplere gerek kalmadan iş birliğine giderek ürünlerin tasarlanması ve üretilmesi sağlanmaktadır.

Endüstri 4.0'ın etkisinin ve faydalarının nasıl gerçekleştirileceğinin diğer bütün gelişmelerde olduğu gibi ülkeler ve sektörler arasında farklılık göstereceği söylenmektedir. Örneğin; otomotiv ve gıda endüstrileri yüksek düzeyde ürün çeşitliliğine sahip olduğu için bu endüstrilerdeki esnekliği artırabileceği öngörülmektedir. Bazı şirketlerin yeni pazarlara açılabilmesi için daha iyi konumda olacağı düşünülmektedir. Endüstri 4.0'ın teknoloji tedarikçileri, altyapı sağlayıcıları ve endüstriyel kullanıcılar için eşî bulunmaz bir fırsat olması beklenmektedir. Her

sektörde yeni oyuncuların ortaya çıkma şansının yükseleceği söylenmektedir. Bu sebeple devrimin getireceği fırsatlarının iyi anlaşılması gerekmektedir.

1.2.3. Endüstri 4.0'ın Önemi

Gelişmiş ülkelerde toplumun giderek yaşlanmaya başlaması sebebiyle işgücüne katılanların sayısında bir düşüş olmaya başlamıştır. Aynı zamanda insana verilen önemin artmasından dolayı emeğin ücreti de yükselmiştir. Robotlar ve otonom sistemler uzun zamandır mal ve hizmet üretiminde kullanılmaktadır. Bununla birlikte internet sayesinde bu robotlar ve otonom sistemler birbirleriyle ağ oluşturarak süreçleri kendi aralarında organize edebilmektedir. İnternetin ve teknolojinin gelişmesiyle insan, makine ve işletmeler bir ağ içinde bütünleşmektedir. Müşteri odaklı, rekabetçi ve tamamen kişiselleştirilmiş ürünler üretmek mümkün olmaktadır. Tüm bu süreçse yeni bir devrimi ortaya çıkan altyapıyı hazırlamaktadır (Nagy, v.d.,2018: 3).

Bugün, günümüzün son teknolojilerinin kullanıldığı bir fabrikada makineler, iş birliği içindeki bir toplum gibi birbirine bağlı durumdadır. Bilgi teknolojilerinden faydalanılarak üretimin her aşamasından veriler toplanmakta ve bu veriler analiz edilmektedir. Analiz sonucuna göre senaryolar çıkarılıp belirsizlikler açıklanarak sistematik şekilde bilgi üretilebilmektedir. Bu gelişmeler, sadece teknolojik olarak değil aynı zamanda çok yönlü bir şekilde organizasyonel olanaklar da sağlamaktadır (Lasi, v.d., 2014: 262).

Endüstri 4.0, oldukça geniş bir boyutu ele alan ve değer zincirinin tümünü ilgilendiren yeni teknolojileri ve konseptleri içeren endüstrinin tüm hatlarıyla gerçek anlamda dijitalleşmesi şeklinde ifade edilebilmektedir. Başka bir ifadeyle modüler olarak yapılandırılmış bir akıllı fabrika yaratma çabası güdülmektedir. Bunu sağlamak içinse siber fiziksel sistemlerle üretim süreçlerinin tümü izlenmekte, sanal ortamda oluşturulmuş bir dünyada fiziksel bir dünya yeniden oluşturulmakta ve karar alma süreçleri merkezileştirmektedir (Hermann, v.d., 2016: 3933).

Yeni teknolojilerle beraber ortaya çıkan yeni üretkenlik anlayışı, şirketlerin verimliliğini artırmakta ve böylece yatırımcıların Endüstri 4.0'a yönelmesini

sağlamaktadır. Bu yatırımların çoğu yüksek sermayeye sahip, iyi donanımlı ve üretim kapasitesi yüksek olan şirketler tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu da etkilerin başlangıçta makro düzeyde olacağı ve sonrasında tüm sektörlerle yayılacağı anlamına gelmektedir. Ayrıca 17 ülkeyi kapsayan bir araştırmada endüstriyel robotların ekonomiye büyük katkı sağladığı ve verimliliği artırdığı görülmüştür. Tüm bunların sonucunda gelirler ve kârlar artmakta bu sayede yeni teknolojilere daha çok yatırım yapılabilmektedir (Graetz ve Michaels, 2015).

Yapılan başka bir araştırmada ise her bir sektördeki Endüstri 4.0 yatırımları analiz edilmiştir. Şu ana kadar en büyük yatırımların dijitalleşme yolundaki en önemli sektörlerden biri olan ve ikinci bölümde de ayrıca değinilecek elektrik/elektronik sektöründe gerçekleştirildiği ve bunun gelecekte de böyle olması gerektiği belirtilmiştir. 2020 yılına kadar bu yatırımların toplam değerinin yılda 243 milyar ABD doları ve toplam Endüstri 4.0 yatırımlarının da 907 milyar ABD doları aşacağı öngörülmüştür. (Geissbauer, v.d., 2016: 24).

Her geçen gün tüketicilerin üründen beklentilerinin sürekli değişmesi ve artması, ürünlerin tedavülde kalma süresini önemli ölçüde kısaltmaktadır. Bu sebeple ürünün inovasyonu ve ürünü üretmek için gerekli teknoloji üzerindeki çalışmaların sürekli güncel tutulması gerekmektedir. Artık sadece ürünün zaman zaman yenilenmesi yeterli olmamaktadır. Aynı zamanda sürekli değişen müşteri talepleri karşısında ürünleri üretecek altyapının da esnek bir şekilde değiştirilebilen bir teknolojiye sahip olmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Herrmann, v.d., 2014: 7). Bundan dolayı yeni ürünlerin daha hızlı şekilde pazarlanması da bir o kadar gerekli olmaktadır. Yeni pazarlama yolları geliştirilmekte ve böylece dijital pazarlamanın önemi artmaktadır.

Tüketicilerin ürünlere en hızlı biçimde ulaşma isteği sebebiyle lojistik sektöründe de yatırımlar çoğalmaktadır. Teslim süreleri kısaltmakta, sevkiyat sırasındaki aksaklıklar giderilmeye çalışılmakta ve teslimat şekline çeşitli yeni çözümler getirilmeye başlanmaktadır.

Genel olarak Endüstri 4.0'ın işletmelerin tüm değer zincirine nüfus ettiği sonucuna varılabilmektedir. Yapılan yatırımların sürekli artmasıyla Endüstri 4.0, gittikçe büyüyerek tedarik zincirini veya daha geniş bir ifadeyle tüm tedarik ağını kontrol altına

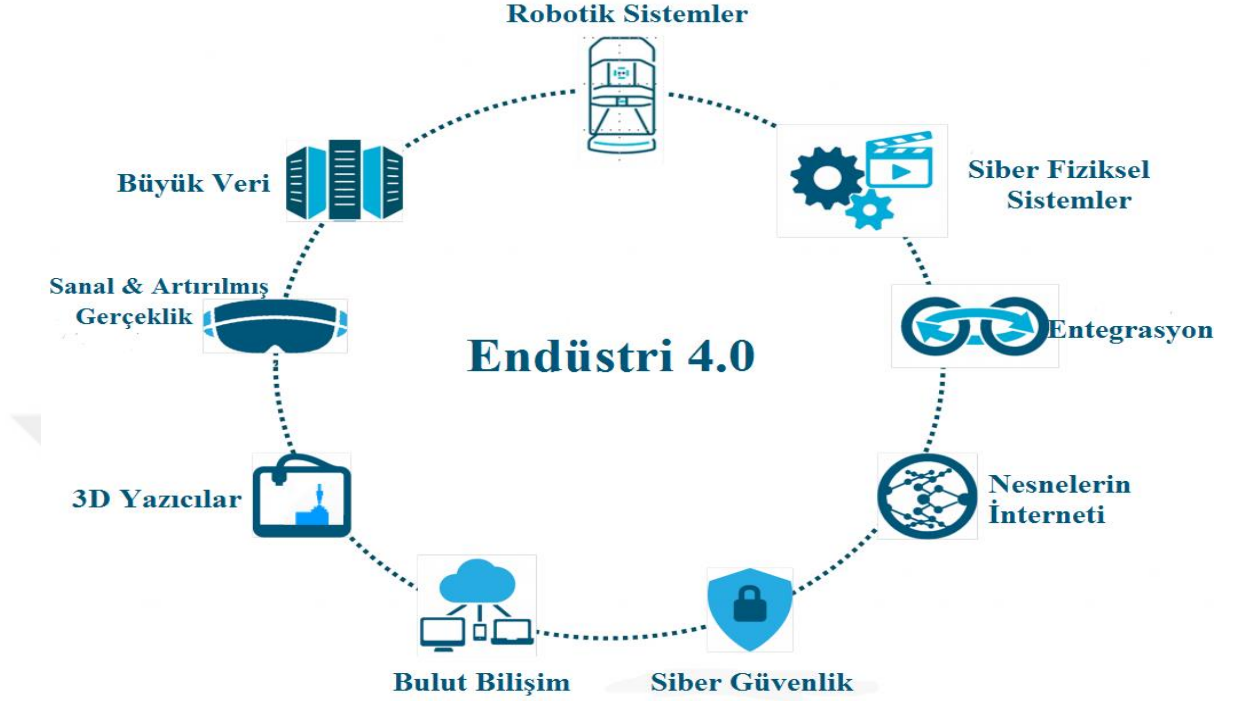
alabilmektedir. Bunu sağlamak için birbirine bağlanabilen ağ tabanlı teknolojiler, yeni çözümler, iş akışları ve iş modelleri gerekmektedir. Dolayısıyla Endüstri 4.0, teknoloji ve faaliyetleri sayesinde dijitalleşme olanaklarından faydalanarak süreçlerin şeffaflığını en üst düzeye çıkarmaktadır. Kurumsal değer ve tedarik zincirlerini yeni müşteriler için değer yaratmak amacıyla geliştirmektedir.

Endüstri 4.0'ın verimli bir şekilde uygulanabilmesi için birtakım temel bileşenlere ihtiyaç duyulmaktadır. Elli çalışmanın analiz edildiği bir araştırmada işletmelerin Endüstri 4.0'ı uygulayabilmeleri için gerekli dört temel bileşen şu şekilde belirtilmektedir: Siber fiziksel sistemler, nesnelerin interneti, hizmetlerin interneti ve akıllı fabrikalar. Bunların da kendi başlarına kapsamlı kategoriler olduğu ve kendi içinde birçok inovasyon gerektirdiği de söylenmektedir ((Hermann, v.d., 2016: 3929). Bu çalışmada ise Endüstri 4.0, on farklı bileşen üzerinden değerlendirilmektedir.

1.3. Endüstri 4.0'ın Temel Bileşenleri

Endüstri 4.0, on farklı bileşen çerçevesinde gerçekleşmekte ve adım adım şu şekilde işlemektedir. Öncelikle üretim sürecinin başlaması için Siber Fiziksel Sistemlerdeki sensörler ya da alıcılar durumu algılamaktadır. Nesnelerin İnterneti sayesinde tüm makineler birbirleriyle iletişim içinde olmakta ve bunun sonucuna göre de Siber Fiziksel Sistemler üretimin başlamasına veya başlamamasına karar vermektedir. Eğer üretimin başlamasına karar verilirse gerekli olacak veriler Bulut Bilişim yoluyla Büyük Veri'den çekilmektedir (Alçın, 2016: 20). AI uygulamaları sayesinde Otonom Robotlar harekete geçmekte ve üretimle ilgili kararları kendi kendine verebilmektedir. Ürünler, üretilmeden önce Simülasyonda test edilmekte üretime hazır olup olmadığı veya değişiklik gerekliliği belirlenmektedir. (Fırat ve Fırat, 2017: 68). Artırılmış Gerçeklik uygulamaları ile tüm sürecin dijital ortamda takibi yapılmaktadır (Esengün ve İnce, 2018: 204). 3D Yazıcılar ile tasarımı yapılan ürünlerin prototipleri hızlı bir şekilde oluşturulmakta tasarım ve üretim süreci hem zaman hem de hammadde açısından düşük maliyetle sonuçlanmaktadır (Kahraman, 2017: 2).

Şekil 2: Endüstri 4.0 Bileşenleri



Kaynak: Türkiye'nin endüstri 4.0 Platformu, "Endüstri Tarihine Kısa Bir Yolculuk", (Çevrimiçi) <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/>, 28 Ağustos 2020.

Bu şekilde müşteri talepleri karşılanabilmekte ve hatta tek seferlik ürünler bile kârlı bir şekilde üretilmektedir. Yönetim ve üretim süreçlerinde karşılaşılan sorunlar kısa sürede belirlenip hızla yanıt verme olanağı sağlanabilmektedir. Sürecin her bir aşasından veri alınabilmesi sayesinde verilen kararların doğruluk oranı yüksek düzeylere çıkabilmektedir. Yeni işler ve iş kolları ortaya çıkmakta ve ayrıca günümüzdeki bazı sorunlar da Endüstri 4.0 sayesinde çözülebilmektedir.

1.3.1. Siber Fiziksel Sistemler (CPS)

Endüstri 4.0'ın en önemli bileşenlerinden birinin fiziksel ve sanal dünyanın birleşmesi olduğu düşünülmektedir. Bu birleşme ise siber fiziksel sistemler sayesinde gerçekleşmektedir. CPS kısaca ağlar sayesinde birbirleriyle iletişim kuran bilgisayarların fiziksel süreçleri incelemesi, hesaplama yapması, kontrol etmesi ve bunlara yönelik çeşitli geri bildirimde bulunması şeklinde tanımlanmaktadır.

Fiziksel süreçlerle hesaplamaların birbirine entegre edilmesi yeni bir teknoloji olmayıp Endüstri 4.0'dan daha önce kullanılmaya başlanmıştır. CPS kullanılan ve "Gömülü

Sistemler” şeklinde tanımlanan fiziksel süreçleri, bilgi işlemle birleştirmesi için tasarlanmış çeşitli sistemler uzun zamandır gerek üretimde gerekse çeşitli elektronik ürünlerde kullanılmaktadır (Heath, 2003). Uçak kontrol sistemleri, bazı otomotiv elektronikleri, ev aletleri, silah sistemleri, oyunlar, oyuncaklar, hava yastıkları vb. gömülü sistemlerin başarılı uygulama örneklerindendir. Ancak bu sistemlerde bilgi işlem yeteneği sadece ürünün kendi içinde gerçekleşmektedir. Başka bir deyişle herhangi bir ağa bağlı olmayıp veri transferi yapmamaktadır. Endüstri 4.0 ile başlayan radikal dönüşümde ise tüm bu cihazlar birbirleriyle bir ağa bağlanmaya başlamıştır.

CPS’nin gelişmesiyle birlikte bilgi işlem teknolojilerinin öneminin eskiye oranla daha fazla artacağı düşünülmektedir. CPS sayesinde akıllı ulaşım sistemleri için otomobillerde ve toplu ulaşım araçlarında güvenliği ve verimliliği artırabilecek daha iyi AI uygulamasına sahip ürünler geliştirilebilmektedir. Ağa bağlı araçlar ayrıca savunma sanayisinde kullanılarak orduların etkinliğini ve gücünü artırabilmektedir. Bina yönetimleri tarafından kullanılarak enerji sarfiyatının azaltılmasıyla verimlilik yükselebilmektedir. Fosil yakıtlara olan bağımlılığı ortadan kaldırarak fosil yakıtların kullanılmasıyla ortaya çıkan sera gazı emisyonlarını azaltılabilmektedir. CPS’nin bu katkıları sayesinde ekonomik anlamda gelişme kaydedilmektedir. CPS ve fiziksel süreçler, doğası gereği eş zamanlı bir yapıya sahiptir. Bu sebeple hesaplama işlemlerinin de diğerleri gibi eş zamanlı olması gerekmektedir (Lee, 2008: 3-5).

Fiziksel ve sanal dünya arasındaki boşluğu kapatıp birleşmenin tam olarak sağlanması için yalnızca hesaplamalar ve altyapı değil, aynı zamanda akıllı çözümlere de ihtiyaç bulunmaktadır. Bu ihtiyaçlar şu şekilde sıralanabilmektedir; karar verme, yaratma, iletişim gibi insanî davranışları öğrenmesi; iletişim kurabilen makinelerin etkileşimi; fiziksel dünyadaki her şeyin gerçek zamanlı bir modellemesinin yaratılıp bunların sanal dünyaya birebir yansıtılması; AI uygulamaları, sanal platformlar vb. arasında bilgi alışverişinin sağlanması; ister özel ister kamuya açık olsun bulut tabanlı sistemlerin karşılıklı olarak çalışması; yeni ve şaşırtıcı bilgilerin elde edilmesi için büyük veriden yararlanılması; insanlardan, sağlayıcılardan ve nesnelerden gelen verilerin kullanılarak iletişim sağlanması (daCosta ve Henderson, 2013).

Yukarıdaki çözümlerden biri olan akıllı kameralar yardımıyla düzgün tasarlanmış bir üretim sürecini baştan sona gözlemlemek mümkün hale gelmektedir. İlk olarak işlemlerin tekrar eden davranışları ve farklılıkları kendi özelliklerine göre sisteme tanımlanmaktadır. Daha sonra kameralarla tüm sürecin verileri gerçek zamanlı şekilde alınmaktadır. Tespit edilen örüntüler mevcut olanlarla karşılaştırılmakta veya gerekiyorsa yeni bir tanesi oluşturulmaktadır. Bu sistemi kullanarak otomatik bir şekilde nicel bir süreç analizi mümkün olmaktadır. Oluşturulan tüm bilgiler, daha sonra üretimde çalışanların kararlarını desteklemek için kullanılmaktadır. İlgili araştırma ve geliştirmeye ilgili bir sonraki adımda ise fabrika operasyonu ve optimizasyonu alanında fiziksel ve dijital dünya arasındaki boşluğu gerçek zamanlı olarak daha da kapatabilmek için alınan bilgi, fiziksel dünyayla ilişkilendirilmeye çalışılmaktadır (Neugebauer, v.d., 2016: 3).

CPS'nin çalışma şekli baştan sona bu şekilde özetlenebilmektedir. İşletmeler daha iyi sonuçlar almak maksadıyla her bir aşamayı optimum düzeyde yapmaya çalışmaktadır. Bu şekilde CPS'ten en verimli şekilde faydalanılmaktadır.

Sonuç olarak tüm fiziksel nesneler ve yapılar, hesaplama ve iletişim yetkinlikleriyle donatılmaktadır. Bunun yanı sıra bu yetkinliklerden sürekli şekilde ve her alanda maksimum verimde yararlanabilmek amacıyla uygulamalar ve kodlar geliştirilmekte ve böylece gerek sosyal gerekse ekonomik faydaların ortaya çıkarılması planlanmaktadır.

1.3.2. Nesnelerin İnterneti (IoT)

Akıllı bir dünya yaratma yolundaki gelişmelerden biri olarak kabul edilen IoT, terim olarak ilk defa 1999 yılında nesnelerin karakteristik özelliklerini vurgulamak ve nesneler arasındaki bağlantıyı belirtmek için kullanılmıştır. Resmi olarak ilk tanım ise 2005 yılında kısa mesafeli mobil alıcı-vericileri, parçalara ve günlük nesnelere yerleştirilerek herhangi bir zamanda veya herhangi bir yerde insanların ve nesnelerin etkileşimini gerçekleştirmek şeklinde yapılmıştır. Avrupa Birliği ise IoT'yi, etiket ve karakterin kullanıcılar, toplum ve çevreyle iletişim kurabilmesi için akıllı ara yüz kullanılarak akıllı alanda depolandığı, etiketli ve sanal karakterli nesnelerden oluşan

bir ağ şeklinde tanımlamıştır (Tao, v.d., 2016: 2). IoT, yalnızca nesne tanımlama ve ara bağlantılarla sınırlı kalmayıp iletişim ağının rolüne de odaklanmaktadır.

Endüstri 4.0'ın IoT'nin üretim sürecine entegrasyonu ile beraber başladığı kabul edilmektedir. IoT, benzersiz adresleme şemaları aracılığıyla birbiriyle etkileşime giren ve akıllı bileşenlerle ortak hedeflere ulaşmak için iş birliği yapan sensörler, sistemi kontrol eden motorlar ve cep telefonları gibi nesneleri ve objeleri kapsamaktadır (Guisto, v.d., 2010: 5). Yukarıda verilen tanıma bakarak nesnelerin ve objelerin CPS olarak anlaşılması kafa karışıklığına sebep olabilmektedir. Bu nedenle IoT'yi, CPS'nin benzersiz adresleme şemaları aracılığıyla kendi aralarında iş birliği yaptığı bir ağ olarak tanımlamak, durumu daha anlaşılır kılmaktadır. Akıllı fabrikalar, akıllı evler ve akıllı şebekeler ise birer IoT uygulama örnekleridir (Bauernhansl, v.d., 2014: 15-17).

Örneklerle betimlemek gerekirse otomobillerdeki hava yastıkları bir gömülü sistem örneğidir. Belli bir sensör hava yastığının açılıp açılmayacağına karar vermektedir. Otonom araçlar ağa bağlı gömülü sisteme örnektir. Çok fazla veriyi aynı anda analiz edip bir sonuca varabilmektedir. Akıllı ağ bağlantılı döner kavşaklar CPS örneğidir. Birden fazla fiziksel sistemi bir arada barındırmakta ve kontrol etmektedir. Akıllı şehirler ise tüm bunların hepsini kapsayan bir IoT örneği olmaktadır. Fabrika üzerinden örneklendirilirse CPS, üretim hattında kullanılan hammaddelerin stoklarını yönetmektedir. Kapasiteyi değerlendirip yeniden hammadde siparişi verebilmektedir. IoT ise birbiriyle iletişim halinde olan birden fazla stoku yönetmektedir. Lojistik maliyetlerini azaltmak için siparişleri koordine edebilmektedir. Ayrıca, müşterilerin ilgili işlev ve süreçlere katılarak daha aktif rol almasını sağlamaktadır.

IoT'nin birtakım karakteristik özellikleri bulunmaktadır. Bunlar, şu şekilde sıralanabilmektedir (Tzafestas, 2018: 748):

- **Bağlanabilirlik:** Ağa erişilebilirliği ve uyumluluğunu mümkün kılmaktadır. IoT'de her şey BİT (Bilgi ve İletişim Teknolojileri) ile birbirine bağlanabilmektedir. Ayrıca buradaki uyumluluk 'nesnelerin' ortak veri oluşturma ve kullanma yeteneğine sahip olduğu anlamına gelmektedir.
- **Heterojenlik:** IoT bileşenleri ve cihazları, farklı platformlara ve ağlara dayandıkları için heterojenlik özelliği kazanmaktadır. Çeşitli ağlar aracılığıyla

diğer cihazlarla ve hizmet platformlarıyla iletişim ve etkileşim kurabilmektedir.

- **Ölçek Büyüklüğü:** Birbirleriyle iletişim kuran, etkileşime giren ve yönetilmesi gereken nesnelerin ve cihazların sayısı, şu an internete bağlı cihazların neredeyse iki katı civarındadır.
- **Dinamik Değişiklikler:** IoT bileşenlerinin ve cihazlarının durumu ve sayısı dinamik şekilde değişebilmektedir. Hızın, konumun ve bağlantının farklılaşması gibi durumlarda değişiklikler meydana gelebilmektedir.
- **Varoluşsal Belirsizlik:** Bir felsefe konusu olan varoluşsal belirsizlik, aynı zamanda bir IoT karakteristiğidir. İnsanların, fiziksel nesnelerin ve insan eliyle yapılmış şeylerin etiketleme, mühendislik ve sanallaştırma yoluyla başka türden şeylere kasıtlı olarak dönüştürülmesi sebebiyle bunları açıkça ayırt etmek zor olabilmektedir. Bu sebeple tanımlamalar, kimlikler ve sınırlar konusunda bazı kriterler geliştirilmesi ve kullanılması gerekmektedir.
- **Güvenlik:** IoT kişisel verilerin güvenliği, fiziksel güvenlik ve insan sağlığı için tasarlanmalıdır. Uç noktaların, ağların ve bunların içinden geçen verilerin güvenliğini sağlayarak bu düzenlenebilmektedir.
- **Küçük Cihazlar:** Cihazlar gittikçe küçülmekte zamanla daha ucuz ve daha güçlü hale gelmektedir. IoT doğruluğu, ölçeklenebilirliği ve çok yönlülüğü elde edebilmek maksadıyla çeşitli görevler ve amaçlar çerçevesinde oluşturulmuş küçük cihazlar kullanmaktadır.
- **Otonom Üstleniciler:** Bir kullanıcı adına faaliyet gösteren ancak bu kullanıcının müdahalesi olmadan çalışan üstlenicilere, otonom üstlenici denmektedir. IoT ise buna çokça ihtiyaç duymaktadır. Çünkü zaman zaman gelişen karşılaşılmadık durumlarda herhangi bir insandan daha iyi müdahale edilmesi gerekmektedir.
- **Yaygınlık:** IoT ile gerekli hesaplamalar, günlük işler için kullanılmaktadır. İnsanların bilgisayarlarla etkileşim kurma ihtiyacını en aza indirecek şekilde iletişim kurmalarını ve istenen görevleri gerçekleştirmelerini sağlamaktadır. Bu şekilde insanlar basit işlerden daha karmaşık işlere yönelebilmektedir.

- **Zekâ:** IoT, bir AI'ye sahiptir. Böylece veri madenciliği yaparak ve algoritmalar geliştirerek doğruluk, ölçeklenebilirlik ve çok yönlülük elde etmek için ağlar yardımıyla gerçekliği her açıdan geliştirmektedir.
- **Dağıtılmış Kontrol:** IoT'de kontrol, merkezi olarak uygulanmamaktadır. Çünkü çok fazla sayıdaki ara nokta yüzünden dağıtılmış bir forma sahiptir.
- **Dışavurum:** Bu özellik sayesinde insanlarla ve fiziksel dünyayla etkileşim kurulmaktadır. Gerçek dünya ile iletişime girerek ürünler ve nesneler yaratılmasına yardımcı olmaktadır.

Her teknolojinin olduğu gibi IoT'nin de birtakım avantajı ve dezavantajları bulunmaktadır. IoT sayesinde cihaz-cihaz ve insan-cihaz arasında iletişimi destekleyecek bağlantı oluşturulmaktadır. Böylece verimlilik ve toplam kalite artışı sağlanmaktadır. Örneğin; IoT platformuna sahip bir fabrikada tüm bilgiler tedarikçilere, saha mühendislerine, yöneticilere vb. aktarılabilmektedir. Üretim sürecinin optimizasyonu ve otomasyonu sorunsuz bir şekilde kontrol edilebilmektedir (Woods, 2016). İzleme özelliği sayesinde sisteme bağlı cihazların kesin sayısı, bir evin hava sıcaklığı veya bir odadaki nem miktarı kolaylıkla bilinmektedir. Bireylere, topluma ve iş ortaklarına kesin olarak fayda sağlamaktadır. Düşük enerji tüketimini ve hizmetlerin daha hızlı sunulmasını kolaylaştırmaktadır. Böylece toplumun ve insanların yaşam kalitesini yükseltmeye yardımcı olmaktadır (RF Wireless World, 2017). IoT, büyük miktarda veri içermektedir. Büyük miktarda veriyi analiz etmek, çalışanların doğru kararları kolayca almasına ve görevlerini doğru bir şekilde gerçekleştirmesine olanak sağlamaktadır. Veriler ne kadar çok analiz edilirse alınan kararlar o kadar doğru olmaktadır. IoT sayesinde yüksek miktarda veri hatasız şekilde hesaplanabilmektedir (Maple, 2017). IoT'nin maliyetleri düşürmesi bireyler, işletmeler ve kuruluşlar için büyük avantaj sağlamaktadır. Cihazların verimli bir şekilde birbiriyle bağlanması ve cihazların paylaşımı sayesinde işler, hizmetler ve sistemler gittikçe ucuzlamakta ve daha verimli hale gelmektedir. Aynı zamanda zamanın verimli bir şekilde kullanılması açısından faydası bulunmaktadır. Rutin işler IoT'ye bırakılarak çalışanların bütün zamanını daha zorlu ve yaratıcılık gerektiren görevlere ayırmasına yardımcı olmaktadır (Woods, 2016).

Avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. IoT, birden çok teknoloji tarafından desteklenmekte ve bu sebeple çok fazla geliştirici sürece dâhil olmaktadır. Bilgisayar korsanları ve siber suçlular tarafından büyük ilgi görmesinden dolayı gizlilik tehdidini meydana getirmektedir. Bu da siber güvenliği önemli bir konu yapmaktadır. IoT ağına yapılacak bir saldırı, insanların mahremiyetine yönelik bir risk oluşturabilmektedir. Bu riskleri en aza indirmek için birtakım öneriler geliştirilmiştir. Örneğin parolaların, herhangi bir bulut tabanında saklanmaması ve IoT cihaz şifrelerinin düzenli olarak değiştirilmesi gerekmektedir. Üçüncü taraf yazılımlar orijinal olmalı ve orijinallikleri doğrulanmalıdır. Kullanılmayan IoT cihazları, korsanlara karşı açık tehdit olduğu için kapalı konumda tutulmalıdır. Finans, ticaret ve bankacılık ile ilgili şirketler, kullanıcı verilerini yalnızca ihtiyaç duydukları müddetçe saklamalı ve sonra silmelidir (Tzafestas, 2018: 763).

IoT, aynı zamanda karışık, tasarımı, bakımı ve dağıtımı zor bir sistemdir. Tüm karmaşık sistemlerde olduğu gibi arıza verme olasılığı yüksektir. Örneğin yazılımdaki bir hata yazıcının sürekli mürekkep siparişi oluşturmaya, evde ışıkları sürekli kapatıp açarak elektrik sistemine zarar vermesine veya arabanın sürekli aynı yerde dönüp durmasına sebep olabilmektedir (Maple, 2017: 165).

Günlük faaliyetleri otomatikleştirmenin, IoT'yi işletmelerde ve endüstrilerin her alanında kullanmaya başlamanın emeğe olan ihtiyacı doğal olarak azaltacağı ve bunun toplumda işsizliğe sebep olacağına dair birtakım görüşler bulunmaktadır. Teknoloji giderek daha fazla yerleşik hayata girmekte ve hayatları kontrol etmektedir. Teknolojiye olan güvenin ve bağımlılığın sürekli artması, bu teknolojiyi kaybetme durumunda insanlığın daha fazla zarar göreceği anlamına gelmektedir. Bu sebeple günlük faaliyetlerin ne kadarının makineleşmesine ve makinelerle kontrol edilmesine izin verilmesi gerektiğinin tartışma konusu olması önem arz etmektedir (Maple, 2017: 174).

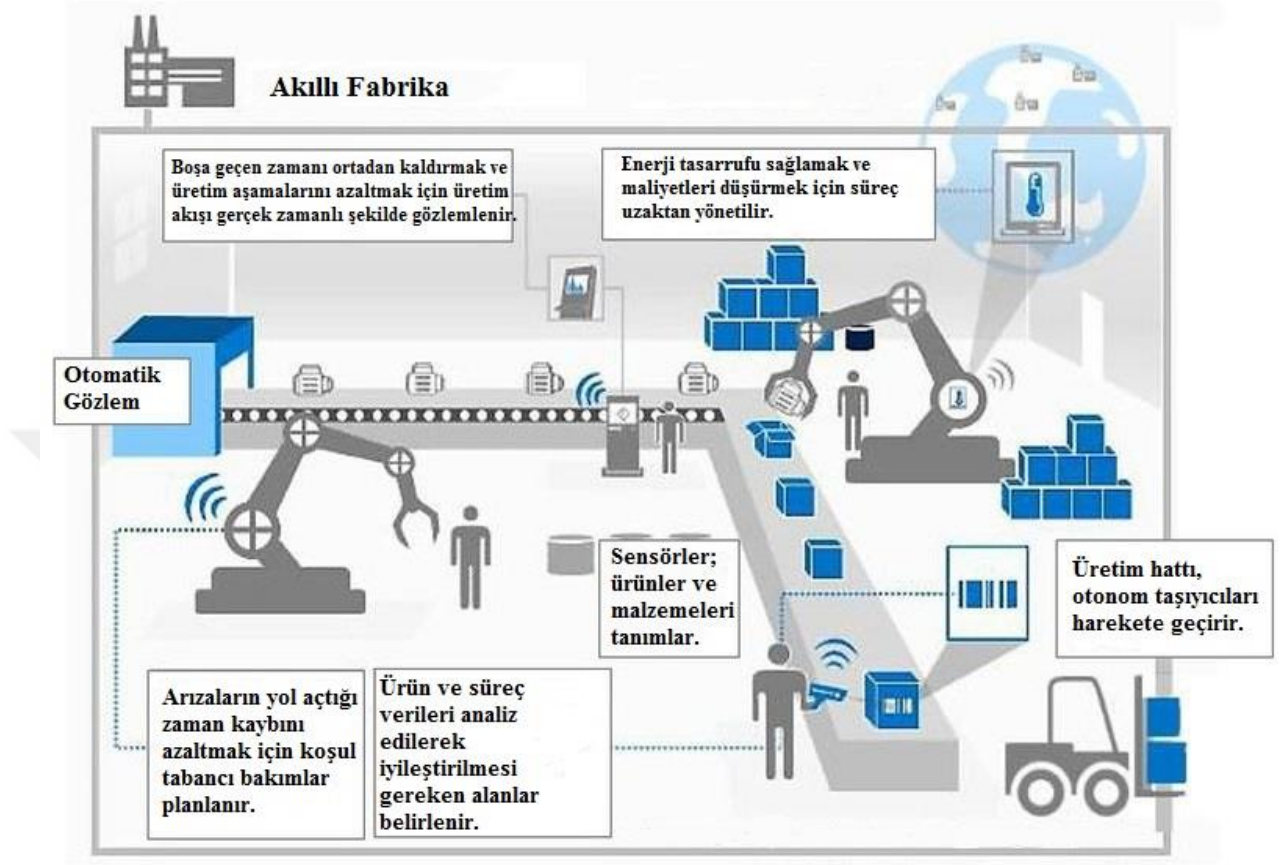
Akıllı evlerden giyilebilir teknolojik ürünlere, akıllı fabrikalardan enerji yönetimine kadar geniş çaplı IoT uygulamaları bulunmaktadır. Genel olarak IoT, insan hayatının konforunu artırmaktadır. Rutin ve kişisel işlerin basitleştirilmesi yoluyla insanlara daha fazla esneklik ve kontrol sağlamaktadır. Akıllı evler, giyilebilir teknolojik

ürünler, akıllı şehirler, akıllı ofisler, akıllı tarım, akıllı sağlık hizmetleri, akıllı robotlar, endüstri için akıllı otonom cihazlar, akıllı otomotiv ürünleri, akıllı ulaşım, akıllı enerji yönetimi ve akıllı perakende ve lojistik günümüz IoT uygulamaları arasında yer almaktadır. Daha iyi anlaşılması açısından bu örneklerden birkaçı aşağıda detaylandırılmaktadır.

IoT, tıp ve sağlık hizmetlerine önemli ölçülerde katkıda bulunmaktadır. Otomatik veri toplama, personel ve hasta kimliği saptama, hareketli nesnelerin takibi ve kişilerin kimliklerinin doğrulanması sağlık için temel IoT uygulamaları arasında yer almaktadır. Nesne izleme sistemi hastanelerde iş akışını iyileştirmek ve hastaların hareketlerini incelemek için kullanılmaktadır. Kimlik tanımlama sistemleri kendine zarar verme potansiyeli olan hastaları belirlemek, bebek karışması vakalarını önlemek, tıbbi kayıtların muhafazasını sağlamak ve hastaların ilaç çizelgesine uyup uymadığını takip etmek gibi görevler yapmaktadır. Ayrıca uyku izleme, aktivite algılama ve hastaların rutin takibi gibi işlemleri de yapmaktadır (Majumder, v.d., 2017:14-18)

IoT'nin ana uygulama alanlarından birini akıllı fabrikalar oluşturmaktadır. IoT altyapısında bulunan gelişmiş sensör ağları, kablosuz bağlantılar ve makineden makineye (M2M) sistemleriyle geleneksel üretim sistemi, otomasyonlaştırılarak tamamen çağdaştırılmaktadır. Büyük ve küçük çoğu endüstri mevcutta IoT geliştirmelerini benimsemekte ve kullanmaktadır. Aşağıdaki şekilde akıllı fabrikaların çalışma prensibi genel hatlarıyla görülebilmektedir (Görçün, 2018: 138).

Şekil 3: Akıllı Fabrikalar



Kaynak: Singh, Amita, “Modular and Adaptive Assistance System for Manual Assembly – Engineering a Semantically Described CPS Module”, (Çevrimiçi) https://www.researchgate.net/figure/Shows-an-example-of-product-and-data-flow-in-a-Smart-Factory-Product-carries-RFID-tag_fig1_327884684, 3 Eylül 2020, s. 8.

IoT'nin kapsamlı olarak uygulama alanı bulduğu bir diğer alan ise akıllı perakendecilik ve lojistik hizmetleridir. “En yakındaki işletmeyi bul” şeklindeki reklamların uzun zamandır kullanılıyor olması bunun en güzel örneklerinden bir tanesidir. Ayrıca IoT ile tedarik zinciri boyunca depolama koşulları izlenebilmektedir. Ürünlerin konumu sürekli görülebilmekte ve ödeme işlemleri kolaylaşabilmektedir. Mağazalarda müşterilerin ürünleri bulmasını kolaylaştırmakta, raflardaki ürün stokunu kontrol ederek raf boşalmalarını engellemekte, envanter sayımını kontrol etmekte ve hırsızlıkları engelleyebilmektedir (Umento, 2017).

1.3.3. Büyük Veri

Arşivlerin, belgelerin, sosyal ağların, ses, görüntü ve video sayılarının artması ile veri kaynakları her geçen gün katlanarak çoğalmaktadır. Akıllı cihazların belleklerinde daha fazla fotoğraf, video ve uygulama yer almaktadır. Her kullanıcı, kendi verilerini yönetmeye, kullanmadıklarını silmeye ve en çok kullandıklarını daha ulaşılabilir kılmaya çalışmaktadır. Böylece kullanıcılar, farkında olsun veya olmasın, doğrudan veya dolaylı olarak verilerin büyümesine katkı sağlamaktadır. Aynı şekilde işletmelerin de yaptığı her bir giriş, bu toplanan verilere eklenmektedir. Toplanan tüm veriler de belli veri tabanlarında tutulmaktadır. Gerek bireysel düzeyde gerekse işletme düzeyinde elektronik cihaz kullanımının hızla artışı, bu veri büyüklüğünün de hız kesmeden artacağı anlamına gelmektedir.

Teknolojinin hızla gelişmesi yüzünden geleneksel elektronik cihazlar ve mevcut teknolojik altyapı bu denli büyük, çeşitli ve hızla çoğalan veriye anlam katmak için yetersiz kalmaya başlamıştır. İşletmelerin büyük veriden tam potansiyeli almasını sağlamak için verileri toplama, depolama ve analiz etmeleri konusunda yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmuştur (Intel, 2015: 4).

Büyük veri her türden veriyi içermektedir ve dört farklı bileşenden oluşmaktadır (Quintero, v.d., 2015: 4-5):

- **Hacim:** Megabyte, gigabyte, terabyte, petabyte diye adlandırılan ve verinin miktarını ve büyüklüğünü ifade eden bir tanımdır. 2010-2020 yılları arasında veri hacmi 50 kat artış göstermiştir.
- **Hız:** Verinin üretim, kullanım ve değişim hızını ve özellikle de verinin sisteme girme hızını göstermektedir. Günümüzde yaklaşık 30 milyar sensörden veri sağlanmaktadır.
- **Çeşitlilik:** Yapılandırılmış veya yapılandırılmamış her türden verinin yapısını, kapsamını, biçimini ve içeriğini belirtmek için kullanılmaktadır. Mevcut verilerin %80'ini yapılandırılmamış veriler oluşturmaktadır.
- **Doğruluk:** Verilere güvenme düzeyiyle ilgilidir. İşletme yöneticilerinin üçte birinin verilere güvenmediği belirtilmektedir.

Büyük veride önemli olan ne kadar çok veriye sahip olunduğunun yanı sıra bu verilerle ne yapıldığı ve nasıl değerlendirildiğidir. İşletmeler verimliliği yükseltmek, maliyetleri düşürmek, tüketicileri daha iyi tanımlamak, önerilen ürünlerdeki doğruluk payını yükseltmek ve rekabet gücünü artırmak için büyük veriden yararlanmayı istemektedir.

Verileri kullanmanın en önemli avantajlarından bazıları maliyetleri azaltmak ve operasyon verimliliğini artırmaktır. Büyük veri analizleri sayesinde farklı değişkenlerin üretim sürecindeki etkisi hakkında öngörüler sağlanabilmekte ve böylece işletmelerin daha iyi kararlar almasına yardımcı olunmaktadır. Örneğin, büyük veri kullanılarak petrol ve gaz endüstrisinde arıza ile geçen sürelerde %36 oranında azaltma sağlanmıştır. (Suthar, 2018).

Geriye dönük tüm veriler detaylıca analiz edilerek gelecekte daha iyi ve daha hızlı kararların alınması mümkün kılınmaktadır. Böylelikle işletmeler rekabet avantajı sağlayarak ve risk yönetimlerini yaparak geleceğe daha iyi hazırlanabilmektedir.

Gelecekte daha iyi ürün piyasaya sürebilmek için mevcut veriler analiz edilerek işletmelerin gerçek zamanlı pazar analizi yapmalarına, ürünlere yönelik talep ve arzdaki değişiklikleri görebilmelerine ve müşteri odaklı pazarlamaya yardımcı olan tüketici davranışlarındaki değişiklikleri fark edebilmelerine olanak sağlanmaktadır. Ayrıca kişiselleştirilmiş hizmetler için artan talebi görmeye ve tüketici ihtiyaçları, tercihleri ve satın alma davranışlarını analiz etmeye yardımcı olarak işletmelerin elini de güçlendirmektedir (Manyika, v.d., 2011).

İşletmeler için devrim niteliğinde bir başka avantajı da dolandırıcılıkları tespit etme konusunda fayda sağlıyor olmasıdır. Belirli dolandırıcılık vakaları üzerinden hangi diğer işlemlerin hileli olabileceğine yönelik çıkarım yapılabilmektedir. Bu da güvenilirliğin istatistiksel olarak değerlendirilebilmesini ve doğrulanabilmesini sağlamaktadır. Güvenilirlik yüksekse zamanın ve enerjinin çoğu gerçek dolandırıcılık vakalarını ortaya çıkarmak için kullanılmaktadır. Özellikle sigorta şirketleri bu sayede daha iyi risk ve dolandırıcılık analizi yapabilmektedir (Balachandran ve Prasad, 2017: 1118).

1.3.4. Bulut Bilişim

Büyük veri teknolojisi, beraberinde yeni bir teknolojik ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Bu yeni teknoloji ise bulut bilişim olarak adlandırılmaktadır. Bulut bilişim, internete dayalı büyük ölçekli sunucu bilgisayarların ve yazılımların bu devasa ağ içinde paylaşılmasını sağlayan internet tabanlı bir bilgi işlem yaklaşımıdır. Bu yaklaşım sayesinde herhangi bir kurulum gerektirmeyen web tabanlı uygulamalarla operasyonel kolaylık sağlayan en basit çevrim içi depolama hizmeti sağlanabilmektedir. İnternette bulunan tüm uygulamalar, programlar ve veriler bulutta saklanmaktadır. Söz konusu bilgi, program ve verilere kolaylıkla ulaşılabilen bu hizmete Bulut Teknolojisi denmektedir (Banger, 2018). Günümüzde gerek bireysel düzeyde gerekse işletme düzeyinde bulut teknolojisi kullanılmaktadır. Microsoft Azure, Amazon Web Services (AWS), Google Cloud ve Alibaba Cloud en çok kullanılan bulut teknolojisi sağlayıcıları arasında yer almaktadır (Dignan, 2020).

Büyük veriden yararlanmak sadece bir seçenek değil, değer zincirindeki bütün imkânlardan faydalanmak için bir zorunluluk olarak da görülmektedir. Bu sebeple çok sayıda üretici, toplanan büyük miktarda verileri depolama ve analiz etme konusunda çalışma yapmaktadır. Bulut veri sağlayıcıları üzerinden daha ucuza ve daha güvenli bir şekilde bu hizmetlerden faydalanmak mümkün olmaktadır. (Gilchrist, 2016: 210).

Verilere her zaman, her yerde ve her platformdan erişme fırsatı, bulut bilişimin en önemli amacını oluşturmaktadır. Verilerin sayısının ve boyutlarının çok hızlı bir şekilde artması sebebiyle cihaz yeteneklerini geliştirmek bile kullanıcıların, verilerini cihazda depolaması için yeterli gelmemektedir. Cihazdaki performans kayıpları ve veri kaybı riskinden dolayı verilerin bağımsız ve ayrı bir yerde depolanması ve yönetilmesi hem bireyler hem de işletmeler için daha cazip olmaktadır. Bulut bilişim, kullanıcıların tüm kaynaklarına internetten kolay bir arayüzle herhangi bir özel program veya donanım gerektirmeden erişmesine ve kullanmasına olanak tanımaktadır (Khan, 2017: 4). İstenen kaynaklara müşteriler, kullanıcılar, yöneticiler ve hatta cihazlar tarafından kolayca ulaşılabilirdiği için bulut bilişime büyük önem verilmektedir. Günümüzde internete bağlanan hemen hemen bütün cihazlar bulut teknolojisini kullanmaktadır.

İhtiyaçlara bağılı olarak seçilebilecek farklı bulut depolama türleri bulunmaktadır. Herkese açık bulut, genel bir bulut türü olup internet bağlantısına ve bulut alanına sahip olan herkesin yararlanabileceğı bir bulut türüdür. Bireysel kullanıcılar ve küçük işletmeler için bu tür çoğı zaman yeterli olmaktadır. Google, AWS, Microsoft gibi bulut sağlayıcılar genel bulut türüdür. Özel bulut, yalnızca belirli bir grup veya kuruluş için özel olarak oluşturulmuş ve erişimi yalnızca bu grupla sınırlandırılan bir türdür. Topluluk bulutu, benzer bulut gereksinimleri olan ve iki veya daha fazla grup arasında paylaşılan bir bulut türüdür. E-devlet uygulaması bu bulut tipine örnek gösterilebilmektedir. Son olarak hibrit bulut ise en az iki bulut türünün birleşiminden oluşmakta ve bu birleştirilen bulutlar herkese açık, özel veya topluluk bulutu olmaktadır. Örneğın özel bulut üzerinde çalışan araç takip uygulamaları, Google'ın genel bulut hizmeti olarak sunduğı harita uygulamasını kullanarak hibrit bulutu oluşturmaktadır (Huth ve Cebula, 2011: 2).

Bulut teknolojileri sayesinde özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler, veri depolama konusunda yatırım yapmadan ve bu konuda istihdam oluşturmada verilerini saklayabilmektedir. Ayrıca büyük işletmeler, bulut bilişimin maliyet tasarrufu, uzaktan erişim, kullanım kolaylığı ve bütünleşmiş çalışma gibi avantajlarından faydalanabilmektedir (Ghosh, 2007: 7).

Bulut teknolojileri birtakım teknik avantajları da beraberinde getirmektedir. Standart uygulamalarla yapmanın çok zor olduğı işlemleri bulut sayesinde yapmak mümkün olmaktadır. Örneğın çok yüksek boyuttaki veriler birkaç saniyede istenilen yerle paylaşılabilir. Ayrıca daha ekonomik olmasının yanı sıra bakım maliyeti neredeyse hiç yoktur (Aymerich, v.d., 2008: 115).

Kullanıcılar açısından bakıldığında en büyük avantajlarından bazılarının, artık bir uygulamayı kullanmak için bilgisayara bağılı olmaya veya herhangi bir yeni cihaz almaya gerek kalmaması olduğı belirtilmektedir. Kullanılan cihaz ne olursa olsun bakım sorunları azalmaktadır. Depolama kapasitesi ve uyumluluk sorunları gibi teknik sorunlarla uğraşmaya gerek kalmamaktadır. Ayrıca kullanıcıların, ihtiyaçları kadar kullanıp kullandıkları kadar ödeme yapma şansı bulunmaktadır. Böylece

harcamalarını en aza indirmek için kullanımı azaltma yönünde davranış sergileyebilmektedirler. (Armbrust, 2009: 14-19).

1.3.5. Robotik Sistemler

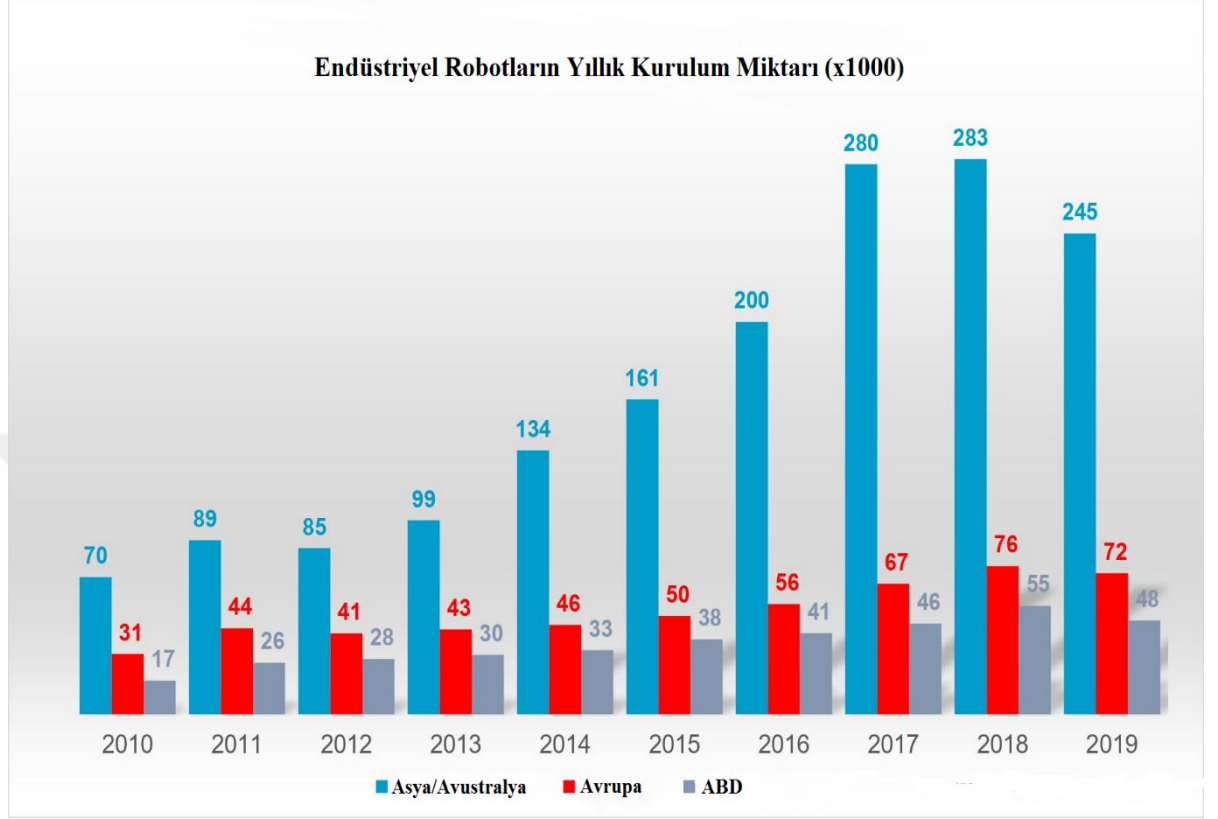
Endüstriyel robotlar son yıllarda kaynak, malzeme taşıma ve montaj gibi çok çeşitli alanlarda popüler bir üretim yöntemi olarak ortaya çıkmıştır. RIA (Endüstriyel Robotik Birliği) tarafından çalıştığı ortam hakkında bilgi toplayan ve bu sayede hareketlerini yenileyebilen malzemeleri, parçaları, araçları veya özel cihazları önceden planlanmış görevler yoluyla hareket ettirmek için tasarlanmış, yeniden programlanabilir, çok işlevli ve uzaktan elle çalışan aygıtlar şeklinde tanımlanan robotlar iş dünyasının önemli bir bileşeni olmuştur (RIA, 2020).

Bir diğer tanım da ISO (Uluslararası Standartlar Örgütü) tarafından şu şekilde yapılmıştır. Üç veya daha fazla eksenle programlanabilen, yerine sabitlenebilen veya endüstriyel otomasyon uygulamalarında kullanmak için mobil olabilen çok amaçlı, otomatik olarak kontrol edilen ve uzaktan elle çalışan aygıtlar, endüstriyel robot olarak tanımlanmıştır (ISO, 2020).

Günümüzün robotik sistemleri sermaye yoğun büyük hacimli üretim gereksinimi sonucu ortaya çıkmış olup çoğunlukla otomotiv, elektronik ve elektrik sektörleri tarafından kullanılmaktadır. Geleceğin robotları ise özellikleri ve performans verileri açısından günümüz robotlarının gelişmiş bir versiyonu değildir. Bunun yerine daha geniş bir uygulama alanı sunan ve bütün endüstrilerde kullanılabilecek yeni tasarımlara ve zekâya sahip versiyonudur (Hagele, v.d., 2008: 964).

21. yüzyıla kadar robotlar, insanları güvenli bir mesafede tutmak için bariyerlerin arkasında çalıştırılmaktaydı. Son zamanlardaysa geliştirilmiş güvenlik standartları sayesinde robotlar ve çalışanlar aynı çalışma alanında çalışabilmekte ve böylece insan-robot iş birliği pekişebilmektedir (Schraft, v.d., 2002: 2136-2138). Bu iş birliği, kullanılan robot sayılarına da yansyarak son yıllarda kurulum miktarlarında büyük bir artış yaşanmasını sağlamıştır. Aşağıdaki grafikte son on yıldaki endüstriyel robot kurulum miktarı gösterilmektedir.

Grafik 1: Endüstriyel Robotların Yıllık Kurulum Miktarı (2010-2019)



Kaynak: IFR - Uluslararası Robotik Federasyonu, **Executive Summary World Robotics 2020 Industrial Robots,** (Çevrimiçi)
[https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary WR 2020 Industrial Robots 1.pdf](https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_2020_Industrial_Robots_1.pdf), 4 Ekim 2020.

Endüstriyel robotların yıllık kurulum miktarına bakıldığında en çok kurulumun Asya ülkelerinde olduğu görülmektedir. Arkasından sırasıyla Avrupa ülkeleri ve ABD gelmektedir. 2019 yılında en çok kurulum yapan ülkeler ise çoktan aza doğru; Çin, Japonya, ABD, Güney Kore ve Almanya şeklinde olmuştur. Bu beş ülke dünya genelindeki yıllık toplam kurulumun yaklaşık %75'ini tek başına yapmaktadır (IFR, 2020).

Çin, 2013 yılı itibarıyla dünyanın en çok robot kurulumu yapan ülkesi konumunda yer almaktadır. 2019 yılında 140.492 kurulum yaparak ABD'den ve tüm Avrupa ülkelerinden daha fazla kurulum gerçekleştirmiştir (IFR, 2020).

Almanya ise 2019 yılında 20.473 kurulum ile en çok kurulum yapan Dünyanın beşinci ve Avrupa'nın da birinci ülkesi konumundadır. Ülkede en çok kurulum ise otomotiv sektöründe yapılmaktadır (IFR, 2020).

Robotlar, kurulum yapılan sektörler temel alınarak incelendiğinde en çok kurulumun yaklaşık dörtte bir ile otomotiv sektöründe yapıldığı görülmektedir. Buna çok yakın bir orana ikinci sırada bilgisayar ve parçaları, radyo, televizyon, iletişim cihazları, medikal araçlar, hassas ve optik aletlerin üretiminin yapıldığı elektrik/elektronik sektörü gelmektedir. Sonra da sırasıyla metal ve makine, kimya ve gıda sektörleri yer almaktadır (IFR, 2020).

Uzun süredir teknoloji dünyasında var olan robotik sistemler, Endüstri 4.0 ile farklı bir boyut kazanmaktadır. Önceden yalnızca verilen görev doğrultusunda hareket eden robotlar, teknolojik gelişmeyle otonom robotlara dönüşmektedir. AI yardımı ile işleri önceden planlayabilen ve taklit edebilen çok disiplinli gelişmiş sistemlere dönüşmeye başlamaktadır. Otonom robotlar, tıpkı insanlar gibi çevresini algılayabilme, kendi kararlarını verme ve buna göre bir eylem gerçekleştirme yeteneğine sahiptir. Çevresini lazer tarayıcılar, kameralar ve çarpışma sensörleri sayesinde algılayabilmektedir. Durmak, manevra yapmak ve önüne çıkan engellerin etrafından dolaşmak bu eylemlere birer örnektir (Palmerini, v.d., 2014: 9-31).

Otonom robotlar zamanla daha özerk, esnek ve iş birlikçi hale gelmektedir. Zaman içinde birbiriyle etkileşime girebileceği, öğrenebileceği ve insanlarla yan yana daha güvenli çalışabileceği seviyeye geleceği düşünülmektedir.

1.3.6. Yapay Zekâ, Makine Öğrenme ve Derin Öğrenme

Endüstri 4.0 Devriminde hakkında sıklıkla söz edilen kimilerinin adını duyunca tedirgin olduğu kimilerininse heyecanlandığı ve hatta dünyanın geleceğini şekillendirmekte başrol oynayacağı düşünülen teknolojilerden biri AI (yapay zekâ)'dir. AI, herhangi bir makinenin veya makiye bağlı başka bir parçanın zeki canlılara benzer bir şekilde hareket edebilme yetisine denmektedir. Makinelerin insanlar gibi düşünüp düşünemeyeceğine dair sorular uzun yıllardır sorulmaktadır. Bununla ilgili olarak bilinen Turing Testi adlı ilk çalışma 1950'li yıllarda matematikçi

Alan Turing tarafından yapılmıştır. Bu teste göre eğer bir insan etkileşimde bulunduğu şeyi yönetenin insan veya makine olduğunu ayırt edemiyorsa o makine zeki ve düşünebilen bir makinedir denmektedir.

AI kavramı ilk olarak 1956 yılında bir bilgisayar bilimcisi olan John McCarthy tarafından makinelerin insan gibi düşünüp düşünemeyeceğine yönelik düzenlediği ilk bilimsel konferansta ortaya çıkmıştır (Washington Üniversitesi, 2006: 4). Günümüzde AI ile ilgili en büyük yanılgılardan biri geliştirilen herhangi bir ürüne pazarlama stratejilerinin de etkisiyle AI teknolojisi denmesidir. Bu sebeple nelerin AI teknolojisi olduğunu kavramak gerekmektedir.

Bir ürünün AI içerdiğini söyleyebilmek için ürünün planlama, öğrenme, akıl yürütme, problem çözme, bilgi verme, algılama, hareket etme veya yaratıcılık gibi canlılara özgü yetkinliklerden en azından bazılarını gerçekleştirmesi beklenmektedir (Grinaker, 2019). Örneğin üretimde kullanılan robot kolları AI içermezken Boston Dynamics'in düştüğünde kalkan, merdiven çıkan, kapı açan vb. robotu AI içermektedir. Otomobillerdeki otomatik cam sileceği AI içermezken şerit değiştiren, engelleri göre direksiyon çeviren, tabelalara uyan ve yayalara yol veren Tesla araçları AI içermektedir. Telefonun, fotoğrafları galeriye kaydetmesi AI içermezken Google Fotoğraflar uygulamasının fotoğraftaki kişileri, yerleri, aktiviteleri ve özçekimleri ayrı ayrı gruplandırması AI içermektedir. Sesleri kaydeden cihazlar AI içermezken insan seslerini tanıyabilen, metnin türünü, cümle yapısını, dil bilgisini anlayabilen ve cevap verebilen Amazon Alexa, Google Asistan ve Apple Siri gibi uygulamalar AI içermektedir.

AI uygulamalarını ortaya çıkarmak için çeşitli programlama dillerinden, algoritmalarından ve insanların sinir sistemine benzeyen yapay sinir ağlarından faydalanılmaktadır. AI teknolojisini ortaya çıkaran bu süreçler makine ve derin öğrenme gibi çeşitli öğrenme biçimleriyle adlandırılmaktadır.

Şekil 4: Yapay Zekâ, Makine Öğrenme ve Derin Öğrenme



Mevcut verilerden elde edilen parametreleri kullanan ve sonra bu verilerle benzer yeni veriler hakkındaki sonuçları tahmin eden bir istatistiksel yöntem sınıfı olan makine öğrenme, günümüzde AI uygulamalarını ortaya çıkarmak için kullanılan en yaygın yollardan birisidir (Nilsson, v.d., 1998, 1-3). Örneğin İstanbul’da bugüne kadar gerçekleştirilmiş ev satışlarını temel alarak gelecekte farklı bir evin kaç paraya satılabileceğine yönelik modeller makine öğrenme kullanılarak oluşturulmaktadır. Evin satış fiyatı, oda sayısı, büyüklüğü, cephesi, kaçınca katta olduğu, toplu taşımaya, denize, okullara yakınlığı vb. veriler makine öğrenmenin bu örnekte kullandığı değişkenleri oluşturmaktadır.

Derin öğrenme ise bir tür makine öğrenme çeşididir. Derin öğrenme yönteminde algoritmaların önemli özelliklerinin ayrıca belirtilmesine gerek duyulmadan sinir ağları kullanılarak bu özelliklerin uygulama tarafından kendi kendine öğrenilmesi sağlanmaktadır (Robins, 2020). Örneğin karakteristiği sebebiyle kazanması bir makine açısından imkansıza yakın olan Go oyununda tüm insan rakiplerini yenerek Go şampiyonu olan AlphaGo adlı bir AI programı bu sinir ağlarına sahiptir (Silver, v.d, 2016: 488).

Son yılların en popüler kavramlarından olan AI’nin Endüstri 4.0 Devriminde birçok alanda kullanılacağı düşünülmektedir. AI sayesinde tam zamanlı üretimin daha iyi yapılabileceği, üretim hatlarındaki düzenlemelerin daha kısa sürede yapılarak çok

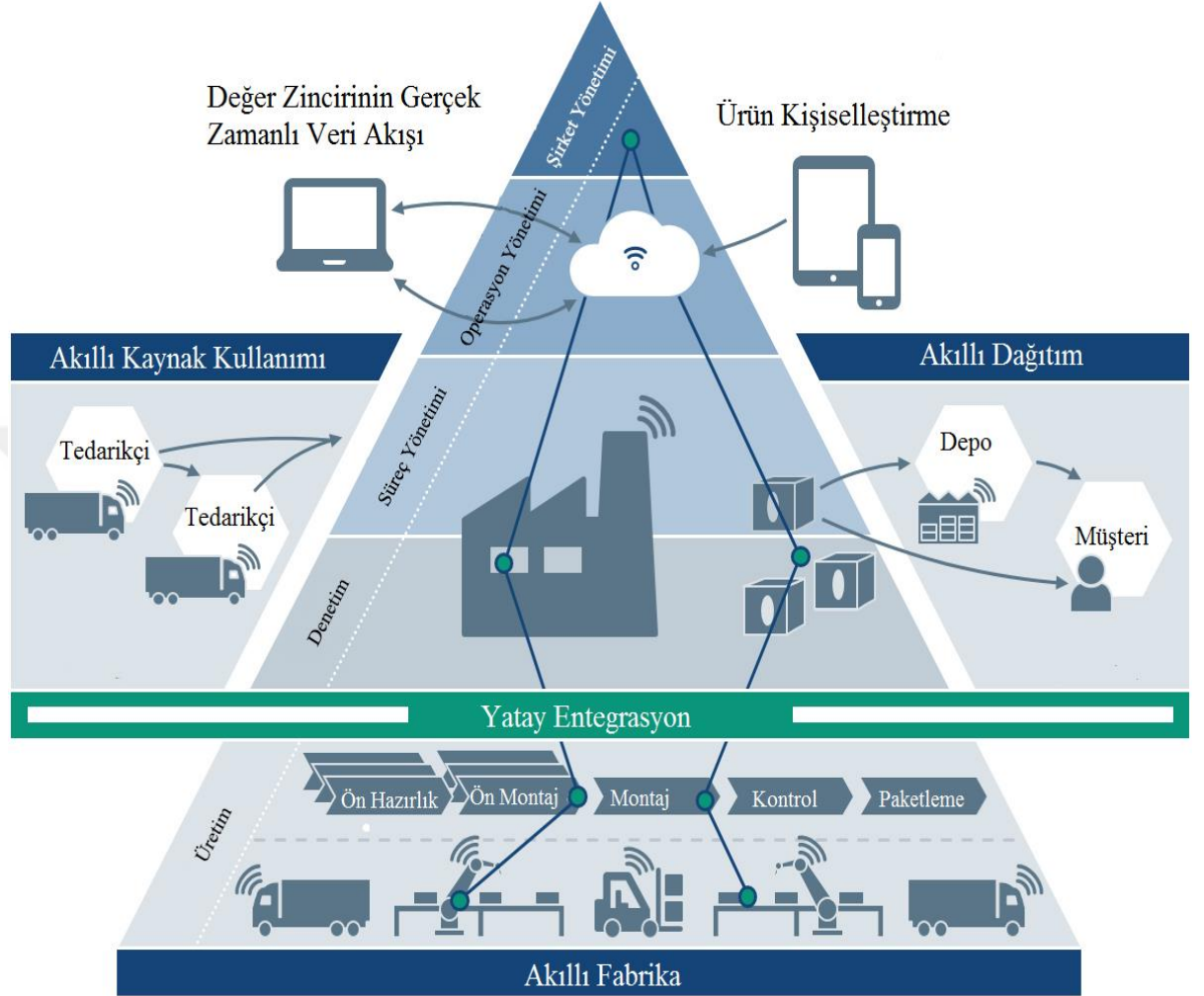
daha fazla ürün çeşitliliği sağlanabileceği, tedarik zincirindeki kesintilerin ortadan kalkabileceği ve şirketlerin pazarı daha iyi yöneterek rekabet avantajı sağlayabileceği belirtilmektedir. Hizmet sektöründe ise monoton ve öngörülebilir işlerin AI uygulamaları tarafından emek yerine ikame edilebilir duruma geleceği öngörülmektedir. Araç kullanmak, günlük hesaplamaları yapmak, öneri sunmak, materyalleri ve bilgileri kategorileştirmek, günü planlamak vb. bu ikame edilebilir işlerden bazılarıdır.

Endüstri 4.0'ın işverenle ihtiyaç duyduğu beceriye sahip çalışanı, girişimciyle yatırımcıyı ve tüketiciyle üreticiyi en uygun şekilde birleştirerek çalışma dünyasını her alanda geliştireceği düşünülmektedir. AI'nın bu gücünün aynı zamanda riskler de barındırdığı konusunda endişeler bulunmaktadır. Teknolojik gelişmelerin hız kazanmasıyla AI'nın gelecekte tüm ekonomik sistemi içine alacak şekilde kullanılması öngörülmektedir. Bu sebeple siber saldırılara ve geniş çaplı manipülasyonlara karşı çok açık bir sistemin oluşması AI hakkında çeşitli endişelerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu gibi endişelerin çözümünde ise hükümetlerin, kuruluşların ve bireylerin AI teknolojilerini paylaşmaya ve kullanmaya nasıl karar verecekleri kritik rol oynamaktadır.

1.3.7. Yatay ve Dikey Entegrasyon

Sistem entegrasyonu Endüstri 4.0'ın vizyonuna ve hedeflerine ulaşmada önemli adımlardan biri kabul edilmektedir. Sistemler üretim sürecini bir bütün olarak analiz etmektedir. Bu sebeple fiziksel nesnelerin yönetilmesinde, organize edilmesinde ve bilgi sistemleriyle bağlantı kurulmasında yapısal değişikliklere gerek duyulmuştur (Dombrowski ve Wagner, 2014: 101). Aşağıdaki şekilde akıllı fabrika üzerinden yatay ve dikey entegrasyon genel hatlarıyla gösterilmektedir.

Şekil 5: Yatay ve Dikey Entegrasyon



Kaynak: PNGegg, “Horizontal integration Industry 4.0 Architecture Vertical integration Strategic planning, Independence And Unity Day”, (Çevrimiçi) <https://www.pngegg.com/en/png-hjfpn>, 7 Ekim 2020.

Yukarıdaki şekilde hem yatay hem de dikey entegrasyon akıllı fabrika üzerinde görülebilmektedir. Önde gelen endüstriyel şirketler çevrim içi siparişlerden kişiselleştirilmiş ürün geliştirmeye, ürün verilerini üretim sistemlerine otomatik aktarmaktan müşteri hizmetlerine kadar tüm küresel değer zinciri ağlarını dijitalleştirmeye ve birbirine bağlamaya başlamaktadır. Buna paralel olarak stok yönetiminden üretimin planlanmasına kadar tüm veriler tedarikçiler, müşteriler ve diğer değer zinciri ağlarıyla paylaşılmaktadır.

Endüstri 4.0 ile dijitalleşme hem yatay hem de dikey değer zincirlerini eşit bir şekilde etkilemektedir. Yatay değer zinciri ile müşterilerden gelen bilgi ve mal akışı işletmeye geri dönerek tedarikçilerle yeniden planlama yapmanın entegrasyonunu ve optimizasyonunu sağlamaktadır. Bu süreçte satın alma, üretim, lojistik ve planlama gibi işletme içindeki bölümler de sürecin entegrasyonunu ve proaktif rolünü içermektedir. Ayrıca müşteri gereksinimlerini karşılamak ve talep edilen hizmetleri yerine getirmek için gereken tüm değer zinciri noktaları da buna dâhil edilmektedir. Diğer yandan dikey entegrasyon ile işletme içinde satış, araştırma ve geliştirme, üretim ve lojistik gibi bölümler arasında bilgi ve veri akışı sağlanmaktadır. Üretim sistemlerinin optimum bağlantısı, sistem arızalarının önlenmesi ve daha iyi analitik düşünebilme sayesinde kalite ve esneklik artırılmakta ve maliyet azaltılmaktadır. (Geissbauer, 2014: 16).

İşletmeler her zaman varlıklarını korumak, riskleri azaltmak, büyüme hızını artırmak ve piyasa değerini maksimize etmek istemektedir. Bu sebeple yatay ve dikey entegrasyonun tamamlanmasının işletmeye büyük avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir. Bu avantajların bazılarını şu şekilde sıralayabilmek mümkün olmaktadır (Schuldenfrei, 2019):

- Tüm araştırma ve geliştirme, üretim ve tedarik zinciri verilerinin bütün bölümlerce kullanılması
- Etkili veri yönetiminin ve gerçek zamanlı veri analizlerinin yapılması
- Tesisteki tüm bileşenlerin ve sistemlerin IoT ile bağlanması
- Bütün üretim hattı boyunca sürecin tüm adımlarının otomasyonunun sağlanması
- Tüm süreçte sürekli bilgi akışı ve optimizasyon yapılması

1.3.8. Sanal Gerçeklik (VR) ve Artırılmış Gerçeklik (AR)

Fiziksel dünyayı dijital dünyayla birleştirerek gerçeklik algısına yeni bir boyut getiren VR ve AR, Endüstri 4.0'la beraber son dönemde adları sıklıkla duyulan kavramlar arasında yer almaktadır. Her ne kadar bu iki kavramın birbirleriyle çeşitli ortak noktaları olsa da aralarındaki farkın tam olarak anlaşılmaması bazı durumlarda

karışıklığa sebep olabilmektedir. Sanal gerçeklikte fiziksel dünya, bilgisayar destekli bir şekilde dijital ortamda yeniden yaratılarak simülasyon haline getirilmektedir. Artırılmış gerçeklikte ise algı düzeyini artırmak için fiziksel dünya ve bilgisayar tarafından yaratılmış simülasyon gerçek zamanlı şekilde etkileşime girmektedir.

VR, geleneksel kullanıcı arayüzlerinin aksine kullanıcıya daha iyi bir deneyim yaşatmak için bilgisayar teknolojisi kullanılarak dijital ortamda fiziksel dünyanın simüle edilmesine denmektedir. Kullanıcının, önlerinde basit bir ekran görmek yerine üç boyutlu bir dünyaya girmesini ve onunla etkileşim kurmasını sağlamak amaçlanmaktadır. Bu dijital ortamda kullanıcılar görerek, işiterek ve hatta koku da alarak daha gerçekçi deneyimler yaşayabilmektedir (Bardi, 2019) VR, gerçek zamanlı ve etkileşimli bir teknolojidir. Bu etkileşim video kameralar, VR gözlükler, biyolojik sensörler, vücut giysileri, eldivenler vb. cihazların bütünleşmiş bir şekilde çalışmasıyla sağlanmaktadır (Liagkou, v.d., 2019: 713-714).

VR teknolojisi hem profesyonel hem de kamusal uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin otomobillerin tasarımı ve yapımında VR kullanılarak yeni bir modeli piyasaya çıkarmak birkaç yıl yerine sadece birkaç ayda mümkün olabilmektedir. Aynı zamanda mimaride ve inşaat mühendisliğinde binaların, yerleşim alanlarının ve iç mekânların tasarımları daha inşa edilmeden gerçek zamanlı olarak simüle edilebilmektedir (Kovar, v.d., 2017).

Sağlık sektörü de VR teknolojisinden faydalanan sektörler arasındadır. İnsan hareketleri, kas fonksiyonları, eklemler ve vücut ölçüleri gerçek zamanlı şekilde alınarak hasta muayenesinde veya tedavisinde kullanılmaktadır. (Bogert, v.d., 2013: 1076). Ameliyat eğitimleri için de VR'den faydalanılmaktadır. Kadavrada veya hasta üzerinde çalışmaya gerek kalmadan gerekli ön tecrübe sağlanıp zaman kazanarak olası hataların önüne geçilebilmektedir (Delorme, v.d., 2012, 33). Ayrıca VR'ın ruh ve sinir hastalıklarının tedavisinde olumlu etkisi bulunmaktadır. Kapalı alanda kalma korkusu, örümcek korkusu, uçma korkusu, sosyal fobi ve yükseklik korkusu vb. korkuların tedavisinde kullanılması yaygınlaşmaktadır (Botella, v.d., 2000).

VR sayesinde sanal fabrikalar oluşturmak da mümkün olmaktadır. Üretim hatları, yapının yeterliliği, yapının birimleri, makinelerin düzeni, gürültü düzeyi, bina içindeki

genel yoğunluk vb. simüle edilebilmektedir. Böylece zaman ve maliyet tasarrufu sağlanarak verimlilik artırılmaktadır. Ayrıca üretim sürecinde kullanılacak makineler de simüle edilerek çalışanların sağlığını riske atmamak için tüm makinelerin kullanımının öğrenilmesine yönelik eğitim dijital ortamda verilebilmektedir (Yang, v.d., 2011: 132).

Nesnelerle olan etkileşimi artırmak için elde etmesi zor olan bilgilerin daha çabuk ve anlaşılır şekilde alınması gerektiğinden AR teknolojisi bunu elde etmenin önemli bir yolu olmaktadır. AR ile insanlar normal algı düzeyleriyle elde edebildiğinden daha fazlasına ulaşabilmektedir. Akıllı telefon kamerası, giyilebilir kameralar ve projeksiyon cihazları gibi belirli cihazlar aracılığıyla bilgisayar tarafından üretilen görsel verileri kullanarak insanların çevreleri hakkında daha çok bilgi edinmelerinin sağlanması AR teknolojisinin asıl amacını oluşturmaktadır (Esengül ve İnce, 2018: 201-202). Fiziksel ve sanal dünyayı bir araya getirmesi, cihazlar aracılığıyla 3D nesneleri fiziksel dünyadaymış gibi göstermesi ve bu gösterilen nesnelerin gerçek zamanlı olarak kontrol etmesi AR'nin en önemli katkıları arasında yer almaktadır (Zhao, v.d., 2017: 94).

AR teknolojisinden sağlık, eğitim, sanat, mimari ve ofis çalışmaları gibi her alanda faydalanmak mümkün olmaktadır. Kullanılacak alana göre yöntemde birtakım farklılıklar bulunmaktadır. Sağlık, saha hizmetleri ve pazarlama gibi alanlarda kullanıcılar vücuduna akıllı giyilebilir teknolojilerden olan gözlük, eldiven ve maske takarak nesneler hakkında daha çok bilgi alabilmektedir. Eğitim, ofis ve konumlandırma gibi alanlarda nesnelerin içine veya üzerine sensör, reseptör ve GPS gibi gömülü cihazlar yerleştirilmektedir. Böylece bilgisayar, tablet veya akıllı telefonlar yardımıyla nesnelerin boyutunda, şeklinde, yapısında ve konumunda dijital ortamdan değişiklikler yapılabilmektedir. Ofis işleri, yapım ve onarım işleri, mimari ve film yapımı gibi alanlarda ise video kameralar, projektörler ve tarayıcılar yardımıyla çevre hakkında bilgi sağlanmakta ve toplanmaktadır. Bu sayede ürün daha ortaya çıkmadan nasıl görüneceği, eksiklikleri ve varsa arızaları bilinebilmektedir (Mackay, 1996: 2-3).

1.3.9. 3D Yazıcılar

Endüstri 4.0 bileşenleri arasında yer alan 3D yazma teknolojisi yeni bir teknoloji olmayıp kökenleri 19. yüzyıla dayanmaktadır. Üretimde ise yaklaşık son otuz yıldır kullanılmaktadır.

Katmanlı üretim olarak da adlandırılan 3D yazma, üç boyutlu çizimden veya modelden katman üzerine katman yazdırılarak fiziksel bir nesne oluşturma işlemine denmektedir. Önceleri, istenilen şekil elde edilene kadar eksiltme yöntemi benimsenerek katmanlar birbirinden ayırılmaktaydı. 3D yazma ise istenen şekil elde edilene kadar ekleme yapmayı içermektedir. Gevşek bir malzemeyle başlanmakta ve ardından dijital şablon kullanılarak nesne, üç boyutlu şekle dönüştürülmektedir (Huang, v.d., 2002: 1191). Bu yüksek performanslı teknoloji ile sürekli değişen müşteri ihtiyaçlarına cevap verme potansiyeli ve müşteriye ve ürüne göre kişiselleştirilmiş ürünlerin geliştirilmesi sağlanmaktadır.

Yatırım maliyeti yüksek olmasına rağmen 3D yazıcılar ürünlerin pazara normalden çok daha kısa sürede girmesine, daha büyük partide üretim yapılmasına ve stok maliyetinin azalmasına katkıda bulunmaktadır. Rüzgâr türbinlerinden tıbbi implantlara kadar her boyutta ve çok çeşitli uygulamalarda yer olan bu teknoloji günümüzde çoğunlukla otomotiv, havacılık ve sağlık sektöründe kullanılmaktadır. Yapılan bir araştırmada 3D yazıcıların en çok fonksiyonel parçaların yapımında, birbirine geçmeli parçaların prototiplerinde, prototip işleme kalıplarında, metal dökme kalıplarında, görsel yardımcılarda, eğitim ve araştırmalarda, mimari için sunum modellerinde ve doğrudan 3D yazıcı ile oluşturulmuş aksamaların bileşimlerinde kullanıldığı belirtilmektedir. (Wohlers ve Caffrey, 2013).

3D yazıcıların geleneksel üretim tekniklerine göre üstünlük sağlayan avantajlarından bazıları şu şekilde sıralanmıştır (Beyca, v.d., 2018: 220-221):

- Geleneksel eksiltmeli üretim tekniklerinde bir parçayı üretmek için büyük miktarda hammadde eksiltilmekte ve israf edilmektedir. 3D yazmada ise yalnızca parçayı üretmeye yetecek kadar hammadde kullanılmakta ve kalan

kısmıyla başka nesneler üretilebilmektedir. Böylece atık oluşumu azaltılmaktadır.

- Geleneksel üretimde prototip üretmek birkaç gün hatta haftalar alabilirken 3D teknolojisi çalışabilir bir prototipi saatler içinde üreterek zaman tasarrufu sağlamaktadır.
- Geleneksel üretimde parçaların çoğu ürünün genel kalitesini etkileyen birkaç üretim aşamasıyla çeşitli montaj atölyelerinde üretilmektedir. 3D yazma ile üretilmek istenen parça tek bir işlemde üretilmektedir. Böylece çalışanların ürün kalitesi üzerindeki etkisi ortadan kaldırılmaktadır.
- Çok az kurulum maliyeti ile karmaşık parçalar üretilebildiğinden özel tasarlanmış ürünler düşük maliyetlerle kolayca üretilebilmektedir.
- Yazıcıya uygun olan yazılımla tasarlanan herhangi bir şey gerçeğe dönüşebilmektedir.
- Üretim tamamen otomatik olduğundan çok az sayıda çalışana gereksinim olmakta veya hiç olmamaktadır.

Seri üretim ürünlerinin aksine 3D ürünler kolaylıkla kişiselleştirilmektedir. Boy, maliyet ve hız kısıtlamalarının kademeli olarak aşılması durumunda içinde sensörler barındıran insan organları ve hücreleri üretmenin mümkün olacağı düşünülmektedir (Schwab, 2016: 13).

Son dönemde ısı ve nem gibi çevresel değişikliklere tepki vererek kendi kendini değiştiren ürünler yaratmak amacıyla 4D üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu teknolojinin insan vücuduna uyum sağlamak üzere tasarlanmış implantlar gibi sağlığı ilgilendiren ürünlerde olduğu kadar kılık kıyafet ve ayakkabılarda da kullanılması planlanmaktadır.

1.3.10. Siber Güvenlik

Teknolojik gelişmeler günlük yaşamı kolaylaştırırken diğer yandan güvenlik sorunlarını giderek fazlaştırmaktadır. Her şeyi birbirine bağlayan internet ağlarının sıklıkla kullanmak, sistem verilerini bulutta tutmak ve bunlara ağlar yoluyla erişmek

Endüstri 4.0'ın önemli unsurlarından biri olan siber güvenlik ve gizlilik sorunlarını çok daha kritik konuma getirmektedir.

Son on yıldır hem belirli ülkelere hem de şirketlere yönelik siber saldırılarda artış yaşanmaktadır. Çünkü askeri sistemlerin, enerji kaynaklarının, şebeke sistemlerinin, sağlık ve trafik kontrollerinin, su kaynaklarının ve kişisel bilgileri içeren veri tabanlarının bünyesinde barındırdığı her türlü cihaz, saldırıya açık konumdadır (Schwab, 2016: 74).

Çevrim içi teknolojiler oy kullanmak gibi geleneksel sivil katılım biçimlerine ve insanların toplumu ilgilendiren kararlar almasına doğrudan etki sağlayacak bir zemin hazırlamak için fırsat doğurmaktadır. Örneğin Facebook üzerinden, oy kullanmayı teşvik etmek amacıyla atılan mesajlarla doğrudan 60.000, dolaylı olarak 280.000 ve toplamdaysa 340.000 kişinin oy kullanmaya ikna edildiği belirtilmektedir. (Bond, v.d., 2012: 297). Ayrıca yaklaşık elli milyon kişinin sosyal medya verileri üzerinden çalışmalar yapıp bu verilerin ABD başkanlık seçimlerini ve Brexit oylamasını etkilemek için kullanıldığı Facebook-Cambridge Analytica veri skandalı da bu konuya örnek gösterilebilmektedir.

Gizliliğin Endüstri 4.0'ın gelişimi çerçevesinde BİT'teki hızlı büyümenin ortaya çıkardığı toplumsal sorunlardan biri olduğu görülmektedir. Bilgilerin paylaşılması ve izlenmesi, kullanıcıların veriler üzerindeki kontrolü giderek kaybetmesi ve özel hayata ilişkin bilgilerin kolaylıkla açığa çıkabilmesi gizliliği önemli ölçüde yıpratmaktadır (Andersson ve Mattsson, 2015; Morrar, v.d., 2017: 17).

Örneğin 2015 yılında Almanya'daki sanayi şirketlerinin üçte ikisine siber saldırı gerçekleşmiştir. Veri hırsızlığı, endüstriyel casusluk ve sabotaj girişimleri şirketleri zor durumda bırakmıştır. Bu saldırıları yapanların yüzde 16'si rakip şirketler, yüzde 14'ü bilgisayar korsanları ve yüzde 6'si ise gizli servisler olmuştur. En büyük tehlikeyi ise şirketlerin kendi çalışanları oluşturmıştır. Mevcut veya eski çalışanlar veri hırsızlığının %65'inden sorumlu tutulmaktadır (Efe ve Işık, 2020: 12).

Başka bir örnek ise 2005 yılında Daimler & Chrysler şirketinin on üç otomobil fabrikasına düzenlenen siber saldırıdır. Saldırıyla beraber fabrikalardaki tüm üretim

hatları 5 ile 50 dakika arasında durmuştur. Elli binden fazla çalışanı etkileyen bu saldırı, şirkete yüksek miktarda maddi hasara neden olmuştur (Roberts, 2005).

Siber saldırılar sadece şirketleri değil sosyal hayatı da derinden etkilemektedir. 2015 yılında Ukrayna elektrik şebekesine yapılan bir saldırı kayıtlara geçen ilk elektrik şebekesi saldırısı olmuştur. Ayrıca bu saldırı, siber suçların sosyal yaşamı kötü yönde etkileyebileceği kanıtlamıştır. İki yüz binden fazla kişinin elektriği kesilmiş ve altı saat sonra ancak bazı bölgelere elektrik verilmeye başlanmıştır (Lee, v.d., 2016).

Yeni üretim sistemleri uzaktan yönetilebildiği ve nesneler arasında iletişim sağlayabildiği için normal veri sistemlerine göre daha büyük risk altındadır. Sanal ve fiziksel sistemlere yapılan saldırılar donanımları, çalışanları ve şirketleri etkileyerek zarar verebilmektedir. Önemli verilerin sızmasını engellemek ve üretim sistemlerini güvenli bir altyapıda tutmak için siber güvenlik konusunda çalışmalar yapılmaktadır (Khan, 2017: 4).

Teknolojik gelişmelerle beraber tüm verilerin bulut platformlarda saklanmaya ve para transferi ve satın alma gibi işlemlerin sanal yollarla yapılmaya başlanması bu işlemler sırasında paylaşılan kişisel ve kurumsal bilgilerin saldırılara karşı sıkıca korunmasını gerekli kılmaktadır. Bununla ilgili olarak geliştirilen en etkili çözümlerden birisinin blok zinciri (blockchain) teknolojisi olduğu düşünülmektedir. Kısaca tanımlamak gerekirse blok zinciri, verilerin birbirine bağlanıp birden fazla kopyasının oluşturularak dijital dünyaya dağıtılmasını ve bu verilerle herhangi bir işlem gerektiğinde işlemin tüm kopyalar tarafından onaylanmasını gerektiren bir kriptografi örneğidir. Günümüzde blok zinciri her ne kadar kripto para birimleriyle anılsa da bankalar, devlet daireleri ve noterler gibi birbirinden farklı alanlarla kendine kullanım alanı bulabilmektedir.

Blok zinciri teknolojisi kullanılmaya başlanmadan önce veriler sanal ortamda tek bir yerde saklanmaktaydı. Bu da verilere ulaşılması durumunda onu siber saldırılara karşı savunmasız hale getirmekteydi. Blok zincirinde ise tüm veriler ondan önceki ve sonraki veri ile birbirine bağlanarak kayıt altına alınmakta ve sonrasında bu veriler kopyalanarak dağıtılmaktadır (Usta ve Doğantekin, 24-31). Örneğin Ali, Esra ve İdil'in gerçekleştirdiği para transferlerinin bilgilerinde blok zinciri teknolojisi

uygulanacak olsun. Bu transferler gönderici, alıcı ve tutar gibi birçok önemli bilgiyi kendinde bulundurmaktadır. Eğer bu transfer bilgileri olduğu gibi dijital dünyada bırakılırsa değiştirilmesi ve alınması oldukça kolay hale gelmektedir. Blok zincirinin farkı ise şu şekildedir. Sırasıyla önce Ali'nin sonra Esra'nın sonra da İdil'in bilgisi işlenmiş olsun. Her transfer bilgisi kendi kendini onaylayıp doğrulasın. Ardından bu transferler kendinden önce ve sonra gelen transferleri de doğrulamış olsun. Bu durumda Esra'nın transferi kendisinden önce Ali'nin transferinin olduğunu biliyor. İdil'in transferi de kendisinden önce Esra'nın transferi olduğunu biliyor. Böylece her transfer bu ikili onaylama işlemini yaparak birbirine zincir gibi bağlanmış oluyor. Eğer bu bilgiler tek bir yerde tutulursa yine güvenlik açığı meydana geleceğinden zincirdeki her bir bilgi için ayrı ayrı kopyalar oluşturuluyor. Sonuç olarak herhangi bir veride değişiklik yapmak istendiğinde hem zinciri koparmak hem de bunu tüm kopyalara birden ulaşılarak yapmak gerekiyor. Bu da günümüzde imkânsıza yakın olarak nitelendirilmektedir.

Standart savunma uygulamalarının benimsenmesi, eğitim verilmesi ve farkındalık yaratılması siber saldırıları önlemenin en etkili yollarından bazılarıdır. Bu nedenle şirketler kötü amaçlı yazılımların kurumsal savunmayı delmek amacıyla gönderdiği istenmeyen e-postaları fark edebilmeleri için çalışanlarını eğitmelidir. Bunun haricinde güvenilir ve saygın anti-virüs yazılımları yüklenmelidir. Cihazların güvenlik güncelleştirmeleri otomatik yapılmalıdır. Kaynağı bilinmeyen e-postalar açılmamalı ve tanınmayan kişilerden gelen davet ve mesajlar silinmelidir. Ücretsiz sitelerden veya reklamlardan uygulama indirilmemelidir. Sanal alışverişler sadece ürünlerin web sitesi gibi saygın siteler üzerinden yapılmalıdır. Parolaları oluştururken karakter, sayı, büyük harf ve küçük harften oluşan kombinasyonlar kullanılmalıdır. Kullanılan web tarayıcılarının güncel olup olmadığına dikkat edilmelidir. Güçlü saldırılara bile direnebilen büyük şirketlerin verdiği DNS hizmetlerinden faydalanılmalıdır (La Trobe University, 2020).

1.4. Endüstri 4.0 ile İlgili Tartışmalar

Endüstri 4.0, 2011'de adının ilk duyulduğu andan itibaren gerek gelişmiş gerekse gelişmekte olan ülkelerin fazlaca dikkatini çekmiştir. Küreselleşmenin etkisiyle

sermaye dolaşımının serbestleşmesi ve üretimin yer değiştirebilmesi üretimi, emeği ucuz olan, vergi avantajları sağlayan ve ülkeler arası ilişkilerin kolay yürütülebileceği Çin gibi Uzak Doğu ülkelerine kaydırmıştır. Geçen zamanda üretimin kaydırıldığı bu ülkeler kendi ürünlerini geliştirerek ürünlerini ürettiği diğer ülkelere birer rakip haline gelmiştir. Almanya başta Çin olmak üzere Uzak Doğu ülkelerinin bu atılımına cevap vermek amacıyla yeni bir endüstri devriminin adını duyurmuştur.

Uzun zamandır otomasyonlaşmanın ve dolayısıyla üretimin ayrılmaz unsuru olan BİT gerek sensörler gerekse çipler şeklinde onlarca yıldır bütün endüstrilerde fakat mevcut teknolojik sistemlerin yetersizliğinden dolayı birtakım sınırlar çerçevesinde kullanılmıştır. Başka bir deyişle bu teknolojiler tam potansiyelini gerçekleştirememiştir (Da Xu, 2011: 631). Bunun sebebiyse kurulan sistemlerin üretimin sadece belirli bir alanında sınırlı kalması, yönetim ve üretim departmanları arasındaki bağlantıyı sınırlı şekilde sağlaması ve entegrasyon seviyesinin düşük olmasıdır. Bu nedenle teknolojik yeniliklerle beraber yönetim ve üretim arasındaki bu entegrasyonu sağlayan ve akıllı ve otonom operasyonlara izin veren daha geniş bir operasyonel perspektife ihtiyaç duyulmuştur (Cheng v.d., 2015: 408-410). Fatorachian ve Kazemi, 2018’de yapmış oldukları çalışmalarında bu ihtiyaç doğrultusunda kolaylaştırıcı teknolojilerin üretim yapısına dâhil edilmesi gerekliliği sonucu ortaya çıkan IoT’nin ve CPS’nin yeni bir devrim anlamına geldiğini belirtmektedir. Aynı zamanda bu ihtiyaçların geleceğin temelini oluşturduğunu vurgulamaktadır (Fatorachian ve Kazemi, 2018: 634).

Endüstri 4.0’ı teknik bir bakış açısıyla inceleyen Oesterreich ve Teuteberg, bu yeni endüstriyel paradigmayı dijital değer zinciri yaratılması, yüksek seviyeye çıkan iletişim olanaklarının etkisiyle üretim yapısının dijitalleşmesi ve otomasyonlaşması şeklinde yorumlamaktadır (Oesterreich ve Teuteberg, 2017). Endüstri 4.0 ile ilgili literatür incelendiğinde değer zincirleriyle ilgili çalışmaların yoğunlukta olduğu görülmektedir. Değer ağları aracılığıyla yatay entegrasyon, ağa bağlı üretim sistemleriyle dikey entegrasyon ve uçtan uca tüm değer zinciri boyunca her bir noktanın birbirine bağlanmasıyla dijital entegrasyon sağlanmaya çalışılmaktadır.

Kimi ülkelerde başka isimlerle adlandırılan Endüstri 4.0'ın yeni bir devrim olup olmadı ıyla ilgili uzun süredir çeşitli tarti malar yürütülmektedir. Uluslararası literatür incelenirken geleceğe dönük yapılan tahminleri içeren çalışmalara bakıldığında     nc  Endüstri Devriminin ana gücü olan otomasyonlaşma kavramının sıklıkla kullanılması Endüstri 4.0 ile ilgili bu tarti maları haklı çıkaran argümanlardan biri olmaktadır.

Google Trends verileri incelendiğinde Endüstri 4.0'ın Almanca karşılığı olan "Industrie 4.0" kavramının günümüze kadar en çok Almanya, Avusturya, İsviçre ve Tunus'ta yoğun şekilde arandığı görülmektedir. İngilizce karşılığı olan "Industry 4.0" ise Malezya, Singapur, Zimbabve ve Kamboçya  lkelerinde çoğunlukla aranmıştır. Endüstri 4.0 kavramı ise Türkiye'de 2018 aramalarında en üst seviyeye ula mı  ve ardından giderek azalmıştır.

B T uzun zamandan beri üretimde kullanılmaktadır. Merkezine akıllı üretim veya akıllı fabrika gibi yeni üretim sistemini alan Endüstri 4.0'a yönelik en önemli eleştirilerden biri B T kullanımına ilişkindir. Bazı görüşler günümüz üretim sisteminde sadece B T'in geliştirilmiş versiyonlarını kullanmanın yeni bir devrim niteliği ta ımayaca ını belirtmektedir. Ayrıca eleştirilerde dikkat çeken diğer detaylar ise şimdiye kadar olan dönüşümün küçük bir boyutta olduğu ve önceki endüstri devrimlerinde gözlenen değişimlerin henüz ya anmadı ıdır (Demir ve Ciciba , 2017: 5-6).

Sachsenmeier, 2016'da yapmış olduğu çalışmasında Endüstri 4.0 ile ilgili tanımlamaların eksik olduğunu ve bu eksikliklerin Endüstri 4.0 kendine uygulama alanı bulmadan önce tamamlanması gerektiğini belirtmektedir. Ayrıca çalışmasında bu tanımlamaların ve uygulamaların doğru şekilde yapılması hususunda alınması gereken yolun nasıl olacağından bahsetmektedir. Başlangıçta tanımlamaların sınırlı bir alanda do du unu sonrasında politika, akademi, danışmanlık ve işletme yönetimi gibi paydaşlar tarafından tanımların geni letildi ini vurgulamaktadır. Günümüzde ise tanımlamaların henüz gerek işletmeler gerekse toplum tarafından kanıksanmadı ını ve bu sebeple halkın Endüstri 4.0'a karşı kayıtsız bir tutumda olduğunu söylemektedir (Sachsenmeier, 2016). Endüstri 4.0 ile ilgili yapılan çalışmaların geneline bakıldığında

tanımlamaların algılanma düzeyini ölçmenin ve devrimin olası etkilerine dair çıkarımlar yapmanın önemli bir yer edindiği görülmektedir. Böylece Sachsenmeier'nın eleştirilerinin yerinde olduğu konusunda haklılık payı verilebilmektedir.

Demirbağ ve Yıldırım, Endüstri 4.0'ı literatür ve tematik anlamda inceleyen bir çalışma yapmıştır. 2018'de yapılan bu çalışmada yeni devrimin temel aldığı eğitim, teknoloji, yönetim vb. ana temalarına ve bunların alt dallarına yer verilmiştir. Çalışma sonunda Endüstri 4.0'ın henüz çok genç olduğunu ve çalışmaların çoğunun iş modellerinin dönüşümü ve endüstriyel süreçlerin iyileştirilmesi için yeni teknolojilerin kullanımı konusunda yapıldığını belirtmektedir. Ayrıca çalışmaların çoğunun vaka çalışması gibi nitel yöntemlere odaklandığı, deneysel yöntemlerin nadiren kullanıldığı ve alanın çok yeni olmasının bunun altında yatan temel neden olduğu vurgulamaktadır (Demirdağ ve Yıldırım, 2018).

Piccarozzi v.d. 2018'de yaptıkları çalışmalarında geçişin oldukça zor olduğu Endüstri 4.0'ın birbirini etkileyen birçok disiplinin kesişen teması olduğunu belirtmektedir. Endüstri 4.0'ın yönetsel ve ticari yönlerine adanmış bir çalışmanın yapılmış olmasının çok zor olduğu söylemektedir. Buna sebep olan etkeni ise yapılan çalışmaların teknik mühendislik, BİT veya sürdürülebilirlik alanlarında yoğunlaşması şeklinde açıklamaktadır. Bu bir yandan konunun zenginliği açısından anlaşılabilir görünmektedir. Diğer yandan ilgili işletmeler tarafından Dördüncü Endüstri Devriminin pek çok yönünün yeterince araştırılmamış veya kesinlikle keşfedilmemiş olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca Endüstri 4.0'ın hala yeni bir çalışma konusu olmasının ve bu nedenle her disiplinin sınırlarının henüz tanımlanmamasının dikkat çekici diğer yönler olduğu belirtilmektedir. Değer yaratma, rekabet gücü kazanma, başarılı olma, strateji oluşturma ve tüm bunları uygulama anlamında Endüstri 4.0'ın işletmeler açısından henüz yolun başında olduğu vurgulanmaktadır. Yeni devrimle ilgili deneysel çalışmaların sadece Almanya'da küçük örneklerle yapıldığı ve Endüstri 4.0'ın itici sektörlerinden olan otomotivde ise sadece üç ülkede araştırıldığı göze çarpmaktadır (Piccarozzi v.d., 2018: 16-20).

Yang ve Gu yapmış oldukları çalışmalarında Endüstri 4.0'ın henüz emekleme aşamasında olduğunu, çok sayıda teknolojik unsuru birbirine entegre etmeye çalıştığını, adının ilk duyulduğu andan itibaren yeni kavramların birbiri ardına ortaya çıktığını ve Endüstri 4.0'ın tek bir standardının olmaması sebebiyle her ülkenin kendine özgü versiyonunu ortaya attığını belirtmektedir. Ayrıca ülkenin sahip olduğu pazarların ve sektörlerin birbirinden farklı olmasının Endüstri 4.0 yaklaşımlarındaki bu denli çeşitliliğin ana sebeplerinden olduğunu vurgulamaktadır. Örneğin Almanya için tam otonom ve internet tabanlı akıllı fabrikalar Endüstri 4.0'ın temelini oluşturmaktadır. AB (Avrupa Birliği) ise bu devrime bir bütün olarak yaklaşarak akıllı teknolojileri her alanda geliştirmeyi amaçlamaktadır. Önceki üç endüstri devriminden farklı olarak bu devrimde yaklaşım farklılıkları yoğun bir şekilde görülmektedir (Yang ve Gu, 2021: 2).

İKİNCİ BÖLÜM

ALMANYA'DA VE TÜRKİYE'DE ENDÜSTRİ 4.0 ALANINDAKİ GELİŞMELER

Bütün dünyayı her alanda etkileyerek dönüşüm yaşatan Endüstri 4.0 Devriminde kazanan olmak isteyen birçok ülke tüm altyapısını, politikalarını ve stratejilerini bu doğrultuda yenileme yoluna gitmektedir. Kimi ülkeler Endüstri 4.0 konusunda ilk hamleyi yapmak için yol haritalarını belirlemeye başlamaktadır.

Almanya 2011'de yeni endüstri devrimine tanım koyarak ona Endüstri 4.0 adını veren ilk ülke olma özelliğini taşımaktadır. Ayrıca mühendislik konusundaki başarıları sayesinde bu devrime öncülük eden ülkeler arasında yer almaktadır. Endüstri 4.0 konusunda gelişimi yönetmesi amacıyla 2013'te "Plattform Industrie 4.0" adlı bir platform oluşturulmuştur. Teknolojik dönüşümü sağlamak için konseptler ve çözümler geliştirerek bunları uygulamaya koymayı, şirketleri yeni bilgi ve prototipleri uygulamaya koyabilmeleri konusunda desteklemeyi, fikirleri Endüstri 4.0 kapsamında değerlendirmeyi ve uluslararası standardizasyon süreçlerine katkıda bulunmayı amaçlayan platformla ülkenin Endüstri 4.0 konusunda öncü olması amaçlanmaktadır.

Türkiye'de Endüstri 4.0 kavramının ilk olarak 2015 yılında konuşulmaya başlandığı görülmektedir. İlk resmi çalışma ise 2016 yılında akıllı üretim sistemlerine yönelik çalışma yapılması gündem konularından biri olan BTYK (Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu) toplantısı olmuştur. Bu karar doğrultusunda bir dizi çalışma yürütülerek özel sektör kuruluşlarının, üniversitelerinin, kamu kurumlarının ve araştırma enstitülerinin katılımı sağlanmaya çalışılmıştır.

Dönüşümde yaşanan gelişmelerin iki ülke arasındaki benzerliklerini ve farklarını daha iyi anlayabilmek için bu bölümde Almanya'da ve Türkiye'de Endüstri 4.0 gelişmeleri karşılıklı olarak incelenecektir. Yürütücüler ve yürütülen platformlar hakkında bilgi verilecektir. Hizmetler, sanayi ve tarım sektörü üzerinden aynı başlıklar altında yapılacak olan bu inceleme ile konunun daha iyi anlaşılması sağlanacaktır. Bölümün sonunda ise Endüstri 4.0 parametreleriyle ilgili birtakım temel veriler karşılaştırılacaktır.

2.1. Almanya'daki Endüstri 4.0 Gelişmeleri

Almanya'da 2012'de uygulanmaya başlanan “High-Tech Strategy 2020 Action Plan” adlı yüksek teknoloji planıyla Endüstri 4.0, ülkenin yüksek teknoloji stratejisine yön verecek on projeden biri olarak yerini almıştır. Endüstri 4.0'ın Almanya'nın mühendislik konularındaki üstün yeteneklerini artırarak üretimdeki teknolojik liderliğini sağlamlaştırmada önemli bir rol alacak olması plana dâhil edilmesinin önemli sebepleri arasında yer almaktadır. Ayrıca Endüstri 4.0'ın son yıllarda oldukça talep gören akıllı çevrim içi hizmetlerin yanı sıra bilgisayarları ve bilgisayarlarla ilgili ürünleri çevre dostu bir şekilde tasarlayıp üretip kullanıp ve gerektiğinde geri dönüştürüp bilgi teknolojisi işlemlerinin çevre üzerindeki olumsuz etkisini en aza indirmeye amaçlayan “Yeşil Bilişim” sektöründeki proje ve faaliyetleri güçlendirmesi ve geleneksel endüstrinin dijitalleşmesini ilerletmesi amaçlanmıştır. Gelecekte yapılacak olan üretimin doğaya zarar vermeyen ve teknolojinin bütün nimetlerinden faydalanan bir yapıya dönüştürülmesi için çalışılmaktadır (MacDougall, 2014, 13).

Dijitalleşme yolunda nerede olunduğunu belirten Dijital Olgunluk Seviyesine bakıldığında Almanya, 3.4 puanla Üçüncü Endüstri Devrimiyle Endüstri 4.0 Devrimi arasında yer alan otomasyonlaşmasını tamamlamış ve Endüstri 4.0'a doğru ilerleyen bir ülke olarak konumlanmaktadır. Endüstri 4.0 ülkenin üretimdeki ve makine mühendisliğindeki geleneksel olan güçlü konumunu dijital dönüşüm boyunca sürdürmek ve hem yerel işletmeleri hem de uzun yıllardır üretim yapan makine ve tesis yapılarını korumak anlamına gelmektedir. Bu sebeple üretim süreçlerini kalite, fiyat ve esneklik açısından optimize etmek ve daha iyi finansal hizmetler sunmak amaçlanmaktadır. Ayrıca çeşitli şirketlerin ve kuruluşların katıldığı ve katılımcıların tamamının kendilerini Endüstri 4.0'la bütünleştirmek istemesiyle sonuçlanan bir araştırmada yapılmıştır. Araştırmada katılımcıların %54'ünün Endüstri 4.0'ın geleceğini aktif olarak şekillendirmede öncülük etmek istediği ve %33'ünün ise sektörde Endüstri 4.0'ı benimseyen ilk şirket olmak istediği görülmüştür (Kagermann, v.d., 2016: 37).

Bu doğrultuda ülkeyi yeni bir devrim olan Endüstri 4.0 konusunda lider yapmak için ikili bir strateji önerilmiştir. Sistemlerin, normların ve standartların geliştirilmesi

üzerine kurulu bir ilerlemenin yanı sıra Endüstri 4.0'ın somut faydalarını şirketlere gösteren faydacı ve yüksek fikirli çözümler geliştirilmeye çalışılması vurgulanmıştır. Ayrıca girişimlerin ve araştırma gruplarının Endüstri 4.0'ın işletmelere nasıl fayda sağlayacağını gösteren daha çok çalışma yapması gerektiği belirtilmiştir (Kagermann, v.d., 2016: 39). 2017 yılı Ocak ayı itibariyle BMBF (Federal Eğitim ve Araştırma Bakanlığı) ve BMWi (Federal Ekonomi ve Enerji Bakanlığı) tarafından başlangıç olarak 200 milyon avro tutarında finansman sağlanan Endüstri 4.0 için öncelikle birtakım standartlar belirlenmeye ve farkındalık yaratılmaya çalışıldığı görülmektedir (Klitou, v.d., 2017).

2018'e gelindiğinde Alman hükümeti tarafından fonlanan, araştırmacıların yeni fikirler geliştirmesini ve bu fikirlerle de yeni ürünler ortaya çıkarmasını sağlamak amacıyla "The High-Tech Strategy 2025" adlı yeni bir yüksek teknoloji planına geçilmiştir. Bu plan kapsamında aktif ve otonom sağlık hizmetleri, günümüz ve gelecek kuşaklar için yenilenebilir enerji ve iklim koruması uygulamaları, akıllı ve sıfır emisyonlu ulaşım sistemleri, akıllı şehir sistemleri, açık ve özgür bir toplum için koruma ve güvenlik hizmetleri, insana yakışır bir iş ve güçlü bir ekonomi için standartlar ve sistemler konusunda yapılan çalışmalar finanse edilmektedir (BMBF, 2018a).

2019'da ise Endüstri 4.0 Devrimi için "2030 Vision" adlı özerklik, birlikte çalışabilirlik ve sürdürülebilirlik temellerine dayanan başka bir plan daha oluşturulmuştur. Piyasadaki tüm paydaşların (işletmeler, çalışanlar, bilim insanları, bireyler) kendilerine bireysel iş modeli yaratmasından ve şekillendirmesinden bireyin Endüstri 4.0 ekosistemi içinde satın alma kararı vermesine kadar tüm süreçlerde kendi belirledikleri mekanizmalarla bağımsız ve adil bir rekabet anlayışı kurma özgürlüğüne kavuşması ve özerkliğin temelini oluşturması amaçlanmaktadır. Bunu sağlamak için dijital dünyanın herkese açık ve erişilebilir olması, verilerin korunması ve güvenliğinin sağlanması ve teknolojik gelişimin sürdürülmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Farklı paydaşlar için operasyonları ve süreçleri içeren esnek bir iş ağı oluşturulması, ağlardaki güvenlik sorumluluğunun paydaşlara eşit bir şekilde dağıtılması ve herkesin katılımının sağlanması birlikte çalışabilirlik için olmazsa olmaz şeklinde nitelendirilmektedir. Bu amaçla standartların geliştirilmesi, bütünleşme sağlanması,

düzenleyici bir yapı oluşturulması, merkezi olmayan sistemlere geçilmesi ve AI uygulamalarının aktif şekilde kullanılması gibi faaliyetler yürütülmektedir. Bireyin refahı ve yaşam kalitesi ve toplumun yaşam standartları sürdürülebilirlik için en önemli kriterler olduğundan bunu sağlamak adına hayat boyu öğrenme olanaklarının geliştirilmesi, tüm işlerin insana yakışır iş seviyesine çıkarılması, toplumun tümünü kucaklayan bir yapının oluşturulması, paydaşlar için geniş kapsamlı bir sosyal katılımın sağlanması ve iklim değişikliğinin azaltılması hususunda çalışılmaktadır (Plattform Industrie 4.0, 2019: 4-8).

2.1.1. Yürütücü Aktörler

Almanya'nın Endüstri 4.0 vizyonunu gerçekleştirmek için her alanda bütün halinde ilerlediği görülmektedir. Bir dizi önemli araştırma ve ticaret şirketleri ve kurumlar yakın iş birliği içinde yürütücü aktör görevini üstlenmektedir.

Bilimsel anlamda ülkedeki özel, bağımsız ve kâr amacı gütmeyen kuruluş olan Acatech (Alman Bilim ve Mühendislik Akademisi) yurt içinde ve yurt dışında Alman bilimsel ve teknolojik topluluklarının çıkarlarını temsil etmektedir. Nitelikli teknik değerlendirmeler ve öneriler sunarak politika yapıcılar ve toplulukları desteklemektedir. Bilimsel tavsiyeler vermek, uzman aktarımları yapmak, genç bilim insanları ve mühendisleri yetiştirmek ve mühendisliğin ortak çıkarlarını temsil etmek temel amaçları arasındadır. Endüstri 4.0'ın temelinde yer alan aktörlerden olan Acatech 2010 yılında yeni devrimin temel bileşenlerinden olan CPS üzerine araştırma projesi başlatmıştır.

2006'da BMBF tarafından başlatılan "Industry-Science Research Alliance" bakanlıkların ortak iş birliği ile geleceğe yönelik yapacağı girişimlerin teknoloji stratejilerine uygunluğu açısından değerlendirilmesi üzerine bilim ve endüstriden on dokuz önde gelen temsilciyi bir araya getiren danışma grubudur. Bu grup daha sonra Acatech ile Ocak 2011'de geleceği yeniden düzenleyecek proje diye nitelendirilen Endüstri 4.0 projesini başlatmıştır (Barner, v.d., 2013).

DFKI (Yapay Zekâ Alman Araştırma Merkezi) 1988 yılında kurulmuş olan bu merkez, uygulama odaklı temel araştırmalar yapmakta ve BİT alanında ürün

güncelleştirmeleri, prototipler ve patentlenebilir çözümler geliştirmektedir. Endüstri 4.0 konusunda önemli aktörlerden biri olup BMBF tarafından finanse edilen çeşitli projeler gerçekleştirmektedir. Industry-Science Research Alliance’ın bir parçası olan DFKI, Endüstri 4.0 için ilk konseptler üzerinde çalışmıştır. Son yıllardaysa önde gelen üreticilerle birlikte canlı bir laboratuvar olarak görülen dünyanın ilk “akıllı fabrika” sistemini işletmektedir (Die Bundesregierung, 2016).

Kâr amacı gütmeyen kuruluşlardan bir diğeri olan Fraunhofer, Avrupa’nın en büyük uygulamalı bilimler araştırma ve geliştirme organizasyonudur. Ekonomik kalkınmayı yönlendiren ve toplumun tamamına ulaşmaya çalışan uygulamalı araştırmalar yürütmektedir. Aynı DFKI gibi Industry-Science Research Alliance’ın bir parçası olup 2011 yılından itibaren Endüstri 4.0’ın şekillenmesine katkı sağlamaktadır. 2012 yılından beri de devlet tarafından finanse edilen KapaflexCy adında oldukça esnek ve kendi kendini organize eden kapasite yönetimi alanında endüstri ortaklarıyla bir çalışma yapmaktadır (Bauer, v.d., 2014: 10761).

2011 yılında kurulan ve akıllı teknik sistemler alanında uluslararası standartlar belirlemeyi amaçlayan bilim ve endüstri teknolojisi ağı olan “It’s Owl” 200’den fazla şirketi, araştırma enstitüsünü ve kuruluşları bir arada toplamaktadır. Endüstri 4.0 dijital dönüşümü doğrultusunda akıllı ürünler ve üretim süreçleri için çözümler geliştirilmektedir. Kendi kendini optimize eden üretim sistemleri, akıllı makineler, otomatlar, akıllı araçlar, akıllı ev aletleri ve akıllı şebeke yönetimi gibi konular üzerinde çalışılan çok sayıda proje yönetilmektedir (It’s Owl, 2020).

Başlangıçta çeşitli araştırma grupları tarafından geliştirilmeye çalışılan Endüstri 4.0 projelerini bir çatı altında toplamak için 2013 yılında “Plattform Industrie 4.0” adlı bir platform oluşturulmuştur. Endüstri 4.0 ile ilgili tüm konularda ilgili aktörleri dâhil etmek için bir yapı niteliği görevindedir. 6 binden fazla üye şirketi temsil eden BITKOM, VDMA ve ZVEI gibi büyük kuruluşların öncülüğünü yaptığı bu platforma 2015’te birçok yeni şirket, dernek ve sendika da eklenmiştir. Platformun temel amacı teknolojilerin ve standartların iş ve organizasyon modellerini geliştirmek ve bunların pratikte uygulanmasını sağlamaktır (Plattform Industrie 4.0, 2020).

2005'te hayata geçirilen ve DFKI'nin merkezinde bulunan SmartFactoryKL teknoloji girişimi ise en güncel BİT'in endüstriyel uygulaması için bir örnek olması amacıyla kurulmuş Avrupa'daki ilk "akıllı fabrika" örneğidir. Tesiste Endüstri 4.0'ın temel yönleri sezgisel ve anlaşılabilir şekilde gösterilmeye çalışılmaktadır. Bu girişim yenilikçi otomasyon teknolojilerinin farklı sektörlerde geliştirilmesini, uygulanmasını ve yaygınlaştırılmasını desteklemenin yanı sıra bilim ve endüstride de yaygın şekilde kullanılması için temel sağlamayı amaçlamaktadır. Fabrikada örnek olarak sabun üretimi yapılmaktadır (SmartFactoryKL, 2020). Bu fabrikayı akıllı yapan nokta ise plastik şişelerin arkasında yer alan ve hafıza görevi gören çiplerdir. Bu çipler sayesinde üretim boyunca üretim sistemine dışarıdan herhangi bir insan müdahalesine gerek kalmamaktadır. Şişelerin hangi renkte sabun ile doldurulacağı sistemler tarafından bilinebilmekte ve böylece üretim otomatik bir şekilde kendiliğinden gerçekleşmektedir (Yelis, 2016).

2.1.2. Endüstri 4.0'ın Öncü Sektörleri

Endüstri 4.0 kavramı ortaya çıktığı andan itibaren yapılan çalışmalar, kurulan yapılar, Almanya'nın geleceğe dönük gerçekleştirmeyi planladığı politikalar, fonlanan girişimler ve projeler incelendiğinde dönüşümün çeşitli sektörlerin öncülüğünde yaşanacağı görülmektedir. Bu sebeple Endüstri 4.0'ın ülkelerdeki gelişimini görmek amacıyla hizmetler, sanayi ve tarım sektörlerinden seçilmiş bazı alt sektörler üzerinden inceleme yapılacaktır. Bu alt sektörler ise hizmet sektöründen eğitim, sağlık, veri yönetimi, iletişim ve siber güvenlik; sanayi sektöründen ulaşım, elektrik/elektronik, iklim ve çevre ve enerji son olarak tek bir başlık altında incelenen tarım sektörü şeklindedir.

2.1.2.1 Hizmetler Sektörü

Ekonomideki yapısal değişiklikler ve demografik çalkantılar mekânsal ve sosyal anlamda eşitsiz gelişmeye yol açabilmektedir. Bu sebeple herkes için eşit yaşam koşulları yaratmanın insanlığın temel vazifelerinden biri olması gerekmektedir. Teknolojik gelişmeler sayesinde dijitalleşmenin sunduğu fırsatların yapısal değişim üzerinde doğru şekilde kullanılması durumunda bu güçlükleri ortadan kaldırmak

mümkün olabilmektedir. Almanya Endüstri 4.0 kapsamında yeni finansman girişimleriyle ve inovasyona dayalı sürdürülebilir ve sosyal açıdan adil olan yapısal bir değişimle birlikte ülkeyi yeniliklerin, büyümenin, istihdamın ve refahın en önemli itici gücü yapmayı planlamaktadır.

Endüstri 4.0'a öncülük eden Almanya'da istihdamın sektörel durumuna bakıldığında 1870'te dağılım %50 tarım, %29 sanayi ve %22 hizmetler iken 1950'de %22 tarım, %43 sanayi ve %35 hizmetler şeklindedir (Maddison, 1995: 39). Her geçen yıl hizmetler ve sanayi sektöründe istihdam oranının hızla artmaya devam ettiği görülmektedir. Endüstri 4.0 politikalarının başlatıldığı yıl olan 2011'e gelindiğinde tarım %1,65, sanayi %28,24 ve hizmetler %70,12 olarak görülmüştür (World Bank, 2019b). 2020'de ise tarım %1.17, sanayi %26,78 ve hizmetler %75.05 şeklinde olmuştur (Plecher, 2020).

Almanya'da hizmetler sektörü istihdamın dörtte üçünü kapsamaktadır. Sanayi sektöründeki teknoloji kullanımının Endüstri 4.0'la beraber giderek hız kazanmasıyla bu sayı her geçen yıl gittikçe artmaktadır. Ülkede dönüşüm konusunda her alanda gelişme kaydedildiği görülmektedir. Hizmetler sektörü bu çalışmada Almanya'nın en çok üzerinde durduğu eğitim, sağlık, veri yönetimi, iletişim ve siber güvenlik üzerinden incelenmeye çalışılacaktır.

Endüstri 4.0'la ilgili en büyük korkulardan biri üretimin büyük bir kısmının akıllı robotlar tarafından yapılması halinde istihdam oranlarının düşerek işsizliğin hızla artacak olmasıdır. BCG'nin Almanya'nın sanayi sektöründe yaptığı bir araştırmada ise bunun tam tersinin olacağı tespit edilmiştir. Araştırma sonucuna göre robotlaşmayla birlikte istihdam da artmaktadır. Teknolojik gelişmeler doğrultusunda on yıllık süre içinde istihdamda %6 oranında bir artış beklenmektedir. Sanayi sektöründeki istihdamın hizmet sektörüne kayarak özellikle de yazılım geliştirme ve bilgi işlem alanlarında istihdamı artırması beklenmektedir. Ayrıca teknolojiye yeni gelişmelere bağlı olarak düşük yetkinlik gerektiren işlerin dijital sistemlerle yapılmaya başlanmasının bu işlere yönelik emek talebini azaltması öngörülmektedir (Lorenz, v.d., 2015).

2.1.2.1.1 Eğitim

Endüstri 4.0 Devriminde hız kazanmak için yeni araştırma alanlarına ve teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar da yeni beceriler ve yetenekler gerektirmektedir. Gelecekte tüm alanlarda dijital eğitime geçilmesi planlanmaktadır. 2020'nin ilk aylarından itibaren tüm dünyayı etkileyen Covid-19 salgını ise dijital eğitime olan yatırımların ne kadar önemli olduğunu gözler önüne seren bir süreç niteliğindedir. Bu konuda Almanya uzaktan eğitimde verimliliği artırmak için öğretmenlere ücretsiz bilgisayar dağıtımı gibi çözümler geliştirmiştir.

Almanya'nın üretimde bu kadar başarılı olması birtakım önemli gelişmeler sayesinde. Dünyanın en yetenekli işgücüne sahip olmak için çalışanların eğitime yönelik yatırımlar düzenli olarak yapılmaktadır.

Almanya'nın eğitim sisteminde şu an devam eden ve gelecekte yapılması planlanan birçok eğitim programı bulunmaktadır. Bu programlar yeni meslekler edindirme, vasıflı işgücü yaratma, yeni teknolojilere uyum sağlama, disiplinler arası etkileşim kurma ve hayat boyu öğrenme çerçevesinde ilerlemektedir. Endüstri 4.0 kapsamında aynı zamanda eğitim konusundaki gelişmeleri tanımlayan bir kavram olan Eğitim 4.0 çerçevesinde yapılan ve geliştirilen birden çok program ve strateji bulunmaktadır. Yaşam boyu öğrenmeyi, mesleki gelişimi ve açık öğretimi içeren birkaç projeye aşağıda yer verilmektedir.

Çalışma dünyası giderek daha dijital, hızlı ve özel hale gelmektedir. Çalışanların buna uyum sağlaması için eğitime devam etmesi bir zorunluluktur. Yaşam boyu öğrenmeyi sağlamak ve ileri eğitimin kariyerin doğal bir parçası haline gelmesi için BMBF ve BMAS (Federal Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı) tarafından 2018'de üç yıl sürecek "National Strategy for Continuing Education" adlı bir strateji oluşturulmuştur. Şirket içi ileri eğitimlerin sorumluluğu şirketlere ait olmasına rağmen bütünsel bir gelişim için devletin, şirketlerin, çalışanların ve sosyal paydaşların bir araya gelmesi gerekmektedir. Bu sebeple BMBF tarafından yeni teknik olanaklar, AI ve bireysel ve esnek yeni öğrenme teknikleri desteklenmektedir. Bu stratejiyle beraber insanların kendi ihtiyaçlarına göre uyarlanmış ileri eğitimleri akıllı algoritmalar yardımıyla dijital ortamda almaları sağlanmaktadır. Kariyer yapma olanaklarının artırılması ve bunun

önüne geçen mali engellerin ortadan kaldırılması için yeni teşvik eğitim yasasına 350 milyon avro ödenek ayrılmaktadır. Sertifikasız bir şekilde öğrenilmiş bilgilerin sertifikalandırılması kolaylaştırılmaktadır. Düşük vasıflı çalışanlar için eğitim olanakları yaratılmaktadır. Dijital dönüşüm için şirketler arası eğitim sistemleri kurulmaktadır. Bunlarla ilgili olarak Nisan 2020’de BMBF tarafından “INVITE” adında herkesin kendisine ve yaşam durumuna uygun eğitimi dijital olarak mümkün olduğunca çabuk ve kolay bir şekilde alabilmesi için profesyonel eğitim dijital platform yarışması başlatılmıştır. Ayrıca Temmuz 2020’de mesleki eğitim ve ileri eğitim için BMBF tarafından on yedi proje seçilmiş ve bu projelere finansman sağlanması kararlaştırılmıştır (BMBF, 2020c).

Dijital ortamların insan hayatının önemli bir kısmında yer alması sebebiyle rekabet gücünün artırılması için mesleki eğitim ve ileri eğitimde bu ortamların kullanılması önem arz etmektedir. Bu nedenle BMBF tarafından 2012’de “Digital Media in Vocational Education and Training” adlı son beş yılda üç yüze yakın geliştirme ve test projesinin desteklendiği bir proje oluşturulmuştur. Böylece internet tabanlı teknolojiler sayesinde mesleki eğitim ve yeterlilik süreçlerinde kullanılmak üzere hem mobil olarak hem de mevcut işyerlerinde yeni öğrenme teknikleri geliştirilmeye başlanmıştır. Ayrıca bu dönüşümde en önemli etken eğitmenlerdir. Onların da dijital ortamlar hakkında geniş bilgi sahip olmaları ve bu bilgileri yetkin bir şekilde kullanabilmeleri için bin iki yüz eğitmen eğitilmiştir. Bu projeye BMBF ve Avrupa Sosyal Fonu tarafından 2012-2019 yılları arasında 152 milyon avro destek sağlanması planlanmıştır (BMBF, 2017: 9).

Artan öğrenci sayısı ve öğrenim gereksinimi, teknolojik dönüşüme hız kazandırma isteği ve hayat boyu öğrenmeye olan ilgi nedeniyle üniversitelere yoğun bir talep oluşmaktadır. Bu sorunla mücadele etmek için 2011’de ülke genelinde “Advancement through Education: Open Universities” adında uygulama başlatılmıştır. 2011-2020 yılları arasında 220 milyon avro finansman sağlanan bu uygulamaya başta uygulamalı bilimler üniversiteleri de dâhil olmak üzere elli kurum katılmıştır. 2014’te buna kırk altı üniversite daha eklenmiştir. Toplamda doksan beş üniversite ve üç üniversite dışı araştırma kurumu bünyesindeki yetmiş üç ortaklı veya bireysel projeye ve yüz yirmi iki kuruma finansman sağlanmaktadır. Bu yolla mesleki eğitim ve öğretim ile

yükseköğrenim arasındaki geçirgenlik artırılmaktadır. Yeni bilgiler günlük hayata entegre edilmektedir. Kalıcı bir nitelikli personel tedariki sağlanmaktadır. Bilime dayalı yaşam boyu öğrenmeyi amaçlayan programlar ve sertifika kursları düzenlenmektedir (Wissenschaftliche Begleitung, 2020).

Endüstri 4.0 Devrimine uyum sağlamak için okullardaki donanımların iyileştirilmesi ve eğitim sırasında dijital teknolojinin tüm nimetlerinden faydalanılması gerekmektedir. Dijital ortamların okulla bütünleştirilmesi okul içinde ve dışında öğrenim ağını daha iyi hale getirmekte ve mekânlara olan bağlılığın dezavantajlarını ortadan kaldırılabilmektedir. Bunu sağlamak için 2019'de "Digital Pact for Schools" adlı bir uygulama beş yıllık bir dönemde 5 milyon avro finansman sağlanarak başlatılmıştır. Ülke genelinde kırk bin okulun ve yaklaşık on bir milyon öğrencinin bu uygulamadan fayda sağlaması beklenmektedir. Bu uygulama kapsamında mesleki eğitim için gerekli olan özel dijital çalışma cihazları, prototip geliştirmek için son teknoloji makineler, VR gözlükleri, görüntüleme cihazları, 3D yazıcılar, etkileşimli yazı tahtaları vb. finansman sağlanan ekipmanlar arasında yer almaktadır (BMBF, 2020d).

2.1.2.1.2 Sağlık

Teknolojik gelişmeler yardımıyla hastalıkların engellenmesi sayesinde 1770'li yıllarda yaşam beklentisi dünya genelinde yaklaşık 28.8 yılken bu 2019'da 72,6 yıla çıkmıştır. Her ülkenin gelişmişlik düzeyi farklı seyrettiği için Almanya ilk verisini 1875'te toplayabilmiştir. O yıl 38.4 yıl olan yaşam beklentisi 2019'da 81,3 yıla kadar yükselmiştir (Roser, v.d., 2019). Dolaşım sistemi hastalıkları, felç, solunum yolu hastalıkları, kanser, diyabet, alzheimer, alerji ve psikolojik rahatsızlıklar günümüzün en çok can kaybına yol açan sağlık sorunlarının başında gelmektedir (Pietrangelo, 2019). Bu sorunlara çözüm bulunması durumunda hem yaşam kalitesinin yükselmesi hem de yaşam beklentisinin artması beklenmektedir.

Almanya Endüstri 4.0 kapsamında sağlık sorunlarıyla mücadele için çeşitli yollar benimsemiştir. Bu hususta kanser sebeplerini ortadan kaldırma, erken teşhis yöntemleri, yeni tedaviler ve hasta takip sistemleri konularında çalışmak üzere projeler başlatılmıştır. Hastalıkların ortaya çıkmasını daha iyi anlayarak önlemek, yeni sağlık

politikalarına doğru verileri sağlamak ve nüfusun sağlık durumundaki ve sağlık hizmetlerindeki gelişmeleri haritalandırmak için nüfusun tümünü içeren araştırmalar planlanmıştır. Hastalar, hemşire bakımı ve sektördeki diğer ihtiyaçlar doğrultusunda medikal sektöründeki teknolojiler desteklenmektedir. Teletıp gibi ülkenin her yerine kolayca tıp hizmeti götürülebilmesini sağlayan hizmetler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Bulaşıcı hastalıkların gitgide daha büyük bir küresel tehdit haline gelmesi sebebiyle antibiyotikler gibi yeni aktif maddelerin geliştirilmesi amacıyla G7 ve G20 ülkeleriyle beraber mücadele yoluna gidilmektedir. Koruyucu ve kişiselleştirilmiş tıbbi bakım için ilgili bilgileri, araştırma sonuçlarını ve deneysel verileri tek bir tıklamayla her hekime ulaştırılarak tedavi kararlarına dâhil edilmeleri sağlanmaktadır. Ağa bağlı altyapılar aracılığıyla en yeni teknolojilere kurumlar arası erişim veren ve belirli teknik ve yasal verileri koruma gereksinimlerini dikkate alan kalite güvenceli ve standartlaştırılmış veri toplama hizmetleri geliştirilmektedir. Yenilikçi e-sağlık hizmetlerinin geliştirilmesi ve uygulanması ve dijital bir sağlık platformunun oluşturulması için yol haritası hazırlanmaktadır. İnsanları sağlıklı bir yaşam doğrultusunda egzersiz yapmaya motive etmek için fiziksel aktiviteyi teşvik etmeye yönelik uygulama araştırmaları desteklenmektedir. Sağlıklı beslenmeyi toplumun ayrılmaz bir yaşam parçası haline getirmek amacıyla hızlı tüketim ürünlerinin tüketiminin ve şeker, yağ ve tuz oranlarının azaltılması için teşviklerde bulunmaktadır (BMBF, 2018b: 16-19).

Kanser hastalarının hayatta kalma oranlarında son kırk yılda önemli bir artış görülmektedir. Bunun ana nedenlerinden biri de hedefe yönelik tedaviler için patolojik sürecin daha iyi anlaşılmasıdır. Buna rağmen kanser Almanya’da en önemli ölüm nedenidir. 2019’da beş yüz binden fazla kanser tanısını konurken 2030’da bu rakamın altı yüz bine çıkması beklenmektedir (Nationale Dekade Gegen Krebs, 2020).

Her muayenede ve tedavide toplanan veriler hastalık süreci hakkında yeni bilgiler içerdiği için araştırmalarda büyük öneme sahiptir. Aynı zamanda daha iyi bakım, hızlı ve kesin teşhisler ve hastaya özel uyarlanmış tedavi seçenekleri için de oldukça yararlıdır. Bu veriler çoğu zaman düzgünce tutulmadığı için kullanılamamaktadır. Ancak dijital olarak kaydedilen bu verilerin aynı kurallara ve uluslararası standartlara uygun olarak belgelenmesiyle kullanımı mümkün görünmektedir. Sağlık araştırmaları ve dijitalleşme yoluyla daha iyi sağlık hizmetleri sunmak için sağlıkla ilgili verilere

ilişkin olarak BMBF, BMWi ve Sağlık Bakanlığı ortaklaşa bir şekilde “Daten für Gesundheit: Roadmap für eine bessere Patientenversorgung durch Gesundheitsforschung und Digitalisierung” projesini 2019 yılında başlatmıştır. Bu projeye beraber hizmetler ve araştırmalar için dijital ağlar oluşturulmakta ve geliştirilmektedir. Verilerin kullanılabilirliği, güvenliği ve kalitesi artırılmaktadır (BMBF, 2020e). Covid-19 salgını başladığından beri Almanya’nın güncel ve güvenilir araştırmaları ve tedavi verilerini zamanında yayınlaması tek tip tanı ve tedavi planlarının geliştirilmesine, araştırmaların yapılmasına ve aşılardan birinin de bulunmasına olanak sağladığı açıkça görülmektedir. Bu da verilere neden bu kadar önem verilmesi gerektiğine örnek teşkil etmektedir.

2.1.2.1.3 Veri Yönetimi

Büyük veriden ihtiyaca uygun olan verilerin seçilerek analiz edilmesi bunun sonucunda da ortaya bilgi ve katma değer çıkarılması oldukça enerji ve zaman harcayan bir süreçtir. Endüstri 4.0’ın muhtemel etkilerini görmek amacıyla yazılan bu tezin yazım süreci buna örnek olabilmektedir. Bu sürecin yaklaşık %95’i veri madenciliği denilen doğru ve faydalı veriye ulaşma işleminden oluşmaktadır. Kalan %5’lik kısım ise analiz ve raporlama sürecidir. Verilerden en hızlı şekilde faydalanarak Endüstri 4.0 yarışında öne geçmek için herkes bu madencilik sürecini mümkün olduğunca kısaltmaya çalışmaktadır.

Veri yönetimi konusunda çeşitli uygulamalar ve stratejiler geliştirilmekte ve AI, makine öğrenme ve derin öğrenme gibi dallardan faydalanılmaktadır. OECD (Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü) verilerine göre Almanya’da AI konusunu içeren yirmi dokuz politika bulunmaktadır. Her biri için 1 milyon avrodan 500 milyon avroya kadar değişen destekler sağlanmaktadır (OECD, 2020b).

2018’in sonlarında BMBF, BMWi ve BMAS tarafından ortaklaşa geliştirilen bir AI stratejisi başlatmıştır. Bu stratejiyle beraber Almanya ve Avrupa’yı AI alanında lider merkez haline getirmek ve rekabet gücünü artırmak ve pekiştirmek amaçlanmaktadır. AI’nin toplumun yararına hizmet etmesi için kontrollü bir şekilde geliştirilmesi ve yayılması güvence altına alınmaktadır. AI uygulamalarının toplumun etik değerlerini, kültürünü, yasalarını ve kurumsal yapısını dikkate alacak şekilde geliştirilmesi için

çalışılmaktadır. Stratejinin uygulanması için 2019-2025 döneminde hükümet tarafından yaklaşık 3 milyar avro finansman sağlanması planlanmıştır. 2020’de yayınlanan raporda stratejinin başarıya ulaşması için yapılanlar sıralanmıştır. AI konusunda sağlam bir temel oluşturmak için belirli kullanıcı gruplarını hedefleyen “Teach and Learn AI” adlı bir platform kurulması ve ayrıca üniversitelerin gelişime dâhil edilmesi amacıyla en az yüz yeni kürsü açılması önerilmektedir. AI’nin ileri mesleki eğitimlerde kullanılmasını sağlamaya yönelik yeni bir strateji başlatılmaktadır. Her yıl en az bin KOBİ ile etkileşimde bulunması için KOBİ danışmanlık merkezlerinde AI eğitmenleri görevlendirilmektedir. Gelecekte hangi becerilerin gerekli olduğunu incelemek amacıyla beceri izleme sistemi oluşturulmaktadır (Ki Strategie Deutschland, 2020).

Ülkedeki AI araştırmalarını daha ileriye götürmek ve uluslararası alanda ses getirmek maksadıyla yetkinlik merkezleri kurulmakta ve geliştirilmektedir. Bu merkezlerin temeli BMBF tarafından büyük veri ve makine öğrenimi için düzenlenen programlara dayanmaktadır. BIFOLD adında Berlin’deki büyük veri ve makine öğrenimi merkezleri birleştirilerek Almanya’nın en büyük AI yetkinlik merkezi 2019’da oluşturulmuştur. On dört farklı üniversite ve kurum bu merkez bünyesinde toplanmıştır. Dünya çapında kullanılacak teknolojiler oluşturmak ve ayrıca bu teknolojilerin endüstriyel kullanımını desteklemek ve ilerletmek amacıyla çalışma yapılmaktadır. Makine öğrenimi ve büyük veri arasındaki arayüzde çalışılmaktadır. Ölçeklenebilir veri yönetimi, veri bilimi süreçlerinin yönetimi, yeni mimariler ve sistemler, güvenilir ve şeffaf veri, gelecekteki bilimsel ve ticari AI uygulamaları vb. ana konularında ilerleme sağlanmaktadır. MCML, 2018’de insanlar için AI sistemleri, anlaşılabilir modelleme ve çıkarım, makine öğrenimi otomasyonu ve profesyonel topluluklar çerçevesinde AI hizmetler sağlamak için Münih’te oluşturulmuş diğer bir merkezdir. Tıp, sağlık hizmetleri ve mobilite alanlarındaki ortak araştırma faaliyetlerini ve bilim ve endüstrideki iş birliği ortaklıklarının yeterliliklerini daha da genişletmeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda klasik bilgisayar bilimi ve istatistik kurslarına ek olarak yüksek lisans kursları düzenlenmiş ve bir doktora programı açılmıştır. “Veri Bilimi” alanında sertifika kursu düzenlenmiştir. Hem nicelik hem de nitelik olarak endüstri ile yakın iş birliği için koordinasyon ofisleri oluşturulmuştur.

Ayrıca Dortmund, Dresden ve Tübingen gibi büyük şehirlerde benzer amaçlar doğrultusunda yetkinlik merkezleri de faaliyete geçirilmiştir (DLR Projektträger, 2020).

Verilerin algoritmalar ve AI yardımıyla işlenmesi büyük bir potansiyel olmanın yanı sıra çok sayıda etik ve yasal sorunu da gündeme getirmektedir. Bu sebeple 2018’de “Data Ethics Commission” adında verilere etik boyuttan da bakması amacıyla bir veri etik komisyonu kurulmuştur. Bu komisyonla bireyin, sosyal uyumun ve bilginin refahının korunması ve geliştirilmesi amaçlanmaktadır (Daten Ethik Kommission, 2019). Komisyon, söz konusu düzenlemelerin gerekli olduğunu ve sırf etik değerlere uygun olsun diye değiştirilemeyeceğini ve aynı zamanda etik açıdan ilgili olan her şeyin mevzuatta yer alamayacağını belirtmektedir. Düzenlemelerin teknolojik ve sosyal inovasyonu ve pazarın büyümesini engellemeyecek bir yapıda olması gerektiğini savunmaktadır (Tranberg, 2019).

2.1.2.1.4 İletişim ve Siber Güvenlik

BİT, kullanıcıların bilgilere erişmesine ve bilgileri depolamasına, iletmesine ve değiştirmesine olanak sağlayan iletişim yöntemleri, yazılımlar ve cihazlardan oluşmuş bir bütün olarak adlandırılmaktadır. Televizyon, cep telefonu, bilgisayar, tablet, akıllı saatler, uydu sistemleri, dijital ortamlar, uzaktan eğitim hizmetleri vb. birer BİT örneğidir. Tüm endüstriyel süreçlerin neredeyse tamamında bu teknolojiler kullanılmaktadır. IoT’nin gelişmesiyle BİT’in payının gelecekte daha da artması beklenmektedir.

BİT 150 milyar avro civarında bir hacme sahip olduğu, %6’lık bir gayrisafi değer oluşturduğu ve 2012’de 860.000 ve 2019’da %30 artarak 1,2 milyon (Koptuyug, 2020) çalışanın istihdam edildiği bir sektör olduğu için Almanya’nın Endüstri 4.0 Devriminde önemli rol oynamaktadır (BMBF, 2020b). Bu sebeple BİT gelişimini sağlamak adına farklı bir program oluşturulmuştur. BMBF tarafından sağlanan Endüstri 4.0 için bilgi teknolojileri sistemlerini de içeren “ICT 2020: RESEARCH FOR INNOVATIONS” programı ile IoT’nin, iş süreçlerinin ve üretim yöntemlerinin geliştirilmesine yoğunlaşmıştır (MacDougall, 2014, 13).

Almanya'nın en güçlü sektörleri olan otomotivde, medikal teknolojide ve lojistikte %80'lik pay ile en önemli kısmı BİT almaktadır. Bu nedenle BİT yenilikçiliği en önemli alanları arasında yer aldığından bu program başlatılmıştır. Bu aynı zamanda küçük ve orta ölçekli işletmelerin teknolojik bilgi birikimine erişiminin iyileştirmesini de içermektedir. Bunu sağlamak adına finansmandan bu tarz işletmelerin daha fazla pay almasının yolu açılmaktadır. BMBF ve BMWi tarafından sağlanan yılda yaklaşık 300 milyon avro destekle sektörde teknoloji liderliği sağlamlaştırmaya ve genişletilmeye çalışılmaktadır (BMBF, 2007).

4G'den yaklaşık on kat daha hızlı olan 5G teknolojisi Endüstri 4.0 dönüşümüne etki edecek en önemli teknolojiler arasında yer almaktadır. Bu hususta Almanya'nın önde gelen telekomünikasyon şirketlerinden olan Deutsche Telekom ülkedeki ilk 5G teknolojisini 2019'de hizmete sokmuştur. 2020'nin sonuna kadar da ülkenin dörtte üçüne bu hizmeti vermeyi planlamaktadır. Diğer telekomünikasyon şirketleri de benzer şekilde 5G teknolojilerini hizmete sokmaktadır (Habel, 2020).

5G'nin en önemli avantajı iletimlerde daha yüksek hız, daha düşük gecikme, daha fazla uzaktan müdahale kapasitesi ve daha fazla sayıda bağlanabilir cihaz ve sanal ağ sağlamasıdır. Bulut kullanımının yoğunlaştırılmasıyla tüm cihazlarda dâhili belleğe veya depolamaya daha az ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece bazı cihazların kullanılması için gerekli olan işlemci şartı ortadan kalkmaktadır. Düşük gecikme süresi ve sensörlerin artması sayesinde bir endüstriyel tesisin makineleri, lojistiği, nakliyesi ve otonom ulaşım araçları uzaktan daha hızlı kontrol edilebilmektedir. Daha fazla cihazın sisteme bağlanabilmesi sayesinde IoT uygulamalarının yaygınlaşması ve bütün bir endüstriyel tesisin tamamen uzaktan kontrol edilmesi mümkün görünmektedir (IOT Solutions World Congress, 2019).

Dijital dünyada güvenlik önemli bir rol oynamaktadır. Teknolojik gelişme zamanla güvenlik sistemlerini ve güvenlik risklerini değişikliğe uğratmaktadır. Enerji, lojistik ve ulaşım ağları, iletişim sistemleri, sağlık hizmetleri, kişisel veriler vb. siber risklerle karşı karşıya kalmaktadır. Ülkeler ve şirketlerse bu riskleri en aza indirmek için çeşitli politikalar düzenlemekte ve yatırımlar yapmaktadır.

BMBF tarafından 2015'te siber güvenliği sağlamak ve ülkenin endüstriyel konumunu güçlendirmek amacıyla “Self-Determined and Secure in the Digital World” adlı bir strateji sunulmuştur (Mattauch, 2017: 16). 2017'de ise “Privacy and Informational Self-Determination in the digital World of Work” adlı başka bir strateji daha sunulmuştur. Bu stratejiyle de istihdam verilerinin dijital ortamda korunması ve iş dünyasını dönüştürecek teknolojilerde ilerlenmesi amaçlanmaktadır (Mattauch, 2017: 31).

2.1.2.2 Sanayi Sektörü

Almanya'da sanayi sektörü üç temel sebepten dolayı güçlü ve sürdürülebilir konumda yer almaktadır. İlk olarak sanayinin ekonomide oynadığı rol oldukça büyüktür. Sanayiden kaynaklanan GSYH (Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla) payı diğer Avrupa ülkelerine göre oldukça yüksektir. Başlıca OECD ülkelerinden yalnızca Güney Kore ve Çin bu pay konusunda Almanya'nın ilerisinde görünmektedir. İkinci sebep mesleklerdir. Sanayi sektörü istihdamı toplam istihdamın nispeten yüksek bir payını oluşturmaktadır. Üçüncü önemli sebepten ihracattır. Ülkede ihracat GSYH payının %52'sini oluşturmaktadır. Örneğin ABD'de bu yalnızca %12 seviyesindedir. Bu sebeple ABD'nin 668 milyar dolar ticaret açığı varken Almanya'nın 425 milyar dolar ticaret fazlası vardır (Parilla, v.d., 2015).

Üretimde bu kadar başarılı olmaları birtakım önemli gelişmelerin sonucunda gerçekleşmektedir. Dünyadaki en yetenekli işgücünü oluşturmak için çalışanlara yatırım yapılmaktadır. Örneğin odağın ve önceliğin dört yıllık üniversite derecesi olduğu ABD'de 2014'te 26-64 yaş arası Amerikalıların %42'si üniversite eğitimi almıştır. Buna karşılık Almanya'daki oran %28'dir. Almanya bu oranla OECD ülkeleri arasında on sekizinci sırada bulunmaktadır. Ülkedeki üniversite mezunlarının sadece %3'ü fen bilimleri, mühendislik, teknoloji ve matematik bölümlerinde yer almasına karşın bu oran ABD'de %33'tür. Herkesi üniversite mezunu yapmak yerine imalatla yüksek vasıflı işler de dâhil olmak üzere daha çeşitli yollar sunan ve gençlerin mesleki eğitim ve öğretimde kalmasını sağlayan “ikili eğitim sistemi” yapısı tercih edilmektedir (Audretsch, 2018: 2). Endüstri 4.0 kapsamında bu sistemin geliştirilmesi için yüksek miktarda finansman sağlanmaktadır.

Almanya'ya özgü KOBİ işletmeleri olan “Mittelstand” ülkenin sanayi sektöründe bu denli iyi olmasının sebeplerinden bir tanesidir. KOBİ'lerden biraz daha farklı olarak yönetim, insan kaynakları ilişkileri, yerel topluluklara olan bağ, finans durumları ve uzun vadeli yatırımlar değişiklik göstermektedir. Üretimin bel kemiğini oluşturan, yüksek teknolojiler kullanan, üretimde belli bir üründe lider pazar payına sahip olan ve “Gizli Şampiyonlar” diye adlandırılan Mittelstandlar GSYH payının %58'ine sahiptir (Audretsch, 2018: 4).

Diğer birçok sanayileşmiş ülkenin aksine daha en başında yeni teknolojiler üretim süreçleriyle bütünleştirilerek istikrarlı bir işgücü oluşturma yoluna gidilmiştir. Bu yolla Endüstri 4.0 projesinin bir parçası olarak ülkeyi 2020'ye kadar CPS'nin lider sağlayıcısı yapmak hedeflenmektedir. Üretim tesisleri, ürünler, akıllı stok sistemleri, radyo sensörleri, akıllı yazılımlar ile her şeyin dijital olarak harmanlanmasıyla gerçek ve sanal dünya arasında bir köprü oluşturulmaktadır. IoT yetenekleri geliştikçe bu iki dünya arasındaki sınır gittikçe kalkmaktadır. Almanya'nın gömülü sistemlerdeki ve CPS'deki teknik uzmanlığı ise ülkeyi Endüstri 4.0 konusunda lider ülke yapma fırsatı sunmaktadır.

2.1.2.2.1 Ulaşım

Otomobilin dünyada ilk defa icat edildiği ülke olan Almanya, otomotiv sektörünün en önemli ülkeleri arasında yer almaktadır. Dijitalleşme ve yeni teknolojilerle bağlantılı olarak ulaşım araçlarına yönelik geliştirilen otonom sürüş özellikleri, yeni sistemler ve altyapılar mobilitayı hızlandırmaktadır. Gelişmelerin önüne geçmemesi açısından hukuki altyapı yeniden düzenlenmektedir.

Ulaşım ve lojistik hizmetlerinin daha sürdürülebilir ve akıllı olması sağlanmaya çalışılmaktadır. Modern BİT kullanılarak araç, enerji ve yollar sistematik olarak bir araya getirilmektedir. Şehirlerin gerekli noktalarına elektrikli araçlar için şarj istasyonları kurulmaktadır. Özel ulaşım, toplu taşımaya, kara ve su üzerinde yük taşımacılığına ve havacılığa yönelik otonom sürüş özelliğine sahip araçların geliştirilmesi için çalışma yapılmaktadır.

Yaşanılabilir bir çevre ihtiyacına bağlı olarak çevrenin korunmasına yönelik politikalar arttıkça enerji kaynaklarının da yeni standartlara uyması, toplumun beklentilerini karşılaması ve çevreyle uyumlu olması gerekmektedir. Bu sebeple alternatif olarak kirlilik içermeyen sentetik yakıtlarla ve elektrikle ulaşım hizmeti sağlanmaya çalışılmaktadır. Pil gibi çeşitli enerji depolama hizmetleri üzerinde çalışmalar hızlandırılmaktadır.

Teknolojik gelişmelerin etkisinin en çok görüldüğü alanların başında elektrikli otomobiller gelmektedir. 2025'e kadar dünya genelinde yaklaşık 600 yeni elektrikli ve hibrit aracın tanıtılması ve böylece müşteri tercihlerinin bu yöne kayması planlanmaktadır. Ayrıca yine 2025'e kadar toplam sermayenin yaklaşık %25-30'una denk gelen 120 milyar dolardan fazla bir bütçenin elektrikli araçlarda kullanılan teknolojilere ayrılacağı düşünülmektedir. Diğer yandan araçların artık internete bağlı hale gelmesi siber güvenlik sorununu ortaya çıkarmaktadır. Bu sebeple siber güvenlik pazarının 9,7 milyar dolara ulaşması ve yıllık bileşik büyüme oranının %7 olması beklenmektedir (Heineke, v.d., 2020: 12-13).

Hibrit ve plug-in elektrikli araçların küresel satışının 2030'a kadar dünya genelinde araç satışlarının neredeyse %50'sini oluşturacağı tahmin edilmektedir (Statista Research Department, 2020a). Elektrikli araç satış rakamlarının artırılması için vatandaşlar teşvik ve firmalar sübvansede edilmektedir. 2019'da Almanya'da 100 binden fazla yeni elektrikli araç satışı yapılmıştır. Çin'de bu sayı 3,3 milyon ve ABD'de ise 1,4 milyon civarındadır (Scerra, 2020). Çin'in ve ABD'nin rakamının bu kadar yüksek olmasının sebepleri arasında hem ülke nüfuslarının Almanya'ya göre fazla olması hem de elektrikli otomobil konusunda çok daha erken yatırım yapmaya başlamaları yer almaktadır.

BMW tarafından 2016'da kurulan "Modernity Fund (mFUND) Research Initiative" adlı bir araştırma girişimi aracılığıyla ulaşım sisteminin geliştirilmesi için Ar-Ge projeleri finanse edilmektedir. Bu girişim yalnızca maddi yardım sağlamakla kalmayıp aynı zamanda farklı etkinlik biçimleriyle siyasi alandaki paydaşların yanı sıra iş ve araştırma grupları arasında ağ kurmayı da desteklemektedir. Navigasyon hizmetleri, araç paylaşım platformları, yolculuk planlama sistemleri, hava durumu uygulamaları

vb. gibi alanlarda teknoloji geliştiren girişimcilere, işletmelere ve üniversitelere fon sağlanmaktadır. 2020'nin sonuna kadar 200 milyon avro tutarında finansman sağlanması planlanmaktadır (BMWİ, 2020a). Buna ek olarak fondan yararlananların kullanabilmesi için ücretsiz bir bulut tabanı oluşturulmuştur. Bu tabana akademiden ve endüstriden gelen verilerin güncel bir şekilde aktarılması sağlanmaktadır. Böylece daha fazla veri seti bulunmakta, kayıtlar sayısallaşmakta ve yeni veriler toplanmaktadır (BMWİ, 2020b). Eylül 2019'da başlayan "FreeRail" projesi bu konudaki en iyi örneklerdendir.

"FreeRail" projesiyle beraber tam otomatik bir şekilde otonom ve insansız hava taşıtlarıyla ülkedeki 33.440 km uzunluğunda olan demiryolu ağında yer alan rayların geçtiği yerlerdeki bitki örtüsünün, hava koşullarının ve olası hasarların sürekli olarak kontrolü sağlanmaya çalışılmaktadır. Normalde bu kontrol insanlar tarafından belli aralıklarla yapılmaktaydı. Bu da kontrol sürelerini oldukça uzatmakta ve olası hatalar yüzünden ulaşım ve lojistik seferlerinde gecikmelere ve güvenlik sorunlarına neden olmaktaydı. Bu projeyle beraber tüm bunların önüne geçilmeye çalışılmaktadır. (Quantum Systems, 2019).

Elektrikli araçlarda kullanılan lityum iyon piller geleceğin enerji depolama aracı olarak görölmektedir. Bu sebeple Almanya dâhil olmak üzere gelişmiş birçoğk ülke pil hücresi üretimi için geliştirmelere destek olmaktadır. 2018'de ihtiyaç duyulan pil gücü talebi saatte 142 gigawatt iken bunun 2030'da saatte 2.333 gigawatt seviyesine çıkacağı düşünölmektedir. Çinli batarya üretici CATL şirketinin değerinin 2015-2019 arasında tam dokuz kat artmış olması pillere olan talebi gözler önüne sermektedir. Ayrıca beş yıl içinde küresel lityum iyon pil pazarının 2025'e kadar 71 milyar dolara ulaşarak iki katına çıkması beklenmektedir (Scerra, 2020).

Avrupa'da başarılı bir pil hücresi üretim endüstrisi kurmak için BMBF ProZell adında amacı pil hücrelerinin üretim sürecini araştırmak ve iyileştirmek, hücre özelliklerini ve bunun ürün geliştirme maliyetleri üzerindeki etkisini değerlendirmek ve yeni pil türleri üretmek olan bir gruba 2016'dan beri fon sağlamaktadır. şu ana kadar yirmi sekiz proje desteklenmiştir. Bunlardan on iki tanesi ise sonlandırılmıştır (Prozell, 2020).

2014'te Avrupa Komisyonu tarafından Avrupa'da satılacak tüm hususi ve ticari araçlarda uygulanacak bir karar alınmıştır. Bu karara göre aracın gerekli tekerine acil durumlarda fren uygulayarak kontrolden çıkmasının engelleyen program olan ESP (Elektronik Denge Programı) standart donanım haline getirilmiştir. Böylece Avrupa'da otonom araç dönemi resmi olarak başlatmıştır (European Commission, 2021). Otonom araçlar beş seviyede değerlendirilmektedir. ESP sürücüyü sadece yardım ettiği için birinci seviye olurken içinde direksiyon veya pedal olmayan araçlar beşinci seviyededir (NHTSA - Ulusal Karayolu Trafik Güvenliği İdaresi, 2021). 2020 itibarıyla satışı gerçekleşen araçlar üçüncü seviye olup bir sürücünün çevreyi gözetimine ve gerektiğinde de müdahalesine ihtiyaç duymaktadır.

Son yıllarda otomotiv endüstrisindeki en büyük gelişmelerden biri kendi kendine giden otonom araçlardır. Almanya, dünyanın otomotiv endüstrisine yön veren ülke konumunda bulunduğu için dolayı yarı ve tam otonom sürüş sistemlerinin trafiğe açık yollarda kullanılmasına izin veren ilk ülke olmuştur. Dikkatsizlik, aşırı hız, hatalı sollama, uykusuzluk ve takip mesafesi ihlali gibi sebepler yüzünden çoğu zaman ciddi yaralanmalarla ve hatta ölümlerle sonuçlanan trafik kazalarının sebebi %90 oranında insan hatalarıdır. Ayrıca insanları özel araç kullanmak yerine toplu taşımaya yönlendirerek trafik sorununu da ortadan kaldırmaya yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu sebeple otonom araçların geliştirilmesine yönelik artan hükümet desteği ve daha güvenli ve daha verimli sürüş seçeneklerine duyulan ihtiyaç Alman otonom araç pazarının büyümesini artıran ana faktörlerdendir. 2010-2017 yıllarında otonom araçlarla ilgili dünya çapında yapılan 5.800'den fazla patent başvurusunun %51'i Almanya tarafından gerçekleştirilmiştir. Bunun sebebiyse ülkede daha yüksek otonom seviyelerine sahip yeni modeller sunan çok sayıda orijinal ürün üreticisinin yer almasıdır. Böylece 2023-2030 döneminde %20,2 yıllık bileşik büyüme oranı ile otonom araç pazarının 2030'da 28 milyar dolar hacmine ulaşması beklenmektedir (P&S Intelligence, 2019).

2.1.2.2.2 Elektrik/Elektronik

Bugünün mikro işlemcilerinin neredeyse %98'i makineleri, donanımları ve cihazları kontrol etmek için kullanılmaktadır. Elektronik araçlar hem işyerinde hem de evde işlevselliğin temel belirleyicisi rolündedir. BİT anlamında giderek daha fazla iş çevrim içi olarak hizmet görmektedir. Hizmetler internet üzerinden her geçen gün daha fazla sağlanmaktadır. Bir sonraki aşama ise makinelerin, donanımların ve cihazların da ağa bağlanmasıdır. Bu gerçekleştiğinde üretimde kullanılacak parçaların üretim sürecinde kendi yollarını bulacağı ve makine arızalandığında diğer parçalarla iletişime geçip süreci yeniden düzenleyeceği vurgulanmaktadır (Fraunhofer, 2015).

CPS ile ilgili olarak BMBF sorumluluğunda ve Acatech tarafından yürütülen “Agenda CPS” adlı bir proje başlatılmıştır. Projenin amacı Almanya’nın diğer sanayici ve teknolojik oyuncularla rekabet eden bir pazar lideri ve sağlayıcı kimliğiyle Endüstri 4.0’ı şekillendirmesine olanak tanıyan bütünleşmiş bir CPS için araştırma gündemi oluşturmaktadır. 2025’e kadar enerjiden, mobiliteden, sağlıktan ve endüstriden oluşan dört ana uygulama alanı üzerinden çalışmalar yapılmaktadır (Geisberger ve Broy, 2015).

Endüstri 4.0 için bir başka program ise elektronik sektöründe faaliyet gösteren Wittenstein AG liderliğinde yürütülmektedir. Bilim ve endüstri aktörlerinden oluşan bir konsorsiyum olan CyProS adlı bu program siber fiziksel üretim sistemleri üzerine bir araştırma projesidir. 2012’de üretim ve lojistik sistemleri için temsili bir CPS modülleri yelpazesini araştırmak ve geliştirmek, bu tarz ürünlerin tanıtımı için evrensel uygulamalar, destek araçları ve platformlar sağlamak ve ürünlerin hayata geçirilmesini ve pazarlanmasını sağlamak amacıyla başlatılmıştır (DFKI, 2020).

Mikro elektronik donanım ve yazılım sistemleri mevcut ve geleceğin sistemlerindeki yeniliklerin çoğu için anahtar noktası olmaktadır. Doğrulama yani çalışan sistemlerin doğru çalıştığının tespiti artan karmaşıklıkla birlikte tasarım sürecini zorlayan bir konuma gelmektedir. Bu sebeple simülasyon sonuçlarının CPS kullanılarak doğrulanması amacıyla AUTOASSERT adlı bir proje üzerinde çalışılmaktadır. BMBF tarafından 2020-2023 dönemi süresince fonlanacak bu projeye doğrulamanın insan yerine otomatik olarak yapılması üzerinde çalışılmaktadır (DFKI GmbH, 2020).

Siemens'in Almanya'nın Amberg şehrinde elektronik ürünler üreten ürün yönetimi, üretim ve otomasyon sistemlerinin birbirine entegre edildiği son teknoloji ürünü bir akıllı fabrikasında PLC üretimi yapmaktadır. İki yüz elli tedarikçiden yaklaşık on bin malzemenin temin edildiği bu fabrikada akıllı makineler elli binden fazla versiyonla dokuz yüz elli ürünün üretimini ve dağıtımını koordine etmektedir. Akıllı makineler çalışanlara eş zamanlı veriler sağlayarak üretkenliği artırabilmekte ve kaliteyi iyileştirebilmektedir. Bu sayede fabrikada 1989 yılında bir milyon üretimde beş yüz hatalı ürün çıkarken şu an yalnızca on iki hatalı ürün çıkmaktadır. Bu sayede güvenilirlik oranı %99 seviyesinin üzerine çıkmıştır (Davies, 2015: 5).

Geleceğin çok boyutlu internetinde üretim, ürünler ve hizmetler için oluşturulan başka bir program ise "AUTONOMICS for INDUSTRIE 4.0" olmuştur. Programa 2012'de BMWi tarafından 40 milyon avro finansman sağlanmıştır. Program kapsamında BİT tabanlı kontrol mekanizmalarından otonom hareket eden bileşenlere ve sistemlere geçiş sağlanmaya çalışılmaktadır. Ayrıca yeni ve esnek üretim yapılarında kalite ve verimlilik artışı hedeflenmektedir. Bu sebeple geleceğe yönelik üst düzey ürünleri, hizmet robotlarını, bilgi yoğun elektronik hizmetlerini ve yeni üretim sistemlerini ortaya çıkarmak amaçlanmaktadır (BMWİ, 2012).

BMBF tarafından finanse edilen ve 2011'de CPS geliştirme amacıyla başlatılan programlardan bir diğeri ise RES-COM projesidir. Bu projeye birbiriyle yüksek oranda etkileşim içinde olan sensör sistemleri aracılığıyla bütün üretim sisteminin otomatik olarak izlenmesi ve sarfiyatın minimumda tutulması amaçlanmaktadır. Bunu sağlamak için de kaynakları verimli şekilde kullanmak adına çeşitli senaryolar geliştirilmektedir. SAP, Siemens, IS Predict ve 7x4 Pharma gibi uluslararası şirketlerin de yer aldığı bu proje DFKI tarafından denetlenmektedir (Rashid v.d., 2013). Proje ilerleyen dönemde Avrupa Komisyonu tarafından da finanse edilmiş ve Ekim 2017 yılında sona ermiştir. Tasarımcılara ve üreticilere ürünlerin geri dönüşümünün sağlanmasının, yeniden üretilmesinin ve yeniden kullanımının mevcut düzene kıyasla kârlı, kaynaklar açısından verimli ve kolay olmasını sağlama konusunda yol gösterici olmuştur. Bununla ilgili olarak da birtakım saha uygulamaları da yapılmıştır. (ResCoM, 2020).

2.1.2.2.3 İklim ve Çevre

Küresel ortalama sıcaklık artışının sanayileşme öncesi döneme göre maksimum 2°C olması ve ek olarak bu artışın da 1,5°C altında tutulması için Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi içinde yer alan Paris Anlaşması 2015'te imzalanmıştır. Yüz yetmiş beş ülke tarafından imzalanan bu anlaşmanın taraflarından biri de Almanya'dır. Bu hususta Endüstri 4.0 kapsamında iklimin ve çevrenin korunması adına kullanılması için 2025'e kadar 100 milyar dolar bütçe ayrılmıştır (BMWİ, 2020c).

Anlaşmanın maddeleri topluca kabul edilmediğinden ülkeler arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Almanya gibi bazı ülkelere "yeşile" geçişi öncelik haline getirmek ve iklim değişikliğini hafifletmek için çalışmalar yapmaktadır. Dünyada karbondioksit salınımı her geçen yıl artarken Almanya'da alınan önlemler çerçevesinde bu salınım 1987'den beri sürekli azalmaktadır. Örneğin 1990'da dünyada 20.516 ve Almanya'da 940 milyon ton salınım yapılmıştır. 2005'te bu salınım dünyada 27.045 ve Almanya'da 786.6 seviyesinde olmuştur. 2018'e gelindiğinde ise salınım dünyada 33.513 seviyesine çıkmış ve Almanya'da 696,1 seviyesine düşmüştür (IEA, 2020a).

2019'da Almanya'da elektriğin yaklaşık %43'ü rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji türlerinden üretilmiştir. Bunu sağlamak adına uzun yıllardır "Energiewende" adlı bir enerji dönüşüm programı uygulanmaktadır. 2014'te kabul edilen "The Climate Action Programme 2020" programıyla birlikte 1990'da 1.250 milyon ton karbondioksit eşdeğer olan sera gazı emisyonlarının 2020'ye kadar %40 azaltılarak maksimum 750 milyon tona düşürülmesi için çalışılmaktadır. 2016 yılında yine sera gazlarının büyük ölçüde bitirilmesi, yenilenebilir enerjilerin genişletilmesi ve enerji verimliliğinin artırılması için "The Climate Action Programme 2050" programı belirlenmiştir. Bu programla beraber Almanya, Paris Anlaşması kapsamında gerekli olan uzun vadeli iklim koruma projesi stratejisini hazırlayan ve bunu Birleşmiş Milletlere sunan ilk ülke olmuştur (Die Bundesregierung, 2017).

Elektrikli otomobillerin kullanımının artırılmasıyla ulaşımdan kaynaklı emisyonlar oldukça azalmaktadır. Bu sebeple 2030'a kadar ülke genelinde bir milyon şarj noktası

olmasını sağlamaya yönelik çalışma yapılmaktadır. Halka açık olan şarj noktalarının kurulması için bizzat finansman sağlanmaktadır. Akaryakıt istasyonlarındaki ve otoparklardaki şarj istasyonlarının yanı sıra kullanımını kolaylaştırmak için evde ve işyerlerinde kurulması amacıyla altyapı sistemleri de sübvansede edilmektedir (Die Bundesregierung, 2019).

Su kaynaklarının sürekli azalması sebebiyle suyun daha verimli kullanılması, su kirliliğinin ve israfının önlenmesi, insan sağlığının korunması, üretimin sürdürülebilirliğinin sağlanması, atık suların geri dönüştürülmesinin kolaylaştırılması vb. konularında çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. BMBF tarafından fon sağlanan “Water Research for Sustainability (Water: N)” adlı 2019’da başlatılan projeye arıtılmış belediye su atıklarının tekrar kullanılması, endüstriyel olarak kullanılan suyun sirkülasyonu ve tuzlu suyun ve yüzey sularının arıtılması için çalışılmaktadır. Bunu sağlamak amacıyla yeni arıtma sistemleri tasarlanmaktadır. Arıtma sürecinin sürekli izlenmesi, su miktarı ve su kalitesi gelişiminin takip edilmesi ve kontrol edilmesini sağlamaya yönelik akıllı ölçüm ve kontrol teknolojileri geliştirilmektedir (FONA, 2019).

Federal Çevre, Doğa Koruma ve Nükleer Güvenlik Bakanlığı tarafından sanayi sektöründeki iklim koruma programları kapsamında çeşitli projeler finanse edilmektedir. Çevreci teknolojiler geliştirmeye yönelik olarak 2020’de “Decarbonisation of Industry” adında bir program başlatılmıştır. Bu programla beraber üretim süreçlerinde ortaya çıkan emisyonların sürdürülebilir şekilde azaltılmasına yönelik önlemler üzerinde çalışılmaktadır. Özellikle de enerji yoğun endüstrilerdeki sera gazı emisyonlarını azaltmak için teknoloji geliştirilmektedir (Kompetenzzentrum Klimaschutz, 2020).

İnşaat sektöründe ve metalürji tesislerinde ortaya çıkan mineral atık malzemelerin dönüştürülmesi kaynakların verimli kullanılması açısından en çok zorlanılan konulardan bir tanesidir. Bu yüksek kaliteli ikincil hammaddelerin tekrar kullanılabilmesi için 2018-2024 dönemini kapsayan “Research Concept Resource Efficient Recycling Management” adlı bir proje başlatılmıştır. Çıkan bu ikincil kaynağın tekrar kullanılmasını sağlamanın yanı sıra binaların ve bileşenlerin hizmet

ömrünü artırmak ve değişen kullanım gereksinimlerine göre esnek bir şekilde uyarlayabilmek amacıyla kolayca sökülebilen ve daha sonra da geri dönüşümü kolay olan yapılara geçmek için çalışılmaktadır (FONA, 2018).

2.1.2.2.4 Enerji

Dünya uzun zamandan beri fosil kaynaklara alternatif olarak yeni kaynaklar geliştirme konusunda girişimler içerisinde. Fosil kaynakların sınırlı olması, kaynaklara erişim çabasının ülkeler arasında sorunlara yol açması ve aynı zamanda kullanılması durumunda çevreye olumsuz sonuçlarının olması bu arayışın temellerinden bazılarıdır. Bu hususta mısır, gübre, şeker kamışı, odun gibi doğal ürünlerden enerji üretimi yoluna gidilmiş böylece biyoekonomi diye adlandırılan yeni bir enerji piyasası ortaya çıkmıştır. Geliştirme çalışmalarına bağlı olarak Avrupa’da biyoekonomi sektörü 2016’nın son rakamlarına göre yılda 2.3 trilyon avro işlem hacmine ulaşmıştır. Ayrıca bu sektörde yaklaşık olarak 18.6 milyon kişi istihdam edilmektedir (Piotrowski, v.d., 2019).

Almanya enerji ihtiyacını karşılamak için petrol, kömür, doğal gaz gibi birincil enerji ihtiyaçları konusunda büyük ölçüde dışarıya bağımlıdır. Bununla birlikte yenilenebilir enerjilerin önemi son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. İklim koruma politikaları çerçevesinde zararlı gazların salınımını engellemek için yapılan çalışmalar yenilenebilir enerjiye yönelmenin sebeplerinden biridir.

2010’da enerji kaynaklarındaki dönüşümü hızlandırmayı ve nükleer enerjiyi sonlandırmayı sağlamak için “Energiewende” adıyla bilinen bir plana geçilmiştir. 2018’e gelindiğinde bunun ilk meyvesi verilmiş ve enerji üretiminde yenilenebilir kaynaklar kömürden daha fazla kullanılmıştır (Clean Energy Wire, 2020).

Yenilenebilir enerji kullanımını artırma yolunda uzun yıllardır yatırım yapılması sebebiyle 2020’nin ilk yarısında ülkede en çok kullanılan enerji türü %48,7 ile yenilenebilir enerjiler olmuştur. 2019 verilerine göre ülkede en çok kullanılan enerji kaynakları GW (gigawatt) cinsinden yıllık şu şekilde sıralanmıştır: 60.7 rüzgâr, 48.8 güneş, 29.9 doğal gaz, 22.8 ham petrol, 21.1 linyit, 9.5 nükleer, 8.2 biokütle, 4.8 su ve 4.4 akaryakıt. En büyük pay %40,1 yenilenebilir enerjilere aittir. 2010 yılıyla

kıyaslandığında güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji türlerinin iki kattan fazla arttığı, doğal gaz, ham petrol ve nükleer enerji gibi türlerin de giderek azaldığı görülmektedir (Appunn, v.d., 2020).

2018’de kömürün kullanımının sonlandırılmasının ardından 2022’de nükleer enerjinin de sonlandırılması için çalışılmaktadır. 2017’de rüzgâr enerjisi hem nükleer enerjiyi hem de doğal gazı geride bırakarak ikinci en büyük elektrik üretim kaynağı olmuştur. Ayrıca yenilenebilir enerjinin toplam elektrik üretimindeki payının 2030’a kadar %50’ye, 2040’a kadar %65’e, 2050’ye kadar da %80’e yükseltilmesi planlanmaktadır (IEA, 2020b).

Endüstri 4.0 kapsamında alternatif enerji türlerinin geliştirilmesi ve dağıtılması için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu kapsamda 2018’de “H2ORIZON Project” adlı rüzgâr enerjisinden hidrojen elde edilmesi ve sonrasında bu hidrojenin işlenmesini, sıkıştırılmasını ve dağıtılmasını sağlayıp hidrojen teknolojisini ilerleterek sektörleri birbirine bağlamayı amaçlayan bir proje başlatılmıştır. Uzay ve havacılık alanında uzman olan bir enstitüde uzay, havacılık, enerji, ulaşım ve güvenlik alanlarında hidrojenin kullanımı üzerine çalışılmaktadır. 2019 başlangıcı itibariyle test alanları küçük ve orta ölçekli şirketler dâhil olmak üzere sanayiden potansiyel iş birlikçilerin kullanımına sunulmuştur. Böylece yeni teknolojik ve kavramsal çözümler araştırılmakta ve geliştirilmektedir. Çözümlerin çalışabilirliği test edilmekte ve ayrıca teknolojisi doğrulanmaktadır (DLR, 2020).

Ülke nüfusunun dörtte üçünün şehirlerde yaşaması sürdürülebilir ve enerji açısından verimli bir enerji sisteminin şehirlerde olmasını gerektirmektedir. Ülke genelinde enerji tüketiminin yaklaşık %35’i şehirdeki konutlarda ve işyerlerinde gerçekleşirken bunun da dörtte biri ısı için harcanmaktadır. Bu sebeple 2016’da altı yıl sürmesi planlanan “Solar Building / Energy Efficient City” adlı bir proje başlatılmıştır. Bu proje mahallelerdeki binaların ve enerji altyapılarının enerji açısından yeniden optimize edilmesini, yenilenmesini ve işletilmesini kapsamaktadır. Mahallelerde enerji verimliliğini artırmak, yenilenebilir enerjilere geçişi kolaylaştırmak, enerjiyi en uygun şekilde dağıtmak ve gerekli olan tüm teknolojik ihtiyacı araştırmak ve geliştirmek için çalışılmaktadır. Bununla ilgili olarak binalara en uygun enerji

kaynağının seçilmesi, enerjinin depolanması ve enerji sarfiyatının önlenmesi amacıyla yeni teknolojiler geliştirilmektedir. Enerji tüketiminin izlenmesi ve binaların yeniden planlanması konusunda yeni veri modelleri oluşturulmakta ve standartlaştırılmaktadır. Enerji tasarruflu bina teknolojileri geliştirilmektedir. Veriler otomatik veri analizleri yoluyla analiz edilmekte ve sayısallaştırılmaktadır. Verilerin izleme ve simülasyon için kullanılabilirliği sağlanmaktadır. Ayrıca verilerin güvenliğini sağlamaya yönelik sistemler de geliştirilmektedir (FONA, 2020).

Enerji teknolojileri alanında geleceğe yönelik araştırma ve geliştirmeyi desteklemek amacıyla 2018’de BMWi tarafından “Energy Research Programme of the Federal Government” adlı bir program başlatılmıştır. Program kapsamındaki projeler doğrultusunda 2022’ye kadar harcanmak üzere yaklaşık 7 milyon avro ayrılmıştır. Program özellikle enerji geçişinin gereksinimlerini karşılayan teknolojiler üzerine odaklanmaktadır. Yeni teknolojilerin enerji sistemine entegrasyonu, enerji ağlarının iyileştirilmesi ve enerjinin depolanması üzerine teknoloji geliştirilmektedir (BMWi, 2020d).

2.1.2.3 Tarım Sektörü

Almanya’nın yüzölçümünün yarısı tarımsal amaçlı kullanılmaktadır. Tarıma ayrılmış bu alanlarda neredeyse bir milyon insan yılda 50 milyar avro üzerinde üretim gerçekleştirmektedir. Bilimsel ve teknolojik gelişmeler sayesinde İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra ülkede her bir çiftçi on kişi doyurabilirken şu anda bu rakam yüz kırk iki kişiye yükselmiştir. Dünyanın en büyük üçüncü tarım ihracatçısı olan ülke, ürünlerinin yaklaşık üçte birini ihraç etmektedir (Orth, 2019).

Dünya nüfusunun 2050’de yaklaşık 9,7 milyar olacağı tahmin edilmektedir. Bu nüfusun gıda ihtiyacını karşılamak için tarım sektöründeki teknolojik gelişmelerin hızlandırılması gerekmektedir. Endüstri 4.0’ın hem üretkenliği hem de kaliteyi artırdığı ve çevrenin korunmasına da katkı sağladığı için tarım sektörünü derinden etkileyecek ve dönüştürecek bir gücü bulunmaktadır. Sahip olduğu teknolojiler sayesinde birbirine sanal yolla bağlanabilen traktörlerle ürünler daha hassas bir şekilde toplanabilmekte ve yakıt tüketimi azalmaktadır. Traktörlerin çizeceği rotalar optimize edilebilmektedir. Otomasyon sayesinde üretim sürecinde kullanılan insan gücü

azaltılarak verimlilik artırılmaktadır. Traktörler ve insansız hava araçlarıyla toprak kalitesi, sulama seviyesi, hava durumu ve böcek gibi zararlı canlılar hakkındaki veriler toplanmakta ve sonrasında bu verilerle ölçüm yapılabilmektedir (Bonneau ve Copigneaux, 2017: 2-3). Tarım sektöründe 2023'e kadar dünya genelinde yaklaşık on iki milyon sensör kurulacağı öngörülmektedir. Ek olarak ortalama bir çiftçinin günde yarım milyon veri toplayabileceği ve bunun da çiftçilerin verimini ve kârını artıracığı düşünülmektedir (Meola, 2020).

Tarım arazilerini nadasa bırakma gerekliliği, iklim koşullarındaki olası değişiklikler ve lojistik sorunları gibi sebeplerden dolayı tarımsal üretimi gerçekleştirmek için farklı arayışlar içine girilmektedir. Topraksız tarım diye adlandırılan hidroponik yöntemi bunlardan bir tanesidir. Bu yöntemde toprağa gerek duyulmadan ve su içinde mineral besin çözümleri kullanılarak bitki yetiştirilmektedir (Vertical Roots, 2020).

2019'da topraksız tarım pazarı yaklaşık 4,4 milyar dolar değerine ulaşmıştır ve bunun 2025'te üç katından fazla artarak yılda 15,7 milyar dolara çıkacağı tahmin edilmektedir (Shahbandeh, 2020). Topraksız tarım sayesinde su, besin ve ışık doğrudan bitkilere verildiği için çok geniş arazilere ihtiyaç duyulmadan toprak temelli sistemlerle aynı miktar alanda daha fazla bitki yetiştirilebilmektedir. Bitkiler kontrollü bir şekilde sulandığından dolayı normal tarıma göre on kat daha az su harcanarak su israfının önüne geçilmektedir. Üretim genelde iç mekânda yapıldığından böceklenme sorunu büyük ölçüde ortadan kalkmaktadır. Böylece ürünler daha az kimyasala maruz kalmaktadır. İç mekânda yetiştirme, hava koşullarından daha az etkilenme ve ideal oranda beslenme yapıldığından normal tarıma göre %30 ile %50 arasında daha hızlı büyüme sağlanmaktadır. Besin çözeltileri ayrı bir ortamda hazırlanarak verildiği için verimliliği artıracak en uygun karışımı yapmak mümkün olmaktadır. İç mekânda yapılabilir olması dikine tarımın temelini oluşturmaktadır. Topraktan gelen hastalıklar olmadığı için bitkiler daha sağlıklı yetişmektedir. Hava koşullarından, olası iklim değişikliklerinin ve çevreden gelecek herhangi bir zarardan korundukları için verimlilik artışı yükselmektedir. Erozyon ve yabancı ot riski sıfırdır (Pure Greens, 2012).

Tarım sektöründeki en büyük zorluklardan birisi ürünlerin lojistik kısmında yaşanmaktadır. Tarladan çıkarılan ürünlerin yarısından fazlası son kullanıcıya

ulaşmadan bozulmaktadır. Ürünlerin hasadını, taşınmasını ve depolanmasını makinelerin kontrolüne verip israfın önüne geçmek amacıyla 2015'te "SOFIA" adlı bir proje başlatılmıştır. Bu proje tarım makinesi üreticileri, lojistik hizmet sağlayıcıları, BİT teknoloji şirketleri gibi katılımcılardan oluşmaktadır. Endüstri 4.0 kapsamında karar verme sürecine destek olan yönetim süreçlerini geliştirmek için akıllı finansal kontrol sistemleri ve otonom lojistik hizmetleri üzerinde çalışılmaktadır (Oberhellmann, v.d., 2019).

2.2. Türkiye'deki Endüstri 4.0 Gelişmeleri

Teknolojik dönüşüm sürecini daha açıklayıcı kılmak için dijital olgunluk kavramı kullanılmaktadır. Bu kavram sayesinde bir kuruluşun bugün dijital olarak hangi seviyede olduğu ve geleceğe yönelik yol haritası çıkarırken nelere önem vermesi gerektiği bilinebilmektedir. 1, 2, 3 ve 4 rakamlarının her bir devrimi ifade ettiği bir sayı doğrusu göz önüne getirildiğinde sanayileşmemiş ülkeler 1 ile 2, otomasyonunu tamamlamamış ülkeler 2 ile 3 ve otomasyonunu tamamlamış ülkelerse 3 ile 4 arasında yer almaktadır.

Türkiye, Endüstri 4.0 ve Dijital Olgunluk Endeksinde 2.7 puanla İkinci ile Üçüncü Endüstri Devrimleri arasında yer alarak henüz otomasyonunu tamamlamamış ülkeler arasında yer almaktadır (Sevgi, 2020). Endüstri 4.0 kavramı 2011'de Almanya'da ortaya çıkmasının ardından yaklaşık dört sene sonra ilk olarak 2015'te Türkiye'de konuşulmaya başlanmıştır. İlk resmi çalışma ise 2016'da akıllı üretim sistemlerine yönelik çalışma yapılması gündem konularından biri olan 29. Bilim ve BTYK (Bilim ve Teknoloji Yüksek Kurulu) toplantısında gerçekleşmiştir. Türkiye'deki sanayinin yüksek teknoloji üretiminde diğer ülkelerle rekabet edebilmesi adına birtakım kararlar alınmıştır. Tüm yürütme, uygulama ve izleme modellerinin ülkenin eğitim, istihdam ve sektörel durumunu dikkate alacak şekilde yapılması ve Endüstri 4.0 odaklı AR-Ge çalışmalarının artırılması amaçlanmıştır. Bunları gerçekleştirme konusunda ihtiyaç duyulan yüksek teknolojinin ülke içinde üretilmesi için gerekli altyapının, teşviklerin ve desteklerin gözden geçirilmesi ve geliştirilmesi planlanmıştır. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile TÜBİTAK sorumlu kuruluşlar olarak belirlenmiştir. (BTYK, 2016).

Toplantı kararlarının alınmasının ardından 2016'nın sonunda “Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası” adlı bir taslak oluşturulmuştur. Taslakta 2018’de dünya genelinde sanayide kullanılacak robot sayısının yaklaşık üç milyon olacağı ve birbirine bağlı cihaz sayısının ise on üç milyardan yirmi dokuz milyara çıkacağı belirtilmiştir. 2020’de ise IoT Pazar büyüklüğünün 656 milyar dolardan 1.7 trilyon dolara çıkacağı söylenmiştir. Ayrıca Endüstri 4.0 farkındalık ve eğilim düzeyine de yer verilmiştir. Buna göre bin özel sektör kuruluşunu kapsayan çalışmada firmaların yalnızca %22’sinin kapsamlı bilgiye sahip olduğu ve %59’unun da genel bir bilgisi olduğu görülmüştür. Farkındalığı en yüksek olan sektörlerin elektronik, yazılım ve malzeme sektörü olduğu anlaşılmıştır. Firmaların %50’sinin 3-5 yıl içerisinde firmalarını ilgili teknolojilere entegre etme gibi bir stratejilerinin olmadığı ortaya çıkmıştır. Hazırlanan bu taslakla beraber Endüstri 4.0 bileşenlerinde gelişim kaydetmek için AR-GE çalışmalarının artırılması amaçlanmıştır (TÜBİTAK, 2016).

Türkiye’nin Endüstri 4.0 konusundaki güçlü ve zayıf yönlerinin, fırsatlarının ve tehditlerinin neler olduğunu görmek amacıyla 2016’da bir SWOT analizi yapılmıştır. Buna göre verimliliğin, rekabetin, gelirin, teknik bilginin, yüksek maaşlı işlerin, müşteri memnuniyetinin, yeni pazarların, üretim esnekliğinin ve üretim kontrolünün artması ülkenin güçlü yönleridir. Teknolojik değişmeye karşı yüksek duyarlılık, uygulama ve geliştirme maliyetlerinin yüksekliği, kontrolü kaybetme riski ve yetenekli işgücüne olan ihtiyaç ülkenin zayıf yönleridir. Üretimde uluslararası lider olarak Avrupa’yı güçlendirmek, yeni pazarlar oluşturmak ve AB’nin negatif demografik dağılımını önlemek ülkenin fırsatlarıdır. Son olarak verilerin korunması ve siber güvenlik, işsizlik, KOBİ’ler ve rekabetin çok zorlayıcı olması ise ülkenin tehditleridir (Ötleş ve Özyurt, 2016:56).

2017’ye gelindiğinde ise Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü bünyesinde Dördüncü Sanayi Devrimi Genel Başkanlığı oluşturulmuştur. Bu başkanlıkla dijital dönüşüm platformunun koordinatörlüğünün yapılması ve sanayide dijital dönüşüme yönelik çalışmaların gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Ayrıca KOBİ’lerde dijital dönüşümü sağlamaya yönelik politikalara hangi yönde şekil verilmesi gerektiği de yine bu başkanlık altında belirlenmektedir (Kalkınma Bakanlığı, 2018: 19). 2020 yılı itibarıyla

söz konusu genel müdürlüğün ve genel başkanlığın aktif bir şekilde çalıştığına dair bir bulguya rastlanmamıştır.

Ülkenin yazılım sektöründeki beşerî ve teknik altyapılarında yapılacak iyileştirmelerin Endüstri 4.0 dönüşümünde rekabet gücünü artıracak olması sebebiyle “Türkiye Yazılım Sektörü Stratejisi ve Eylem Planı (2017-2019)” oluşturulmuştur. Bu plan çerçevesinde ihtiyaçların doğru şekilde analiz edilerek buna uygun altyapının güçlendirilmesi, gelişimi kolaylaştırmak amacıyla hukuki ve idari düzenlemelerin sağlanması, nitelikli insan kaynağının geliştirilmesi ve rekabet gücünü artırmak planlanmıştır (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017).

Dördüncü Sanayi Devrimi Genel Başkanlığının kurulmasından bir yıl sonra 2018’de Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı önderliğinde Endüstri 4.0 platformlarıyla beraber ülkenin dijitalleşme yolunda nasıl planlama yapacağını, hangi adımları atacağını ve hangi alanlara öncelik vereceğini ortaya koyan “Dijital Türkiye Yol Haritası” yayınlanmıştır. Üretim yapısında ve dijital dönüşüm sürecinde organize sanayi, endüstri ve teknoloji geliştirme bölgelerinin ve özel sektör AR-GE merkezlerinin öncü rol üstlenmesi kararlaştırılmıştır (Türkiye’nin endüstri 4.0 Platformu, 2018a). Yayınlanan haritada insandan, teknolojiden, altyapıdan, tedarikçilerden, kullanıcılardan ve yönetimden oluşan altı bileşen üzerinde durulmuştur. Eğitim altyapısının geliştirilmesi, nitelikli işgücünün yerleştirilmesi, teknoloji ve yenilik kapasitesinin artırılması, veri iletişim altyapısının güçlendirilmesi, ulusal teknoloji tedarikçilerinin desteklenmesi, kullanıcıların dijital dönüşümünün desteklenmesi ve son olarak kurumsal dönüşümün güçlendirilmesi bu bileşenler için oluşturulmuş eylem alanlarıdır (Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018).

2.2.1. Yürütücü Aktörler

Endüstri 4.0’ın bazı ülkelerde farklı şekillerde adlandırıldığı görülmektedir. Türkiye’de “Sanayi 4.0” olarak adlandırılan bu devrimin vizyonunu gerçekleştirmek için her alanda ilerlemeye çalışmaktadır. Bir dizi önemli araştırma ve ticaret şirketleri ve kurumlar yakın iş birliği içinde yürütücü aktör görevinde bulunmaktadır.

Dijital devlet endeksinde altmış beş ülke arasından kırk birinci olan Türkiye, Almanya'nın 2013'te duyurduğu "Plattform Industrie 4.0" gibi bir platformu kendi bünyesinde de oluşturmuştur. Ülkeyi Endüstri 4.0 Devrimine hazırlamak için Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı başkanlığında ve TÜSİAD, MÜSİAD, TOBB, TTGV ve YASED başkanlarının oluşturduğu "Türkiye'nin Sanayide Dijital Dönüşüm Platformu" adlı bir platform kurma yoluna gidilmiştir. Bu platform ile sanayi sektöründe üretim kapasitesinin güçlendirilmesi ve yüksek teknoloji ürünlerinin üretiminin ve kullanım oranının artırılması doğrultusunda yetkinliğin çoğaltılması planlanmaktadır. Bu konuda AR-GE ve inovasyon çalışmalarının desteklenmesine ve KOBİ'lere yüksek teknoloji kullanmaları için teşvik mekanizması sunulmasına karar verilmiştir. Ayrıca Endüstri 4.0 gelişiminin kolayca yönetilmesi ve devrimin bileşenlerinde gelişimi hızlandırmak maksadıyla dijital teknoloji, inovasyon, eğitim, patent vb. gibi çeşitli çalışma grupları oluşturulmuştur (Özlü, 2017).

Gelişen teknolojiler, toplumsal talepler ve kamu sektöründeki reform eğilimleri doğrultusunda farklı kurumlar altında ayrı ayrı sürdürülen dijital dönüşüm, siber güvenlik, teknolojik yenilikler, büyük veri ve AI ile ilgili çalışmaların tek çatı altında toplanması için 2018 yılında T.C. Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi kurulmuştur. Bu ofisle beraber kamu, özel sektör, üniversite ve sivil toplum kuruluşlarının iş birliği ile ülkenin dijital dönüşümünü hızlandırmak amaçlanmaktadır. (Dijital Dönüşüm Ofisi, 2020a). Ofisin yapısı, hizmet birimleri ve görevleri, organizasyon şeması ve ofis hakkında yazılan makaleler incelendiğinde ofisin paydaşları birleştirmekten çok kamu odaklı bir dijital dönüşüm üzerine kurulduğu görülmektedir.

Ülkede bilime, teknolojiye ve yeniliğe yönelik çalışmaları desteklemek, bilimsel temelli teknoloji ile oldukça değerli ürün ve hizmetler geliştirmek ve bu yolda yapılacak çalışmaları ortaya koymak için gerekli insan gücünü yaratmak amacıyla 1963'te kurulan bir kurum olan TÜBİTAK, Türkiye'nin Endüstri 4.0 Devrimindeki ana aktörlerinden bir diğeridir. Endüstri 4.0'ın ülkede ilk konuşulmaya başlandığı andan itibaren aktif rol alan kurum CPS, IoT, AI, robotik, siber güvenlik, bulut bilişim ve büyük veri gibi kritik ve öncü teknolojilerde gelişimi sağlayacak hedef odaklı AR-GE çalışmalarının artırılmasından sorumludur.

Türkiye’de Endüstri 4.0 Devrimi konusunda çalışmalara öncülük eden kurumlardan biri olan ve güncel adıyla T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ilk defa 1984’te kurulmuş ve son halini 2018’de almıştır. Endüstri 4.0 dönüşümünün yürütülmesi, uygulanması ve denetlenmesi konularından sorumlu olan bakanlık eğitimi, istihdamı ve sektörleri ilgilendiren politikalar üzerinde yoğunlaşmaktadır. Devrimle ilgili teknolojilerin yerli firmalar tarafından üretilmesi için altyapı, teknik destek ve prototip geliştirilmesi hususunda teşvik ve destek çalışmaları yürütmektedir.

2.2.2. Endüstri 4.0’ın Öncü Sektörleri

Endüstri 4.0 kavramı ortaya çıktığı andan itibaren yapılan çalışmalar, kurulan yapılar, Almanya’nın geleceğe dönük gerçekleştirmeyi planladığı politikalar, fonlanan girişimler ve projeler incelendiğinde dönüşümün çeşitli sektörlerin öncülüğünde yaşanacağı görülmektedir. Bu sebeple Endüstri 4.0’ın ülkelerdeki gelişimini görmek amacıyla hizmetler, sanayi ve tarım sektörlerinden seçilmiş bazı alt sektörler üzerinden inceleme yapılacaktır. Bu alt sektörler ise hizmet sektöründen eğitim, sağlık, veri yönetimi, iletişim ve siber güvenlik; sanayi sektöründen ulaşım, elektrik/elektronik, iklim ve çevre ve enerji son olarak tek bir başlık altında incelenen tarım sektörü şeklindedir.

2.2.2.1 Hizmetler Sektörü

Ekonomideki yapısal değişiklikler ve demografik çalkantılar mekânsal ve sosyal anlamda eşitsiz gelişmeye yol açabilmektedir. Bu sebeple herkes için eşit yaşam koşulları yaratmanın insanlığın temel vazifelerinden biri olması gerekmektedir. Teknolojik gelişmeler sayesinde dijitalleşmenin sunduğu fırsatların yapısal değişim üzerinde doğru şekilde kullanılması durumunda bu güçlükleri ortadan kaldırmak mümkün olabilmektedir. Türkiye Endüstri 4.0 kapsamında yeni finansman girişimleriyle ve inovasyona dayalı sürdürülebilir ve sosyal açıdan adil olan yapısal bir değişimle birlikte ülkeyi yeniliklerin, büyümenin, istihdamın ve refahın en önemli itici gücü yapmayı planlamaktadır.

Türkiye’de istihdamın sektörel durumuna bakıldığında ilk verilerin alınmaya başladığı 1988’de dağılım %46 tarım, %21 sanayi ve %33 hizmetler iken (Görmüş, 2009: 115)

2000’de %36 tarım, %24 sanayi ve %40 hizmetler şeklindedir (Aydemir, 2013: 131). Her geçen yıl hizmetler sektöründeki istihdam oranı hızla artmaya devam etmiştir. Endüstri 4.0’ın ilk konuşulmaya başlandığı yıl olan 2015’e gelindiğinde istihdamın dağılımı tarım %20, sanayi %27 ve hizmetler %53 olarak görülmüştür. 2021 yılı Mayıs ayında ise tarım bu dağılım %16,9, sanayi %27,9 ve hizmetler %55,2 şeklinde olmuştur (TÜİK, 2021a). Türkiye’nin sanayi sektöründeki istihdam oranı Almanya’ya benzer bir seyir izlemektedir. Fakat istihdam oranı aynı olmasına rağmen katma değer anlamında Almanya’nın sanayi sektörü Türkiye’nin sanayi sektöründen beş kat daha fazla değer yaratmaktadır (World Bank, 2020a). Aynı şekilde diğer iki sektör olan hizmetler ve tarım sektöründe benzer farkları görmek mümkündür. Almanya’nın 2020 verilerinde tarım %1.17 ve hizmetler %75.05 şeklinde olmuştur (Plecher, 2020).

Türkiye’de hizmetler sektörü toplam istihdamın yarısından biraz fazlasını kapsamaktadır. Sanayi sektöründe Endüstri 4.0’la beraber teknoloji kullanımının giderek hız kazanmasıyla bu sayının her geçen yıl gittikçe artması beklenmektedir. Dönüşüm konusunda her alanda gelişme kaydedilmektedir. Hizmetler sektörü bir karşılaştırma niteliği taşıması için Almanya’daki gelişmeler bölümünde olduğu gibi eğitim, sağlık, veri yönetimi, iletişim ve siber güvenlik üzerinden incelenmeye çalışılacaktır.

Endüstri 4.0’la ilgili en büyük korkulardan biri üretimin büyük bir kısmının akıllı robotlar tarafından yapılacak olması yüzünden istihdam oranlarının düşerek işsizliğin hızla artacak olmasıdır. Geçmiş dönemdeki dönüşümlerin işsizliğe olan etkisine yönelik yapılan araştırmalar ise bunun tam tersi olacağını ortaya çıkarmaktadır. Robotlaşmayla birlikte istihdam da artmaktadır. Sanayi ve tarım sektöründeki istihdamın hizmet sektörüne kayarak özellikle de yazılım geliştirme ve bilgi işlem alanlarında istihdamı artırması beklenmektedir. Düşük yetkinlik seviyesiyle yapılabilen işlere olan ihtiyacın da azalması öngörülmektedir. Ayrıca tarımdaki teknolojik gelişmeler sayesinde tarım sektöründe istihdam edilenlerin de hizmetler sektörüne kayması beklenmektedir.

2.2.2.1.1 Eğitim

Endüstri 4.0 Devriminde hız kazanmak için yeni araştırma alanlarına ve yeni teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar da yeni beceriler ve yetenekler gerektirmektedir. Gelecekte tüm alanlarda dijital eğitime geçilmesi planlanmaktadır. 2020'nin ilk aylarından itibaren tüm dünyayı etkileyen Covid-19 salgını ise dijital eğitime olan yatırımların ne kadar önemli olduğunu gözler önüne seren bir süreç niteliğindedir.

Türkiye'nin otomasyonunu tamamlamamış ülkeler arasında yer almasının başlıca sebeplerinden birinin eğitim konusunda istikrarın ve kalitenin sağlanamaması olduğunu söylemek mümkündür. Ülkede yetenekli işgücünü oluşturmak için sürekli bir düzenleme arayışı bulunmaktadır. Endüstri 4.0 Devriminde de "Eğitim 4.0" adı altında yeni bir sürece girilmiştir.

Ülkenin eğitim sisteminde şu an devam eden ve gelecekte yapılması planlanan birçok eğitim programı bulunmaktadır. Bu programlar yeni meslekler edindirme, vasıflı işgücü yaratma, yeni teknolojilere uyum sağlama, disiplinler arası etkileşim kurma ve hayat boyu öğrenme çerçevesinde ilerletilmektedir. MEB (Millî Eğitim Bakanlığı), YÖK (Yükseköğretim Kurulu) ve çeşitli üniversiteler tarafından Eğitim 4.0 kavramı çerçevesinde yeni stratejilere yer verilmeye çalışılmaktadır. Yapılan araştırma sonucunda Türkiye'de Almanya'da olduğu gibi Endüstri 4.0 kapsamında fonlanan eğitim projelerinin yaygın olmadığı görülmektedir. Yaşam boyu öğrenme, mesleki gelişim, teknolojinin yaygın kullanması ve açık öğretimi içeren birkaç projeye aşağıda yer verilmektedir.

AB, üye ülkelerin uygulamalarını ve politikalarını birbirine yakınlaştırmak amacıyla çeşitli topluluk programları çıkarmaktadır. Bu programlardan sekizincisi olan "Horizon 2020" programıyla TÜBİTAK üzerinden üniversitelere, Ar-Ge şirketlerine, KOBİ'lere ve araştırmacılara 2014-2020 yılları arasında 80 milyon avro bütçe ayrılmıştır. Günümüzde birçok üniversite bu programın da desteğiyle bünyesinde robot laboratuvarları oluşturmuştur. Ayrıca Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile Microsoft'un beraberliğinde IoT alanında eğitim programları yapılmaktadır (Switzerland Global Enterprise, 2017: 37).

Horizon 2020 birebir şekilde Endüstri 4.0 kapsamında yer alan programlardan biri değildir. Programın içeriği incelendiğinde Endüstri 4.0 bileşenlerine birebir etkisi olan çeşitli teknoloji platformlarının yer aldığı görülmektedir. Bu sebeple Endüstri 4.0 gelişmeleri başlığı altında değerlendirmek mümkün olmaktadır (Horizon 2020, 2020a).

2018’de MEB tarafından “2023 Eğitim Vizyonu” adlı eğitim sisteminde yeni dönüşümü içeren bir plan oluşturulmuştur (Ertürk, 2019: 326). Eğitimin hemen hemen her alanında dönüşümü içeren bu vizyonda Endüstri 4.0 ile ilgili de bazı stratejilere de yer verilmiştir. Bu hususta öğrenme analitiği araçlarıyla veriye dayalı yönetime geçilmesi benimsenmiştir. Yönetime geçmek için eğitim sistemindeki tüm verilere erişmek maksadıyla veri ambarının oluşturulması ve bu ambar üzerinde çalışacak kişinin karakteristik özelliklerini de katarak değerlendirme yapabildiği öğrenme analitiği platformunun kurulması, verilerin güvenliğinin sağlanması konusunda veri denetim biriminin oluşturulması, performans hedeflemesine dayalı eğitim ve öğretim için öğrenme analitiği araçlarının geliştirilmesi, gerekli mevzuatların yapılması, süreci yavaşlatan bürokratik süreçlerin azaltılması ve son olarak bilimsel çalışmaların bir arada toplandığı bir birim oluşturulması planlanmıştır. Diğer yandan üniversitelerle iş birliğine giderek bu yüzyılın becerilerini öğrencilere kazandırmak amacıyla ihtiyaç duyulan alanlarda eğitimcilere yönelik lisansüstü düzeyde yan dal programlarının oluşturulması söylenmiştir. İlkokul, ortaokul ve lise için uzaktan eğitim yapılmasını sağlayan EBA (Eğitim Bilişim Ağı) için yenilikçi dijital kaynakların artırılması kararlaştırılmıştır. Dijital içeriklerin ve becerilerin geliştirilmesi konusunda içerik yaratılması ve öğretmenlerin bu konuda eğitilmesi ve içeriklere ulaşımı sağlamak için öğrencilere teknolojik donanım sağlanması ve gerekli ekosistemin oluşturulması planlanmıştır. Kodlama, 3D tasarım ve algoritmik düşünce gibi eğitimlerin verilmesi gerektiği belirtilmiştir. Mesleki eğitimde sektörün gerektirdiği yetkinlikler doğrultusunda ulusal meslek standartları dikkate alınarak mesleki alan ve dallarda beceri uygulamalarının geliştirilmesi kararlaştırılmıştır (MEB, 2018).

Türkiye’de dijital platformlar sayesinde belli bir mekâna gerek bırakmayan uzaktan eğitim ile ilgili çalışmaların daha çok ön planda olduğu görülmektedir. Ayrıca bu çalışmaların artırılmasında 2020 Covid-19 salgını önemli bir paya sahiptir. Başta

İstanbul Üniversitesi olmak üzere köklü birçok üniversite uzaktan eğitim konusunda oldukça başarılı sonuçlar elde etmektedir.

2010'da kurulan ve Türkiye'deki dört açık öğretim veya açık ve uzaktan eğitim fakültelerinden biri olan AUZEF (İstanbul Üniversitesi Dijital Fakültesi) 34 açık öğretim ve 18 uzaktan eğitim programı olmak üzere toplamda 52 program ile 325 bin öğrenciye eğitim vermektedir. Bu öğrencilerin %75'i ise emek piyasalarında esnekliği artırmak adına ikinci üniversite okumanın avantajlarından faydalanmak isteyenleri kapsamaktadır. Bu durum ayrıca hayat boyu öğrenme açısından değerlendirildiğinde büyük önem arz etmektedir (Ak, Mahmut, v.d., 2020: 23-25).

2.2.2.1.2 Sağlık

Teknolojik gelişmelerin her ülkede farklı seyretmesi nedeniyle yaşam beklenti sürelerinde de ülkeden ülkeye çeşitlilik meydana gelmektedir. İlk verilerin alındığı 1770'li yıllara göre şu an insanlar iki buçuk kat daha fazla yaşamaktadır. Almanya'da ilk veri 1875'te alınmışken Türkiye'de bu veri 1937 yılında alınabilmiştir. Kıyaslamak açısından Almanya'da 1937 yılında yaşam beklentisi 62 yıl iken Türkiye'de 35,5 yıldır (Roser, v.d., 2019). 2019'da ise Türkiye'de yaşam beklentisi 78,6 yıla kadar yükselmiştir (TÜİK, 2020b). Türkiye'de 2019 yılında meydana gelen ölümlerin yaklaşık dörtte üçü sağlık problemlerinden kaynaklanmıştır. Dolaşım, solunum ve sinir sistemi hastalıkları, iyi huylu ve kötü huylu tümörler, duyu organı bozuklukları ve beslenme ve metabolizmayla ilgili hastalıklar ülkede en çok ölüme sebep olan hastalıklar arasında yer almaktadır (TÜİK, 2020c). Bu sorunlara çözüm bulunması durumunda hem yaşam kalitesinin yükselmesi hem de yaşam beklentisinin artması mümkün görünmektedir.

Türkiye Endüstri 4.0 kapsamında sağlık sorunlarıyla mücadele için çeşitli yollar benimsemiştir. Bu hususta Dijital Dönüşüm Ofisinde sadece bir proje yer almaktadır. Bu bölümde yer verilen diğer iki çalışma sağlık sektöründeki teknolojik gelişmelerin sisteme entegre edilmesiyle gelişme göstermiştir.

Beyinde bulunan anormal bölgelerin tespit edilmesi ve bu bölgelerin sınıflandırılması amacıyla AI algoritmalarının kullanılması üzerine bir proje başlatılmıştır. Türk Beyin

Projesi adındaki bu proje Dijital Dönüşüm Ofisi Yapay Zekâ ve Büyük Veri Birimi ve Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Tıp Fakülteleri'nin birlikte yürüttüğü çalışmalar sonucu 2020'de ortaya çıkmıştır. Algoritmalar ülkenin sağlık sisteminde ilk defa bu projede kullanılmıştır. Hastalıkların ortaya çıkmasını daha iyi anlayarak önlenmek ve tetkiklerin ve tanılarının konulmasında doktorlara yardımcı olmak amaçlanmaktadır. Projeye beraber sağlık çalışanları üzerindeki iş yükü azaltılmakta, tetkiklerdeki ve tanılardaki hata oranı düşmekte ve MR ile çok uzun süren sonuç aşaması on saniye içinde tamamlanmaktadır. OECD ülkelerinde her yıl ortalama 1000 kişiden 52'sine MR çekilirken bu Türkiye'de 119 kişi seviyesindedir. Türkiye'nin en çok MR çekilen OECD ülkesi olması sebebiyle bu projenin oldukça faydalı olması düşünülmektedir (Gazi Üniversitesi, 2020).

Bilgi teknolojilerinin sağlık hizmetlerinin iyileştirilmesinde ve geliştirilmesinde en uygun şekilde yer almasını sağlamak maksadıyla 1961 yılında kâr amacı gütmeyen HIMSS (Sağlık Bilgi ve Yönetim Sistemleri Topluluğu) adında Amerika'da, Avrupa'da ve Asya'da faaliyet gösteren bir organizasyon kurulmuştur. Bu organizasyon EMRAM (Elektronik Tıbbi Kayıt Uyum Sistemi) adlı bir sistemle hastaneleri değerlendirip 1-7 arasında bir seviyeye atamakta ve böylece hastanelerin geldiği teknolojik seviye tespit edilebilmektedir. (Dijital Hastane, 2014). 7. Seviye en üst seviye olup bu seviyede hastanedeki hiçbir veri kâğıda dökülmemekte ve dijital bir veri ortamı sunulmaktadır. 6. seviyede ise ilaçlar elektronik ortamda yönetilmektedir. Ayrıca bu seviye e-Reçete, barkod, RFID gibi tanımlama ve dağıtım teknolojilerini barındıran hastaneleri tanımlamaktadır (Aslan ve Güzel, 2019: 655). 2015 yılında Türkiye'de 11 hastane 6. seviyede bulunmaktayken (HIMMS Türkiye, 2015) yapılan çalışmalarla bu sayı 2020 itibarıyla 182'ye yükselmiştir. En üst nokta olan 7. seviye hastane sayısı da 5'e çıkmıştır (HIMMS Eurasia, 2020).

Ameliyatlarda robotların kullanımı 2000'li yılların başından beri başta ABD olmak üzere çeşitli ülkelerde başlanmıştır. Türkiye'de ise insanlara yönelik olarak kullanılan "da Vinci" adındaki bu robot sistemine 2004 yılında izin verilmiştir. da Vinci ile ameliyat yapılacak yer sanal ortamda 3D olarak on kat büyütülmüş bir şekilde görüntülenebilmektedir. Doktorların ulaşmakta zorlandığı veya hassasiyetin çok yüksek olduğu durumlarda yüksek başarı sağlayan ve operasyonlardaki personel

sayısını yaklaşık üç kat aşağı çeken bu robotlar başarı oranlarını üst seviyelere taşımaktadır. Teknolojik gelişmelerin hız kazanmasıyla robotlar daha fazla görev almaya başlamış, aynı zamanda robotların sayısı da artmıştır (MediaCat Dergisi, 2018: 108; Aslan ve Güzel, 2019: 655).

2.2.2.1.3 Veri Yönetimi

İnternete bağlı olan her cihazın veri üretmesi sebebiyle toplanan, işlenen, yorumlanan, depolanan veri miktarı her geçen gün artmaktadır. Böylesine muazzam miktarda veri içinden ihtiyaca en uygun olan verilerin seçilerek analiz edilmesi ve bunun sonucunda da ortaya bilgi ve katma değer çıkarılması oldukça enerji ve zaman harcayan bir süreçtir. Verilerin bu kadar önemli olması onun yönetimine ve korunmasına yönelik çalışmaları da hızlandırmaktadır. Türkiye'nin de aralarında bulunduğu birçok devlet ülke içinde üretilen verilerini kendi sınırları içinde tutmaya ve işlemeye yönelik çalışmalar yürütmektedir.

Veri yönetimi konusunda çeşitli uygulamalar ve stratejiler geliştirilmektedir. AI, makine öğrenme ve derin öğrenme gibi dallardan faydalanılmaktadır. OECD verilerine göre Almanya'da AI konusunu içeren yirmi dokuz çalışma bulunmasına (OECD, 2020b) karşın Türkiye'de herhangi bir çalışma bulunmamaktadır (OECD, 2020c). Bunun da sebebi ise aşağıda belirtilecek olan kamu odaklı projelere başlanmış fakat projeleri henüz hizmete sunma aşamasına gelinmemiş olunmasıdır. Ayrıca Dijital Dönüşüm Ofisi'nin AI ve büyük veri için Almanya gibi bir finansman modeli oluşturmadığı görülmektedir.

Büyük veri ve AI uygulamalarının etkin şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla 2019'da Dijital Dönüşüm Ofisi bünyesinde "Büyük Veri ve Yapay Zekâ Uygulamaları Dairesi Başkanlığı" kurulmuştur. Bu başkanlık ile kamuda büyük veri teknolojilerinin geliştirilmesi, verilerin güvenliğinin, analizinin ve gizliliğinin sağlanması, AI uygulamalarına öncülük edilmesi, kurumlar arası iş birliğinin oluşturulması ve açık veri stratejilerinin yapılandırılması için çalışılmaktadır (Resmî Gazete, 2019: 6).

Ülkedeki AI uygulamalarının etkin şekilde uygulanmasını sağlamak amacıyla 2020 yılı itibarıyla kamu, üniversiteler, özel sektör ve sivil toplum kuruluşları ile iş birliği

içinde “Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi” hazırlanmaya başlanmıştır. Bununla ilgili ilk olarak Dijital Dönüşüm Ofisi, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve TÜBİTAK “Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi ve Yapay Zekâ Enstitüsü Çalıştayları” adlı çalıştaylar gerçekleştirilmiştir. Bu çalıştaylarda AI uygulamalarının sahip olması gereken birtakım ilkeler şu şekilde belirtilmiştir: Ulusal ve etik değerlere bağlı şekilde insanı merkezine alan, toplumsal refahı artıran, adil, şeffaf, güvenilir, sorgulanabilir ve veriden değer üreten uygulamalar. Bu şekilde ülkede sürdürülebilir ve üretim odaklı bir ortam oluşturulması, AI konusunda yapılacak çalışmalara öncülük edilmesi, iş ve iş süreçlerinin verimliliğinin artırılması ve insanların refahının yükseltilmesi planlanmaktadır (Dijital Dönüşüm Ofisi, 2020b).

Bireyler, işletmeler, üniversiteler ve bilim insanları gelişimlerini sürdürebilmek için sürekli yeni bilgiye ihtiyaç duymaktadır. Teknolojik gelişmeler sayesinde bu günümüzde dijital ortamlardan sağlanmaktadır. 2019’da başlatılan “AçıkVeri Projesi” ile verilerin herhangi bir kontrol mekanizmasına ve kısıtlamaya maruz kalmadan düzenlenebilir, görünebilir ve işlenebilir şekilde açık kaynak felsefesi benimsenerek korunaklı bir yapıda kullanılması amaçlanmaktadır. Proje ile kişilerin ve kurumların birlikte çalışabilmesi ve bu çalışmalardan daha fazla verim alınabilmesi için bir ekosistem oluşacağı düşünülmektedir. Veri kaynaklarıyla kurumlar arasında etkileşim artırılarak ekonomiyi büyütme yolunda çok yanlı yönetim ortamı oluşturabilmektedir. Elde edilen büyük verinin bilimsel çalışmalar yapılması, politikalar oluşturulması, yeni iş olanaklarının yaratılması ve bürokratik süreçlerin azaltılması gibi gelişimi hızlandıracak konularda kullanılması sağlanmaya çalışılmaktadır (Dijital Dönüşüm Ofisi, 2020c). AçıkVeri projesinin halka açılacağı yönünde haberler basında yer almış olsa da 2021 Haziran ayında sisteme giriş yapılamadığı görülmektedir.

Büyük veri ile ilgili yapılan bir başka proje ise veriden değer üretmenin ilk adımı olarak görülen “Ulusal Veri Sözlüğü” projesidir. 2019’da başlanan bu proje ile ulusal veri envanterinin çıkarılması, veri sahiplerinin tespiti, yönetim ve izleme süreçlerinin yapılandırılması, terminolojik düzenlemelerin yapılması, ulusal modellerinin belirlenmesi ve yeni yazılımların geliştirilmesi doğrultusunda süreçlerin iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Verilerin tekil hale getirilmesi sayesinde entegrasyon kolaylaşmakta, bozuk veriler engellenmekte, üçüncü kişilere karşı bağımlılık ortadan

kalkmakta ve ortak paydada bilgiye erişim kolaylığı sağlanmaktadır (Dijital Dönüşüm Ofisi, 2020d). AçıkVeri projesinde olduğu gibi bu projenin de halka açılacağı yönünde haberler basında yer almış olsa da 2021 Haziran ayında sisteme giriş yapılamadığı görülmektedir

Türkiye'nin AI ile ilgili ilk stratejisi olan "Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021-2025" 2021 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu strateji kapsamında 24 amaç ve 119 tedbir dile getirilmektedir. Vizyonu "müreffeh bir Türkiye için çevik ve sürdürülebilir yapay zekâ ekosistemiyle küresel ölçekte değer üretmek" olan bu stratejinin altı öncelik etrafında şekillendiği görülmektedir. AI uzmanları yetiştirmek ve bu alandaki istihdam sayısını artırmak, araştırmalar, girişimler ve yenilikler için destekler sağlamak, altyapı sistemleri geliştirilerek kaliteli veriye ve teknik alanlara erişimi kolaylaştırmak, sosyoekonomik uyumu hızlandıracak çözümler yapmak, uluslararası çalışmalar yaparak iş birliğini güçlendirmek ve işgücü dönüşümünü hızlandırmak bu altı önceliğin üst başlıklarıdır. Bu stratejiyle ülkedeki AI projelerinin etkin bir şekilde yürütülmesi, AI ekosisteminin olgunluk seviyesinin yükseltilmesi ve küresel boyutta rekabet edebilecek seviyede değer üretilmesi hedeflenmektedir (Dijital Dönüşüm Ofisi, 2021).

Türkiye'de AI uygulamalarının geliştirilmesi ve kalkınmaya yönelik yüksek katma değer sağlanması için devlet tarafından yapılan girişimler henüz yeni ve emekleme aşamasında olduğu için özel sektör kendi arasında yapılanma gereği duymuştur. AI'yi ülkede olması gereken yere getirmek, AI paydaşlarını bir arada toplamak ve iş birliği sağlamak, AI bilincini ve farkındalığını geliştirmek, AI ile ilgili ekonomiyi desteklemek ve AI konusunda hızlı bir şekilde her türlü yetkinliklerin artırılması amacıyla 2017 yılında TRAI (Türkiye Yapay Zekâ İnisiyatifi) adlı bir girişim kurulmuştur. AI konusunda ülkedeki en kapsamlı girişim olan TRAI'nın ekosisteminde 16 destekçi, 100 girişim, 24 teknolojik iş ortağı, 17 akademik iş ortağı, 12 STK ve platform, 4 küresel iş ortağı ve son olarak 5 AI şirketi yer almaktadır. Kurulduğu zamandan bugüne kadar 40 buluşma ve 2 zirve gerçekleştiren TRAI ülkedeki AI gelişimine katkı sağlayan en önemli kuruluştur (TRAI, 2020).

2.2.2.1.4 İletişim ve Siber Güvenlik

Küreselleşmenin hızını artırmasının ve bunu devam ettirmesinin en önemli nedenleri arasında BİT alanındaki gelişmeler yer almaktadır. İnsanlar teknolojik gelişmeler sayesinde her zamankinden daha hızlı ve daha ucuza iletişim kurmakta ve bu sayede günümüzde insanlık tarihinin en hızlı bilgi paylaşımı yapılmaktadır. Bu sebeple BİT'in gayrisafi değer içinde payı, bu sektörde istihdam edilen insan sayısı ve sektöre olan yatırımlar her geçen gün artmaktadır.

BİT sektörü Almanya ile kıyaslandığında Türkiye'de oldukça küçüktür. 2019 verilerinde sektörün toplam hacmi Türkiye'de 26,8 milyar dolar seviyesindedir. Bu Almanya'nın beşte birinden bile daha küçüktür. Yine Türkiye'de 2019'da BİT sektöründe 143 bin kişi istihdam edilmektedir. Bu Almanya'nın yaklaşık sekizde biri civarındadır (TÜBİSAD, 2019: 7-20). BİT alanındaki patent başvurularına bakıldığında yine Almanya'nın gerisinde kaldığı görülmektedir. 2016 yılı verilerine göre bir milyon kişi başına Almanya'da 52,28 patent düşerken bu Türkiye'de sadece 1,68'dir (TÜBİSAD, 2020, 30). Bu bilgiler ışığında Endüstri 4.0 Devriminde gelişimi hızlandırmak isteyen Türkiye'nin BİT sektöründeki yatırımlarını ve AR-Ge çalışmalarını artırması gerektiği görülmektedir.

2017'de haberleşme sektöründeki paydaşları bir araya getirmek için HTK "Haberleşme Teknolojileri Kümelenmesi" kurulmuştur. Küme bünyesindeki 144 paydaş ile teknolojiler geliştirmek, sektörün ihtiyaçlarını karşılamak, uluslararası pazarda rekabet edebilmek, edinilen bilgileri pazara sunmak ve gerekli altyapıyı sağlamak için birlikte hareket edilebilmektedir. Bu küme aynı zamanda 5G çalışmalarında da yer almaktadır (HTK, 2020).

İletişimi daha hızlı hale getirmek isteyen ülkeler son yıllarda 5G teknolojisine yatırımlar yapmaktadır. 5G'nin en önemli avantajı iletimlerde daha yüksek hız, daha düşük gecikme, daha fazla uzaktan müdahale kapasitesi ve daha fazla sayıda bağlanabilir cihaz ve sanal ağ sağlamasıdır. Bu sebeple HAVELSAN (Hava Elektronik Sanayii) önderliğinde "Uçtan Uça Yerli ve Milli 5G Projesi" kapsamında 2018'de 50 milyon liralık yatırım ile 5G geliştirme çalışmalarına başlanmıştır. Proje doğrultusunda bilgisayar mühendislerinden oluşan elli kişilik bir ekiple mobil

haberleşme teknolojileri geliştirilmektedir. Ülkedeki mobil operatörlerle birlikte çalışarak kullanılacak olan yazılımlar %80 oranında hazır hale getirilmiştir. (HAVELSAN, 2020). Projenin 2020 yılı itibariyle tamamlanıp halka sunulması beklenirken 2021 Haziran ayında bu henüz gerçekleşmemiştir.

Dijital dünyada güvenlik önemli bir rol oynamaktadır. Teknolojik gelişme zamanla güvenlik sistemlerini ve güvenlik risklerini değişikliğe uğratmaktadır. Lojistik ve ulaşım ağları, enerji ve iletişim sistemleri, sağlık hizmetleri, kişisel veriler vb. siber risklerle karşı karşıya kalmaktadır. Ülkeler ve şirketler ise bu riskleri en aza indirmek için çeşitli politikalar düzenlemekte ve yatırımlar yapmaktadır.

2017’de siber güvenlik alanındaki ihtiyaçların belirlenmesi, ihtiyaçlara yönelik teknolojiler geliştirilmesi, ekosistemin oluşturulması, sürdürülebilirliğin sağlanması, ülkedeki siber güvenlik şirketlerinin sayısının artırılması, finansman oluşturulması ve siber güvenlik alanındaki insan kaynağı sayısının artırılıp niteliğinin geliştirilmesi için Türkiye Siber Güvenlik Kümelenmesi kurulmuştur. Akademi, özel sektör ve kamu kurum ve kuruluşlarının dâhil olduğu bu kümelenme Savunma Sanayii Başkanlığı ve Dijital Dönüşüm Ofisi Başkanlığı tarafından desteklenmekte ve Savunma Sanayii Teknolojileri A.Ş. tarafından yürütülmektedir (Türkiye Siber Güvenlik Kümelenmesi, 2020). Bu platform pazara erişim, inovasyon, yeteneğe erişim, etkileşim ve teknolojik üstünlük olmak üzere beş ana bölümde gelişme kaydetmektedir. Bu bölümlerde ise fuarlar, etkinlikler, çeşitli girişimcilik ve fikir yarışmaları, eğitim programları, kamplar, sertifika programları, bitirme projeleri, ulusal ve uluslararası konferanslar ve sektörlerle yönelik zirveler düzenlenmektedir. AR-GE çalışmalarının hızlı yürütülmesi ve sektörlerle uygun çözüm sunulması içinse farklı çalışma grupları oluşturulmaktadır (Dijital Dönüşüm Ofisi, 2020a).

2.2.2.2 Sanayi Sektörü

Türkiye’nin Almanya gibi sanayileşmesini tamamlamış bir ülke olmaması sebebiyle iki ülkenin sanayi sektöründeki üretim değerlerinde ve GSYH paylarında birtakım farklılıklar bulunmaktadır. Dijital olgunluk endeksleri de bunu kanıtlar nitelikte sonuç vermektedir. Bu endekste Almanya 3 ile 4 arasındayken Türkiye 2-3 arasındadır (Sevgi, 2020). Diğer yandan Türkiye’nin sanayi sektöründe hızlı bir gelişimi söz

konusudur. 2000’de Almanya’nın toplam sanayi üretim değeri 543,653 milyar dolar ve Türkiye’nin ise 73,438 milyar dolar seviyesindedir. 2016’ya gelindiğinde Almanya 950,275 milyar dolar Türkiye ise 244,274 milyar dolar seviyesine yükselmiştir. Türkiye’de sanayinin ekonomide oynadığı role bakıldığında sanayinin GSYH’deki payının 2000’de %27,9 oranında olduğu görülmektedir (Petek ve Şanlı, 2018: 188-190). Bu rakam 2019 sonunda %27,2 seviyesine düşmüştür. Yüzde olarak düşük olmasına rağmen kattığı değerle oldukça yüksek bir artış söz konusudur. (Hazine ve Maliye Bakanlığı, 2020: 6). Bununla beraber Almanya’nın sanayi sektörünün GSYH payı Avrupa’nın en yükseğidir (Parilla, v.d., 2015).

Türkiye’de sanayi sektöründe Endüstri 4.0’a öncülük eden alt sektörlerin otomotiv, beyaz eşya sanayi, makine, tekstil, gıda ve kimya olduğu görülmektedir. Beyaz eşyada ve makede CPS sistemleri ve yatay entegrasyon otomotivde sanal fabrika, ürün tasarımı ve otonom lojistik araçları yine beyaz eşyada üretimi esnekletmek için akıllı robotlar kimyada ise kendi kendini optimize eden sistemler günümüzde sıklıkla kullanılmaktadır (Switzerland Global Enterprise, 2017: 32).

Otomotivde bu teknolojilerin kullanılıyor olmasının sebepleri arasında ülkedeki tüm otomobil üreticilerinin yabancı şirketler olması önemli rol oynamaktadır. Otomobil üretimindeki yüksek teknoloji yurt dışından gelmektedir. Türkiye, otomobil yan sanayi ve yedek parça konusunda oldukça büyük bir öneme sahiptir. Bu üretimler ise çoğunlukla KOBİ’ler tarafından sağlanmaktadır. Ayrıca söz konusu üretim yüksek teknoloji kullanılmadan yapılmaktadır.

TÜBİTAK tarafından hazırlanan “Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası” ile ülkenin sanayi sektöründeki potansiyeli ve ürünlerin geliştirileceği alanlar ayrıntılı bir şekilde ele alınmış ve bununla ilgili destek planları çıkarılmıştır (Boğaziçi Üniversitesi Endüstri 4.0 Platformu, 2020: 9). Yol haritası bu vizyonu gerçekleştirmek adına kısa, orta ve uzun vadede yapılması gerekenleri belirtmektedir. Ayrıca Türkiye’nin Endüstri 4.0’ın gerektirdiği teknolojik seviyeyi yakalaması ve/veya geçebilmesi için on maddeden oluşan teknolojik hedefler sıralanmıştır. Bulut bilişim platformlarının geliştirilmesi, büyük veri analitiği yapılmasına yönelik sistemlerin kullanılması, siber güvenlik çözümlerinin üretilmesi,

modelleme ve simülasyon teknolojilerinin geliştirilmesi, endüstriyel IoT platformunun oluşturulması, makineden makineye, makineden insana ve makineden altyapıya veri transferini sağlayan yazılım ve donanım geliştirilmesi, yenilikçi sensörlerin üretilmesi, akıllı üretim robotu, ekipman, yazılım ve yönetim sistemlerinin kullanılması, 3D yazma işlemlerinde kullanılan malzemelerin, ekipmanların ve yazılımların geliştirilmesi ve akıllı fabrika sistemlerinin kurulması bu hedefleri oluşturmaktadır (TUBİTAK, 2016, 6).

Almanya’da olduğu gibi KOBİ’ler Türkiye’nin de sanayi sektöründe büyük öneme sahiptir. 2019 verileri incelendiğinde 2019’da ülke genelindeki toplam girişim sayısının %99,8’ini KOBİ’lerin oluşturduğu görülmektedir. Yine aynı şekilde ülkedeki toplam istihdamın %72’4’ü, üretim değerinin %44,1’i ve faktör maliyetiyle katma değer %44’ü KOBİ’ler tarafından sağlanmaktadır. Ayrıca KOBİ’lerdeki toplam istihdamınsa %15,7 gibi büyük bir oranı imalat sanayidedir. Teknoloji kullanım oranlarına bakıldığında sadece %0,5’inin yüksek teknoloji ve %56,9 gibi büyük bir çoğunluğunun Endüstri 4.0 dönüşümüne ters bir şekilde düşük teknoloji kullandığı görülmektedir. KOBİ’lerin yaptığı toplam ihracatın %37,5’i sanayi sektöründe faaliyet gösterenler tarafından yapıldığından Endüstri 4.0 konusunda KOBİ’ler Almanya gibi önemli bir yer edinmektedir (TÜİK, 2020d). Bu sebepler dolayısıyla KOBİ’leri desteklemek için KOSGEB (Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı) tarafından girişimcilik, AR-GE, teknolojik üretim, işletme geliştirme ve büyüme gibi konularda çeşitli bütçe limitleriyle KOBİ’lere finansman sağlanmaktadır. Bunlar arasında 750 bin liraya kadar “AR-GE ve İnovasyon Destek Programı”, 818 bin liraya kadar Endüstriyel Uygulama Destek Programı, 6 milyon liraya kadar Teknolojik Ürün Yatırım Destek Programı ve yine 6 milyon liraya kadar Stratejik Ürün Destek Programı gibi programlar yer almaktadır (KOSGEB, 2020).

2.2.2.2.1 Ulaşım

Tarihe bakıldığında ulaşım araçlarının gelişiminin insanlığın gelişmesinde büyük etkisi olduğu görülmektedir. Gemiler, trenler, otomobiller ve uçaklar uzak yerleri birbirine yakınlıştırmaktadır. Hatta tren saatlerini İngiltere’de belli bir düzene koyma

gereksinimi dünyadaki tüm saatlerin Greenwich gözlemevine göre ayarlanmasının temelini oluşturmuştur (Royal Museums Greenwich, 2021). Diğer yandan Henry Ford bant sistemi ile otomobil üreterek tüm düzeni bozmuş ve her şey yeniden tanımlanmıştır. Otomotiv sektörü aynı zamanda dijitalleşmeye ve teknolojilere önderlik eden sektörlerin başında gelmektedir. Mobilitayı hızlı ve verimli bir şekilde sağlamak için sürekli araştırma ve geliştirme yapılmaktadır.

Yaşanılabilir bir çevre ihtiyacına bağlı olarak çevreyi korumaya yönelik oluşturulan politikalar doğrultusunda ulaşım araçlarının daha çevreci olması için çeşitli geliştirmeler yıllardır yapılmaktadır. Uygulanan politikalarla emisyon oranları sürekli düşürülmektedir. Aynı zamanda son on yıldır elektrikli araçlar üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Ortalama yirmi yıl içinde özellikle gelişmiş ülkelerde bütün kara taşıtlarının elektrikli olması beklenmektedir. Bu sebeplerle Türkiye, üretmek için çalışmalar yaptığı TOGG araçlarında da enerji için elektrikle çalışan bir motor kullanmayı tercih edeceğini belirtmiştir.

2018’de yerli otomobil üretmek için kurulan TOGG, Türkiye merkezli bir otomobil üreticisidir. 2022’nin sonu itibariyle ilk otomobillerini piyasaya sürmesi beklenmektedir. Enerjisini lityum iyon pillerle sağlaması düşünülen bu otomobillerde günümüzün en gelişmiş otomobil teknolojilerinden biri olan otonom sürüş özelliğinin de yer alması planlanmaktadır. Üretimi yapmak amacıyla inşa edilen fabrikanın Endüstri 4.0 dönüşümünde örnek nitelikte olması istenmektedir. Bunun için gerçek zamanlı verilerin toplandığı ve analiz edildiği bir üretim ağının geliştirilmesi üzerinde çalışılmaktadır. IoT örneği olan bir akıllı fabrika niteliği taşıması doğrultusunda gelişmeler sürdürülmektedir. Fabrikayı çevreci kılmak için çevreyi kirleten uçucu organik bileşen salınımının oldukça düşük tutulmasının planlanması fabrikayı Avrupa’nın en temiz fabrikası yapmaktadır. 2023’e kadar üretimi için toplamda 4 bin 300 çalışan istihdam edilmesi planlanan bu yerli otomobillerde kullanılacak pillerin de yine Türkiye’de üretilmesi üzerine çalışmalar yapılmaktadır (TOGG, 2020).

Elektrikli araçlarda kullanılan motorlara güç sağlayan lityum iyon pillerin elektrikli araçların maliyetinin önemli bir kısmını oluşturması sebebiyle pil otomotiv sektöründe rekabetin fazla olduğu konuların başında gelmektedir. Ülkeler lityum madenleri açma,

üretim tesisi kurma, pil hücreleri geliştirme ve pazar oluşturma konusunda lider olmaya çalışmaktadır. Bu sebeple 2020’de Türkiye’de de ülkenin ilk lityum karbonat üretim tesisi açılmıştır. Bor üretimi esnasında açığa çıkan atık suların içinde yer alan lityumun geri kazanılmasıyla ülkenin lityum ihtiyacının yarısından fazlasının karşılanması planlanmaktadır. TOGG otomobilleri başta olmak üzere tüm elektrikli otomobillere ve bataryaya sahip tüm elektronik araçlarda kullanılan pillere lityum üretiminin bu tesis ile gerçekleştirilmesi beklenmektedir (Eskişehir Valiliği, 2020).

Otonom sürüş özelliği sadece otomobiller değil aynı zamanda kamyonlar, trenler, metrolar ve uçaklar için de geliştirilmektedir. Metrolarda sürücüsüz ulaşım sağlanmasına yönelik olarak Türkiye’nin ilk sürücüsüz metro hattı 2017’de İstanbul’da hizmete açılmıştır (Metro İstanbul, 2017). 2018’de dünya üzerindeki sürücüsüz özelliğe sahip 62 metro hattı arasında tek seferde yolcu taşıma kapasitesi üzerinde yapılan bir araştırmada bu hat dünyada üçüncü sırada ve Avrupa’da birinci sırada yer almıştır (Metro İstanbul, 2018).

2.2.2.2.2 Elektrik/Elektronik

Endüstri 4.0 Devrimin Türkiye’de konuşulmaya başlamasından itibaren çeşitli danışmanlık şirketleriyle beraber ülkenin dijital dönüşüm sürecinde hangi noktada olduğuna ve dönüşümü hızlandırmak için neler yapması gerektiğine yönelik çalışmalar yürütülmektedir. 2016’da yapılan 18 sektörden 106 şirketin katıldığı bir araştırmada ülkenin dijital endeksi %61 şeklinde ölçülmüştür. En yüksek düzeyin ise %81 ile finans hizmetlerinde olduğu araştırmaya elektronik cihazlar üreten üç şirket katılmıştır. Bu şirketlerin dijital endekslerinin %63 olduğu görülmüştür. Bu 18 sektör içinde en düşük puan alan şirketlerin büyük bir çoğunluğun bazılarının elektronik/elektronik sektöründen de olduğu imalat şirketleridir. Buradan çıkaran sonuç ise Endüstri 4.0 dönüşümünü hızlandırmak isteyen Türkiye’nin devrimin bileşenlerinde en önemli katkıları sağlayan elektronik sektörünü geliştirme konusunda geç kaldığı ve bu alana yoğunlaşması gerektiğidir. (Accenture, 2016: 11-12).

Türkiye’nin teknoloji üretmek konusunda gelişmiş ülkelerden geride olduğu ve ülkede kullanılan teknolojilerin ithal edildiği uzun süredir üzerinde tartışılan bir konudur. Bu sorunu çözmek için son yıllarda yerli teknoloji üretme çalışmaları yapılmaktadır.

Endüstri 4.0 çerçevesinde ülkede çeşitli teknoloji geliştirme merkezleri açılmaktadır. MESS (Türkiye Metal Sanayicileri Sendikası) tarafından 2020’de açılan MEXT dünyanın en büyük dijital dönüşüm ve yetkinlik merkezidir. Teknoloji geliştirmek isteyen sanayiciler, mühendisler, girişimciler, öğrenciler, şirketler vb. için bünyesinde kesikli üretim ve sürekli üretim yapan iki dijital fabrika barındırmaktadır. Ayrıca eğitim ve gelişimi sağlamak için tasarım odaklı düşünmeyi sağlayan özel eğitim programları tasarlanmıştır. Dünya çapında ve Türkiye’de en başarılı teknoloji üreticilerinden oluşan bir ekosistem ve iş birliği oluşturulmuştur (MEXT, 2020).

Türkiye’nin en büyük beyaz eşya üreticilerinden biri olan Arçelik Endüstri 4.0 konusunda ülkenin öncü teknoloji şirketlerinden bir tanesidir. Prototip ve servis parçalarının üretilmesinde 3D yazıcılar kullanılmaktadır. Üretim hattında kullanılan endüstriyel ekipmanların AR yoluyla sanal ortama aktarılması gibi Endüstri 4.0 bileşenlerini içeren birçok projesi Horizon 2020 kapsamında fonlanmaktadır. Ayrıca insan ve robotların birlikte çalıştığı iş istasyonları geliştirilmektedir (Türkiye’nin Endüstri 4.0 Platformu, 2016).

İnsanın ve robotun birlikte çalışabildiği iş birliği sistemlerinin geliştirilmesi konusunda Tofaş tarafından Horizon 2020 kapsamında 8,6 milyon avro fon sağlanan bir proje yürütülmüştür. 2017’de sonlanan “ROBO-PARTNER Project” adlı bu proje ile geleceğin fabrikalarında akıllı, esnek ve güvenli operasyonlar için giyilebilir teknolojik ürünler yardımıyla AR uygulamalarının tasarımı ve üretimde kullanımı, veri transferini hızlandırmak için kablosuz ağ protokolleri, LİDAR sensörleri kullanılarak çeşitli 3B modeller ve otonom karar destek sistemleri geliştirilmiştir (Horizon 2020, 2020b).

Türkiye’de Endüstri 4.0’ın sanayi alanındaki gelişmelerine bakıldığında gelişmelerin çoğunun Alman şirketleri başta olmak üzere yine yabancı şirketler tarafından yapıldığı görülmektedir. Yukarıda bahsedilen Tofaş projesinde de proje ortakları arasında yabancı kuruluşlar yer almaktadır. Ayrıca geliştirmede kullanılan teknolojilerin çoğu yine ithal edilerek sağlanan teknolojilerdir. Türkiye’de faaliyet gösteren ve Alman menşeli çok uluslu şirketlerden olan Siemens, Bosch, Leuze Electronic gibi

elektrik/elektronik üzerine üretim yapan şirketlerin ülkede çeşitli çalışmalar yaptıkları görülmektedir.

Çeşitli sektörler için sensörler üreten alman menşeli bir şirket olan Leuze Electronic 2019'da Türkiye'de ilk defa karanlık fabrika örneğini ortaya çıkaran şirket olmuştur. İmalat sanayi temalı bir fuarda gösterilen bu örnekte IoT, bulut teknolojisi, büyük veri, 3D yazıcılar ve dijital otomasyon gibi Endüstri 4.0 bileşenlerini bir arada görmek mümkün olmaktadır (Leuze Electronic Türkiye, 2019). Karanlık fabrikalar ile üretimdeki işgücü maliyetleri, işgücüne duyulan ihtiyaç, hatalı ürün oranı ve enerji sarfiyatı azalmaktadır. Ayrıca yüksek vasıflı çalışanların işlerine odaklanmaları kolaylaşmakta ve teknik bilgi ve becerilerini geliştirebilecekleri alanlar yaratılmaktadır. Tüm bunlar sonucunda verimlilik artmakta ve artan verimlilikle beraber rekabet avantajı sağlanmaktadır.

Türkiye'de Endüstri 4.0 konusunda çalışmalar yapan şirketlerin başında Siemens gelmektedir. Şirket, ürün yaşam döngüsü yönetimi ve tam otonom yazılımlarla ürünlerini üretmektedir. Ayrıca Endüstri 4.0 Devriminde Türkiye'ye dijital dönüşüm konusunda rehber olması adına "Türkiye'nin Endüstri 4.0 Platformu" adlı bir platformun sponsorluğunu üstlenmektedir. Bu platform ile endüstriyle ilgilenen profesyonellerin ve akademisyenlerin aynı çatı altında toplanması için çalışılmaktadır (Otomasyon Dergisi, 2018).

2.2.2.2.3 İklim ve Çevre

Küresel ortalama sıcaklık artışının sanayileşme öncesi döneme göre maksimum 2°C olması ve ek olarak bu artışın da 1,5°C altında tutulması için Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi içinde yer alan Paris Anlaşması 2015'te imzalanmıştır. Yüz yetmiş beş ülke tarafından imzalanan bu anlaşmanın taraflarından biri de Türkiye'dir. Bu hususta Endüstri 4.0 kapsamında iklimin ve çevrenin korunması kapsamında sera gazı emisyonlarının 2030'da %21 oranında azaltılması uygun görülmüştür (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020).

Maddeler topluca kabul edilmediğinden ülkeler arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Almanya gibi bazı ülkelere yeşile geçişi öncelik haline getirmek ve

iklim değişikliğini hafifletmek için çalışmalar yapmaktadır. Dünyada karbondioksit salınımı her geçen yıl artmaktadır. Türkiye’de de bu salınımların Almanya’nın aksine her yıl arttığı görülmektedir. Örneğin 1990’da dünyada 20.516 milyon ton ve Türkiye’de 128.8 milyon ton salınım yapılmıştır. 2005’e gelindiğinde bu salınım dünyada 27.045 milyon ton ve Türkiye’de 215.9 milyon ton seviyesine yükselmiştir. 2018’de rakamlar gittikçe artarak dünyada 33.513 milyon ton ve Türkiye’de 371.4 milyon ton şeklinde ölçülmüştür (IEA, 2020a). Almanya uzun yıllardır yaptığı çalışmalarla bu salınımı sürekli azaltmaktadır. İki lke arasındaki salınım miktarları karşılaştırıldığında Almanya’nın miktarının Türkiye’ye miktarına göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bunun temel sebebi ise Almanya’daki üretim düzeyinin Türkiye’ninkine oranla fazla olmasıdır.

2019’da Türkiye’de elektriğin yaklaşık %48’i HES (Hidroelektrik Enerji Santrali), rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmiştir. Bu enerjinin ise yaklaşık %31’i hidrolik, %8’i rüzgâr ve %7’si güneş enerjisidir (TEİAş, 2020a). Aynı yılda Almanya %47’lik oranı çoğunlukla rüzgâr enerjisi ve güneş enerjisiyle elde etmektedir (Appunn, v.d., 2020).

Türkiye’nin yenilebilir enerji konusundaki en büyük avantajı akarsularının HES ile enerji elde etmeye uygun olmasıdır. HES’ler uzun yıllardır ülkenin enerji ihtiyaının karşılanmasında önemli yer almasına karşın güneş ve rüzgâr enerjisi gibi enerjilere göre çevreye birtakım zararlar vermektedir. İnşası için doğa tahrip edilmekte, su havzalarında bulunan bitki ve hayvan çeşitliliği azalmakta, akarsu boyunca mevcut ekosistem bozulmakta ve ürünler can suyundan mahrum kalmaktadır. Ayrıca sellere neden olarak insan hayatını tehdit etmektedir. Bu sebeple Türkiye’nin de yenilenebilir enerji üretimindeki ağırlığını iklimi ve çevreyi korumak adına güneş ve rüzgâr enerjisine aktarması gerekmektedir.

Ülkedeki sera gazı emisyon salınımlarının ilk ölçümün yapıldığı 1990’dan itibaren her geçen yıl arttığı gözlemlenmiştir. Salınının sektörel dağılımına bakıldığında enerji sektörü ilk sırada yer almaktadır. 2018 yılı verilerine göre salınım kaynaklarının %71’i enerji, %15’i endüstriyel işlemler ve ürün kullanımı, %12,5’i tarım ve %3,4’ atık şeklinde ölçülmüştür (TÜİK, 2020e). Böylece Endüstri 4.0 kapsamında iklim ve evre

konusunda yapılacak düzenlemelerin temelinde enerjide dönüşümün olması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Kara taşıtlarının tamamına yakınının fosil yakıt kullandığı Türkiye’de sera gazı salınımlarının önemli bir kısmı ulaşım sebebiyle olmaktadır. İklim değişikliği ile ilgili mücadele politikalarının bir sonucu olarak otomobil üreticileri yakıt tasarrufu sağlamak amacıyla bazı akşamlarda plastik parça kullanmaya başlamıştır. Bu da araçlardaki yakıt sızıntısı riskini gün geçtikçe artırmaktadır. Oluşan bu sızıntı doğaya zarar vermekle beraber yakıt kaybına yol açarak verimliliği azaltmaktadır. Bunun önüne geçmek için 2015-2017 yılları arasında Horizon 2020 tarafından 1,2 milyon avro fon sağlanan “LEAKFREE” adlı bir proje geliştirilmiştir. Bu projeyle beraber belli periyotlarla ve insana bağımlı yapılan sızıntı tespitini otomasyona devretmek için endüstride standart hale gelebilecek, ekonomik ve sürekli veri sağlayan kontrol teknolojisi geliştirilmiştir (Horizon 2020, 2020c).

Avrupa ülkeleri ile karşılaştırıldığında Türkiye’nin enerji altyapısının yetersiz olduğu görülmektedir. Elektrikli otomobillerin hızlı şarj edilmesi için ihtiyaç duyduğu gücün şarj istasyonlarına iletilmemesi ve şarj edilmek istenen araç satışındaki artışın altyapıda sorunlara yol açması elektrikli otomobil satışlarını etkileyen etmenlerden bazılarıdır. Bunun önüne geçmek amacıyla Yıldız Teknik Üniversitesi tarafından 2019’da “Şarj İstasyonları ve Elektrik Araçların Şebekeye Etkisinin İncelenmesi ve Bu Yüklerin Optimize Edilmesi İçin Gerekli Yerli Yazılım Geliştirilmesi” adlı bir proje başlatılmıştır. Bu projeyle beraber şarj istasyonlarının kullanımı için belli bir güç standardının oluşturulması, elektrikli araçlara uygun olarak şebeke altyapısının hazırlanması, istasyonların uzaktan kontrolünün sağlanması ve artan güç taleplerine karşı bölgelere yapılacak yatırımların planlanması gibi konular üzerinde çalışılmaktadır (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, 2018). Nisan 2020 tarihinde son bulan bu proje sonunda yerli yazılımın geliştirilip geliştirilemediğiyle ilgili bir bulguya rastlanamamıştır.

Elektrik motorlarının sanayi sektöründe oldukça yer edinmesi sektördeki elektrik tüketiminin %70’inin bu motorlar tarafından yapılmasına yol açmaktadır. Bunun da etkisi ile Türkiye’de yıllık elektrik harcamasının %30-35’i sanayi sektöründe

gerçekleşmektedir. Bu elektrik motorları konusunda yapılacak iyileştirmelerin enerji kullanımını azaltarak yıllık sera gazı emisyonlarını da aynı şekilde azaltması düşünülmektedir. Bu sebeple 2016'da UNDP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı) kapsamında "Türkiye'deki KOBİ'lerde Enerji Verimli Motorların Teşvik Edilmesi" adlı bir proje başlatılmıştır. Proje kapsamında motor üreticilerinin kapasitelerini artırabilmeleri için desteklenmesi, kullanıcılara ve üreticilere maddi destek sağlanması ve enerji tüketimi düşük motorlarla ilgili teknolojilerin geliştirilmesi ve bu teknolojilerin sanayi sektöründe uygulanması gibi konular üzerinde çalışılması planlanmaktadır (UNDP, 2020a).

2.2.2.2.4 Enerji

Türkiye enerji ihtiyacını karşılamak için petrol, kömür, doğal gaz vb. birincil enerji ihtiyaçları konusunda Almanya gibi büyük ölçüde dışarıya bağımlıdır. Bununla birlikte yenilenebilir enerjilerin önemi son yıllarda önemli ölçüde artmıştır. İklim koruma politikaları çerçevesinde zararlı gazların salınımını engellemek amacıyla yapılan çalışmalar enerji sektörünün yenilenebilir enerjiye doğru yönlenmesinin sebeplerinden bir tanesidir.

Türkiye'nin birincil enerji kaynaklarının yıllık dağılımına bakıldığında 1960'tan beri en çok HES ile enerji üretildiği görülmektedir. Ondan sonra ise sırasıyla taş kömürü ve linyit gelmektedir. 1980'de sıralama çoktan aza doğru HES, linyit, fuel-oil, motorin ve taş kömürü şeklinde olmuştur (TEİAŞ, 2020b). 1985'te doğal gaz ve 2000'e geldiğinde ise enerji için kömür ithal edilmeye başlandığı görülmektedir. 2000'de ise en çok kullanılan enerji kaynakları sırasıyla HES, linyit, doğal gaz ve fuel-oil olmuştur (TEİAŞ, 2020c).

Yenilenebilir enerji kaynaklarından bazıları olan rüzgâr ve güneş enerjisinin ülkede 2000'lerden sonra kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Rüzgâr enerjisi ilk defa 2008, güneş enerjisi de 2014'te kullanılmıştır. 2019'da sırasıyla enerji elde etmek için en çok HES, doğal gaz, linyit, taş kömürü, rüzgâr ve güneş enerjisi kullanılmıştır. Yenilenebilir enerji sektörüne yapılan yatırımlar sayesinde bu enerjilerin kullanımının hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir. 2019'da rüzgâr enerjisi kullanımı 2008'e göre 21 kat artarak payı %8'e ve güneş enerjisi ise 2014'e göre 150 kat artarak payı %7'ye

yükselmiştir. Yapılan yatırımlarla bu oranların ilerleyen yıllarda giderek artması beklenmektedir (TEİAŞ, 2020d).

Endüstri 4.0 dönüşümü diğer tüm endüstriler gibi enerji sektörünü de köklü şekilde etkilemektedir. Dönüşüm ile enerji sektöründe teknolojik gelişmelerin ve IoT teknolojilerinin kullanılmaya başlanması sektöre olan yatırımları hızlandırmaya başlamaktadır. Sektördeki artan rekabet sayesinde güneş ve rüzgâr enerji sistemlerinin ve enerji depolama ünitelerinin ucuzlaması bunu artıran faktörlerden bazılarıdır. Yeni çözümlerle beraber daha çok verinin toplanmaya başlanması enerji işletmelerinin operasyonları daha iyi yönetmesini, güvenlik açıklarını gidermesini ve riskleri azaltmasını kolaylaştırmaktadır. Akıllı şebeke ölçüm cihazlarıyla enerji talebinde meydana gelen değişiklik anlık olarak takip edilebilmekte ve enerji planlaması daha kolay şekilde yapılabilmektedir. Bu sayede ileriye dönük yapılacak yatırımların daha etkili olması da sağlanmaktadır.

Yenilenebilir enerji kullanımının artırılması, sera gazı emisyonlarının azaltılması ve yeni iş olanakları yaratılması maksadıyla 2016'da UNDP kapsamında bir program başlatılmıştır. "Orman Köylerinde Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi için Sürdürülebilir Finans Mekanizması Projesi" adlı program ile köylerde güneş enerjisinden elektrik üretiminin yaygınlaştırılması ve ülkedeki güneşten enerji elde etme yüzdesinin artırılması amaçlanmaktadır. Orman ve Su İşleri Bakanlığı ve Uluslararası Güneş Enerjisi Topluluğu gibi büyük paydaşların yer aldığı bu proje enerji sistemlerinin teşvikini ve finansmanını desteklemektedir. Tesislerin kurulduğu orman köylerinde sosyal kalkınmanın sağlanması için üretim tesislerinin yönetiminin ve sürdürülebilirliğinin yerel çalışanlar tarafından sağlanması planlanmaktadır. Ayrıca bu proje ile ülkenin güneş enerjisi kapasitesine %1'lik katkı sağlanacağı öngörülmektedir (UNDP, 2020b).

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından 2020'de "Stratejik Plan 2019-2023" adlı ülkenin beş yıllık enerji dönüşümünü barındıran bir plan yayınlanmıştır. Bu plan ile 2023'e kadar ülkedeki yenilenebilir enerji kullanım oranının %65'e çıkarılması, doğal gaz ve elektrik altyapısının güçlendirilmesi ve petrol ve doğal gaz arama çalışmalarının başta denizler olmak üzere hızlandırılması planlanmaktadır. Teknolojik

dönüşümü hızlandırmak amacıyla AR-Ge çalışmaları yaparak ve teknolojik gelişmelerle arıza sıklığı azaltılarak elektrik sektöründe teknolojik dönüşüm uygulamalarının yapılması planın diğer bir önemli noktasını oluşturmaktadır. Çalışanların yetkinliğinin artırılması, bulut bilişimin, dijital ortamların ve yönetim sistemlerinin bütün olarak geliştirilmesi, stratejik önem arz eden AR-Ge projelerinin artırılması ve madencilik alanında dijital dönüşüme yönelik altyapının oluşturulması gibi geliştirmeler yapılmaktadır. Olası bir kaza durumunda insan sağlığını büyük ölçüde tehdit eden nükleer santrallerden elektrik üretmeyi diğer gelişmiş ülkeler gibi Almanya da sonlandırmayı planlarken Türkiye tam tersine bu planda nükleer enerji kullanılması yönünde çalışma yapmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2020: 74-157).

2.2.2.3 Tarım Sektörü

Tarım sektörü ülkelerin sadece gıda ihtiyacını karşılamakla sınırlı kalmayıp aynı zamanda ülke ekonomisi için önemli katkıda bulunmaktadır. Sanayi sektörüne hammadde temini yapmakta, ülke ihracatını artırmakta, ülkenin belli bir istihdam düzeyini karşılamakta, kırsal alanın kalkınmasına yardımcı olmakta ve reel büyümeye katkı sağlamaktadır.

Türkiye’de tarım sektörü her zaman istihdamın önemli bir kısmına sahip olmuştur. Gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında günümüzde ülkede tarım sektörü daha fazla istihdam barındırmaktadır. 1988’de istihdam edilenlerin %46’sı (Görmüş, 2009: 115), 2000’de %36’sı (Aydemir, 2013: 131) ve 2020 yılı Eylül ayında ise %18’i tarım sektöründe yer almaktadır (TÜİK, 2020a). Ayrıca 2019’da GSYH payının %6,4’ü bu sektörden gelmiştir. (Hazine ve Maliye Bakanlığı, 2020: 6). Almanya’nın 2020 verilerinde ise tarımda sadece %1.17’lik bir istihdam düzeyi ölçülmüştür (Plecher, 2020).

Endüstri devrimine kadar insanlar binlerce yıl boyunca tarım faaliyetlerini hayvanlarla ve basit aletlerle yaparken teknolojinin etkisiyle son yüzyılda zamanla motorlu tarım araçları ve traktörler kullanılmaya başlamıştır. 1970’lerden sonra otomasyon sistemlerinin gelişmesiyle çeşitli sensörler içeren tarım aletlerine geçiş yapılmıştır. Endüstri 4.0 ile beraber tarımdaki dönüşümde ise diğer sektörlerde olduğu

gibi birbiriyle iletişim kurabilen tarım uygulamalarına geçiş yapılması planlanmaktadır (Kılavuz ve Erdem, 2019: 136). BI Intelligence adlı bir araştırma merkezinin yaptığı çalışmada 2015'te tarım sektöründeki IoT cihaz sayısının 30 milyon olduğu, bu sayının 2020'de 75 milyona çıkacağı ve bunun tarım sektöründe yılda %20'lik bir büyümeyi sağlayacağı öngörülmüştür (Türkiye'nin endüstri 4.0 Platformu, 2018b).

2015'te TÜBİTAK ve Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi ortalığıyla başlatılan AKTAR (Akıllı Tarım Fizibilite Projesi) projesi Türkiye'de Endüstri 4.0 dönüşümünün tarımdaki ilk projesi olma özelliğini taşımaktadır. Bu projeye beraber İç Anadolu Bölgesi'nde yetişen ürünler için akıllı tarım uygulamalarının kullanılması istenmektedir. Bu amaçla sulama ve gübreleme modellerin geliştirilmesi projenin ana temelini oluşturmaktadır. Tarımda uzaktan kontrol etme yöntemlerinden olan drone gibi insansız hava araçlarını da kullanarak yeni sistemlerin geliştirilmesi planlanmaktadır. Proje alanı 400 hektar olarak belirlenmiştir ve bu alanda çeşitli ürünler üzerinde çalışma yapılmaktadır. Ayrıca projenin en önemli amaçları arasında uydulardan, insansız hava araçlarından, radarlardan ve termal kameralardan alınan görüntüleri kullanarak ülkenin tarım sektöründe önemli bir yer tutan şeker pancarı, buğday, arpa ve mısır gibi ürünlerden bir yılda elde edilecek ürün miktarını ölçebilecek modellerin oluşturulması yer almaktadır (Teke, v.d., 2016).

Tarımda Endüstri 4.0 dönüşümüyle beraber daha sağlıklı ve daha ucuz gıdaya ulaşabilmek için TÜBİTAK tarafından desteklenen başka bir proje ise Ege Üniversitesi bünyesinde kurulmuş olan "Doktar" projesidir (Kılavuz ve Erdem, 2019: 152). Doktar ülkedeki tarım ekosistemine ait bilgilerin büyük veri analiz yöntemleriyle analizinin yapılarak doğru kararlar verilmesi ve bu kararlarla ekosistemin geliştirilmesi için kurulmuş bir tarım teknolojileri şirkettir. Bunu sağlamak amacıyla tarım değer zincirini uzaktan algılama, makine öğrenmesi ve IoT gibi yeni teknolojilere dayalı dijital tarım çözümleri geliştirmektedir. Bunların geniş kitleler tarafından kullanılması içinse dağıtım sistemleri ve iş ortaklıkları kurmaktadır (Doktar, 2020a). Uydudan 450 bin hektar alanın takip edildiği ve veri tabanına kayıtlı 500 bin üreticiyi barındıran bu projede şimdiye kadar 117 bitkinin modellemesi ve 3

patent başvuru yapılmıştır. Ayrıca yıllık yaklaşık 32 bin üreticinin sorusuna cevap sağlanmıştır (Doktar, 2020b).

Ayçiçeği, pamuk ve pirinç kabuğu gibi modern biyoenerji yöntemlerinin kullanılarak tarım sektöründeki verimliliği ve sektörün rekabet gücünü artırmak, sera gazı emisyonlarını azaltmak ve aynı zamanda tarımdaki dönüşümü sağlamak için 2016'da GEF (Küresel Çevre Fonu) tarafından fonlanan ve beş yıl sürmesi planlanan bir proje başlatılmıştır. Çiftçilerin üretim ve hasat sonrasında elde ettikleri organik atıkların yakılması bir dizi atmosfer kirletici emisyonu neden olmaktadır. Bunun yerine söz konusu atıkların enerji üretimi için değerlendirilerek tarımsal gıda sektöründe ısı, soğutma ve elektrik için kullanılması hedeflenmektedir. Ayrıca bu proje ile ülkenin çeşitli bölgelerinden tarımsal atıkların toplanarak karbon emisyonunda yaklaşık 440 bin ton azalma sağlanması öngörülmektedir (GEF, 2020).

2.3. Karşılaştırmalı Temel Veriler

Endüstri 4.0 dönüşümünde ülkeler arasında karşılaştırma yaparken birtakım analizlerden faydalanılmaktadır. İş yapma kolaylığı endeksi, ülkelerin AR-GE için ayırdıkları bütçe, patent başvuru sayıları, elektrik üretimi, STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik, Matematik) alanındaki yükseköğretim mezunları ve dijital hizmet ihracatı gibi analizler bunlardan bazılarıdır.

Dünya Bankası tarafından 2006'dan beri düzenli olarak "İş Yapma Kolaylığı Endeksi" adlı çeşitli değişkenler üzerinden prosedürleri, süreyi ve maliyeti analiz eden bir endeks düzenlenmektedir. Aşağıdaki tabloda Almanya'nın ve Türkiye'nin 2019 ve 2020 yıllarındaki genel durumuna yer verilmektedir.

Tablo 1: İş Yapma Kolaylığı Endeksi

Değişkenler	2020 Sırası		2020 Puanı		2019 Puanı		Değişim (%)	
	DE	TR	DE	TR	DE	TR	DE	TR
Genel Sıralama	22	33	79,7	76.8	79,3	75.3	0,4	1.5
İş Kurma	125	77	83,7	88.8	83,6	88.2	0,1	0.6
İş Yeri Açma	30	53	78,2	73.8	78,2	73.4	-	0.4
Elektrik Temini	5	41	98,8	84.5	98,8	81.2	-	3.3
Tapu İşlemleri	76	27	66,6	81.6	66,5	79.9	0,1	1.7
Kredi Alma	48	37	70	75	70	75	-	
Küçük Yatırımcıları Koruma	61	21	62	76	62	76	-	--
Vergi Yüğü	46	26	82,2	86.6	82,1	74.8	0,1	11.8
İthalat - İhracat Kolaylığı	42	44	91,8	91.6	91,8	91.4	-	0.2
Anlaşmazlıkların Çözümü	13	24	74,1	71.4	70,4	71.8	3,7	-0.4
İflas Süreci	4	120	89,8	38.5	90,1	40.7	-0,3	-2.2

Kaynak: World Bank, “Ease Of Doing Business In Germany”, 2020b, (Çevrimiçi) <https://www.doingbusiness.org/en/data/exploreeconomies/germany>, 18 Şubat 2021, World Bank, “Ease Of Doing Business In Turkey”, 2020c, (Çevrimiçi) <https://www.doingbusiness.org/en/data/exploreeconomies/turkey>, 18 Şubat 2021.

Endeksin hazırlandığı ilk yıl olan 2006’da Almanya en kolay iş yapılabilen 19. ülke konumundayken Türkiye’nin 93. konumda olduğu görülmektedir. İlerleyen yıllarda Almanya 25. sıraya kadar geriledikten sonra tekrar yükselişe geçse de 2020’de 22. sırada yer almıştır. Türkiye’nin ise 2020’de 33. sırada yer alarak bu konuda oldukça başarılı bir yol izlediği görülmektedir. Türkiye’nin bunu başarılmasında kredi imkânlarını artırmasının, vergi reformları yapmasının, mülk edinmeyi kolaylaştırmasının ve elektrik teminini uygun hale getirmesinin büyük rol oynadığı düşünülmektedir. Aşağıda bazı değişkenlere dair açıklayıcı bilgiler verilmektedir.

Endeksin değişkenlerinden biri olan iş kurma, işletme kurmak amacıyla aşılması gereken prosedür sayısı, bu prosedürleri aşmak için gereken zaman ve maliyet ve kişi başına düşen milli gelirin yüzde kaçının sermaye olarak gösterilmesi gerektiği ile

ölçülmektedir. Piyasaya girmenin önündeki engeller ne kadar azsa girişim kurmak bir o kadar cazip olmaktadır. Prosedür sayısı, zaman ve kişi başına düşen GYSH oranı iki ülke için sırasıyla şu şekildedir: Almanya 9, 8, %6,5 ve Türkiye 7, 7, %6. Sonuçlar birbirine yakın olsa da Türkiye’de iş kurmanın daha cazip ve kolay olduğunu söylemek mümkün görünmektedir.

Elektrik temini, yeni inşa edilen bir işletme binasına elektrik bağlantısı kurma sürecini prosedür sayısı, zaman ve maliyet üzerinden ölçen bir değişkendir. İş kurma da olduğu gibi sürecin kısalığı ve masrafin düşüklüğü hem dış yatırımcılar hem de girişimciler için cazibeli olmaktadır. Prosedür sayısı, zaman ve maliyetin kişi başına düşen milli gelirin ne kadarına denk geldiği Almanya ve Türkiye’ye göre sırasıyla şu şekildedir: Almanya 3, 28, %37 ve Türkiye 4, 34, %62,3. Türkiye’de elektrik temininin yüksek maliyetli olması elektrik altyapısının yetersiz olmasından kaynaklanmaktadır. Bir bina yapıldığında orası için altyapının güçlendirilmesi ve yeni hatların döşenmesi gerekmektedir. Bu da maliyeti artıran bir unsurdur. Ayrıca ülkede elektrikli otomobillerin kullanabileceği şarj istasyonları kurulmasının önündeki engellerden birinin yine elektrik altyapısının yetersizliği olduğu belirtilmektedir.

Vergi yükü, bir işletmenin bir yılda elde ettiği kârın yüzde kaçını vergi olarak ödemesi gerektiğini belirtmektedir. Vergi oranlarının düşüklüğü yabancı şirketleri ülkeye yatırım yapması konusunda cazip kılan unsurlardan bir tanesidir. Ayrıca yerli girişimcilerin iş kurma isteklerini artırmaktadır. Almanya’da şirketler bir yıllık kârının %48,8’ini ve Türkiye’de şirketler ise %42,3’ünü vergi olarak ödemektedir. Bu durumda Türkiye Almanya’ya göre daha cazip bir ülke konumundadır. Yabancı yatırımlar için vergi yükü önemli bir değişken olmakla birlikte tek değişken değildir. Ülkelerin siyasi durumu, üretim maliyetinin düşüklüğü ve lojistik kolaylığı gibi değişkenler de bu yatırımları etkilemektedir. Örneğin Alman otomobil üreticilerinden biri olan Volkswagen, 2020’de önce Türkiye’de fabrika açmaya karar vermiş fakat daha sonra siyasi nedenleri öne sürerek yatırımını başka bir ülkeye kaydırmıştır.

Anlaşmazlıkların çözümü herhangi bir ticari anlaşmazlık durumunda yerel mahkemeler tarafından sorunun çözüm süreci için gereken zamanı, maliyeti ve adli süreçlerin kalitesini ölçerek mahkemelerin kalitesini ve verimliliğini ortaya

koymaktadır. Ülkenin puanı yükseldikçe sözleşmeleri uygulama maliyeti düşmekte ve yatırımcılar için belirsizlikler azalmaktadır. Mahkeme, avukatlık ve icra işlemleri ücretlerinin mahkemede talep edilen tutara oranı Almanya'da %14 iken Türkiye'de %25'tir. Ayrıca sonuçlanma süresi Almanya'da 499 günken Türkiye'de 633 gündür. Almanya'da işletmeler hem daha kısa sürede hem de daha az maliyetle süreci sonlandırabilmektedir.

İflas süreci, iflas etmiş bir işletmeden teminatlı alacaklı olan diğer işletmelerin bu alacaklarını kaç günde, ne kadar maliyetle ve kaçta kaçını alabileceğini ortaya koymaktadır. İflas süreci ne kadar kolaysa işletmeler kendini güvende hissederek daha çok yatırım yapabilmekte ve böylece piyasa canlılığını kaybetmemektedir. Almanya'daki işletmeler alacaklarının 1 dolarda 80 sentini 1,2 yılda alabilirken Türkiye'deki işletmeler 1 dolarda 10,5 sentini ancak 5 yılda alabilmektedir. Sürecin maliyeti Alman işletmesinin toplam alacağının %8'iyken, Türk işletmesinin %14,5'idir. Kısacası Almanya'da işletmeler alacaklarını büyük oranda ve kısa sürede geri alabilirken Türkiye'dekiler hem işlemler için daha fazla zaman harcamakta hem de alacağının çok az bir kısmını geri alabilmektedir.

Endüstri 4.0 dönüşümünde ülkelerin rekabet edebilmesi için kendi teknolojilerini üretmeleri ve satmaları gerekmektedir. Teknolojilerin yazılım ve donanım olmak üzere iki tarafı bulunmaktadır. Kullanıcının bir teknolojiyi kullanabilmesi için donanımı mecburen satın alması gerekmektedir. Yazılımların ise satın alınıp lisanslı bir şekilde kullanılmasına gerek bıraktırmayan kırıcılar(cracker) tarafından kırılmış(cracked) versiyonları da bulunmaktadır. Lisanssız yazılım kullanımı bir suç iştilgal ediyor olsa da denetim yetersizliği, lisansların pahalı olması, kullanıcının alım gücünün düşük olması ve birtakım felsefi görüşler gibi sebeplerle günümüzde oldukça yaygındır. Diğer yandan lisanssız yazılım kullanımının yüksek seviyede olması yeni yazılım geliştirmek isteyenlerin isteğini törpülemekte ve böylece ülkedeki yazılım geliştirme düşük seviyede kalarak dijital ekonomiye geçiş süreci uzayabilmektedir. Bununla ilgili olarak lisanssız yazılım kullanım oranı bir ülkede bilgisayarlara yüklenen yazılımların yüzde kaçının lisanssız olduğunu göstermektedir. Veriler incelendiğinde oranların her geçen yıl düşmesinin yanı sıra kişi başına düşen milli gelirin düşük olduğu ülkelerde lisanssız yazılım kullanımının oranının yüksek olduğu

görülmektedir. En az lisanssız yazılım %15 ile ABD’de kullanılırken bu oran Almanya’da 20, Çin’de %66 ve Türkiye’de %56’dır (Business Software Alliance (BSA), 2018, 11).

Ülkeler yüzlerini teknolojiye döndükçe ve bu yönde adımlar atmaya başladıkça o ülkede AR-GE çalışmalarına ayrılan bütçeler artmaktadır. Bu sebeple AR-GE’ye ayrılan bütçeler sadece araştırma ve geliştirme faaliyetleri için ayrılan bütçeyi göstermekle kalmayıp aynı zamanda dijital dönüşüm doğrultusunda teknoloji ve yenilik üretmeye ülkenin ne kadar istekli olduğunu da göstermektedir. Dolayısıyla AR-GE harcaması yüksek olan ülkeler Endüstri 4.0 konusunda daha şanslı bir konumdadır. GSYH içinde AR-GE harcamalarının oranına bakıldığında ülkelerin ayırdığı bütçeler her yıl artmakla beraber dünyadaki en yüksek harcamayı 2018 verilerinde %4,95 ile İsrail’in yaptığı görülmektedir. Güney Kore %4,55 ile ikinci sırada yer alırken Almanya %3,09 ile dünya genelinde en çok AR-GE bütçesi ayıran yedinci ülke konumundadır. Üç ülkede de harcamaların büyük kısmı iş dünyası tarafından yatırım amaçlı yapılmıştır (UNESCO, 2021). Türkiye ise 2019’da AR-GE harcamaları için GSYH’nin %1,6’sı oranında bütçe ayırmıştır. Diğer ülkelerde olduğu gibi harcamaların büyük çoğunluğu Türkiye’de de iş dünyası tarafından yapılmıştır (TÜİK, 2020f).

AR-GE faaliyetlerinin bir çıktısı olarak ortaya çıkan ürünlerin ticari değer kazanabilmesi için patent başvuruları yapılmaktadır. Bir ülkenin patent başvuru sayısının fazlalığı ülkenin teknoloji ve yenilik üretme konusunda başarılı olduğunun göstergelerinden bir tanesidir. Patent İş Birliği Anlaşması 1970 yılında patent başvurularının hukuki altyapısını düzenlemek amacıyla yapılmıştır. Günümüzde 153 devlet tarafından imzalanmış bir anlaşmadır. Türkiye ise bu anlaşmaya 1996’da taraf olmuştur. 2019 verilerine göre Çin toplamda 58.990 başvuru yaparak en çok patent başvurusu yapan ülke konumunda yer almaktadır. Almanya 19.353 ile dördüncü sırada yer almıştır. Türkiye ise toplamda 2.058 başvuru gerçekleştirmiştir (World Intellectual Property Organization, 2020: 46-53). Mülkiyet hakları konusunda uzun zamandır yapılan bilgilendirme çalışmalarının sayısının bu kadar yükselmesinde önemli rol oynadığı düşünülmektedir. Bununla beraber Avrupa Patent Ofisi’nin verilerine göre 2019’da en çok patent başvurusu %19,6 büyümeyle dijital iletişim sektöründe olmuş

ve 2006'dan beri birinci sırada yer alan sağlık sektörünü geride bırakmıştır (European Patent Office, 2020).

Endüstri 4.0 Devriminin ana itici motorlarından biri olan BİT aynı zamanda en çok AR-GE faaliyeti yürütülen ve patent başvurusu yapılan sektörlerden biridir. Bilgi ve teknoloji temelli teknolojik ürünler günümüzde en yüksek katma değer sağlayan ürünler arasında yer almaktadır. Bu sebeple gelişmiş ülkelerin BİT konusunda diğer ülkelere kıyasla daha çok söz sahibi olduğunu söylemek mümkündür. Ülkelerin BİT konusundaki patent başvurularının ülke nüfusuna oranı ülkenin bu konuya olan eğilimini gösteren verilerinden bir tanesidir. 2016 verilerine göre dünyada BİT alanında en çok patent başvuru yapan ülke 148,95 oran ile Finlandiya'dır. Almanya ise 52,28 ile en iyi sekizinci ülke konumundadır. AR-GE çalışmalarına ayrılan bütçeye ve toplam patent başvurusuna benzer şekilde Türkiye'nin arka sıralarda olduğu görülmektedir ve oranı 1,68'dir (Knoema, 2019).

Tüm bu teknolojik gelişmeler gelecekte daha fazla elektrik tüketileceği anlamına gelmektedir. Bu sebeple ülkeler hem çevreyi kirletmediğinden hem de yenilendiğinden güneş ve rüzgâr gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmektedir. Emisyon salınımını düşürmek amacıyla uygulanan politikalar doğrultusunda tüm ulaşım araçlarında elektrikli motorlara yönelik elektrik üretiminin önemini üst seviyelere çıkarmıştır. Bu sebeple Endüstri 4.0 Devriminde hız kazanmak isteyen ülkeler kendi enerjilerini kendileri üretmeye ve hatta enerji ihraç etmeye çalışmaktadır. 2018 verilerine göre kişi başına düşen elektrik üretimine bakıldığında 13,63 kW/s ile en çok üretimin ABD'de yapıldığı görülmektedir. Almanya ise 7,82 kW/s ile en iyi sekizinci ülke konumundadır. Üretimi son on yılda yaklaşık %50 civarında artıran Türkiye'nin oranıysa 3,67 kW/s'dir (BP, 2020: 59).

Endüstri 4.0 Devriminde yukarıda istatistikleri paylaşılan tüm bu bilgi ve teknolojileri üretebilmek için ülkelerin ihtiyaç duyduğu en temel kaynaklardan birisi eğitim seviyesi yüksek olan vasıflı işgücüdür. Bundan önceki endüstri devrimlerine göre STEM alanındaki işgücü ihtiyacı Endüstri 4.0'da çok daha yüksek seviyededir. Bu doğrultuda ülkeler eğitim politikalarını STEM ihtiyacını karşılayacak şekilde planlamaya çalışmaktadır. 2018 verilerine göre 20-29 yaş arası bin kişinin içinde

STEM alanında yükseköğrenim mezunlarının sayısına bakıldığında ilk sırada 35,55 kişiyle Almanya'nın yer aldığı görülmektedir. Türkiye'de ise STEM mezunları oranı 20,21'dir. Veriler incelendiğinde kişi başına düşen milli gelirle kişi sayısı arasında bir ilişki görülmemektedir. Örneğin ABD'de bu sayı 17,92 ve Hollanda'da 16,62'dir. Meksika ise 25,24 ile kendine üst sıralarda yer bulmuştur (UNESCO, 2019).

İnternetin gelişimi sayesinde günümüzde sınırlara tabii olmaksızın çevrim içi olarak satın alınabilen ve dağıtılabilen tüm hizmetler kolaylıkla son kullanıcılara ulaştırılabilmektedir. Bir ülkenin internet altyapısı, çevrim içi hizmetlere olan eğilimi, bu konudaki AR-GE çalışmaları ve yatırımları ne kadar iyiye o ülke daha fazla dijital hizmet ihracatı yapabilmektedir. Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı her yıl dijital olarak ihracatı yapılan ürünlerin toplam hizmet ihracatındaki hacmini gösteren istatistikler yayınlamaktadır. Buna göre 2019'da en çok ihracatı %90,65 oranla İrlanda gerçekleştirmiştir. Böylece İrlanda'nın hizmet ihracatının neredeyse tamamının dijital hizmetlerden oluştuğu ortaya çıkmaktadır. Almanya ise %58,73 ile on beşinci sırada yer almaktadır. Son on yıla göre iki kat daha fazla hizmet ihracatı yaptığı görülen Türkiye'nin oranı diğer ülkelerin oldukça gerisinde kalmaktadır. 2019'da %10,97 oranında bir ticaret gerçekleştirerek doksan yedinci sırada yer almıştır (UNCTAD - Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı, 2019).

Geleceğe her anlamda etki edeceği düşünülen AI konusunda ülkeler yatırım yapmakta ve gerek altyapılarında gerekse eğitim sisteminde AI gelişimini sağlamak adına iyileştirmeler yapmaktadır. Stanford Üniversitesi tarafından AI'nin dünya genelindeki gelişimini takip etmek için 2021'de bir indeks yayınlanmıştır. Covid-19'un da etkisiyle 2020 yılında ilaçların araştırılması ve geliştirilmesi, moleküler tıp ve kanser araştırmaları gibi konularda AI uygulamaları geliştirmek amacıyla yapılan yatırımların 2019'a göre 4,5 kat artarak 13,8 milyar dolara çıktığı belirtilmiştir. İndekste aralarında Almanya'nın ve Türkiye'nin de olduğu çeşitli ülkelerin AI ile ilgili yapmış olduğu çalışmalara yer verilmiştir. Almanya ülkeyi araştırma ve geliştirme anlamında güçlü kılmak ve üretkenlik seviyesini artırmak amacıyla "AI Made in Germany" adlı AI stratejisini uygulamaya koymuştur. BMAS, BMBF ve BMWi tarafından yönetilen bu strateji için 2019'da 500 milyon avro yatırım sağlanmıştır ve 2025'e kadar kullanılmak üzere 3 milyar avro bütçe ayırmıştır (Clark ve Perrault, 2021: 157-163). Türkiye'nin

ise AI konusunda şu ana kadar açıklanmış bir tane stratejisi bulunmaktadır. Bu strateji sayesinde AI ekosistemiyle küresel ölçekte değer üretmek amaçlanmaktadır.

Aşağıdaki tabloda Endüstri 4.0 gelişmeleriyle ilgili olarak Almanya'ya ve Türkiye'ye dair bir takım temel verilere yer verilmektedir.

Tablo 2. Endüstri 4.0 Temel Verileriyle Almanya ve Türkiye Karşılaştırması

Parametreler	Almanya	Türkiye
Endüstri 4.0'ın Ortaya Çıkış Yılı	2011	2016
Dijital Olgunluk Endeksindeki Yeri (0-4) (2020 Yılı)	3.4	2.7
İlk Akıllı Fabrika Örneğinin Açılış Yılı	2005	2019
İstihdamın Sektörel Dağılımı (2020 Yılı)	Hizmetler %75,05 Sanayi %26,78 Tarım %1,17	Hizmetler %55,2 Sanayi %27,9 Tarım %16,9
Beklenen Yaşam Süresi (2021 Yılı)	81,3 Yıl	78,6 Yıl
AI Konusunu İçeren Politika Sayısı (2021 Yılı)	21	1
5G Kullanılabilirliği (2021 Yılı)	Evet	Hayır
BİT Sektörünün GSYH Payı (2019 Yılı)	%6	%2,5
BİT Sektöründe İstihdam Edilenlerin Sayısı (2019 Yılı)	1.2 milyon kişi	143 milyon kişi
BİT Sektörünün Yıllık Hacmi (2019 Yılı)	150 milyar avro	26,8 milyar dolar
Sanayi Sektörünün Üretim Değeri (2016 Yılı)	950,275 milyar dolar	244,274 milyar dolar
KOBİ'lerin GSYH Payı (2019 Yılı)	%58	%44
20-29 Yaş Arası Bin Kişinin İçinde STEM Alanında Yükseköğrenim Mezunlarının Sayısı (2018 Yılı)	35,55	20,21
Yıllık Karbondioksit Salınımı (2018 Yılı)	696,1 milyon ton (azalıyor)	371,4 milyon ton (artıyor)
Yenilenebilir Enerji Kullanım Oranı (2019 Yılı)	%47	%48
BİT Alanındaki Patent Başvuruları (Bir Milyon Kişi Başına) (2016 Yılı)	%52,28	%1,6

Kaynak: Çalışmanın içinde yer alan verilerden derlenmiştir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ALMANYA VE TÜRKİYE KARŞILAŞTIRMASIYLA İŞGÜCÜ PİYASASININ, İŞİN VE İŞGÜCÜNÜN NİTELİĞİNDEKİ MUHTEMEL DEĞİŞMELER

Teknolojik gelişmeler doğrultusunda işgücü piyasasının, işin ve işgücünün geleceğinin nasıl olacağına yönelik çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Ülkelerin yürüttüğü stratejiler analiz edildiğinde gelecekteki işin ve işgücünün genel anlamda sürdürülebilir, ekonomik, uyumlu, çevreye duyarlı ve insan sağlığına elverişli gibi temeller üzerinde oturtulmaya çalışıldığı görülmektedir.

Dijital teknolojilerin gelecekte üretim sisteminin her alanında gerek özel sektör gerekse kamu kurumlarında kullanılacağı tahmin edilmektedir. Bu aynı zamanda hem fırsatları hem de riskleri beraberinde getirmektedir. Yeni çalışma biçimleri ortaya çıkmakta ve iş/yaşam dengesinde değişimler olmaktadır. İş yerleri daha ergonomik hale getirilmektedir. Çalışma ortamının bireysel ihtiyaçlara daha iyi uyarlanması konusunda iş yeri anlayışında kırılmalar meydana gelmektedir. İş yeri kavramı yerine kampüs kavramının kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Diğer yandan teknolojik gelişmelerin çalışanlara yönelik denetim mekanizmalarını güçlendirmesi sebebiyle çalışanlar üzerinde iş yoğunlaştırma, çalışanları sürekli kontrol etme ve çalışanlara daha fazla görev yükleme gibi riskler bulunmaktadır.

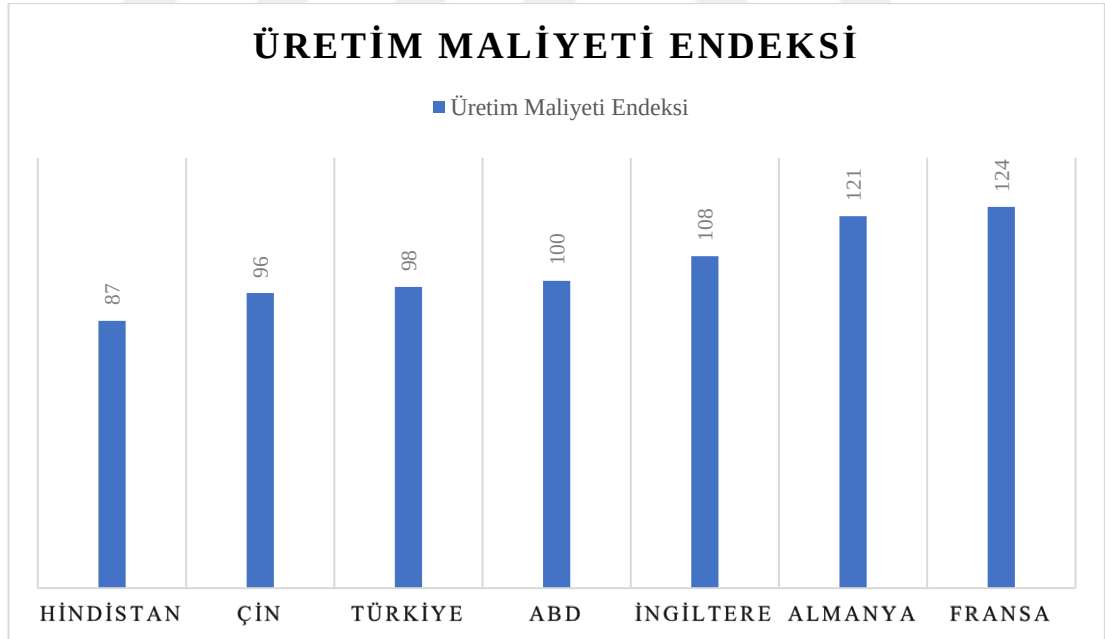
Endüstri 4.0 dönüşümünü hızlandırmak isteyen ülkeler yeni dijital dünyanın yeni çalışma hayatını da çalışanlar, şirketler ve teknolojik gelişmeler arasında sürdürülebilir bir uyumu sağlayacak şekilde tasarlamaya çalışmaktadır. İnsan-makine etkileşimini oluşturarak, yetkinliklerin geliştirilmesini sağlayarak, yeni çalışma şekilleri tasarlayarak, girişimleri destekleyerek ve girişimlerin önünü açarak bu sürdürülebilir etkileşim doğrultusunda ilerleme kaydetmektedir. Çalışmanın bu bölümünde Endüstri 4.0 dönüşümünde bugüne kadar kaydedilen gelişmeler sonucunda Almanya ve Türkiye'deki işgücü piyasasının, işin ve işgücünün niteliğindeki muhtemel değişimler belli başlıklar halinde ve karşılaştırmalı olarak incelenecektir.

3.1. Neden Endüstri 4.0’a Ulaşılmaya Çalışılıyor?

Her ürünün bir üretim maliyeti vardır. Hammadde, emek, sermaye ve girişimin bir araya gelerek yaptığı üretimde maliyet bu faktörler doğrultusunda belirlenmektedir. Faktörlerin miktarının ve/veya kalitesinin bölgeler ve şehirler arasında bile farklılık göstermesi sebebiyle gerek ülke içinde gerekse ülkeler arasında üretim maliyetinde farklılıklar meydana gelmektedir. Üretim maliyeti ne kadar düşük olursa ceteris paribus ürün fiyatı düşük olacağından o ürüne olan talep artmaktadır.

TÜSİAD ve BCG Mart 2016’da açıkladığı “Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gerekliklik Olarak Sanayi 4.0 Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi” adlı raporda işçilik ücretleri, verimlilik oranları, enerji maliyetleri ve döviz kurları dikkate alınarak BCG Global “Üretim Maliyeti Endeksi” adlı endeks oluşturulmuştur. Bu endekste bazı ülkelerin birim maliyetleri aşağıdaki grafikte gösterilmektedir (TÜSİAD, 2016: 33).

Grafik 2: Üretim Maliyeti Endeksi



Kaynak: TÜSİAD, Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gerekliklik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi, İstanbul, Sis Matbaacılık, 2016, s.33.

Yukarıdaki grafikte görüldüğü üzere Hindistan 87 ve Çin 96 birim maliyet ile üretim yapmaktadır. Türkiye’de ise üretim Çin’den 2 birim daha yüksek şekilde 98 birimde

yapılabilmektedir. Endüstri 4.0 Devrimine ismini veren ülke olan Almanya'da üretim 121 birimle yapılırken ABD'de de ise 100 birimle yapılmaktadır. En pahalı üretiminse 124 birim ile Fransa'da olduğu görülmektedir. Gelişmiş ülkeler üretim endeksleri daha düşük olduğu için yatırımlarını geliştirmekte veya az gelişmiş ülkelere kaydırarak üretim maliyetini düşürmeye çalışmaktadır. Çin, bu kaydırılan ürünlerin yoğunlaştığı ülkelerin uzun yıllardır başında gelmektedir.

Çin, ülkedeki nüfus yoğunluğunun fazla olması, gerekli teknolojik altyapısını yıllar içinde kurması, dünyadaki teknolojik gelişmeye eskiye oranla daha fazla katkı yapması ve robot sayısının tüm dünyadan fazla olması gibi sebeplerle üretim konusunda son yıllarda Avrupa ülkelerini ve ABD'yi tehdit eder hale gelmiştir. Üretimin birim maliyetinin diğer gelişmiş ülkelere göre daha ucuz olduğu Çin 2013 yılı itibarıyla dünyanın en çok robot kurulumu yapan ülkesi konumunda bulunmaktadır. 2019'da 140.492 kurulum yaparak ABD'den ve tüm Avrupa ülkelerinden daha fazla kurulum gerçekleştirmiştir. 2019'da en çok kurulum yapan ülkeler ise çoktan aza doğru Çin, Japonya, ABD, Güney Kore ve Almanya şeklinde olmuştur. Bu beş ülke yıllık toplam kurulumun yaklaşık %75'ini oluşturmaktadır. Almanya 2019'da 20.473 kurulum ile en çok kurulum yapan ülkeler arasında dünyanın beşinci, Avrupa'da ise birinci ülke konumundadır. Ülkede en çok kurulum ise ülke sanayisinin bel kemiklerinden olan otomotiv sektöründe yapılmıştır (IFR, 2020).

Çin'in rekabetteki bu gücü karşısında hamle yapmak isteyen gelişmiş ülkelerin başında gelen Almanya, Endüstri 4.0 kavramını gün yüzüne çıkararak başta sanayi olmak üzere üretimin her alanında tüm teknolojiyi seferber etme yoluna gitmiştir. Üretim maliyet endeksini yükselten önemli bir faktörün emek olması sebebiyle Endüstri 4.0 dönüşümünde emeğin üretimdeki payını azaltarak veya ortadan kaldırarak ülkeyi öncü yapmak planlanmaktadır. Üretimden çekilen çalışanların da yeni doğacak olan bilgi yoğun işlere yönlendirilmesi düşünülmektedir.

Ülkelerin sahip oldukları teknolojik güçleri geleceklerini şekillendirmede önemli bir rol oynamaktadır. Hızlı bir gelişme göstererek sadece ucuz emeğe sahip olmanın ötesine geçip teknoloji üretme konusunda gelişmiş ülkeler seviyesine gelen Çin, ABD, Almanya ve Japonya gibi gelişmiş olarak nitelendirilen ülkeler kendi endüstriyel

robotlarını ve dijital ürünlerini geliştirip üretmekle beraber bu ürünleri diğer ülkelere de satmaktadırlar. Türkiye ise bu gelişmiş teknolojileri üretmekten ziyade şu an bulunduğu konuma göre diğer ülkelerden satın alıp üretim sistemine entegre eden tarafta yer almaktadır (Eğilmez, 2017).

Her ne kadar yüksek teknoloji üretecek seviyede olmasa da küresel değer zincirinden pay alması ve ihracat performansını güçlendirmesi konusunda Türkiye'nin sahip olduğu rekabet avantajı bu endekste görülebilmektedir. Rekabet gücünün devamlılığını sağlamak adına güçlü bir teknolojik altyapı oluşturulması ve Endüstri 4.0'ı iyi analiz ederek dönüşüm sürecinin ülkeye iyi uyarlanması bir zorunluluk olarak görünmektedir.

3.2. Endüstri 4.0'ın İşgücü Piyasasının Dönüşümüne Muhtemel Etkileri

Teknolojik gelişmelere yapılan doğru yatırımlar gelecekte başarılı işler olacağı anlamına gelmektedir. Bu sebeple girişimciler büyük ölçekli bir teknolojik dönüşüm gerçekleştirebilmek için finansal kaynaklardan yararlanarak verimlilikte artış sağlayamaya çalışmaktadır. Sonuç olarak yeni teknolojiler daha yüksek katma değere oldukları için maliyetleri düşürerek verimliliği artırmaya katkı sağlamaktadır.

Otomasyon sayesinde mümkün olacağı düşünülen verimlilik artışının gelişmiş ülkelerde daha ileri düzeyde olması beklenmektedir. Bu artışın ise gelişmekte olan ülkelerde teşvik etkisi yaratacağı ve bunun da ülkeleri yatırımlarını teknoloji yönlü olması için çaba göstereceği düşünülmektedir.

Üçüncü Endüstri Devriminden beslenen Endüstri 4.0 fiziksel ve sanal dünya arasındaki çizgileri bulanıklaştırarak teknolojileri kaynaştırmaktadır. Birçok işin niteliğini değiştirmekte ve aynı zamanda yeniden yaratmaktadır. Hawksworth yapmış olduğu çalışmasında Endüstri 4.0'ın üç farklı aşamada gerçekleşebileceğini belirtmektedir. İlk aşama 2020'lerin başlarını içeren algoritma dalgasıdır. Finans ve BİT gibi alanlarda basit hesaplama görevlerinin otomasyonlaştırılmasına ve yapılandırılmış verilerin analizine odaklanmaktadır. İkinci aşama artış dalgasıdır ve günümüzde de devam etmektedir. Bu aşamanın 2020'lerin sonlarında pazarı tümüyle

ele geçireceği tahmin edilmektedir. Form doldurma, iletişim kurma ve bilgi alışverişi gibi tekrarlanan görevlerin yanı sıra insansız hava araçları ve robotlar gibi kısmen kontrol edilen alanlarda yapılandırılmamış verilerin istatistiklerine yoğunlaşmaktadır. Son aşama ise özerklik dalgasıdır. 2030'larda başlaması düşünülen ve çalışanlar tarafından gerçekleştirilen manuel iş ve faaliyetlerin otomasyonlaştırılması temelli olacağı belirtilmektedir. Bulunduğu sektör fark etmeksizin müdahale ve problem çözme gerektiren işlerin dâhi makineler ve robotlar tarafından ikame edileceği düşünülmektedir (Hawksworth, 2018: 14).

Endüstri 4.0'ın ilk yıllarda işgücü piyasasını çok fazla etkilemeyeceği düşünülmektedir. Otomasyonlaşma ve robotlaşma yaygın olarak işler için bir tehdit olarak algılansa da aslında makinelerin ve robotların işleyişle ilgili yeni görevlerin ortaya çıkacağı bilinmektedir. Diğer yandan bu cihazlar insan becerilerini bire bir kopyalamamaktadır. İlerleyen yıllarda ülkelerin teknolojik yeniliklere olan yatırımlarını fazlaştıracığı tahmin edildiğinden işgücü talebinde de artış olması beklenmektedir. Yapılan çalışmalar, işlerin otomasyonlaşmasının yanı sıra yeni mesleklerin sayısında da artış olacağını söylemektedir. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü tarafından yapılan bir araştırmada otomasyon ve AI uygulamalarının artan rolünün Covid-19 gibi kriz durumlarında dâhi işgücü piyasalarına yeni fırsatlar yarattığı vurgulanmıştır (Szostak v.d., 2020: 2).

İşgücü piyasasında meydana gelmesi beklenen değişiklikler şu şekilde özetlenebilmektedir:

- Vasıfsız işgücüne olan ihtiyacının azalması,
- Nitelikli işgücüne ve dijital becerilere duyulan ihtiyacın artması,
- Çalışma koşullarındaki değişikliklere hızlı cevap verebilme kapasitesine sahip esnek yapıların ortaya çıkması,
- Toplumsal yapıda dönüşüm olması,
- İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının robotlarla desteklenmesi,
- Tehlikeli işlerin robotlara yaptırılması ve risklere karşı daha fazla önlem alınması,
- İnsan-makine ve insan-robot arasındaki iş birliğinin artması,

- Çalışma koşullarının iyileştirilmesi,
- Çalışma sürelerinin azaltılarak iş-yaşam dengesinin geliştirilmesi,
- İnsan-bulut platformları sayesinde serbest çalışanların sayısının artması,
- Nitelsiz işgücü ücretlerinin düşmesi ve nitelikli işgücü ücretlerinin yükselmesi.

Yukarıda belirtilen değişikliklerin verimlilik konusunda olduğu gibi sadece endüstriyel yapısını tamamlamış ülkelerde değil aynı zamanda gelişmekte ve sanayileşmekte olan ülkelerde de meydana geleceği düşünülmektedir. Sanayileşmesini henüz tamamlayamamış gelişmekte olan ülkelerin ortak özellikleri arasında yetersiz ve vasıfsız emek yoğun işgücü seviyesinin yüksek ve yasal altyapı eksikliği sebebiyle işçilik ve üretim maliyetlerinin düşük olması yer almaktadır. Aynı zamanda bu ülkelerin eğitim sistemleri kaliteli işgücü yaratmada yetersiz kalmaktadır. Sonuç olarak ekonomik sistemlerini de hızlı bir şekilde dönüştürüp katma değeri yüksek ürünler elde etme konusunda bu ülkeler zorluklar yaşamaktadır. Endüstri 4.0, üretimi çok daha fazla dönüştüreceğinden az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde kitlesel işsizlik dalgalarının olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle sanayileşmiş ülkelerle rekabet edebilmeleri için kaliteli, düşük maliyetli ve kişiselleştirilmiş ürün yapma kapasitelerini artırmaları tavsiye edilmektedir. (Kurt, 2019: 599).

Graetz ve Michael tarafından 2015'te endüstriyel robot kullanımının verimliliğe, istihdama ve çalışma saatlerine olan etkisini görmek için bir çalışma yapmıştır. 1993-2007 yıllarında seçilen 17 gelişmiş ülkede endüstriyel robot kullanımının %150'den fazla arttığı ve bunun da üretkenliği, katma değeri ve ücretleri artırdığı görülmektedir. Üretkenliğin daha çok BİT kullanan sektörlerde değil BİT üreten sektörlerde arttığı belirtilmektedir. Teknolojik gelişimlerin istihdam üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı düşük vasıflı ve orta vasıflı çalışanları istihdamını azaltma yönünde olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Robotların gelişim yönünün ağırlıklı hizmetler sektörüne yöneldiğini ve popüler alanların tıbbi robotlar, fabrikaların lojistik sistemleri ve insansız hava araçları olduğu söylenmektedir. Ayrıca artan robot kullanımının uzun vadede verimlilikte tıkanıklığa sebep olduğu ve marjinal getirileri düşürdüğü belirtilmektedir. Robotların artan kullanımının özellikle düşük ve orta vasıflı

Çalışanların aleyhinde sonuç verebileceği vurgulanmaktadır. Çalışma saatlerine olan etkisi incelendiğinde yüksek vasıflı çalışanların çalışma saatlerine bir etkisi olmadığı ve düşük vasıflı ve ondan daha az ölçüde orta vasıflı çalışanların çalışma saatlerini ise düşürdüğü görülmektedir (Graetz ve Michaels, 2015). Yapılan alışma Almanya gibi dijital olgunluk endeksinde 3-4 arasında yer alan ülkeleri içerdiği için Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerin durumunu tam olarak yansıtmadığı görülmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde düşük vasıflı ve orta vasıflı çalışanların istihdamının fazla olması robot kullanımının artması durumunda istihdama olan etkisinin gelişmiş ülkelere göre daha fazla olacağını düşündürmektedir.

3.2.1. İstihdam ve İşsizlik

Endüstri 4.0 toplumun emek yoğun işlerden bilgi yoğun işlere geçişi hız kazanmaktadır. Böylece yeni mesleklerin ortaya çıkacağı düşünülmektedir. Bu dönüşüm sırasındaysa teknolojik işsizlik olup olmayacağına dair bazı fikir ayrılıkları bulunmaktadır. Bu konudaki ilk görüş işsizliğin olacağı, ikinci görüş işsizliğin geçici olarak ortaya çıkacağı ve son görüş ise işsizliğin olmayacağı şeklindeyir. En çok kabul edilen görüş ise söz konusu işsizliğin geçici şekilde olacağı ynndeyir. Buna sebep olarak önceki endüstri devrimlerde de işsizliğin geçici şekilde olduğu ve belli bir süre sonra işgücünün yeni mesleklere yöneldiği söylenmektedir. Diğer yandan yeni mesleklere adaptasyon bir anda gerçekleşmemekte insanların bu meslekler hakkında farkındalık geliştirmeleri ve bu doğrultuda eğitim almaları belli bir zaman almaktadır.

Endüstri 4.0'ın maliyetleri azaltarak otomasyonlaşmanın zor olduğu işlerde işgücü talebini artıracaağı düşünülmektedir (Acemoğlu ve Restrepo, 2016: 13). Özellikle otomasyonun belirli işleri çalışanlardan daha ucuza yapması sermayenin emeğin yerine geçmesine neden olmaktadır. Bu da üretim süreçleri otomasyonlaşan malların ve hizmetlerin fiyatlarını düşürerek haneleri zenginleştirmekte, tüm mal ve hizmetlere olan talebi ve aynı sektörlerde de işgücü talebini artırmaktadır. Bu konuda banka veznedarlarının istihdamı ile ATM'ler arasındaki etkileşim örnek gösterilmektedir. ATM'ler hızla yaygınlaşan ve daha önce emek tarafından daha maliyetli bir şekilde gerçekleştirilen görevlerin yerine getirilmesini sağlayan otomasyon teknolojilerinin açık örneklerinden biridir. Bu teknoloji sayesinde bankacılık maliyetleri dşmş,

bankalar daha fazla şube açma yoluna gitmiş ve böylece otomasyonlaşmayan diğer görevlerdeki banka çalışanlarına olan talep artmıştır (Bessen, 2015: 105-109).

Verimliliğin artması daha yüksek reel gelirler elde edilmesini ve dolayısıyla hem otomasyonlaşan hem de otomasyonlaşmayan tüm ürünlere olan talebin daha fazla olmasını sağlamaktadır. Otomasyonlaşmayan endüstrilerde oluşacak olan emek talebi ise otomasyonun emek talebindeki olumsuz etkisini böylece ortadan kaldırmaktadır. Bu konuya örnek olarak ABD ekonomisinin ve birçok Avrupa ülke ekonomilerinin tarımda makineleşmeye uyum sağlaması gösterilmektedir. Makineleşme ile gıda fiyatları düşmüş bu da tarım haricinde mal talep eden tüketicileri zenginleştirmiştir. İlk etapta makineleşme süreciyle işsiz kalan birçok çalışan için istihdam fırsatı yaratılmıştır (Acemoğlu ve Restrepo, 2018: 7).

Endüstri 4.0'la beraber işgücü talebinin azalacağı düşünülürse bu istihdam düzeyini de azaltacak veya işsizlik düzeyini artıracaktır. Teknolojik gelişmelerin sürekli devam eden bir yapıda olduğu hesaba katıldığında bu istihdam düzeyini azalması durumunun sürekli olmayacağı düşünülmektedir. Eş zamanlı olarak yeni meslekler yaratıldığında emeğin payı sabit kalıp belirli bir istihdam veya işsizlik düzeyi sağlanabilmektedir.

İşin niteliği büyük ölçüde emek yoğun istihdamdan yüksek performanslı akıllı robotlara ve AI teknolojilerinin kontrolüne doğru bir dönüşüm içindedir. Beceri seviyeleri düşük olan çalışanlar bu dönüşüm doğrultusunda yeniden eğitilmedikleri sürece işlerini bu teknolojilerin alması riskiyle karşı karşıya kalmaktadır. Diğer yandan Endüstri 4.0 gelişmelerine uyum sağlayabilen çalışanlar farklı ve ilginç işlere geçiş yapabilmekte veya daha az zahmetli işler bulabilmektedir. Bu dönemde işverenler yaratıcılık ve karar verme becerilerinin yanı sıra teknik ve BİT hakkında vasıf sahibi çalışanlara ihtiyaç duymaktadır.

Sümer tarafından 2018'de yapılan bir çalışmada Endüstri 4.0'ın istihdam üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Analiz sonunda rutin bir çalışma şekline sahip olduğu için oldukça öngörülebilir olan mesleklerin yeni teknolojilerle ikame edileceği ve sonunda kitlesel işsizliğin ortaya çıkacağı sonucuna ulaşılmıştır. Sahip oldukları yüksek eğitim ve/veya beceri düzeyleri nedeniyle yeni teknolojilerden olumsuz etkilenmeyecek olan meslekler kanun koyucular, üst düzey yöneticiler ve yöneticiler, profesyoneller, vasıflı

tarım çalışanları ve zanaatkârlar şeklinde sıralanmıştır. Bununla birlikte teknisyenler, yardımcı profesyoneller, kâtipler, servis çalışanları, mağaza ve pazar satış çalışanları, makine operatörleri ve montajcılar öngörülebilir işler yaptıklarından yeni teknolojilerle kolayca ikame edilebilir durumda bulunmaktadır. Öte yandan yardımcı sağlık profesyonelleri, iş ve idare yardımcı profesyonelleri, hukuk, sosyal, kültürel ve ilgili yardımcı profesyonellerin yerini yeni teknolojilerin alamayacağı çünkü bu mesleklerin öngörülebilir olmayan ve yüz yüze görevler gerektirdiği belirtilmiştir (Sümer, 2018).

AB ülkelerinin işgücü piyasalarında 2020'ye kadar yaklaşık 825 bin BİT uzmanına ihtiyaç olacağı ve bu ihtiyacın çoğunlukla büyük veri analistliği ve siber güvenlik uzmanlığı üzerinde yoğunlaşacağı belirtilmektedir. Bu hususta genç nüfusun işlerin dijitalleşmesi konusundaki farkındalığının artırılması gerektiği düşünülmektedir. Almanya'da yapılan bir araştırmada dijital teknolojilerin BİT sektörünün en iyi iş olanaklarını sunmasına rağmen gençlerin yalnızca %13'ünün bu yönde kariyer yapmak istediği tespit edilmiştir (Davies, 2015: 6).

Dijital teknolojiler, yeni yetkinlikler gerektirdiğinden dolayı dönüşüm sırasında ortaya çıkan bir başka zorluk da bununla başa çıkabilmek doğru eğitilmiş insanları istihdam edebilmektedir. Bu anlamda Z kuşağı diğer kuşaklara göre teknolojiyle daha fazla iç içe olduğundan bu kuşaktakilerin dijital işlere yönlendirilmesi daha kolay olabilmektedir. Dijital teknolojileri benimseyen şirketlerin bu teknolojileri anlayan kişilere ihtiyacı söz konusudur. Sosyal medya yönetiminden BİT departmanlarına kadar dijital dönüşüm, çalışanlarının becerilerinde bir değişikliği gerekli kılmaktadır.

Teknolojik gelişmeler, ihtiyaçların sürekli değişmesi ve çoğalması küresel anlamda tüketim artışına neden olmaktadır. Bu artış daha çok hizmet odaklı olduğundan kültürel ve sportif faaliyetler, yaşlı bakımı, sağlık hizmetleri, danışmanlıklar vb. işler son dönemde hızla artarak ekonomiyi hizmet odaklı bir yönde ilerletmektedir. Dijitalleşme ve e-ticaret aynı zamanda KOBİ'lerin ve girişimcilerin daha geniş bir müşteri kitlesine hitap edebilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Bununla beraber akıllı robotlar, AI ve dijital teknolojiler iş kayıplarına neden olmaktadır. Türkiye'de mesleklerin sadece %2'si otomasyonlaşırken bu meslekler kapsamında yapılan işlerin

ise yaklaşık %60'ı otomasyonlaşma durumuyla karşı karşıya kalmaktadır. Diğer ülkelerle benzer bir şekilde emek yoğun işler ve veri girişi, veri toplama ve veri işleme gibi öngörülebilirliğin yüksek olduğu meslekler de otomasyonlaşmayla karşı karşıyadır. Diğer yandan sosyal etkileşimli ve yönetim ve uzmanlık gerektiren işler daha az öngörülebilir durumdadır. McKinsey tarafından 2020'de günümüz verilerinden yola çıkılarak yapılan analizde 2030'da Türkiye'de istihdam edilenlerin sayısının günümüz verileriyle yaklaşık 33,3 milyon olacağı tahmin edilmektedir. Otomasyon ve AI uygulamalarının etkisiyle 2030'a kadar 7,6 milyon işin kaybolabileceği belirtilmektedir. Aynı zamanda yine otomasyon ve AI uygulamalarının etkisiyle de 2030'a kadar Türkiye'de 8,9 milyon yeni işin yaratılacağı öngörülmektedir. Bu yaratılan işlere ek olarak sürdürülebilir enerji uzmanları, AI destekli sağlık hizmetleri uzmanı ve dijital hizmet tasarımcıları gibi şu an hiç var olmayan mesleklerin ortaya çıkacağı ve bu mesleklerin de toplamda 1,8 milyon yeni iş yaratacağı düşünülmektedir (Singh, v.d., 2020, 4-5). Araştırmaya göre gelecekte insanları Endüstri 4.0'ın kaybettireceği işten çok daha fazlasını yaratacağı bir senaryo beklemektedir.

Sonuç olarak Endüstri 4.0 dönüşümü çerçevesinde Türkiye'nin mevcut durumundan yola çıkarak ülkenin otomasyonlaşma oranı %20-25 şeklinde hesaplanmış ve böylece 3,1 milyon istihdam artışı ile 2030'da istihdamın 36,4 milyona çıkacağına dair tahmin oluşturulmuştur. 21,6 milyon çalışanın mevcut işlerini korumaya devam etmesine rağmen bir yandan da teknoloji becerilerini geliştirmelerinin bir zorunluluk olacağı belirtilmektedir. İstihdamın sektörel dağılımına bakıldığında en çok istihdam artışı yaşanacak bazı sektörlerin %30 oranla perakende satış, %40 oranla sağlık ve bakım hizmetleri ve gıda ve %20 oranla konaklama sektörü olacağı tahmin edilmektedir (Singh, Alok, v.d., 2020, 6).

Endüstri 4.0 konusunda Türkiye'nin işsizlikle ilgili en büyük problemlerinden biri genç işsizlik sorunudur. 15-24 yaş arasındaki kişilerin işsizlik oranı olan genç işsizlik TÜİK verilerine göre ülkede büyük oranda artan bir seyir izlemektedir. Genç işsizlik oranı 2010'da %21,7, 2015'te 18,5 ve 2019'da %25,4 şeklinde ölçülmüştür. 2020'de ise Covid-19'un da etkisiyle bu oran %24,9 seviyesine yükselmiştir. (Şahin, 2021). Türkiye'deki genç işsizlik oranları AB ülkeleriyle karşılaştırıldığında genç işsizlik

konusunda oldukça sıkıntılı bir konumda olan Türkiye'nin, teknolojik gelişmelerin de etkisiyle eğer önlem alınmazsa bu sıkıntıyı ilerleyen günlerde artarak sürdüreceği gözlemlenmektedir.

TÜİK verileri temel alınarak Türkiye'nin yıllara göre istihdamına bakıldığında 2010'dan itibaren her yıl yaklaşık %2,4 oranında kimi zaman artış veya azalış olmuştur. Ülkenin içinde bulunduğu ekonomik sıkıntılar ve bunun üzerine bir de 2020 Covid-19 salgının eklenmesiyle son iki yılda istihdam edilenlerin sayısında %2,2 oranında bir düşüş meydana gelmiştir. İşsizlik oranlarına bakıldığında 2012'den itibaren işsizliğin her yıl arttığı görülmektedir. Aşağıdaki tabloda Türkiye'nin yıllara göre istihdam ve işsizlik verileri gösterilmektedir.

Tablo 3: Türkiye'nin Yıllara Göre İstihdam ve İşsizlik İstatistikleri (2010-2021 Kasım)

Yıl	İstihdam Edilen Kişi Sayısı (bin)	Değişim Oranı (yüzde)	İşsizlik Oranı (yüzde)
2010	22594		11,9
2011	24110	6,7	9,8
2012	24821	2,9	9,2
2013	25524	2,8	9,7
2014	25933	1,6	9,9
2015	26621	2,6	10,3
2016	27205	2,1	10,9
2017	28189	3,6	10,9
2018	28738	1,9	11
2019	28080	-2,2	13,8
2020	26812	-4,6	12,7
2021 Kasım	27066	0,9	12,1

Kaynak: TÜİK, "İşgücü İstatistikleri", (Çevrimiçi)

<https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=istihdam-issizlik-ve-ucret-108&dil=1>, 19 Ekim 2021.

TÜİK verilerine ek olarak Trading Economics raporuna göre 2021'in ikinci 6 ayı ile toparlanma sürecine girileceği, istihdam edilenlerin sayısının artacağı ve işsizlik oranının düşeceği vurgulanmaktadır. 2022'de ise istihdam edilenlerin sayısının 28,6 milyon kişi seviyesine çıkacağı ve işsizlik oranının da yaklaşık %12,9 seviyesine düşeceği belirtilmektedir (Trading Economics, 2021).

McKinsey tarafından 2017'de otomasyonun etkisiyle işgücü piyasasındaki dönüşümde işlerin geleceğine yönelik yapılan başka bir araştırmada 2030'a kadar Almanya'daki otomasyon potansiyelinin orta şiddetli senaryoda yaklaşık %25 civarında olacağı tahmin edilmektedir. Yüksek şiddetli senaryoda ise bu oran %47 seviyesine kadar çıkmaktadır. Bu süre zarfında orta şiddetli senaryoda 9 milyon işin kaybolacağı ve bu işlerin yerine 10 milyon işin ortaya çıkacağı belirtilmektedir. Profesyonel hizmetler, avukatlık, yöneticilik, sağlık hizmetleri, BİT uzmanları ve perakende satış yöneticiliği gibi mesleklerin istihdamdaki yeri artarken hazır yemek, ofis destek elemanları ve şoförlük gibi öngörülebilirlik seviyesi yüksek olan mesleklerinse istihdamdaki yerinin azalacağı öngörülmektedir. 2030'a gelene kadar geçen süre içinde işgücünde meslek grupları arasındaki geçişin %32 gibi yüksek bir seviyede olacağı tahmin edilmektedir (Manyika, James, v.d., 2017b: 94-95). Türkiye'de olduğu gibi Almanya'da da Endüstri 4.0 kaybedeceği işten daha fazlasını yaratmaktadır.

Tablo 4: Almanya'nın Yıllara Göre İstihdam ve İşsizlik İstatistikleri (2010-2020)

Yıl	İstihdam Edilen Kişi Sayısı (bin)	Değişim Oranı %	İşsizlik Oranı %
2010	41,010		8,6
2011	41,500	1,2	7,9
2012	41,962	1,1	7,6
2013	42,285	0,8	7,7
2014	42,651	0,9	7,5
2015	43,067	0,9	7,1
2016	43,559	1,2	6,8
2017	44,141	1,3	6,3
2018	44,727	1,3	5,8
2019	45,123	0,9	5,5
2020	44,803	-0,7	6,5

Kaynak: DESTATİS, "Persons engaged in economic activity – Germany", 2021a, (Çevrimiçi) <https://www.destatis.de/EN/Themes/Labour/Labour-Market/Employment/Tables/personse-economic-activity.html>, 19 Ekim 2021, DESTATİS, "Registered Unemployed, Unemployment", 2021b, (Çevrimiçi) <https://www.destatis.de/EN/Themes/Economy/Short-Term-Indicators/Long-Term-Series/Labour-Market/lrab003ga.html>, 19 Ekim 2021.

DESTATİS (Almanya İstatistik Kurumu) verilerine ek olarak OECD raporuna göre 2021'in üçüncü çeyreğinde Almanya'da istihdam edilenlerin sayısının Covid-19 salgınının da etkisiyle 44,15 milyon seviyesine düşeceği ve işsizlik oranının ortalama %7,5 seviyesine çıkacağı görülmektedir. 2021'in son çeyreği ile toparlanma sürecine girileceği, istihdam edilenlerin sayısının artacağı ve işsizlik oranının düşeceği 2021'de ise istihdam edilenlerin sayısının 44,3 milyon kişi seviyesine çıkacağı ve işsizlik oranının da yaklaşık %5,5 seviyesinde olacağı belirtilmektedir. 2022'nin sonlarına doğruysa toplamda 44,5 milyon kişinin istihdam edileceği tahmin edilmektedir (OECD, 2020d).

Endüstri 4.0 konusunda Türkiye'nin genç işsizlikle ilgili büyük bir problemi varken Almanya'da böyle bir sorun görünmemektedir. Ülkenin son on beş yılının genç işsizlik oranına bakıldığında işsizlik oranıyla benzer şekilde genç işsizlik oranının azalan bir eğilim içinde olduğu görülmektedir. Oranlar 2010'da %9,83, 2015'te %7,23 ve 2019'da %5,2 şeklinde ölçülmüştür (Macrotrends, 2020). Dünya Ekonomi Forumu'nun dünyanın en yenilikçi ekonomisine sahip olduğunu belirttiği ve AB ülkeleri içinde en düşük genç işsizlik oranına sahip olan Almanya'nın (Whiting, 2018) bunu başarabilmesindeki en büyük etkenlerden biri eğitim sisteminde izlemiş oldukları iki sistemdir. Tüm öğrenciler üniversitelere yönlendirilmeyip liseyle beraber sahip oldukları yetenekler doğrultusunda kendilerine uygun mesleklere yönlendirilmesi sağlanmaktadır.

Endüstri 4.0 dönüşümünde akıllı ve oldukça üretken yeni teknolojilerin yüksek üretkenlik sağlayarak çalışanların yerini alması sebebiyle işgücü piyasasına olumsuz etkilerinin olacağını savunan bazı görüşler bulunmaktadır (Brynjolfsson ve McAfee, 2014: 157). Diğer yandan emek için asıl tehlikenin bu yüksek üretkenlik getiren teknolojiyen değil endüstrilerin deneyip içselleştirmedeği ve emek hareketliliğine neden olacak kadar arada kalmış bir şekilde otomasyonlaşan teknolojilerden gelebileceğini savunan görüşler de bulunmaktadır (Acemoğlu ve Restrepo, 2018: 7).

Acemoğlu ve Restrepo tarafından 2017'de yapılan bir çalışmada otomasyon, robotik ve AI gibi teknolojik yeniliklerin insan emeğinin yerini nasıl aldığına ve bunun neden daha düşük istihdama ve durgun ücrete yol açabileceğine veya açamayacağına yönelik

kavramsal bir çerçeve geliştirilmektedir. Teknolojik yenilikler bu çalışmada daha önce emek tarafından gerçekleştirilen görevleri tamamen devralan veya görevlerin yapılmasında emeği tamamlayan araçlar şeklinde tanımlanmaktadır. İşgücü arzı esnek olduğu zaman otomasyonun istihdamı azaltma eğiliminde olacağı aynı zamanda yeni görevlerin de istihdamı artıracığı belirtilmektedir. Uzun vadede teknolojilerin emeğe oranla çok ucuz olması durumunda teknolojilerin çok kullanılacağı ve bunun emeği gereksiz kılacağı vurgulanmaktadır. Diğer yandan bu oran çok fazla değilse hem teknoloji kullanımının hem de istihdamın artacağı söylenmektedir. Aşırı otomasyona karşı oluşan önyargının sebebininse firmanın otomasyon kararlarını düşük fırsat maliyetlerine göre değil de ücret oranına göre almalarından kaynaklandığını belirtmektedir. Ayrıca yüksek yetkinlik seviyesine sahip işgücünün düşük yetkinlik seviyesine sahip işgücüne göre yeni görevlerde daha şanslı olduğu ve istihdam edilenlerin sayısının artabileceği bunun da iki seviye arasında dengesizliğe sebep olacağı söylenmektedir. Fakat belli süre geçtikten sonra bu yeni görevlerde de standartlaşma olacağı ve düşük vasıflı işgücü tarafından yapılabileceği ve bu standartlaşma hızına bağlı olarak da iki seviye arasındaki dengesizliğin sabit kalarak büyümenin devam edeceği vurgulanmıştır (Acemoğlu ve Restrepo, 2017). Acemoğlu ve Restrepo tarafından yapılan bu çalışma genel bir tablo ortaya koymaktadır ve sektörlerle göre değişiklikler temel alınmadan yapılmıştır. Günümüzde kimi sektörlerde teknoloji daha yoğun kullanılırken kimisinde ise daha az kullanılmaktadır. Teknolojiyi yoğun kullanan sektörlerde işgücü hareketliliği az olacağından geliştirilen her yeni teknolojinin istihdam oranını büyük ölçüde etkilemeyeceğini söylemek mümkün görünmektedir. Ayrıca işlerin otomasyonlaşma seviyeleri de farklılık göstermektedir ve bu işgücünün maliyetini etkileyen önemli bir faktördür.

Özsoy tarafından 2018’de yapılan bir çalışmada Endüstri 4.0 konusunda yapılan güncel araştırma sonuçlarından yola çıkarak dönüşümün istihdama etkileri hakkında hem iyimser görüşlere hem de kötümser görüşlere yer vererek bir literatür taraması yapılmıştır. Ayrıca Endüstri 4.0’ın istihdama etkisini azaltmaya yönelik politika önerilerine de çalışmada yer verilmektedir. İyimser görüşlerin kötümser görüşlere oranla daha fazla yer aldığı görülen çalışmada iyimserler genel olarak teknolojiyle beraber iş alanlarının gelişmesi ve kârlılığın artması sebebiyle istihdamda da artış

yaşanacağını ve AI ve robot teknolojilerinin de benzer etki yaratacağı için istihdama olumlu etkisinin olacağını söylemektedir. Geliştirilen tüm teknolojilerin işgücünün yerini alan teknolojiler olmadığı, teknolojinin ikame edemediği görevlerde yalnızca tamamlayıcı rolde olduğu ve bu tamamlayıcı teknolojilerin daha fazla işgücü gerektirebileceği vurgulanmaktadır. Ayrıca teknoloji sayesinde değişen koşulların yeni iş olanakları yarattığı belirtilmektedir. Örneğin sosyal medya ve akıllı telefonlardaki uygulama mağazaları buna örnek gösterilebilmektedir. Bu iki BİT örneğinin ortaya çıkması işgücü hareketliliğini artırıcı bir sonuç doğurmaktadır. Kötümser görüşler ise genel olarak teknolojik gelişmelerin çok hızlı gerçekleşmesi ve teknolojilerin fiyatlarının giderek ucuzlaması sebebiyle sermayenin tahmin edilenden daha fazla işgücü ikame edeceği yönündedir. AI ve robot teknolojilerinin işgücünün ikamesi olacağı görevlerin çoğunun düşük vasıflı ve orta vasıflı işgücü tarafından gerçekleştirildiği ve bu işgücünün istihdamın büyük oranını kapsadığı için etkisinin kötü yönde olacağı belirtilmektedir. Ayrıca gelişmekte olan ülkelerin çekici yanının ucuz işgücü olmasının teknolojik gelişmeyle ortadan kalkabileceği de vurgulanmaktadır (Özsoy, 2018).

Sonuç olarak geleceğin istihdam ve işsizlik açısından nasıl olacağıyla ilgili daha önce olduğu gibi birbirine zıt görüşler bulunmaktadır. Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıktığı zamandan beri ülkelerin devrimdeki sürecine bakıldığında ülkenin ekonomik gücünün çalışanların dönüşümündeki yaşanacak sorunları büyük oranda etkileyeceği görünmektedir. Almanya'ya şanslıyken Türkiye şanssız tarafta yer almaktadır.

3.2.2. Esnek İstihdam

Endüstri 4.0'ın iş ve işgücü üzerindeki muhtemel etkilerine bakarken incelenmesi gereken konuların başında emek piyasalarının esnekliği gelmektedir. Teknolojik gelişmelerle beraber istihdamın yapısı, işlerin biçimleri, üretim şekilleri ve rekabet şartları çok hızlı değişmektedir. Bu değişime uyum sağlayabilmek için tüm bileşenlerin katı olmayıp çok çaba sarf ettirmeden ve çok az bir maliyetle yeniden düzenlenebilmesi önem arz etmektedir.

Parlak ve Özdemir 2011'de yapmış oldukları çalışmalarında esnekliğin Üçüncü Endüstri Devrimi ile en çok tartışılan kavramlardan biri olduğunu ve bu kavramla ilgili

tam olarak ne anlatılmak istendiği konusunda ortak bir karara varılamadığını söylemektedir. Genel olarak esneklik Türkiye’de istihdam ilişkilerinde esneklik, işlevsel esneklik olarak da adlandırılan emek süreci esnekliği ve çalışma sürelerinde esneklik olmak üzere üç farklı türde incelenmektedir. Belirli süreli istihdam, kısmi zamanlı çalışma, geçici iş ilişkisi, taşeronlaşma ve tele çalışma istihdam ilişkilerinde esneklik altında incelenen ve atipik istihdam olarak da adlandırılan esnek istihdam çeşitleridir. Yoğunlaştırılmış iş haftası, iş paylaşımı, çalışma sürelerinin yıllık olarak hesaplanması, esnek zaman ve kayan iş saatleri, çağrı üzerine çalışma ve sıfır saat sözleşme, vardiya çalışması, esnek emeklilik ve fazla çalışma ise çalışma sürelerinde esneklik çeşitleridir (Parlak ve Özdemir, 2011: 3-49).

Endüstri 4.0’ın çalışma sürelerine, işgücünün niteliğine, iş hukukuna, çekirdek ve çevre işgücüne ve sendikalara etkileri diğer başlıklar altında incelendiğinden bu başlıkta istihdam türlerindeki esnekliğe yer verilmektedir.

Aralarında çeşitli farklılıklar bulunmakla birlikte dünyanın birçok ülkesinde iş ve işveren ilişkilerinin benzer düzenleyici kurallar çerçevesinde belirlendiği görülmektedir. Düzenlemedeki farklılıklar ise çoğu zaman kültürel, demografik ve ekonomik etkenlerden kaynaklanmaktadır. Belirli süreli istihdam günümüzde diğer dünya ülkeleriyle beraber Almanya’da ve Türkiye’de en çok tercih edilen esnek istihdam türüdür. Onun arkasından ikinci sırada kısmi sürelerle çalışma şekli gelmektedir.

Almanya’da ve Türkiye’de kısmi sürelerle çalışanların yıllara göre istihdamdaki oranına bakıldığında kısmi sürelerle çalışmanın Almanya’da daha yaygın olduğu görülmektedir. Aşağıdaki tabloda 2000-2020 yılları arasındaki değişim gösterilmektedir.

Tablo 5: Almanya’da ve Türkiye’de Kısmi Sürelerle Çalışmanın Yıllara Göre İstihdamdaki Yeri (2000-2020)

Yıllar	Almanya (oran %)		Türkiye (oran %)	
	Tam Zamanlı	Kısmi Süreli	Tam Zamanlı	Kısmi Süreli
2000	80,6	19,4	90,6	9,4
2005	76	24	94,4	5,6
2010	73,7	26,3	88,5	11,5
2015	72	28	90,1	9,9
2019	71,4	28,2	90,5	9,5
2020	-	-	87,9	12,1

Kaynak: OECD, “Incidence of FTPT employment - common definition”, 2021a, (Çevrimiçi) https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TEMP_I#, 19 Ekim 2021.

OECD ülkeleri arasında en çok Hollanda’da görülen kısmi süreli çalışanların yıllar içindeki oransal değişimine bakıldığında oranların çoğunlukla benzer seviyelerde kaldığı ve artış hızının düşük olduğu görülmektedir. Gelişmiş ülkelere daha çok görülen kısmi sürelerle çalışma, teknolojik gelişmelerin etkisiyle işyerine bağlılığın ortadan kalması ve işlerin belli bir kısmının BİT çözümleriyle yapılabilmesi gibi sebeplerle kısmi süreli çalışanların istihdamdaki oranının artacağına yönelik çeşitli tahminler yürütülmektedir. İşletmelerin aynı işi iki kişiye bölerek çalışan maliyetlerinden tasarruf etmeye çalışmak istemesinin bu artıştaki sebeplerden biri olacağı düşünülmektedir.

Kısmi sürelerle çalışmanın kadınlar ve erkekler arasında ülkelere göre farklarına bakıldığında tüm OECD ülkelerinde kadınların kısmi sürelerle daha fazla çalıştığı görülmektedir. 2000’de Almanya’da kısmi sürelerle çalışanların %85,5’ini kadınlar oluştururken bu oran yıllar içinde düşmüş ve 2019’da %77 seviyesinde gerçekleşmektedir. Türkiye’de ise oranların Almanya’ya göre daha dengeli bir durumda olduğu gözlemlenmektedir. 2000’de Türkiye’de kadınlar kısmi sürelerle çalışanların %55,4’ünü oluştururken bu oran yıllar içinde %60 seviyesine çıkmakta ve 2019’da tekrar azalarak %54,1 seviyesinde düşmektedir. Kadınların hizmet sektöründe daha çok yer alması ve sektördeki yönetici ve uzman pozisyonlarında erkeklere oranla daha az tercih edilmesi otomasyonlaşma karşısında ilk yıllarda

kadınların daha dezavantajlı olabileceği düşünülmektedir. Devam eden yıllarda otomasyonlaşma seviyesinin yükselmesiyle kadın ve erkek arasındaki bu dezavantaj farkının gittikçe azalacağı öngörülmektedir.

Almanya'nın ve Türkiye'nin belirsiz ve belirli sürelerle çalışanların yıllara göre istihdamdaki yerine bakıldığında yine Almanya'da belirli sürelerle çalışanların Türkiye'den daha fazla olduğu görülmektedir. Aşağıdaki tabloda 2000-2020 yılları arasındaki değişim gösterilmektedir:

Tablo 6: Almanya'da ve Türkiye'de Belirsiz ve Belirli Süreli Çalışmanın Yıllara Göre Karşılaştırılması (2000-2020)

Yıllar	Almanya (oran %)		Türkiye (oran %)	
	Belirsiz Süreli	Belirli Süreli	Belirsiz Süreli	Belirli Süreli
2000	87,3	12,7	79,7	20,3
2005	85,8	14,2	88,4	11,6
2010	85,5	14,5	88,6	11,4
2015	86,9	13,1	86,8	13,2
2019	88,1	12	88,4	11,6
2020			89,2	10,9

Kaynak: OECD, "Incidence of permanent employment", 2021b (Çevrimiçi) https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TEMP_I#, 19 Ekim 2021.

OECD ülkeleri arasında belirli sürelerle çalışmanın en çok İspanya'da tercih edildiği görülmektedir. 2008 ekonomik krizine kadar ülkede belirli sürelerle çalışma oranı düşerken krizden sonra hızla artmaktadır. Türkiye ve Almanya'da belirli süreli çalışma yaklaşık onda dokuz oranında yer alırken yıllara göre artmaktadır.

Belirli sürelerle çalışmanın kadınlar ve erkekler arasındaki ülkelere göre farklarına bakıldığında 2000'de Almanya'da belirli sürelerle çalışanların %44,5'ini kadınlar oluştururken bu oran yıllar içinde benzer seviyelerde ölçülmekte ve 2019'da %44,4 seviyesinde gerçekleşmektedir. Türkiye'de ise kadınların Almanya'ya göre belirli sürelerle çalışmada daha az tercih edildiği gözlemlenmektedir. 2000'de Türkiye'de kadınlar belirli sürelerle çalışanların %13,3'ünü oluştururken bu oran yıllar içinde %33,8 seviyesine çıkmaktadır. Kısmi sürelerle çalışmaya benzer şekilde bu çalışma şeklinin de otomasyonlaşma karşısında benzer şekilde etkileneceği görülmektedir.

Esnek istihdam türlerinin işgücü piyasasındaki konumunda ihtiyaçların her geçen gün artması ve çeşitlenmesi önemli bir yer edilmektedir. Bazı ihtiyaçların karşılanması süreklilik arz ederken bazıları belli dönemlerde veya tek bir sefere mahsus olabilmektedir. Son yıllarda daha çok free-lancer olarak tabir edilen ve literatürde serbest meslek olarak geçen çalışma şeklinin teknolojik gelişmelerle beraber işgücündeki yerinin artmaya başladığı görülmektedir.

Şirketler zaman içinde sürekli olmayan ihtiyaçlarını karşılamak için belirsiz süreli çalışan birini istihdam etmek yerine dış kaynak kullanımı yoluyla ihtiyaç duyduğu sürelerde bunu gerçekleştirerek maliyetleri düşürme yoluna gitmektedir. Böylece serbest meslek sahibi kişiler daha önce bağımlı çalışan olarak yaptığı işleri işveren tarafından karşılanan sağlık güvencesi, hafta tatili ve asgari ücret gibi hiçbir sosyal güvencesi olmadan yapmak zorunda kalmaktadır.

Serbest çalışanların yaptığı işlerin dağılımına bakıldığında yaklaşık %45'ini bilgisayar programcılığı, BİT çözümleri, pazarlama ve danışmanlık gibi hizmetlerin %30'unu düşük vasıflı işlerin ve %25'ini de ürün satışı işlerinin oluşturduğu görülmektedir. İşgücü piyasasındaki durumuna bakıldığında 2019'da sanat ve tasarım işi yapanların %75'inin ve eğlence sektöründeki çalışanların %55'inin serbest çalışanlar tarafından gerçekleştirildiği belirtilmektedir (Stefan, 2020). Endüstri 4.0 etkisiyle düşük vasıflı işlerde çalışan ve ürün satışı gerçekleştiren serbest çalışanların büyük çoğunluğunun otomasyonlaşma karşısında ilerleyen yıllarda işlerini değiştirerek farklı bir alanda uzmanlaşmaları gerektiği görülmektedir. Benzer bir durum şu an bilgi yoğun olarak kabul edilen fakat öngörülebilir olduğu için otomasyonlaşma ihtimali yüksek olan kodlama ve veri girişi ve otomasyonlaşmaya duyarlı sektörlerdeki pazarlama danışmanlığı gibi işlerde de geçerlidir.

Kendi adına (serbest çalışan) çalışanların Almanya'daki ve Türkiye'deki durumuna bakıldığında Almanya'da kendi adına çalışanların 2000-2010 arasında düzenli bir şekilde arttığı ve 2010-2020 arasındaysa düzen bir şekilde azaldığı görülmektedir. Azalışın sebepleri arasında ülkenin gelişen ekonomisinin ve işlerdeki dönüşümün etkisinin bulunduğu düşünülmektedir. Son yıllarda işgücünde diğer bileşenlerdeki olumlu gelişmeler bunu desteklemektedir (Destatis, 2021c). Türkiye'de ise kendi

adına çalışma dalgalı bir seyir izlemektedir. Son yirmi yıllık zamanda önce bir azalış eğilimine daha sonra da artış eğilimine girerek dalgalanma bu şekilde devam etmektedir. (TÜİK, 2020a).

Gerek Almanya’da gerekse Türkiye’de istatistikleri belirtilen serbest çalışanlar bu çalışmayı resmiyete dökerek vergilendirmesini yapan taraftır. Madalyonun diğer yüzünde ise serbest çalışmada daha çok free-lancer unvanıyla kayıt dışı olarak çalışan bir taraf yer almaktadır.

Teknolojik gelişmelerin esnek istihdam türlerinde yaptığı en büyük etkilerden biri de tele çalışma üzerine olmuştur. Tele çalışma işletmen sınırlarının dışında ve uzaktan yapılan çalışma (Parlak ve Özdemir, 2011: 26) olmakla beraber günümüzde çoğunlukla evden çalışmak (home office) şeklinde gerçekleşmektedir. BİT’te meydana gelen yenilikler sayesinde dijital ortamlar kullanılarak bilgi yoğun işleri çalışanların işyerlerine gelmesine gerek kalmadan istedikleri yerden yapmalarına olanak sağlanmaktadır. Hatta günümüzde aynı ülke sınırları içinde bulunmaya gerek kalmadan farklı ülkelerdeki işletmelerle bu şekilde bir işçi-işveren ilişkisi kurmak mümkün hale gelmektedir.

2020 Covid-19 salgınında tele çalışma işletmelerin hizmet üretmeye devam edebilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Sektörlere ve işlere göre değişiklik göstermekle beraber tele çalışmaya uygun olan işlerde çalışanlar küresel çapta işlerini evlerinden yapmaya devam etmektedir. Hatta Koç Holding salgından bağımsız bir şekilde 35 bin çalışanıyla evden çalışmaya devam ederek tele çalışmayı kalıcı hale getireceğini belirtmektedir (Koç Bayi, 2020: 20).

Covid-19 salgınının da etkisiyle işçi-işveren ilişkilerinde daha fazla tartışılır hale gelen tele çalışmanın hangi işlere daha uygun olduğu ve hangi ülkelerde daha fazla yapılabileceği ile ilgili Dingel ve Neiman tarafından 2020 yılında bir araştırma yapılmıştır. Araştırmada ülkenin satın alma gücü ve insanların gelir seviyeleri ile evden yapılabilecek işlerin oranı arasında net bir pozitif ilişkinin olduğu belirtilmektedir. Bu pozitif ilişki doğrultusunda Meksika’daki ve Türkiye’deki işlerin %25’inden daha azı tele çalışmayla gerçekleştirmeye uygunken İsveç, Almanya, ABD ve İngiltere gibi ülkelerde ise işlerin %40’tan fazlasının uygun olduğu görülmektedir.

Eğitim hizmetleri, profesyonel, bilişsel ve teknik hizmetler, şirket yönetimi, finans ve sigortacılık, BİT, toptan ticaret, emlakçılık ve kamu hizmetleri gibi işler bilgi yoğun işler olup BİT sayesinde belli bir mekâna bağlı olmadığından bu işlerin tele çalışmaya daha uygun olduğu vurgulanmaktadır. Konaklama ve yemek, tarım ve ormancılık, perakende ticaret, inşaat, nakliye ve lojistik, imalat ve sağlık hizmetleri gibi işlerinse emek yoğun olduğu ve işyerine bağlı olarak gerçekleştiği veya insanlarla birebir etkileşim gerektirdiği için tele çalışmaya uygun olmadığı için bu işlerin tele çalışmaya uygun olmadığı belirtilmektedir (Dingel ve Neiman, 2020: 4).

Gelecekte tele çalışmanın Almanya'daki ve Türkiye'deki durumuna bakıldığında Almanya'da bilgi yoğun işlerin ve kişi başına düşen milli gelirin daha fazla olması sebebiyle tele çalışmanın Türkiye'ye göre daha fazla tercih edileceğini söylemek mümkün görünmektedir. Ayrıca tele çalışmayla yapılan işlerin büyük bir çoğunluğunun bilgi yoğun işler olması sebebiyle bu şekilde çalışanların otomasyonlaşma açısından daha şanslı oldukları gözlemlenmektedir. Evde daha az iş yapabilen çalışanların daha çok sürelerle daha düşük kazançla ve yüksek iş kayıpları riskiyle çalıştığı sonucu göze çarpmaktadır. Bu durumda Türkiye'nin işgücü açısından Almanya'ya göre daha şanssız olduğu sonucu çıkmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde; tele çalışma ile yapılabilecek işlerin oranlarıyla ülkelerin satın alma gücü ve insanların gelir seviyeleri arasında doğru orantının olduğu ortaya çıkmaktadır. Endüstri 4.0'ın esnek istihdam türlerine olan etkisine bakıldığında teknolojik gelişmelerin etkisiyle en yaygın tele çalışma türü olan evden çalışmaya olan talep her geçen gün artmaktadır. Aynı artış kısmi süreli çalışma için de geçerlidir. Almanya'nın satın alma gücünün ve insanların gelir seviyesinin Türkiye'den daha fazla olması sebebiyle Almanya'da esnek istihdam türleriyle iş ilişkisi kurulan çalışanların sayısının Türkiye'ye göre yüksek seviyede olacağı beklenmektedir. Ayrıca Covid-19 salgını bu süreci hızlandıran bir etki yaratmaktadır. Diğer yandan insan-bulut platformlarının gelişmesi sayesinde serbest çalışmaya olan talep her geçen gün artmaktadır. Bu türe olan talep diğer türlerde olduğu gibi Almanya'da Türkiye'den daha fazla görülmektedir.

3.2.3. Ücretler

Dünyadaki tüm varlıkların yarısı şu anda dünya nüfusunun en zengin %1'i tarafından kontrol edilirken dünyanın yarısı ise tüm varlıkların %1'inden bile daha azına sahiptir (Shorrocks, v.d., 2019: 2). OECD raporuna göre gelir eşitsizliği son elli yılda en yüksek seviyeye ulaşmıştır. En zengin %10'un ortalama geliri OECD genelindeki en yoksul %10'un yirmi beş yıl önce yedi katyken günümüzde ise dokuz katına ulaşmıştır. Şili'de ve Meksika'da ise bu fark yirmi beş kattan bile daha yüksek seviyede gerçekleşmiştir (OECD, 2020a). Tüm gelir gruplarında artış ve yoksulluk içinde yaşayan insan sayısında düşüş yaşanmasına rağmen gelir dağılımında eşitsizlikler devam etmektedir.

Bugüne kadar artarak devam eden gelir eşitsizliğinin Endüstri 4.0 ile daha da şiddetleneceği düşünülmektedir. Robotlar ve otomasyon sermayeyi emek yerine daha fazla ikame ederken yatırım yapmak veya dijital ekonomide bir iş kurmak daha az sermaye yoğun hale gelmektedir. Bununla beraber çok fazla teknik bilgiye sahip olup sayıca az olanlar işgücü piyasasında öne çıkmaktadır. Tüm bu eğilimler gerçekleştikçe asıl kazananlar düşük vasıflı işgücü veya düşük sermayeye sahip olanlar değil yeni fikirler, iş modelleri, ürünler ve hizmetler sunarak inovasyon odaklı ekosistemlere tam olarak katılabilenler olmaktadır. Bu sebeple gelişmiş ülkelerde teknoloji sebebiyle gelirlerde durgunlaşma veya azalma görülmektedir. (Schwab, 2016: 81).

Gelir dağılımıyla ilgili aralarında Almanya, Birleşik Krallık, Fransa, İspanya ve İtalya gibi AB ülkelerinin de yer aldığı bir araştırma yapılmıştır. 2017 yılında yapılan bu araştırmada teknolojik ve sosyoekonomik göstergeler, Google Trends verileri, gelir dağılımını etkileyen faktörler, konjonktürel eğilim ve Endüstri 4.0 gelişmeleri üzerinden Endüstri 4.0'in gelir dağılımına olan etkisi ve gelişmiş ülkelerdeki gelir eşitsizliğiyle Endüstri 4.0 arasındaki ilişkinin boyutu çalışılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre Birleşik Krallık, Fransa ve İspanya gibi ülkelerde gelir eşitsizliğinin hızla büyüyeceğini beklenmektedir. Yüksek teknolojiler yüksek vasıflı çalışanlarla bütünleşerek düşük vasıflı çalışanların yerini alma eğiliminde olduğundan bu ülkelerin yöneticilerine kaynaklara ve hizmetlere daha iyi erişim sağlanması, vergi düzenlemeleri vb. yollarla müdahalede bulunmaları tavsiye edilmektedir. Diğer

yandan Almanya’da Gini katsayısının %30 olduğu gör÷lmektedir. Almanya dijitalleşmiş sanayi alanında çok ilerlemiş durumdadır. Bu sebeple teknolojik değışimlerle ÷lkenin gelir eşitsizliğinde yeniden düzelmelerin olacağı belirtilmektedir. Ayrıca Gini kat sayısındaki bu düzelmede 2010 yılında Almanya Federal Hükümeti tarafından Endüstri 4.0 Stratejisinin benimsenmiş olmasının etkili olduğu da vurgulanmaktadır (Kuzmenko ve Roienko, 2017: 7-10).

Teknolojik gelişmeler sayesinde işler otomatikleştirilerek üretkenlik artırılmaktadır. Çalışanların tamamen otomasyonla ikame edilmesi durumunda ise ödeme yapılmasını gerektiren herhangi bir çalışan olmadığı için maliyetler azalmaktadır. Diğer taraftan otomasyon, çalışanların ücretleri ve işleriyle ilgili riskleri beraberinde getirmektedir. Otomasyonlaşma riskiyle karşı karşıya olan işlerdeki ücretlerin azalma yönünde bir seyir izlediğı gör÷lmektedir.

Robotlar insanlara göre daha verimli çalıştığından Almanya’da zaman içinde imalat çalışanlarının daha düşük ücretler almalarına neden olmuştur. Rutin görevleri yerine getiren düşük ve orta vasıflı çalışanlar artan robot kullanımı sebebiyle ücretlerinin düşmesi riskiyle daha çok karşı karşıya kalmaktadır. Bu da mevcut işlerin artık daha düşük ücretlerle yapılması anlamına gelmektedir. Öngörülebilir olmadığı için rutin olmayan yüksek vasıflı çalışanlara bakıldığında ise hem işlerini istikrarla sürdürdükleri hem de ücretlerinin artma eğiliminde olduğu belirtilmektedir. Başka bir deyişle otomasyon sayesinde elde edilen verimlilik artışının daha yüksek ortalama ücretlere neden olmadığı ve bu teknolojilerin yarattığı farkın emek tarafından değil büyük ölçüde sermaye ve diğer faktörler tarafından kullanıldığı gör÷lmektedir (Valsecchi, 2020: 24-25).

Acemoğlu ve Restrepo 2019’da 1990-2007 yıllarını temel alarak ABD’de endüstriyel robotların istihdam ve ücretler üzerindeki etkisini ABD’nin yerel işgücü piyasaları üzerinden görmek için bir analiz yapmıştır. Analizde robotların olumlu etkisinin verimlilik artışı ve olumsuz etkisinin ise çalışanların robotlar tarafından doğrudan ikame edilmeleri şeklinde olduğunu söylemektedir. Ayrıca robotların ve otomasyon teknolojilerinin işgücü üzerindeki etkisinin çoğunlukla çalışanları daha önce gerçekleştirdiğı işlerden uzaklaştırmak şeklinde ortaya çıktığını vurgulamaktadır.

Diğer yandan bazı çalışanlar robotlarla ikame edilmeyip yerini korumaktadır. Ortaya çıkan yeni işler için istihdam edilen çalışanlarsa daha fazla teknolojiyle donatılarak verimliliğin artırılması amacıyla istihdamları gerçekleştirilmektedir. Analiz sonunda bin çalışan başına bir robot kullanılmasının istihdamı %0,2 (400 bin iş) ve ücretleri ise %0,42 oranında düşürdüğü görülmüştür (Acemoğlu ve Restrepo, 2020: 28-29).

Endüstri 4.0 dönüşümünde ücretlerin gelecekte nasıl olacağıyla ilgili çeşitli analizler yapılarak tahminler yürütülmektedir. Otomasyonlaşma her işi farklı etkilediği gibi her işin ücretini de farklı şekilde etkilemektedir. Yukarıdaki analizlerde görüldüğü üzere yüksek vasıflı işlerin ücretleri yerini korurken veya yükselirken düşük vasıflı işlerin ücretlerinin azalma eğilimi göstereceği düşünülmektedir.

McKinsey tarafından 2017’de yapılan bir araştırmada ücretlerde meydana gelecek değişikliklere yönelik tahminler dünya genelindeki sektörler göre çıkarılmaya çalışılmıştır. Araştırmada aralarında Almanya ve Türkiye’nin de dâhil olduğu 54 ülkeye yer verilmektedir.

2017’de tüm sektörlerde mevcut olan tüm işler için ödenen ücretlerin toplamı dünyada 33.585 milyar dolarken otomasyonlaşmanın etkisiyle bu işlerde azalma meydana gelmesi öngörüldüğünden 2055’te bu işlere ödenen ücretlerin %43 oranında azalarak 14.570 milyar dolar seviyesine düşeceği öngörülmektedir. Almanya’da 2017’de ödenen toplam ücret 1.648,9 milyar dolardan 2055’te %45 azalarak 749,6 milyar dolara ve Türkiye’de ise 2017’de 336,9 milyar dolardan 2055’te %42 oranında azalmaya 153,4 milyar dolar seviyesine geleceği tahmin edilmektedir.

Otomasyonlaşma oranları sektörlerdeki işlerde farklı seviyelerde seyrettiğinden çıkarılan projeksiyonda sektörlerin sıralarında değişiklikler meydana gelmektedir. İdare, destek ve memurluk, sağlık ve sosyal yardım, eğitim, profesyonel, bilimsel ve teknik hizmetler, sanat, eğlence ve dinlence ve şirket ve girişim yöneticiliği gibi sektörlerde ücretlerin otomasyonlaşmanın etkisine karşı daha az duyarlı olduğu görülmektedir. Bunun sebepleri arasında işlerin öngörülebilirliğinin düşük, bilgi yoğun ve sosyal etkileşim gerektiren işler olması yer almaktadır.

Aşağıdaki tablo incelendiğinde dünya genelinde toplamda en fazla ücretin imalat sanayisinde ödendiği görülmektedir. Ondan sonra sırayla perakende ticaret, idare, destek ve memurluk, tarım, orman, balık ve avcılık, sağlık ve sosyal yardım, eğitim ve inşaat gelmektedir.

Tablo 7: Dünyada, Almanya’da ve Türkiye’de Sektörlere Göre Toplam Ücretlerdeki Muhtemel Değişmelerin Karşılaştırması (milyar \$)

Sektör	Dünya 2017	Dünya 2055	Almanya 2017	Almanya 2055	Türkiye 2017	Türkiye 2055
İmalat Sanayi	5.100	2.700	322,7	168,1	90,9	36,8
Perakende Ticaret	4.900	2.400	70,9	38,8	68,3	23,3
İdare, Destek ve Memurluk	3.300	1.200	209,2	94,8	30,5	11,5
Tarım, Orman, Balık, Avcılık	3.200	1.600	26,7	15,6	63,2	31,8
Sağlık ve Sosyal Yardım	2.800	958,3	172,7	60,5	12,5	4,4
Eğitim	2.300	670,6	74,3	21,8	17,3	3,8
İnşaat	2.300	956,7	74,6	34	22,7	10,9
Ulaşım ve Lojistik	1.600	875,3	70,3	43,6	16,1	10,3
Profesyonel, Bilimsel ve Teknik Hizmetler	1.400	459,3	143,7	47,4	8,4	2,6
Finans ve Sigortacılık	1.400	489,8	72,2	31,7	5,2	2,1
Konaklama ve Gıda	1.000	619,2	23,6	16,3	11	8,5
Toptan Ticaret	849,5	358,9	102,2	47,5	4,5	1,4
Bilişim	619	218,6	53,7	25,7	4,3	1,3
Emlakçılık	555,7	199,3	21,3	9,8	1,6	0,6
Sanat, Eğlence ve Dinlence	280,9	110,7	31,2	13,8	1	0,3
Maden	278,8	127,4	13,2	5,5	1,2	0,6
Şirket ve Girişim Yön.	153,2	46,2	4,7	1,7	-	-
Yardımcı Hizmetler	147,8	59,9	20,5	8,8	0,8	0,3
Diğer	1.400	519,6	141,2	64,2	7,1	2,9

Kaynak: McKinsey Global Institute, “Where machines could replace humans — and where they can't yet”, 2017b, (Çevrimiçi)

<https://public.tableau.com/profile/mckinsey.analytics#!/vizhome/InternationalAutomation/WhereMachinesCanReplaceHumans>, 17 Ocak 2021.

Dünya genelinde ücretlerin sektörler göre hangisinde daha çok düşüş yaşadığına bakıldığında %70 oranında en çok düşüşün eğitim ve şirket ve girişim yönetiminde olacağı görünmektedir. İkinci sırada %67 oranla profesyonel, bilimsel ve teknik hizmetler ile diğer hizmetler yer almaktadır. Üçüncü sırada ise %65 oranla sağlık ve sosyal yardım, finans ve sigortacılık ve bilişim sektörleri gelmektedir. Düşüşün hemen hemen hepsinin bilgi yoğun sektörlerde çok olması ilk başta şaşırtıcı gibi görünmektedir. Buna rağmen BİT'teki ve AI'deki gelişmelerin çok hızlı olması sebebiyle bu sektörlerde veri toplama ve veri girişi yapma gibi diğer sektörler göre daha yüksek ücret ödenen işlerin otomasyonla kolaylıkla yapılacak olması akıllara getirildiğinde bunun beklenen bir sonuç olduğu görülmektedir.

Düşüşün en az yaşanacağı sektörler bakıldığında ilk sırada birebir etkileşim gerektirdiği için %38 oranla konaklama ve gıda sektörü, ikinci sırada %45 oranla ulaşım ve lojistik ve üçüncü sırada %47 oranla imalat sanayi gelmektedir. Bunun sebepleri ise her ne kadar otomasyonlaşma oranları yüksek olsa da sektörde ödenen toplam ücret seviyesinin istihdam edilen çalışan sayısına oranının eğitim ve sağlık gibi sektörler göre çok daha düşük olmasıdır. Başka bir deyişle yüksek ücret ödenen işlerdeki otomasyonlaşma ücret toplamını düşük ücretli işlere göre daha fazla etkilemektedir.

Ücretlerin sektörel durumunun Almanya'daki boyutuna bakıldığında sanayi sektörü dünya ortalamasında olduğu gibi ücret toplamalarının en yüksek olduğu sektör konumundadır. Gelişmiş bir ülke olması sebebiyle ücret toplamının yüksek olduğu sektörlerin ilk sıralarında daha çok bilgi yoğun sektörler yer almaktadır. İmalat sanayinin ardından ücretler en çok idare, destek ve memurluk, sağlık ve sosyal yardım ve profesyonel, bilimsel ve teknik hizmetler sektörlerinde ödenmektedir. Otomasyonlaşmayla beraber sıralamada yer değiştirmeler olsa da genel tablonun ilerleyen yıllarda devam etmesi beklenmektedir.

Almanya genelinde ücretlerin sektörler göre hangisinde daha çok düşüş yaşandığına bakıldığında %70 oranla ilk sırada eğitim, %67 ile ikinci sırada profesyonel, bilimsel ve teknik hizmetler, %64'le sağlık ve sosyal yardım ve %63 ile dördüncü sırada ise şirket ve girişim yönetimi yer almaktadır.

Ülkede düşüşün en az yaşanacağı sektörlere bakıldığında ilk sırada %30 oranla konaklama ve gıda, ikinci sırada %37 ile ulaşım ve lojistik ve üçüncü sırada %15,6 ile tarım, orman, balık ve hayvancılık gelmektedir.

Türkiye'deki ücretlere bakıldığında sıralamanın Almanya'dan ziyade dünya ortalamasıyla benzerlik gösterdiği görülmektedir. İlk sırada imalat sektörü yer alırken devamı perakende ticaret, tarım, orman, balık ve avcılık, idare, destek ve memurluk, inşaat ve eğitim şeklinde oluşmaktadır. Almanya'da üst sıralar bilgi yoğun ve yüksek vasıflı sektörlerden oluşurken, Türkiye'de emek yoğun ve görece orta vasıflı işlerden oluştuğu ortaya çıkmaktadır. İleriye dönük tahminlere bakıldığında yine Almanya'dan farklı bir tablo söz konusudur. Perakende ticaret Almanya'da dokuzuncu ve Türkiye'de ikinci, tarım, orman balık, avcılık Almanya'da on beşinci ve Türkiye'de üçüncü, inşaat Almanya'da onuncu ve Türkiye'de altıncı, eğitim Almanya'da on üçüncü ve Türkiye'de yedinci, profesyonel, bilimsel ve teknik hizmetler Almanya'da yedinci ve Türkiye'de on birinci ve son olarak toptan ticaret Almanya'da altıncı ve Türkiye'de on dördüncü sırada yer almaktadır.

Türkiye genelinde ücretlerin sektörlere göre hangisinde daha çok düşüş yaşadığına bakıldığında %78 oranla ilk sırada eğitim, %70 oranla ikinci sırada sanat, eğlence ve dinlence, %69 oranla üçüncü sırada profesyonel, bilimsel ve teknik hizmetler ve bilişim ve son olarak %68 oranla dördüncü sırada toptan ticaret gelmektedir. Şirket ve girişim yönetimiyle ilgili veri bulunmadığından dünya ve Almanya ile paralel bir şekilde bu sektörde de azalış oranının yüksek olacağı tahmin edilmektedir.

Ülkede düşüşün en az yaşanacağı sektörlere bakıldığında ilk sırada %22 konaklama ve gıda, ikinci sırada %36 ulaşım ve lojistik, üçüncü sırada tarım, orman, balık ve hayvancılık ve dördüncü sıradaysa %51 oranla inşaat sektörü gelmektedir.

Almanya'nın ve Türkiye'nin ücretleri arasındaki bu farklılıklar çoğunlukla sektörlerde istihdam edilen çalışan sayısı ve sektörlerdeki otomasyonlaşma oranları farklarından kaynaklanmaktadır. Örneğin tarım, orman, balık ve avcılık sektöründe Türkiye'de 2017'de 4,8 milyon kişi istihdam edilirken otomasyonlaşmanın etkisiyle gelecekte 1,9 milyon kişinin istihdam edileceği öngörülmektedir. Sektörde ödenen toplam ücrete bakıldığında 2017'de 63,2 trilyon dolar ödenirken gelecekte 31,8 milyar dolar

ödeneyeceği tahmin edilmektedir. Sektörün Almanya'daki durumu ise şu şekildedir. 2017'de 834,7 bin kişi istihdam edilirken otomasyonlaşmanın etkisiyle gelecekte 499,5 bin kişinin istihdam edileceği öngörülmektedir. Ücret tarafından ise 2017'de 26,7 milyar dolar ödenirken gelecekte 15,6 milyar dolar ödeneyeceği tahmin edilmektedir.

Yine tarım sektörü için istihdam edilen çalışanın niteliği dikkate alınmadan veriler oranlanarak karşılaştırıldığında 2017'de Türkiye'de istihdam edilenlere kişi başı yılda 13 bin dolar ödenirken gelecekte 16,78 bin dolar ödeneyeceği görülmektedir. Almanya'da ise 2017'de kişi başı yılda 32 bin dolar ödenirken gelecekte 31,2 bin dolar ödeneyeceği görülmektedir.

İki ülke arasında oluşan bu temel farkın sebebi her iki ülkenin de bu sektördeki otomasyonlaşma oranının %60 seviyelerinde olmasına rağmen sektörde istihdam edilen çalışan sayısının ve niteliğinin çok farklı olmasıdır. Almanya'da tarım politikaları gereği tarım arazilerinin miras yoluyla bölünmesinin yasak ve tarımda makineleşmenin şu anda bile yüksek seviyede olduğu için ücretlerin çok az bir kısmı vasıfsız çalışanlara ödenmektedir. Bu sebeple ücretteki düşmenin az olacağı öngörülmektedir. Türkiye'de ise böyle bir politika olmadığından ve Almanya'ya göre daha fazla vasıfsız çalışan istihdam edilmeye devam edileceğinden gelecekte ödenecek toplam ücretlerde artış görülmektedir.

Tarım sektöründe Almanya'da sadece 34,2 bin kişi otomasyonlaşma sebebiyle işini kaybedecekken Türkiye'de 2,9 milyon kişinin işini kaybedeceği düşünülmektedir. İşini kaybedecek olanların büyük bir kısmının düşük vasıflı olması ülke için olumsuz bir durum teşkil etmektedir. İşini kaybedenlerin gerekli işler doğrultusunda yeniden eğitilerek üretim sistemine entegre edilmesi zorlayıcı bir süreçken düşük vasıflı çalışanın sayısının çok yüksek olması süreci daha da yorucu hale getirmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde; otomasyon sayesinde elde edilen verimlilik artışının daha yüksek ortalama ücretlere neden olmadığı görülmektedir. Bu teknolojilerin yarattığı fark emek tarafından değil büyük ölçüde sermaye ve diğer faktörler tarafından kullanılmaktadır. Bu sebeple otomasyonlaşma riskiyle karşı karşıya kalan işlerde ücretler azalma yönünde bir seyir izlemektedir. Öngörülebilir

görevleri yerine getiren düşük ve orta vasıflı çalışanlar artan robot kullanımı sebebiyle ücretlerinin düşmesi riskiyle daha çok karşı karşıya kalmaktadır. Ayrıca her ne kadar otomasyonlaşma oranları yüksek olsa da sektörde ödenen toplam ücret seviyesinin istihdam edilen çalışan sayısına oranı eğitim ve sağlık gibi sektörlerle göre çok daha düşüktür. Başka bir deyişle yüksek ücret ödenen işlerdeki otomasyonlaşma ücret toplamını düşük ücretli işlere göre daha fazla etkilemektedir. Tarım sektörü başta olmak üzere öngörülebilir işlerde çalışanların sayısı Türkiye’de daha fazla fazladır. Bu da Türkiye’deki ücretler genel düzeyindeki düşmenin Almanya’ya göre yüksek seviyede seyredeceği anlamına gelmektedir.

3.2.5. Bireysel ve Toplu İş İlişkileri

İş hukuku güçlü taraf olan işveren ile güçsüz taraf olan işçi arasındaki istihdam ilişkisinin işleyişini sağlamak ve bu ilişkiden doğan sorunları ve adaletsizlikleri bertaraf etmek için düzenlenen kurallar bütünü olarak tanımlanabilmektedir. Çoğu zaman güçsüz olan çalışanları koruması yönünde düzenlenen bu kurallar işin niteliğinin sürekli değişmesi sebebiyle iş ilişkilerinde ortaya çıkan yeni sorunları yorumlamada ve çözümlemede yetersiz kalabilmekte ve bu da çalışanlar yönünden birtakım olumsuzlukları beraberinde getirebilmektedir.

Günümüzde işgücü devir hızının eskiye oranla daha yüksek olmakla beraber gittikçe hızlandığı görülmektedir (Wolf, 2019). Diğer yandan işletme içinde çalışanlar tarafından gerçekleştirilen görevler de daha hızlı değişmektedir. Bu nedenle sendikaların çalışanları koruma gücü eskiye oranla azalmaktadır. Ayrıca işin yapısındaki değişimler çalışanlar, işveren ve işyeri gibi kavramların da güncelleme gereksinimini ortaya çıkarmaktadır.

Endüstri 4.0 Devriminde iş hukukunda nasıl gelişmeler olacağıyla ilgili pozitif ve negatif yönlü çeşitli görüşler bulunmaktadır. Negatif yönlü görüşler iş kanununun körelmeye devam edeceği, sendikaların sayısının ve gücünün gittikçe azalacağı, çalışanların haklarının sadece kâğıt üzerinde kalıp yeterince uygulanmayacağı, mevcut haklarda daraltılmaya gidileceği ve küreselleşme çabalarının etkisiyle çalışma standartlarını düşüreceği etrafında toplanmaktadır. Emeğin sayısal gücünün azalmasına paralel olarak sendikaların da güç kaybetmesi göz önüne alındığında bu

görüşlerin gerçekleşmesi mümkün görünmektedir. Pozitif yönlü görüşler ise iş kanunu ve iş hukuku kavramları arasında ayırımın kalkarak bir bütün olması, çalışma koşullarının düzenlenmesinin toplu pazarlıklar yerine yasama organı tarafından yapılması, eğitim, sağlık ve diğer politikalarda olduğu gibi çalışan insanların tümünü kapsayacak şekilde kanunların düzenlenmesi ve işgücü devrinin hızlanmasıyla ortaya çıkan çalışanların korunmasızlığını önlemek için sosyal güvenliğin yeniden tanımlanması etrafından toplanmaktadır (Stone, 2008: 18-19).

Endüstri 4.0 Devriminin çalışma hayatına etkisine yönelik politikalar geliştirmek isteyen devletler iş hukuku konusunda da düzenlemeler yapmaya çalışmaktadır. 2011’de yeni endüstri devrimine adını koyan Almanya, çalışma hayatının hukuksal altyapısı üzerine 2015’te konuyla ilgili bir rapor oluşturmuştur. “Grünbuch Arbeiten 4.0- Green Paper Work 4.0” adlı bu raporda yeni çalışma biçimleri, işçi-işveren arasındaki ilişkinin dönüşümü, işyeri algısının değişimi ve ücretlerin yeniden yapılandırılması gibi temel konularda geleceğe dair öngörülerde bulunmaktadır. Raporda dikkat çeken konulardan biri, kitle çalışmaları olarak Türkçeye çevrilebilecek ve müşterilerin ve hizmet sunucularının internet üzerinden buluştukları platform aracılığıyla iş yapılan bir çalışma biçimi olarak nitelendirilebilen “crowdworking” kavramıdır. Serbest çalışmaya oldukça yakın olan bu çalışma biçimi küçük veya büyük fark etmeksizin her boyutta görevin kadrolu elemana ihtiyaç duymaksızın yaptırılması temeline dayanmaktadır. Ekonomik anlamda işverene bağımlı olunmasına rağmen işverenin bir çalışanı olunmadığından sosyal güvenceden ve çeşitli haklardan yoksun olma durumunu ortadan kaldırmak için bu konuya raporda yer verilmektedir. Rapordaki diğer konu ise ikilileşme diye tabir edilebilen “dualisation” kavramıdır. Çalışma hayatında istihdam türlerinin eskiye oranla günümüzde daha istikrarsız olduğu temeline dayanan bu kavram esnek istihdam türlerinin giderek çeşitlenmesi ve bu türlerde istihdam edilen çalışan sayısının hızla artması üzerine ortaya çıkmıştır. Çeşitli yan haklara, güvenceye ve iyi bir ücrete sahip olup belirsiz süreli sözleşmelerle çalışanların üretim sisteminde istihdam edilmesinin yanında mevcut veya yeni ortaya çıkan esnek istihdam türleriyle düşük ücretli, güvencesiz ve sınırlı kariyere sahip çalışanlar arasındaki uçurumu betimlemektedir. Raporda gelecekte çalışma saatlerinin düzenlenmesine yönelik yaklaşımlar da belirtilmektedir. Yaklaşımlardan biri hayatın

evrelerinin herhangi bir döneminde ücretlerdeki azalmayı kısmen dengeleyerek çalışma saatlerini azaltmayı öngörmektedir. Örneğin yeni bir aile kurarken, çocuk büyütürken, tam zamanlı bir eğitim alırken veya hayattaki önceliklerin değiştiği dönemlerde çalışanların daha az saatlerle çalışarak kendini o evreye daha çok adanmasını sağlamayı kolaylaştırmaktır (BMAS, 2015: 16-25).

Çalışma hayatının hukuksal altyapısı üzerine Almanya’da yapılan diğer çalışma 2017’deki “Weissbuch Arbeiten 4.0- White Paper Work 4.0” adlı rapordur. Bu raporun diğer rapordan daha kapsamlı bir şekilde hazırlandığı ve çalışanların verilerinin korunması, iş sağlığı ve güvenliğinin geleceği, refah devleti anlayışının dönüşümü, hizmet sektöründeki çalışma şartları gibi konulara da yer verildiği görülmektedir. Raporda dikkat çeken konulardan biri çalışanların bilgilerinin korunmasına yöneliktir. Günümüzde çalışanların çevrim içi şekilde yaptığı oturum açma ve oturum kapatma bilgileri görülebilmekte ve sisteme hangi konumdan ve ne tür bir aygıttan girildiği, hangi dosyalara bakıldığı ve ne tür işlemlerin yapıldığı gibi tüm hareketler uzaktan takip edilebilmektedir. Bu gibi bilgilere işletmelerin yöneticileri dâhil olmak üzere herkesin istediği zaman ulaşmasının engellenmesi ve sadece belli durumlarda ve bu durumlar için özel olarak belirlenecek prosedürlere uygun bir şekilde yetkili kişi tarafından ulaşılması gibi kuralların getirilmesi öngörülmektedir. Acil müdahale durumunda konum bilgisine ve olası bir suç karşısında korunma sağlamak için oturum bilgilerine izin verilmesi fakat bu bilgilerin çalışanların performansının ve davranışlarının izlenmesi için kullanılmasının yasak olması bu düzenlemelere örnek olabilmektedir. Raporlardaki konulardan bir diğeri BİT’in gelişimiyle bağlantı olarak ortaya çıkan çalışma saatleri ve çalışma yeri sorunudur. Çalışanların yaptıkları işlerin elverdiği ölçüde belli bir konumda ve günlük çalışma süresi kadar çalıştırılması yerine konumda ve çalışma saatlerinde esnekliğe gidilmesi veya çalışanlara ev-ofis arasında seçim hakkı tanınması gibi geleceğe yönelik çalışmalar öngörülmektedir (BMAS, 2017: 116-135).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde Almanya’nın hukuksal altyapıyı oluşturmak için birçok alan üzerinde çalıştığı görülmektedir. Tipik istihdam türlerinin Endüstri 4.0 Devriminde nasıl bir dönüşüm yaşayacağı ve bu dönüşüm sonunda ortaya çıkabilecek yeni istihdam türleri merak konusudur. Çalışma yerinin esnekleşmesi sebebiyle iş-

yaşam dengesi kavramının muğlaklaşmasını engellemek maksadıyla alınması gereken önlemler, otomasyonlaşmanın mavi yaka üzerindeki olası tahrip edici etkisi karşısında güç kaybetmesi sendikaların geleceği ve çalışanların verilerinin güvenliği üzerinde durulan çalışma konularının başında gelmektedir (Yangın, 2020: 1217).

İş hukukunun geleceğine yönelik Türkiye’deki gelişmelere bakıldığında Almanya kadar kapsamlı bir çalışmanın yapılmadığı görülmektedir. 2017’de TÜSİAD ve BCG ortaklığında “Türkiye’nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği” adlı Türkiye’nin Endüstri 4.0 konusundaki durumuna ve olası ihtiyaçlarına yönelik çalışmada hukuksal zemine de yer verilmiştir. Çalışmada dijital dönüşümle beraber veriler üzerindeki kontrolün sağlanması için veri güvenliği ve gizliliği ile ilgili hukuki çalışmaların yapılması gerektiği belirtilmektedir (TUSİAD ve BCG, 2017: 67).

Gerek uluslararası federasyonlar gerekse gelişmiş ülkeler Endüstri 4.0 Devriminde geleceğin iş hayatına yönelik hukuki çalışmalar yaparken Türkiye’de bu çalışmaların yok denebilecek kadar az olması göze çarpmaktadır. Türkiye’nin altyapı konusunda çalışma yapmaması, teknolojik dönüşümde hukukun oynadığı rolün öneminin Türkiye tarafından farkına varılmadığı anlamına gelmektedir.

Ülkelerin sendikalaşma oranlarına bakıldığında Almanya’da ve Türkiye’de çalışanlarının sendikalaşma eğiliminin düşük olduğu görülmektedir. 2018 yılı verilerine göre her iki ülke sendikalaşma oranında %27,9 olan OECD ortalamasının altında yer almaktadır. Aynı yıl bu oran Almanya’da %16,5 ve Türkiye’de %9,2 şeklinde ölçülmüştür (OECD, 2021h). Ayrıca en fazla sendikalaşma oranına sahip ülkenin %91,8 ile İzlanda olduğu görülmektedir. Bunun sebebinin ülke nüfusunun çok az olmasından ve Neoliberal politikaların sendikalaşma oranlarını azaltıcı unsurlarının bu ülkede yer almamasından kaynaklandığı belirtilmektedir (Logue, 2018). Aşağıdaki tabloda yıllara göre iki ülkenin sendikalaşma oranlarına yer verilmektedir.

Tablo 8: Yıllara Göre Almanya’da ve Türkiye’de Sendikalaşma Oranı (2010-2020)

Yıllar	Almanya	Türkiye		
	Toplam (%)	İşçi (%)	Kamu (%)	Toplam (%)
2010	18,9		57,89	
2011	18,4		63,75	
2012	18,3		68,17	
2013	18	8,8	68,77	6,3
2014	17,7	9,68	70,3	6,9
2015	17,6	11,21	71,32	8
2016	17,0	11,50	71,64	8,2
2017	16,7	11,95	69,28	8,6
2018	16,5	12,76	67,65	9,2
2019		13,76	66,79	9,4
2020		14,40	65,44	

Kaynak: Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, “İşçi Sayıları ve Sendikaların Üye Sayıları Hakkında Tebliğler”, 2021a ve 2021b (Çevrimiçi) <https://ailevecalisma.gov.tr/istatistikler/calisma-hayati-istatistikleri/sendikal-istatistikler/isci-sayilari-ve-sendikalarin-uye-sayilari-hakkinda-tebligler/>, 15 Şubat 2021, OECD, “Trade Union”, 2021h, (Çevrimiçi) <https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TUD>, 15 Şubat 2021.

Dünya genelinde sendikalaşma oranlarının düşme eğilimine bağlı olarak Almanya’nın oranının da bu eğilimde olduğu görülmektedir. 2018 bu oran %16,5 şeklinde ölçülmüştür. Türkiye’de ise çalışanların sendikalaşma oranının 2014’e kadar %8,8 seviyesine düştüğü ve o yıldan sonra artmaya başladığı görülmektedir. Diğer yandan grev yapmaları yasak olan kamu çalışanlarının sendikalaşma oranının 2017’ye kadar %71,64 seviyesine çıktığı ve o yıldan itibaren düşmeye başladığı gözlemlenmektedir. Dünyada sendikalaşma oranları düşerken Türkiye’de artış eğilimi göstermesinin sebebinin 2015’ten itibaren toplu iş sözleşmelerin Yüksek Hakem Kurulu tarafından bağıtlanması olduğu belirtilmektedir. Bu da sözleşmelerin kapsamındaki çalışan sayısında yüksek miktarda artışa sebep olmaktadır. Bu artış işçi sendikalarına olan üyeliği cazip kılmaktadır (Irmak, v.d., 2019).

Sendikaların Üçüncü Endüstri Devriminden itibaren güç kaybetmesinin çeşitli sebepleri bulunmaktadır. Neoliberal politikalarla beraber küreselleşmenin etkisiyle çok uluslu şirketlerin faaliyetlerinde artış meydana gelmiştir. Bu artış uluslararası

rekabetin yükselmesine neden olmuştur. Maliyetleri düşürme çabası ve sermayenin işgücünün ucuz olduğu ülkelere doğru kayması, kuralsızlaştırmayı da beraberinde getirmiştir. Böylece özelleştirmeler, yeni üretim teknikleri ve esnek istihdam türleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Ayrıca kadınların istihdamda daha fazla yer alması ve onların sendikalaşma eğiliminin düşük olması diğer önemli bir unsuru teşkil etmektedir. Sendikaların ideolojik sorunları da oranların düşmesini büyük ölçüde etkilemektedir (Önder ve Zengin, 2018: 80-87).

Endüstri 4.0 Devriminde sendikaların geleceğine bakıldığında durumun sendikalar açısından iç açıcı olmadığı söylenebilmektedir. Dünya genelinde sendikalaşma oranları düşmekte ve yükselmeye yönelik herhangi bir belirti göstermemektedir. Türkiye'deki yükselişin sebebi ise Yüksek Hakem Kurulu'nun müdahalesi sayesinde gerçekleşmektedir. Bu müdahale sendikalaşma oranını artırsa da temelde sendikaların güçlenmesinde yoğun bir etkisi olmamaktadır.

Sendikaların ana gücünü oluşturan mavi yakalı çalışanların istihdamının gelecekte otomasyon teknolojileri tarafından ikame edileceği öngörüldüğünden sendikaların gücünde önemli bir azalma olacağı düşünülmektedir. Ayrıca çalışma yerlerinin ve çalışma saatlerinin giderek esnekleşmesi, esnek istihdam türlerine ek olarak yeni türlerin ortaya çıkmasının beklenmesi, robot kullanımının artmasıyla bazı işlerin robot-insan birlikteliğiyle yapılacak olması, kadınlara göre kolektif olma eğilimi daha yüksek olan erkeklerin çoğunlukla yer aldığı işlerde otomasyonlaşma oranının yüksek olması ve işlerdeki otomasyonlaşmanın sendikalı çalışan sayısını düşürmesi sendikaların güç kaybına neden olacak sebepler arasındadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde; Endüstri 4.0 kapsamında iş ve sosyal güvenlik hukuku açısından her iki ülkenin yaptığı çalışmaların yeterli olmadığını söylemek mümkündür. Almanya, hukuki altyapısını Endüstri 4.0'a hazırlayarak olası anlaşmazlıkların önüne geçmek için çalışmalar yaparken Türkiye'nin bu konuda görece daha yavaş kaldığı görülmektedir.

3.2.4. Çalışma Süreleri

Birinci Endüstri Devrimiyle beraber kişi başına yılda 3 bin saatin üstüne çıkan çalışma saatleri günümüzde 1,5-2 bin saat civarına düşmüştür. Çalışma sürelerinin tarım toplumuna geçişle beraber arttığı, endüstri devrimiyle zirve noktaya ulaştığı ve sonrasında kademeli bir şekilde azaldığı görülmektedir. Çalışma saatlerinin en az olduğu ülkelere bakıldığında ilk sıralarda başta AB ülkeleri olmak üzere gelişmiş ülkelerin yer aldığı görülmektedir. Ülkenin GSYH'si ve üretkenlik seviyesi ile çalışma saatleri arasında ters bir orantı vardır. GSYH ve üretkenlik arttıkça çalışılan saatlerde azalma meydana gelmektedir (Giattioni, v.d., 2013).

Sosyoekonomik, tarihi ve kültürel ögeler çerçevesinde şekillenen çalışma saatlerinin düşük ve orta gelirli ülkelerde yüksek olmasının en önemli sebepleri arasında düşük ücretler, düşük yaşam standartları, iş güvensizliği, geniş aile, sosyokültürel tutumlar ve tarihsel temsiller yer almaktadır. Örneğin Türkiye'de işsizlik, yüksek enflasyon, yavaşlayan bir ekonomi, büyüme ile ilgili uzun süredir devam eden korkular insanların haftada daha uzun sürelerle çalışmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan teknoloji üreten ve güçlü bir ekonomiye sahip olan Almanya'da insanlar Türkiye'de olduğu gibi kendilerini yoğun bir tehdit altında hissetmediklerinden daha az sürelerle çalışabilmekte ve daha iyi bir iş-yaşam dengesini oluşturabilmektedir.

Dünyada en uzun çalışma saatlerinin genellikle Asya ülkelerinde olduğu görülmektedir. 2015'te yapılan bir analizde 71 Asya şehrindeki haftalık ortalama çalışma saatlerine yer verilmiştir. Araştırma sonucuna göre ilk on şehir şu şekilde olmuştur: Hong Kong - Çin 50,11 saat, Mumbai - Hindistan 43,78 saat, Yeni Delhi - Hindistan 42,57 saat, Bangkok – Tayland 42,1 saat, Dubai – BAE 42,03 saat, Taipei - Çin 41,17 saat ve son olarak Cakarta - Endonezya 40,42 saat (Li, 2016).

Aşağıdaki tabloda başta OECD ülkeleri olmak üzere çeşitli ülkelerin yıllara göre haftalık ortalama çalışma saatlerine yer verilmektedir.

Tablo 9: Seçilmiş Ülkelerin Haftalık Ortama Çalışma Saatleri (2000-2019)

Ülkeler	Haftalık Ortalama Çalışma Saatleri (Tam ve Kısmi Zamanlı)					
	2000	2004	2008	2012	2016	2019
Hollanda	30,6	29,8	29,6	29,2	29,2	29,4
Almanya	35,7	34,8	34,5	34,6	34,5	34,3
Japonya				36,7	35,9	34,7
Birleşik Krallık	37,1	36,6	36,6	36,1	36,5	36,6
OECD ortalaması	37,4	37,3	37,3	37	37,1	37
Güney Kore				43,4	42,7	38,1
ABD	38,9	38,5	38,6	38,3	38,4	38,6
Brezilya	42,7	42	41,1	40,8	39,7	39,5
Romanya	41,3	41,6	41,2	40,8	40,6	40,5
Meksika	45,4	45	45,1	44,7	45,2	44,9
Türkiye			51,4	50,1	47,9	46,4
Kolombiya		50,3	49,4	48,9	47,9	47,6
Hindistan						48

Kaynak: OECD, “Average usual weekly hours worked on the main job”, 2021c, (Çevrimiçi) https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=AVE_HRS, 23 Ocak 2021, Statista Research Department, “Average number of hours worked per month in Japan from 2010 to 2019”, 2020b, (Çevrimiçi) <https://www.statista.com/statistics/643765/japan-monthly-working-hours/>, 23 Ocak 2021, Yoon, “Average monthly working hours of employees in South Korea from 2010 to 2019”, (Çevrimiçi) <https://www.statista.com/statistics/1051570/south-korea-monthly-working-hours/>, 23 Ocak 2021, Financial Express, “Labour Ministry proposes 12 working hours, higher than 8 hours/day in OSH Code passed by Parliament”, (Çevrimiçi) <https://www.financialexpress.com/industry/labour-ministry-proposes-12-working-hours-higher-than-8-hours-day-in-osh-code-passed-by-parliament/2133033/>, 23 Ocak 2021.

Resmi verilere göre haftalık çalışma saatleri her ne kadar tabloda gösterildiği şekilde belirtilmiş olsa da bazı araştırmalar çalışanların belli bir kısmının bu sürelerin oldukça üstünde çalıştığını ortaya koymaktadır. Örneğin Kolombiya’da çalışanların %26,6’sının, Meksika’da %28,7’sinin, Türkiye’de %32,6’sının, Şili’de %9,7’sinin, Güney Afrika’da %18,1’inin, İsrail’de %15,1’inin, Birleşik Krallık’ta %12,2’sinin ve ABD’de 11,1’inin haftada 50 saatten fazla çalıştığı belirtilmektedir (World Population Review, 2021).

Çin, Japonya ve Güney Kore’de de benzer bir durum söz konusudur. Bununla ilgili olarak Japonya’da çok uzun saatlerle çalışmaya bağlı olarak gelişen sağlık sorunlarına ve bunlara bağlı olarak meydana gelen ölümlere dikkat çekmek için Karoshi (Ölümüne Çalışmak) adlı bir kavram kullanılmaktadır. Çin’de ise haftanın 6 günü sabah 9’dan akşam 9’a çalışmak anlamına geldiği için adına “996” denilen ve insan hakları açısından çeşitli tartışmalara sebep olan bu çalışma şekli özellikle Endüstri 4.0 gelişiminde en önemli sektörlerden olan bilişim sektöründe oldukça yaygındır (Qiqing ve Zhong, 2019).

İngiltere’de 1.989 tam zamanlı ofis çalışanı üzerinden 2019’da yapılan bir çalışmada çalışanlarının bir gününü ofiste nasıl geçirdikleri araştırılmıştır. Araştırma sonunda katılımcıların %79’unun çalışma gününün tamamında kendilerini yeterince verimli hissetmedikleri ve günün sadece 2 saat 53 dakikasında verimli bir şekilde çalışabildikleri ortaya çıkmıştır. Günün geri kalanında çalışanların zamanlarını iş dışı hangi aktivitelerde harcadıkları şu şekilde belirtilmektedir.

Tablo 10: Çalışma Süresi İçinde İş Dışı Yapılan Aktiviteler ve Süreleri

Aktivite	Süre (dakika)	Aktivite (dakika)	Süre
Haberlere bakmak	65	İş dışı telefon görüşmesi	18
Sosyal medya takibi	44	Sıcak içecek hazırlamak	17
İş dışı sohbet	40	Mesajlaşmak	14
Yeni iş aramak	26	Atıştırmalık yemek	8
Sigara molası	23	Yemek yapmak	7

Kaynak: Vouchercloud, “How Many Productive Hours in a Work Day? Just 2 Hours, 53 Minutes...”, (Çevrimiçi) <https://www.vouchercloud.com/resources/office-worker-productivity>, 25 Ocak 2021.

Çalışma sürelerinin ne kadar verimli geçtiği ile ilgili buna benzer yapılan diğer çalışmalarda çalışılan sürenin tamamında verimli bir çalışmanın yapılmadığı görülmektedir. Teknolojik gelişmeler sayesinde çalışma günü içinde birtakım işlerin otomasyon tarafından yapılabilmesi özellikle bilgi yoğun işlerde boş zamanların fazlaşmasına yol açabilmektedir. Belli bir üretim hattı üzerinde çalışan mavi yakalı çalışanlar ise iş süresi boyunca böyle bir boş zamanı bulamayıp sadece mola sürelerinde işi bırakma şansı bulmaktadırlar.

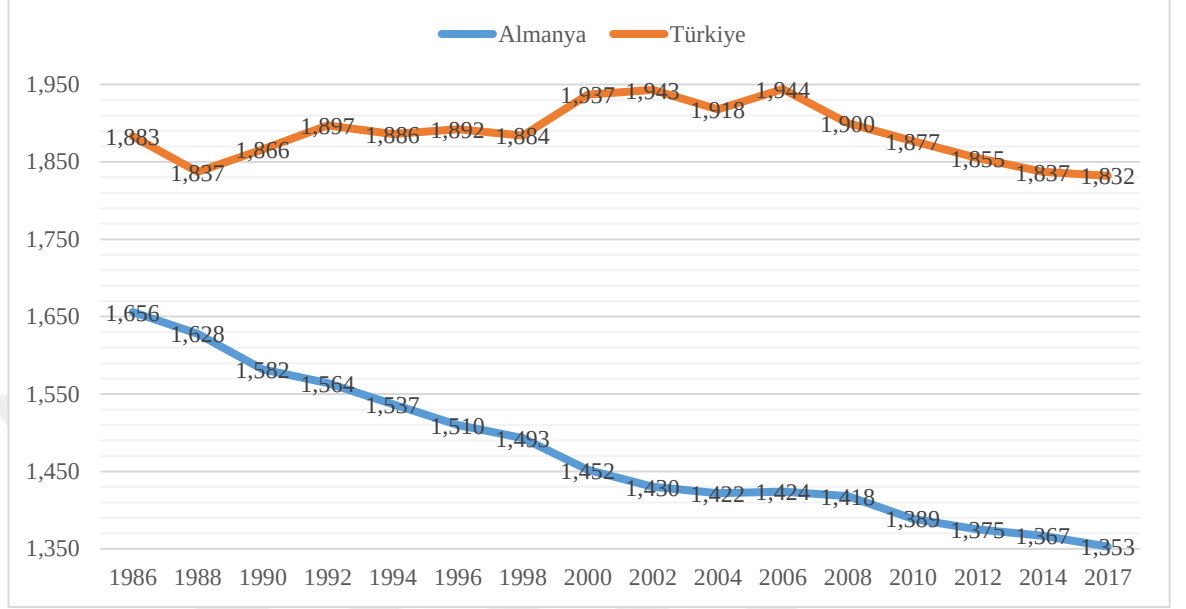
Son dönemde özellikle BİT ve internet üzerinden işlem yapan şirketler çalışma sürelerini veya haftalık çalışma gün sayılarını azaltma yoluna gitmektedir. Bazı şirketlerse haftanın belli günlerini evden çalışacak şekilde ayarlamaktadır. Çalışma sürelerinin bu şekilde düzenlenmesinin çalışan performansını ve mutluluğunu artırdığı düşünülmektedir. 2018’de Perpetual Guardian adlı finansal hizmetler sunan bir Yeni Zelanda şirketi sekiz hafta boyunca 200 çalışanının haftalık çalışma günlerini maaşlarında veya yan haklarında herhangi bir kesintiye gitmeden 5’ten 4’e düşürmüştür. Deneme sonunda yapılan analizde verimliliğin ve mutluluğun %20 oranında arttığı gözlemlenmiştir (Harris, 2018).

2019’da İngiltere’de 2.000 çalışan üzerinden yapılan bir araştırmada katılımcıların dörtte üçü beş günde yaptıkları işlerin aslında dört günde de yapılabileceğini düşünmektedir. İş yaşam dengesinin mevcut işlerindeki en önemli etken olduğunu belirtenlerin oranı %55 olarak ölçülmektedir. Ayrıca iş yaşam dengesine önem veren çalışanların önem vermeyenlere göre, daha az kazanmalarında bir sorun olmayacağını vurguladıkları görülmektedir (Adrian, 2019).

2019’da ABD’de yapılan başka bir araştırmadaysa yaz aylarının cuma günlerinde çalışanlarına tam gün veya yarım gün izin veren şirketlerin sayısında oldukça yüksek bir artış olduğu ve oranın %55 seviyesine çıktığı görülmüştür. Bu çalışma şeklinin aynı zamanda yetenekli çalışanları kendine çekmek için bir fırsat olarak da kullanıldığı belirtilmektedir. Aynı zamanda bu yolla çalışanların işletmeye olan güveninin %54,7’den %57,6’ya çıktığı görülmektedir (Baker, 2019).

Yukarıdaki örneklerden görüldüğü üzere çalışma saatlerini düşürüp iş-yaşam dengesinde yaşamın payının artırılmasının çoğunlukla gelişmiş ülkelerin gündemi arasında yer aldığı görülmektedir. Almanya bunu sağlamak adına yeterli teknolojik güce ve politikaya sahipken OECD ülkeleri arasında çalışma saatlerinin en yüksek olduğu ülkelerden olan Türkiye’nin Almanya kadar şanslı olmadığını söylemek mümkündür. Aşağıdaki tabloda kişi başına düşen yıllık çalışma saatlerine göre iki ülke karşılaştırılmaktadır.

Tablo 11: Kişi Başına Düşen Yıllık Çalışma Saatlerine Göre Almanya ve Türkiye (1986 – 2017)



Kaynak: Ortiz-Ospina, v.d., “People are able to work less when they work in more productive economies”, 2021a, (Çevrimiçi) <https://ourworldindata.org/time-use>, 23 Ocak 2021, Ortiz-Ospina, v.d., “Time Use: Do workers in richer countries work longer hours?”, 2021b, (Çevrimiçi) <https://ourworldindata.org/time-use>, 23 Ocak 2021.

Tarihte ilk defa çalışma saatlerinin düzenlenmeye başlandığı yıllardan itibaren Almanya bunu en iyi uygulayan ülkelerin başında gelmektedir. Türkiye’de çalışma saatleriyle ilgili ilk verinin alındığı 1970’te Almanya’da yılda 1.972 saat çalışılırken Türkiye’de 2.086 saat çalışılmaktadır. 2017’ye gelindiğinde Almanya, çalışma saatlerini %31 oranında azaltmayı başarırken Türkiye bunu ancak %12 oranında başarabilmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde; Endüstri 4.0 dönüşümünde artan robot kullanımı ve AI teknolojileri sayesinde işlerin otomasyonlaşmasıyla çalışma saatlerinin düşmesi mümkün görünmektedir. Bu düşüşün ülkeler ve sektörler arasında farklı şekilde gerçekleşeceğini söylemek daha uygun bir ifade olmaktadır. Bilgi yoğun işler yapan ofis çalışmalarında çalışma gün sayısının dörde düşürülmesinin yaygınlaşacağı ve emek yoğun işlerdeyse gün sayısı değiştirilmeden saatlerde azaltma yönünde gelişim kaydedileceği öngörülmektedir. Almanya buna çok daha çabuk ulaşırken Türkiye’nin Almanya’ya göre biraz daha geç ulaşacağını söylemek mümkün görünmektedir.

3.2.6. İş Sağlığı ve Güvenliği

İşin niteliği gereği sürekli değişmesi çalışanların fiziki ve ruhsal sağlığına olan etkisini de aynı şekilde değiştirmektedir. Önceden iş, çalışanlara fiziki anlamda daha fazla ve ruhsal anlamda fazla az yük bindirirken teknolojik gelişmelerin etkisiyle bu tam tersi bir hale bürünmektedir. Fiziki hareketlilik azalmakta ve ruhsal anlamda daha fazla yük binmeye başlamaktadır. Bu ruhsal yüklerse uzun vadede yine aynı şekilde fiziki bir sorun haline gelmektedir. Diğer yandan dünya genelinde emek yoğun işlerin önemli bir yer edinmesinden dolayı fiziki riskler azımsanmayacak boyutta değildir. ILO (Uluslararası Çalışma Örgütü) tarafından yayınlanan son tahminlere göre her yıl 2,4 milyon çalışan meslek hastalıklarından ve 380 bin kişi iş kazalarından ölmekte ve 374 milyon çalışan da ölümcül olmayan çeşitli meslek hastalıklarının yakalanmaktadır (ILO, 2019: 3).

Yeni teknolojiler verimliliği ve kârlılığı yüksek boyutlara çıkarmasının yanında iş ve çalışan ile ilgili yeni problemlerin ve sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Pearson ve Mitter 1997’de yaptıkları çalışmalarında ofiste ve bir masa başında çalışanların yaptığı veri işleme işine dayalı bilgisayar kullanımıyla ilgili sağlık problemlerini beş grupta incelemektedir. Bunlar stres ve yorgunluk, yeniden ortaya çıkabilen tehlikeler, kas-iskelet bozuklukları, cilt şikâyetleri ve görme kapasitesinin bozulması ile ilgili sorunlardır (Pearson ve Mitter, 1997: 175-189).

İşlerin değişiminin getirdiği psikososyal riskler, işle ilgili yoğun stres ve bulaşıcı olmayan hastalıklar dünyanın her yerindeki birçok çalışanı endişelendirir bir boyuta ulaşmaktadır. Ayrıca günümüz işletmelerinde stresin neden olduğu kayıp iş saatleri ve düşük verimliliğin maliyetinin çok yüksek olduğu görülmektedir. BİT sayesinde yaptıkları işe göre bazı çalışanların iş yükünü artıran ve iş sağlığını etkileyen riskler azaltılabilmekte veya işin tamamının veya belli bir kısmının teknolojilere devredip işin bu türden olumsuz yönleri ortadan kaldırılabilir.

İşler, çalışanların fiziki ve ruhsal durumunu ani bir şekilde etkilediği gibi uzun vadeli şekilde de etkileyebilmektedir. Yemek alışkanlarına ve sürekli masa başında oturmaya bağlı olarak gelişen obezite sorunu buna örnek verilebilmektedir. 2019’da ofis hayatının insan üzerinde yapabileceği uzun vadeli etkileri görmek için bir araştırma

yapılmıştır. Mevcut çalışma düzeninde herhangi bir değişiklik olmaması durumunda 2040 yılına kadar çalışanların çoğunda masa başında oturarak çalışmaktan kaynaklı kalıcı bir kamburluk olacağı belirtilmektedir. Ayrıca uyluk kaslarının kısalabileceği, gövdenin büzülerek küçülebileceği, ellerde, parmaklarda ve bileklerde uzun süreli iltihaplanmalar olabileceği, kalçada ve omuzlarda hareket kısıtlılığı meydana gelebileceği, dik durmanın zorlaşacağı, yetersiz kan akışından kaynaklı şişliklerin ve varisli damarların oluşabileceği ve gözlerde kuruluk, kızarıklık ve şaşılık meydana gelebileceği vurgulanmaktadır (Higham, 2019: 14-15). Aşağıdaki görselde mevcut çalışma düzeninin ofis çalışanlarının fiziki bütünlüğüne etkisini temsilen oluşturulan bir çalışan yer almaktadır.

Şekil 6: Geleceğin Çalışanı: Emma



Kaynak: Fellowes, “Meet Emma: Our Work Colleague of the Future”, (Çevrimiçi) <https://www.fellowes.com/gb/en/resources/fellowes-introduces/work-colleague-of-the-future.aspx>, 14 Şubat 2021.

Endüstri 4.0’ın çalışanlar üzerindeki fiziki etkilerine ek olarak ruhsal etkileri üzerinde de durulmakta ve otomasyon, dijitalleşme ve işyerinde artan robot kullanımının iş sağlığı ve güvenliği üzerine muhtemel etkileri değerlendirilmektedir. Dijitalleşmeyle beraber çalışma saati ve çalışma yeri kavramlarının şeffaflaşabileceği, çalışanların iş-yaşam dengesinin bozulabileceği ve günün hangi bölümünün iş hayatı veya özel hayat olduğunun karıştırılabileceği belirtilmektedir. İşlerdeki bilgi yoğunluğunun sürekli artmasının çalışanları ruhsal anlamda daha fazla zorlayabileceği ve bunun birtakım

sorunlara neden olabileceği öngörülmektedir. Robot kullanımının artmasıyla robotların hareketlerinin yeterince hesaplanmaması veya robot ile insan arasında yeterli mesafenin bırakılmaması gibi sebeplerden dolayı çalışanların zarar görebileceği konusunda endişe duyulmaktadır. Ayrıca artan AR ve VR kullanımının kısa ve uzun vadede çalışanların ruhsal sağlığını bozabileceği öne sürülmektedir (Cabrelli ve Graveling, 2019: 2-5).

Teknolojinin gelişmesi işyerine bağlılığı ortadan kaldırdığından işler uygunluğuna göre işyeri dışında ev, kafe, park vb. herhangi bir yerde yapılabilmektedir. Bu da iş kazalarına karşı çalışanları daha fazla tehlike altında bırakmakla birlikte olası bir kaza durumunda kazanın iş kazası olup olmadığıyla ilgili ispatın yapılmasını zora sokabilmektedir.

Geleceğin çalışma yaşamındaki iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemek ve işin çalışanlar üzerinde bıraktığı kısa ve uzun vadeli etkileri ortadan kaldırmak için çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Ülkeler, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili geliştirmeler yapmaktadır. Teknolojik çözümlerin, eğitimlerin ve farkındalık yaratmanın bu sorunları çözmekte önemli rol oynadığı belirtilmektedir.

Almanya, çalışma hayatının hukuksal altyapısı üzerine 2017’de yayınladığı “Weissbuch Arbeiten 4.0- White Paper Work 4.0” adlı raporda iş sağlığı ve güvenliğinin geleceğine de yere vermektedir. Bir çalışmanın “insanî çalışma” olarak nitelendirilebilmesi için insanın temel ihtiyaçlarına göre tasarlanmış, etkili sağlık ve güvenlik standartları belirlenmiş ve çalışanların beceri, potansiyel ve yetkinliklerini gerçekleştirebildiği bir yapıda olması gerektiği vurgulanmaktadır. Çalışmada gelişen teknolojilerin zorlu, tehlikeli ve monoton görevleri ikame ederek çalışanların kendilerini gerçekleştirme, yaratıcılık ve sosyal etkileşim gibi konularda daha fazla zamana kavuşabileceği belirtilmektedir. Yukarıda yer alan çalışmalara benzer şekilde geleceğin iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarında odak noktası olması gereken temel konunun ruhsal sorunlar olduğu öne çıkarılmaktadır. Ruhsal sorunların insanî gelişimi negatif yönde etkilediği, erken emekliliğin ana sebeplerinden biri olduğu, 2004’ten bu yana kayıp gün sayısında %72 artış yaşattığı, 2015’te devamsızlık sürelerini ortalama 25,6 güne çıkardığı ve sigorta kurumlarının, devletin ve işverenlerin üstlendiği

maliyetleri artırdığı belirtilmektedir. Ayrıca çalışmada sorunların çözümüne yönelik yapılması gerekenler sıralanmaktadır. Yeni teknolojileri içinde barındıracak şekilde iş sağlığı ve güvenliği mevzuatının geliştirilmesi öncelikler arasında yer almaktadır. Buna ek olarak uzaktan çalışanlara uzmanlar tarafından psikolojik tavsiye ve destek verilmesi, sorunların engellenmesi için farkındalık yaratılması ve bunun çalışma kültürünün bir parçası haline getirilmesi, çalışanlara eğitim verilmesi, çalışanların ruhsal anlamda güçlenmelerinin sağlanması, değişen çalışma koşullarıyla ilgili olarak yöneticilerin eğitilmesi ve mobbingi önlemeye yönelik çalışmaların yapılması diğer çözüm yöntemlerinden bazılarıdır (BMAS, 2017: 135-142).

İş sağlığı ve güvenliğinin geleceğine yönelik Türkiye'deki gelişmelere bakıldığında Almanya kadar kapsamlı bir çalışmanın yapılmadığı görülmektedir. Çelik ve Can 2019'da yaptıkları çalışmalarında Endüstri 4.0 Devriminde iş sağlığı ve güvenliğini yenilerken işlerin ofis işleri ve uzaktan çalışma şeklinde ayrışacağına ve revize işleminin bu ayrışmayı dikkate alacak şekilde yapılması gerektiğine vurgu yapmaktadırlar (Çelik ve Can, 2019: 123-125).

Gerek uluslararası federasyonlar gerekse gelişmiş ülkeler Endüstri 4.0 Devriminde geleceğin iş hayatına yönelik hukuki çalışmalar yaparken Türkiye'de bunun azlığı göze çarpmaktadır. Türkiye'nin iş hukukunda olduğu gibi iş sağlığı ve güvenliği konusunda da çalışma yapmaması teknolojik dönüşümde hukukun oynadığı rolün öneminin Türkiye tarafından farkına varılmadığı anlamına gelmektedir.

3.3. Endüstri 4.0'ın İşlerin Dönüşümüne Muhtemel Etkileri

İşlerin gelecekte nasıl olacağı günümüzün en büyük tartışma noktalarından biri haline gelmiştir. Teknolojik ürünlerin hızla gelişmesinin, otomasyonun işlerdeki yoğunluğunun her geçen gün artmasının ve AI uygulamalarının çoğalmasının işleri ne kadar ve nasıl etkileyeceği gelecek tartışmasının temellerini oluşturmaktadır.

Endüstri 4.0 Devriminin dünyayı her alanında etkileyeceği düşünülmektedir. Bir birey olarak ele alındığında insanın inovasyonla gelen yıkım karşısında hiçbir kontrol edici gücü bulunmamaktadır. Bununla birlikte devrimler yeni birtakım fırsatları beraberinde getirmektedir. Girişimciler ve pazarlar arasındaki engeller giderek azalmaktadır. AI

uygulamaları daha aktif bir role bürünmektedir. Farklı bilimsel teknikler ve disiplinler arasındaki iş birliği ve uyum her geçen gün artmaktadır. Robotik sistemlerin kullanımının artmasıyla ürün kalitesinde iyileşmeler sağlanmaktadır. İnternet sayesinde her şey çok hızlı ve kolay bir şekilde birbirine bağlanabilmektedir (Xu, v.d., 2018: 91).

Hemen hemen tüm alanlarda otomasyon sistemleri kurulmakta, akıllı şebeke benzeri gelişmiş uygulamalar etkinleştirilmekte ve akıllı şehirler gibi IoT uygulamalarının hayata geçirilmesi için çalışmalar hızlandırılmaktadır. Birbirine ağlarla bağlanmış olan hayatlar sayesinde insan hayatı da kendi içinde devrimsel bir şekilde dönüşmektedir. 1960'ların sonunda neredeyse bir ev odası kadar olan iki büyük ana bilgisayar birbirine ancak bağlanabilirken günümüzde büyük küçük fark etmeksizin tüm cihazlar kolaylıkla birbiri ile iletişim kurar hale gelmiştir. Hatta 2010 yılında internete bağlanan bilgisayarların sayısı, dünya nüfusunu bile geçecek seviyeye gelmiştir (Gershenfeld ve Vasseur, 2014: 28).

Yenilikçi teknolojiler farklı bilimsel ve teknik disiplinleri zamanla bütünleştirerek fiziksel, dijital ve biyolojik alanlar arasındaki çizgilerin kaybolmasını sağlamaktadır. Bu da inovasyona katılan her girişimciye yeni pazarlar ve büyüme fırsatları anlamına gelmektedir. Yeni bir ürün ortaya çıkarmak için o ürüne özgü olmayan sıradan alanlara ayrılan zamanlar gittikçe azalmakta ve böylece ürünün kendine has özellikleri üzerinde geliştirme yapmaya daha fazla zaman kalmaktadır (Klaus, 2015).

Prototip üretmek için 3D yazıcılar gibi yeni teknolojilerin kullanılmaya başlanmasının girişimciler ile pazarlar arasındaki engelleri azaltacağı düşünülmektedir. Örneğin otomobil üreticileri yeni parçaları üretmek için hızlı prototipleme teknikleri kullanmaktadır. 3D yazıcılar sayesinde bu gibi işlemleri yapmak kolaylaşmaktadır. Yeni fikirlere sahip girişimcilerin daha düşük başlangıç yatırım maliyetleriyle küçük şirketler kurmalarına olanak tanımaktadır. Bu şekilde geleneksel yöntemlerden sıyrılarak daha ucuz yolla ürünler gerçeğe dönüşebilmektedir (Anderson, 2012: 80).

Gelecekte robot kullanımının artması yüzünden insan hayatının radikal bir şekilde değişme ihtimali söz konusudur. Teknik olarak bu robotlar otomatik motorlu araçlardır. Örneğin yemek pişirebilmekte, müzik çalabilmekte, gösterileri

kaydedebilmekte ve arabaları kullanabilmektedir. Evde, işte ve diğer birçok alanda yaşam kalitesini iyileştirme potansiyeline sahip olduğu düşünülmektedir. Özelleştirilmiş robotlar sayesinde yeni işler yaratılabilmekte, mevcut işlerin kalitesi artırılabilmekte ve insanların yapmak istedikleri şeylere odaklanabilmeleri için daha fazla zaman sağlayabilmektedir (Tilden, 2017).

Tüketicilerin beklentilerinin değişmesi sebebiyle son yıllarda kişiselleştirilmiş ürün talebinde büyük bir artış yaşanmaktadır. Otomobiller, kıyafetler, teknolojik ürünler, ilaçlar vb. olmak üzere her bir ürünün zamanla tüm parçalarına kadar kişiselleştirilebilir olacağı öngörülmektedir. Böylece tüketicilerin ürüne olan bağının ve sadakatinin artacağı düşünülmektedir.

AI teknolojisinin gelişmesiyle ilerleyen yıllarda ekonomik anlamda birtakım aksamaların olabileceğinden endişe duyulmaktadır. Karmaşık sorunlara rasyonel çözümler getiren bu sistemler istihdam edilen çok sayıda çalışan için bir tehdit oluştururken aynı zamanda ekonomik büyüme için yeni yollar sunmaktadır. McKinsey & Company tarafından hazırlanan bir raporda tüm mevcut iş faaliyetlerinin yarısının şu anda mevcut teknolojiler tarafından otomatikleştirilebileceği ve böylece şirketlerin milyarlarca dolar tasarruf etmesine ve yeni iş türleri yaratmasına olanak sağlayacağı belirtilmektedir (Manyika, v.d., 2017a). Örneğin sürücüsüz otomobillerin yavaşça taksicilerin ve Uber şoförlerinin yerine geçeceği düşünülmektedir. Benzer şekilde otonom kamyonların ise lojistik sektöründeki kamyon şoförlüğü mesleğini sonlandırma potansiyeline sahip görünmektedir.

McKinsey tarafından 2017’de yapılan bir araştırmada günümüzde ücreti karşılığında yapılan işler incelenmiştir. Araştırma sonucuna göre tüm işlerin küresel çapta yaklaşık yarısının günümüz teknolojileri kullanılarak otomatik bir şekilde yapılabileceği belirtilmektedir. Mesleklerinse sanılanın aksine yalnızca %5’i gibi çok az bir kısmının tamamen makineler tarafından icra edilebileceği vurgulanmaktadır. Bununla birlikte mesleklerin yaklaşık %60’ının bir iş gününde yaptığı işlerin yaklaşık %30’unun da makinelere devredilebilir durumda olduğu belirtilmektedir. Bu da Endüstri 4.0 Devriminin tüm çalışanları ilgilendiren bir dönüşüm ve değişim anlamına geldiğini ortaya koymaktadır (Manyika, v.d., 2017a).

3.3.1. İşlerin Otomasyonlaşması

Değişim işin niteliğinin bir parçasıdır. Bu sebeple Endüstri 4.0 Devriminde emek yoğun ve bilgi yoğun birtakım işler teknolojik gelişmelerle beraber akıllı robotlar ve AI uygulamaları tarafından zamanla otomatik bir şekilde yapılmaya başlanmaktadır. Otomasyonlaşma denilen bu sürecin teknolojik gelişimin hız kazanması sebebiyle son yıllarda daha fazla artacağı belirtilmektedir. Bazı görüşler yeni işlerin ortaya çıkmasıyla otomasyonlaşmanın benzer hızda seyredeceğini ve diğer görüşler ise otomasyonlaşmanın daha hızlı olacağını ve bunun da çalışanları işsizlik riskiyle karşı karşıya bırakacağını savunmaktadır.

Oxford Üniversitesi bünyesindeki araştırmacılar 2017 yılında 702 farklı meslek üzerinden bir araştırma yapmıştır. Araştırmada risk altındaki işlerin sayısı, işlerin otomasyonlaşma oranı, otomasyonlaşmanın ücretler ve eğitim seviyesi arasındaki ilişkisi ve Endüstri 4.0'ın gelecekteki işlere etkileri belirlenmeye çalışılmaktadır. İşler otomasyonlaşma seviyesi riski yüksek, orta ve düşük şekilde üçe bölünerek incelendiğinde ABD'nin istihdamının %47'sini oluşturan işlerin yüksek risk kategorisinde olduğu görülmektedir. Bu işlerin önümüzdeki on veya on iki yıl içinde tamamen otomasyonlaşabileceği belirtilmektedir. Nakliye ve lojistik hizmetlerindeki çoğu çalışanın, ofis ve idari destek çalışanlarının büyük bir kısmının ve sanayi sektöründe üretim hatlarında çalışanların bu yüksek risk grubunda olduğu ortaya çıkmaktadır. Ayrıca otomasyonlaşmanın yüksek olacağı işler arasında eğitim seviyesi ve ücretleri düşük işlerin olduğu vurgulanmaktadır (Frey ve Osborne, 2013: 44-45).

Teknolojik gelişmelerin vasıflı işler üzerindeki etkisi Endüstri 4.0 ve daha önceki devrimler ile karşılaştırılarak incelendiğinde devrimlerin vasıflı işgücünü farklı şekillerde etkilediği görülmektedir. Sermayenin derinleşmesiyle başka bir ifadeyle işgücünün daha fazla sermaye malıyla donatılmasıyla işgücü talebi arasında farklılık bulunmaktadır. İkinci Endüstri Devrimi'ndeki üretim teknolojileri sayesinde görevlerin basitleşmesi vasıflı emek talebini büyük ölçüde azaltmıştır. Üçüncü Endüstri Devriminde ise otomasyonla beraber orta vasıflı işlerde işgücüne olan talebin azaldığı görülmüştür. Diğer yandan Endüstri 4.0 Devriminde yüksek vasıflı işgücüne olan talebin artacağı tahmin edilmektedir.

Otomasyonlaşmanın hangi işlerde ne kadar hızlı olacağı ile ilgili yaptıkları çalışmada Frey ve Osborne, eğitim seviyelerine göre işleri belli bir yelpazeye oturtarak olası otomasyonlaşma seviyelerini ölçmeye çalışmaktadır. Yapılan araştırmada eğitim seviyesi ve ücret yükseldikçe işlerin otomasyonlaşma oranının azaldığı görülmektedir. Mesleklerin durumuna bakıldığında fizik tedavi uzmanlığı, mekanik, kurulum ve onarım gibi alanlardaki operasyon yöneticiliği, acil durum yönetim direktörlüğü, akıl sağlığı ve madde bağımlılığı sosyal hizmet uzmanlığı ve odyologluk en son otomasyonlaşacak işler arasında ilk beşte yer almaktadır. En hızlı otomasyonlaşacak işlerin ise tele pazarlamacılık, denetmenlik, kanalizasyon işçiliği, matematik teknisyenliği ve sigorta komisyonculuğu olduğu belirtilmektedir (Whitehouse ve Rojanasakul, 2017).

Orta seviyede kazanç sağlayan ve lisans seviyesinde eğitim gerektiren fizik tedavi uzmanlığı otomasyonlaşma oranı en düşük olan meslekler arasında yer almaktadır. Bunun sebebiyse her hastayla birebir şekilde ilgilenilmesi gerektiği ve her hastanın kendine özgü başka biri durumunun olmasıdır. Yine orta gelir seviyesinde olan ve lise ve dengi seviyede eğitimle yapılabilen operasyon yöneticiliğinin düşük otomasyonlaşma riskinde olmasının sebebi olası bir arızada ve kurulum ve mekanik işlerinde meydana gelen kendine özgü durumları çokça içeriyor olmasıdır. Akıl sağlığı ve madde bağımlılığı sosyal hizmet uzmanlığı ise fizik tedavi uzmanlığı ile benzer özellikler taşımaktadır. Acil durum yönetim direktörlüğü de olası bir afet, olağanüstü hâl ve savaş gibi durumların kendine özgü birçok değişkeni barındırması sebebiyle otomasyonlaşması zor işlerdendir. Gelir seviyesi diğerlerinden daha yüksek olan ve doktora seviyesinde eğitim gerektiren odyologluk ise yine diğer sağlık işlerinde olduğu gibi hastalarla birebir ilgilenilmesi ve hastalara özel eğitim verilmesi gereken bir iş olduğu için otomasyonlaşma oranı oldukça düşüktür. Bu işlerin ortak noktaları ise eğitim seviyeleri ve ücretleri fark etmeksizin çok dar bir alana hitap etmeleri ve kendine özgü olmaları başka bir deyişle genellemelerden uzak olmalarıdır.

Otomasyonlaşma oranı yüksek olan işler incelendiğinde işlerin ortak noktalarının teknolojinin bugünkü geldiği noktada hepsinin makineler tarafından yapabilecek olmasıdır. Teknoloji şirketlerinin büyümesi ve artan sosyal medya kullanımı sebebiyle artık reklamlar kullanıcılara özgü bir şekilde ayarlanmaktadır. Herkes kendi ilgi

alanlarına göre reklamlara maruz kalmaktadır. Bu sebeple tele pazarlamacılara ihtiyaç görünmemektedir. Veri girişi ve analizi ve üst seviye matematik hesaplamaları bilgisayar programlarıyla kolayca yapılabilir. Bu sebeple denetmenlik ve matematik teknisyenliği gibi işler için emek istihdam edilmesine gerek duyulmamaktadır. Günümüzde büyük veri sayesinde insanların ödeme geçmişleri, sağlık sorunları ve yaşam tarzları kolayca anlaşılabilir. Bu sayede sigorta şirketleri tarafından insanların hangi düzeyde risk içerdiği bilinebilmektedir. Bu da sigorta şirketlerinde sigorta poliçesi oluşturmakla yükümlü olan çalışanları gereksiz kılmaktadır.

Aşağıdaki tablo incelendiğinde herhangi bir eğitim gerektirmeyen işlerin neredeyse tamamının otomasyonlaşacağı ve bu işlerde de emek istihdamına hemen hemen hiç ihtiyaç duyulmayacağı öngörülmektedir. Kredi analistleri yılda ortalamanın üstünde bir kazanç elde etmesine rağmen geline teknolojiyle kredi verilecek kişilerin incelenmesi bilgisayar programları tarafından yapılabilecek durumdadır. Bu da kredi analistlerinin otomasyonlaşma oranını oldukça yükseltmektedir. Diğer yandan odak noktası birebir insan olan işlerin otomasyonlaşma oranlarına bakıldığında oranının düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca bazı işlerin orta seviyede vasıf gerektiren bölümleri otomasyonlaşırken üst seviye vasıf gerektiren bölümleri tam tersine hiç otomasyonlaşmamaktadır. Örneğin orta vasıfla yapılabilen satış temsilciliği %85 ve perakende satışçı %92 oranında otomasyonlaşırken üst vasıfla yapılan satış mühendisi %0,41 oranında otomasyonlaşmaktadır. Bunun sebebi ise Pazar yerlerinin her geçen gün Amazon, eBay, Trendyol ve Hepsiburada gibi sanal satış platformlarına kayması ve bu platformların satış temsilcisi ve perakende satışçı gibi pozisyonlarda emek istihdam etmeye gerek duymamasıdır.

Aşağıdaki tabloda bazı işlerin ücret seviyesine, eğitim düzeyine ve otomasyonlaşma oranına yer verilmektedir.

Tablo 12: İşlerin Otomasyonlaşma Oranları

Meslek	Eğitim	Yıllık Gelir (\$ bin)	Otomasyonlaşma (%)
Diyetisyen	Lisans	60	0,39
Otel Yöneticisi	Lisans	60	0,39
Satış Mühendisi	Lisans	108	0,41
Doktor – Operatör Dr.	Doktora	210	0,42
Eğitim Koordinatörü	Y. Lisans	65	0,42
Psikolog	Y. Lisans	95	0,43
Dişçi	Doktora	174	0,44
İlkokul Öğretmeni	Lisans	60	0,44
Okul Müdürü	Y. Lisans	95	0,46
Terzi	Lise	48	0,49
İK Yöneticisi	Lisans	120	0,55
Öğretmen	Lisans	30	0,95
Makine Mühendisi	Lisans	90	1,1
Eczacı	Doktora	120	1,2
Baş Yönetici	Lisans	195	1,5
BİT Yöneticisi	Lisans	146	3,5
Avukat	Doktora	140	3,5
Finans Yöneticisi	Lisans	140	6,9
Çocuk Bakıcılığı	Lise	23	8,4
Polis	Lise	62	9,8
Kozmetikçi	Lise Sonrası	30	11
Sosyal Hizmet Çalışanı	Lise	34	13
G. Müdür – Op. Müdürü	Lisans	122	16
Sağlık Memuru	Lise Sonrası	32	30
Evde Sağlık Görevlisi		24	39
Hâkim	Doktora	115	40
Bilgisayar Programcısı	Lisans	98	43
Ekonomist	Y. Lisans	113	43
Müşteri Temsilcisi	Lise	35	55
Finans Danışmanı	Lisans	123	58
Mağaza Görevlisi		27	64
Bilgisayar Destek Uzm.	Lisans	57	65
İdari İşler Yöneticisi	Lisans	99	73
Kamyon Şoförü	Lise Sonrası	44	79
Satış Temsilcisi	Lise Sonrası	68	85
Hamal		28	85
Perakende Satışçı		27	92
Hazır Yemek Çalışanı		20	92
Muhasebeci – Denetmen	Lisans	77	94
Garson		24	94
Kasiyer		22	97
Kredi Analisti	Lisans	81	98

Kaynak: Frey, Carl Benedikt, Michael A. Osborne, “THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTIBLE ARE JOBS TO COMPUTERISATION?”, (Çevrimiçi) https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf, 15 Ocak 2021.

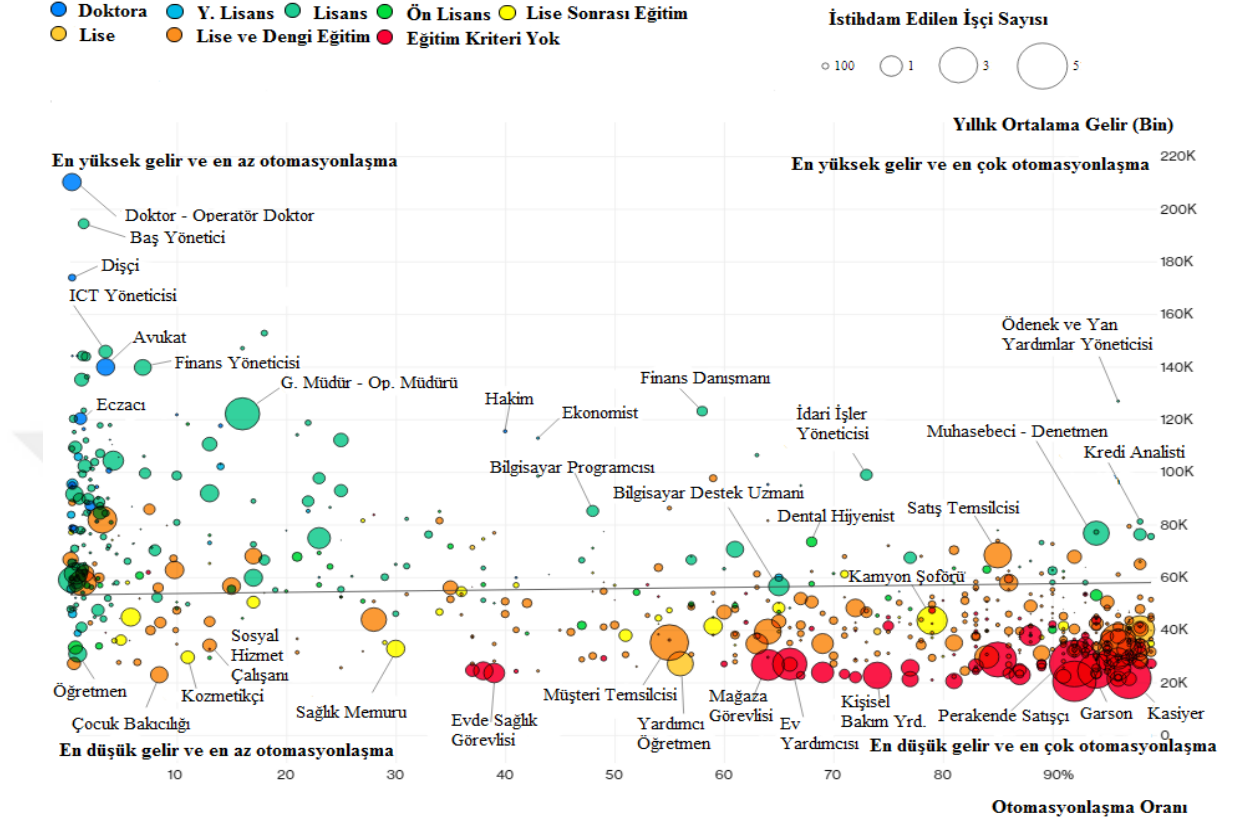
Teknolojik gelişmelerin işlerin dönüşümüne potansiyel etkisi mesleklere ve sektörlerle göre değişkenlik göstermektedir. Otomasyona en duyarlı işler makine operatörlüğü ve hazır gıda hazırlama gibi standartlaşmanın yüksek boyutta olduğu fiziksel faaliyetlerdir. Otomasyona duyarlı bilgi yoğun işlerse verilerin artık daha hızlı toplanması ve işlenmesi sebebiyle bilgisayar programlarının, analizleri çalışanlardan daha hızlı yapabileceği faaliyetlerdir. İşlerin büyük bir kısmı bu iki faaliyet türünü kapsadığından dolayı artık bu işler için emeğe ihtiyaç duyulmayacağı düşünülmektedir. Bu işlere kredi teklifi hazırlama, avukat asistanlığı, muhasebe ve diğer basit ofis işleri örnek gösterilebilmektedir.

İşler artık teknoloji kullanılarak sermaye yoğun bir şekilde yapılabilirse bile bazı işlerdeki istihdamın azalmayabileceği hatta azalmak yerine yeni işler eklenerek istihdamın bu yeni işlere kaydırılabileceği vurgulanmaktadır. Personel yönetmek ve sosyal olarak etkileşmek gibi uzmanlık gerektiren işlerde teknoloji henüz emeği ikame edecek güçte olmadığı için otomasyonlaşmanın bu işler üzerindeki etkisinin az olacağı tahmin edilmektedir.

İşlerdeki dönüşümün kontrollü bir şekilde olmasını sağlamak adına bu teknolojilerin iş süreçlerine ve ekonomiye yaptığı olumlu katkılar göz önünde bulundurularak kapsayıcı bir plan yapılması gerekmektedir. Bu sebeple teknolojilere yatırım yapılması, yeni eğitim modellerinin tasarlanması, geçişi kolaylaştıracak programların oluşturulması ve teşviklerin sağlanması gerekmektedir.

İstihdam edilen çalışan sayısı, eğitim seviyesi, emek yoğun veya bilgi yoğun olması ve ücretler işlerden işlere değişiklik göstermektedir. Kimi işler daha yüksek ücret ve eğitim düzeyi gerektirirken kimi işler ise tam tersine düşük eğitim seviyesi ve düşük ücretle yapılabilmektedir. Bunun sonucunda da otomasyonlaşmanın etkisiyle sermaye tarafından ikame edilebilecek çalışanların sayısında ve eğitim seviyesinde değişiklikler görülmektedir. Aşağıdaki grafikte eğitim seviyesi ile otomasyonlaşma oranları arasındaki ilişkiye yer verilmektedir.

Grafik 3: Eğitime Göre Otomasyonlaşma Seviyeleri



Kaynak: Whitehouse, Mark, Mira Rojanasakul, "Find Out If Your Job Will Be Automated" (Çevrimiçi) <https://www.bloomberg.com/graphics/2017-job-risk/>, 15 Ocak 2021.

Grafik incelendiğinde işin etkileşim gerektirmesi veya teknolojinin yetersizliği gibi bazı istisnalar dışında işlerin büyük çoğunluğunda işlerin gerektirdiği eğitim seviyesi düşüktüğü istihdam edilenlerin sayısının ve otomasyonlaşma oranının arttığı görülmektedir. Düşük vasıflı işlerde çalışanların sayısının fazla olması ve otomasyonlaşma oranının yüksekliği Endüstri 4.0 Devriminin işler ve işgücü üzerinde yaratacağı büyük dönüşümü gözler önüne sermektedir. Bazı araştırmacıların ısrarla dikkat çekmeye çalıştığı nokta tam da burasıdır. Milyonlarca düşük vasıflı çalışanın işsizlikle karşı karşıya kalmasından, ekonomik sistemin onlara yeni iş yaratmada ve yeniden istihdam etmede geç kalmasından ve oluşabilecek sorunlara karşı kayıtsız kalılabileceğinden endişe duyulmaktadır.

Endüstri 4.0 Devrimine kadar teknolojik gelişmelerin düşük vasıflı ve düşük ücretli çalışanlar ile yüksek vasıflı ve yüksek ücretli çalışanlar arasında bir kutuplaşma yarattığı görülmektedir. Autor, 2010 yılında yapmış olduğu 1979-2009 yıllarını kapsayan analizinde bu kutuplaşmanın orta düzeyde gelir sağlayan orta vasıflı işlerin otomasyonlaşarak sermaye tarafından ikame edilmesi yüzünden Endüstri 4.0 Devriminde de artarak devam edeceğini belirtmektedir. İşini kaybeden orta vasıflı çalışanların işsizlik karşısında düşük ücretli ve düşük vasıflı işlere yöneleceği veya işgücü piyasasında daha az istihdam alanı bulunan yüksek ücretli ve yüksek vasıf gerektiren işler için çabalayacağı ve günün sonundaysa büyük çoğunluğunun hazır gıda ve perakende gibi düşük ücretli işlerde istihdam edileceğini vurgulamaktadır (Autor, 2010: 8-9). Bununla beraber gelecekte yok olacağı düşünülen işlerde istihdam edilen çalışanların düşük ücretli işlere alternatif olarak otomasyonlaşma oranı düşük olan yani yaratıcı veya sosyal zekâ gerektiren işlere yönelmesi gerektiği bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır. Bu geçişi sağlayacak şekilde çalışanlara eğitim verilmesi ve uyumlaştırmanın sağlanması gerektiği görülmektedir.

Üretilen ürünlerin sermaye yoğun üretime uygunluğu, üretim sistemini sermaye yoğun yapmanın maliyeti, dönüşümün getireceği ekonomik faydalar, işgücü piyasası dinamikleri ve ülkelerin sosyal ve hukuki altyapısı gibi faktörler Endüstri 4.0 Devriminde otomasyonlaşmayı etkileyen değişkenler arasında yer almaktadır. Her ülkenin dinamikleri değişkenlik gösterdiğinden sektörlerin otomasyonlaşma oranlarında ülkeler arası farklılıklar bulunmaktadır. Aşağıdaki tabloda Almanya'daki ve Türkiye'deki sektörlerin otomasyonlaşma oranlarındaki farklılıklar gösterilmektedir.

Tablo hazırlanırken 2017'de Almanya'nın toplam istihdamı 42.798 bin ve Türkiye'nin istihdamı 23.718 bin olarak hesaplanmıştır. Ülkelerin kendi istatistik kurumlarının paylaştığı verilerde ise istihdam edilenlerin sayısı Almanya için 44.141 bin ve Türkiye için 28.189 şeklinde görülmektedir (Destatis, 2021a, TÜİK, 2020a). 2017'de Almanya'daki Türkiye'deki işlerin 2055'te sırasıyla %47,9 ve %50,3 oranında otomasyonlaşarak robotlar ve AI teknolojileri tarafından ikame edileceği tahmin edilmektedir.

Tablo 13: Almanya’da ve Türkiye’de Otomasyonun Sektörlerdeki İstihdama Muhtemel Etkilerinin Karşılaştırılması (bin kişi)

Sektör	Almanya 2017	Almanya 2055	Türkiye 2017	Türkiye 2055
İmalat Sanayi	8.000	3.600	5.300	2.500
Perakende Ticaret	2.300	1.000	3.400	1.900
İdare, Destek ve Memurluk	5.500	3.000	2.200	1.264,4
Tarım, Orman, Balık, Avcılık	834,7	335,2	4.800	1.900
Sağlık ve Sosyal Yardım	4.700	3.000	672	399,1
Eğitim	1.700	1.157,9	1.100	858,1
İnşaat	2.000	1.071,6	2.000	960
Ulaşım ve Lojistik	1.900	700	1.200	435,5
Profesyonel, Bilimsel ve Teknik Hizmetler	3.400	2.300	425,8	253,9
Finans ve Sigortacılık	1.400	783,1	324,1	160,7
Konaklama ve Gıda	983,2	74,8	1.000	406,6
Toptan Ticaret	2.600	1.300	210,9	123,3
Bilişim	1.300	653,2	202,8	122,5
Emlakçılık	564,6	300,9	101,8	62,6
Sanat, Eğlence ve Dinlence	915,7	479,4	75,9	50,2
Maden	330,5	189,7	88,3	38,7
Şirket ve Girişim Yönetimi	103	64,3	1,8	0,9
Yardımcı Hizmetler	466,7	268,4	65,5	37,3
Diğer	3.800	2.000	549,5	306,9

Kaynak: McKinsey Global Institute, “Where machines could replace humans — and where they can't yet”, 2017b, (Çevrimiçi)
<https://public.tableau.com/profile/mckinsey.analytics#!/vizhome/InternationalAutomation/WhereMachinesCanReplaceHumans>, 17 Ocak 2021.

Araştırma şirketleri, akademisyenler veya kamu kurumları geleceğe dönük tahminler yürütürken çoğu zaman kısa, orta ve uzun vadede olmak üzere üç farklı senaryo

hazırlamaktadır. Son dönemde Endüstri 4.0 Devriminin işlere ve işgücüne yönelik etkilerini görmek için yapılan senaryolarda kısa vadede 2025, orta vadede 2030 ve uzun vadede 2050 yılına göre tahminlerin yapıldığı görülmektedir. Yukarıdaki tablo ise McKinsey tarafından 2017’de yapılan ve 2055 yılını hedefleyen uzun vadeli bir senaryodur (McKinsey Global Institute, 2017b).

Almanya’nın otomasyonlaşma oranının Türkiye’den daha düşük olmasının birtakım sebepleri bulunmaktadır. Bu sebepler günümüzde hali hazırda Almanya’da yapılan üretimin Türkiye’ye göre daha fazla sermaye kullanılarak yapılıyor olması, Almanya’nın bilgi ve teknoloji üreten bir ülke olması ve otomasyonlaşma oranı oldukça yüksek olan tarım sektöründe istihdam edilenlerin sayısının Türkiye’ye göre yaklaşık 4 milyon daha az olması şeklinde sıralanabilmektedir.

2055 yılına kadar daha önceki endüstri devrimlerinde olduğu gibi şu an adları bilinmeyen yeni birçok işin ortaya çıkacağı tahmin edilmektedir. 2004’te Facebook’un başını çektiği ve ardından Instagram ve Twitter gibi şirketlerle sosyal medya sektörünün doğması ve on beş yıl gibi kısa bir süre içinde bu sektörde ortaya çıkan yeni işlerde binlerce çalışanın istihdam edilmesi gelecekte de daha farklı işlerin ortaya çıkmasına kanıt olarak öne sürülebilmektedir. Bu yeni işler dikkate alınmadan mevcut işlerde 2055 yılında Almanya’da ve Türkiye’de istihdam edilenlerin tahmini sayısı sırasıyla 23.718 bin ve 11.782 bin şeklindedir. Ülkelerin kendi istatistiki verilerinden oranlanmak istendiğinde bu sayılar yaklaşık olarak Almanya’da 22.997 bin ve Türkiye için 14.009 bin şeklinde ölçülmektedir.

İki ülkenin bazı sektörlerinin dünya genelinden daha fazla ve bazı sektörlerininse dünya genelinden daha az otomasyonlaşacağı tahmin edilmektedir (McKinsey Global Institute, 2017b). Otomasyonlaşma oranına göre sıralandığında dünyadan daha yüksek orana sahip sektörler şu şekildedir:

- **Almanya:** Konaklama ve gıda, ulaşım ve lojistik, tarım, orman, balık ve avcılık, perakende ticaret, toptan ticaret, bilişim, emlakçılık, sanat, eğlence ve dinlence, idare, destek ve memurluk, inşaat, şirket ve girişim yönetimi ve diğer sektörler

- **Türkiye:** Ulaşım ve lojistik, tarım, orman, balık ve hayvancılık, maden, inşaat, finans ve sigortacılık, şirket ve girişim yönetimi, idare, destek ve memurluk, sağlık ve sosyal yardım, profesyonel, bilimsel ve teknik hizmetler ve diğer sektörler

Otomasyonlaşma oranına göre sıralandığında dünyadan daha az orana sahip sektörler şu şekildedir:

- **Almanya:** İmalat sanayi, finans ve sigortacılık, maden, yardımcı hizmetler, sağlık ve sosyal yardım ve profesyonel, bilimsel ve teknik hizmetler
- **Türkiye:** Konaklama ve gıda, imalat sanayi, perakende ticaret, yardımcı hizmetler, toptan ticaret, bilişim, emlakçılık ve eğitim.

Sektörler incelendiğinde her iki ülkenin sektörlerinin çoğunun dünya genelinden daha fazla otomasyonlaşacağı görülmektedir. Sektörler arasında dikkat çeken farklılık ise bazı bilgi yoğun ve emek yoğun sektörlerin farklı kategorilerde yer almış olmasıdır. Bunun sebepleri arasında ülkelerin o sektörlerle verdiği önemin ve sektörlerdeki üretimin referans yılında sermaye yoğun yapıya düzeyi yer almaktadır.

3.3.2. Kalıcı, Yeni, Gereksiz Meslekler ve Roller

Gelişen teknolojiler sayesinde robotların ve bilgisayarların yalnızca rutin işleri insanlardan almakla kalmayıp bu işleri çok daha iyi ve ucuza gerçekleştirdiği tahmin edilmektedir. Endüstri 4.0'ın madenciler, bankacılar, moda tasarımcıları, kaynakçılar, tarım çalışanları ve CEO'lar olmak üzere her vasıftan çalışanın günlük iş rutinini değiştireceği ve bazı meslekleri ortadan kaldırırken bazılarını da yeni yer açacağı düşünülmektedir.

Teknolojik gelişmelerin tarihsel süreçte işleri uzun vadede karmaşık hale getirdiği görülmektedir. Yeni makinelerin geliştirilmesinin, otomasyonun üretim süreçlerini parçalanmasının ve daha fazla ve daha üst düzey beceri gerektiren işlerin artmasının bunda önemli bir rolü oynadığı belirtilmektedir. Otomasyonlaşmanın hız kazanmasıyla beraber insan-makine etkileşiminde işlerin karmaşıklığı da her geçen gün artmaktadır. Buradan yola çıkarak yüksek vasıflı, iyi eğitilmiş ve tecrübeli

Çalışanların giderek daha fazla talep görmesi ve bu çalışanların üretim sistemindeki olası arızaları önlemek için istihdam edilecek olması “Otomasyon Paradoksu” şeklinde ifade edilmektedir. Endüstri 4.0 ile iş birliğine dayalı insan-makine etkileşimini artırmak için hareketli robotların, akıllı makinelerin ve AI uygulamalarının kullanılacak olmasının bu eğilimi artırmaya devam edeceği vurgulanmaktadır. İnsanların deneyim yoluyla kazandığı ve yönetim faaliyetlerinde oldukça önemli olan sağduyu, yaratıcılık ve problem çözme gibi becerilere giderek daha fazla sahip olan akıllı teknolojiler işletmelerin günlük yönetim faaliyetlerine yardımcı olmakta ve çeşitli rutin kararları verme işini devralmaktadır. Ayrıca dijital modelleme ve simülasyon gibi pahalı uygulamaların giderek ucuzlaması üretimin araştırma, geliştirme ve tasarım süreçlerini daha deneysel hale getireceği düşünülmektedir. Bunun da iş süreçlerini “tasarım-inşa-test” döngüsüne sokacağı belirtilmektedir. Diğer yandan yönetim, koordinasyon ve iletişimdeki işlerin karmaşıklığının artacağı beklenmektedir. Bu sebeple yöneticiler, idari personeller ve düşük vasıflı çalışanlar fark etmeksizin herkesin gelecekte gerek kültürel gerekse ülkeler arası iş birliği yapabilme ve iletişim kurabilme yetkinliklerine sahip olmaları gerektiği belirtilmektedir (Nübler, 2018: 54-55).

McKinsey danışmanlık firması 2016’da aralarında Almanya ve Türkiye’nin de olduğu 54 ülkeyi kapsayan bir araştırma yapmıştır. Bu araştırmada günümüzde mevcut olan teknolojiler kullanılarak işlerin ne kadarının otomasyonla yapılabileceğini görülmek istenmiştir. Bunun için küresel işgücü piyasasının %78’ini kapsayacak şekilde bir analiz yürütülmüştür. Araştırmada hangi sektörlerde ne kadar çalışanın istihdam edildiğine ne kadarının etkileneceğine ve sektörlerin hangi oranda otomasyonlaşacağına yer verilmiştir. Sağlık ve sosyal yardım, eğitim ve diğer hizmetler sektörlerine özel sektör çalışanları ile devlet dairelerinde çalışanlar da dâhil edilmiştir (McKinsey Global Institute, 2017a). Aşağıdaki tabloda teknolojinin sektörlere göre dünyadaki toplam istihdamı nasıl etkileyeceğine dair verilere yer verilmektedir.

Tablo 14: Teknolojinin Dünyadaki Toplam İstihdama Etkisi (milyon kişi)

Sektör	Toplam İstihdam 2017	Etkilenen İstihdam 2055	Otomasyonlaşma (Yüzde)
Tarım, Orman, Balık, Avcılık	662,8	328,9	50
İmalat Sanayi	371,9	237,4	64
Perakende Ticaret	349,5	187,4	54
İnşaat	186,9	82,2	44
İdare, Destek ve Memurluk	155,6	63,2	41
Eğitim	120,6	41,1	34
Sağlık ve Sosyal Yardım	92,2,	35,1	38
Ulaşım ve Lojistik	89,7	53,6	60
Konaklama ve Gıda	86,8	37	43
Finans ve Sigortacılık	55,2	24,4	44
Profesyonel, Bilimsel ve Teknik Hizmetler	38,1	14,8	39
Toptan Ticaret	30	14,9	50
Emlakçılık	29,2	12,8	44
Bilişim	18,5	7,6	41
Maden	15,5	8,3	54
Sanat, Eğlence ve Dinlence	11,9	5	42
Yardımcı Hizmetler	6,6	3	45
Şirket ve Girişim Yön.	0,964	0,569	37
Diğer	86,8	37	43

Kaynak: McKinsey Global Institute, “Where machines could replace humans — and where they can't yet”, 2017b, (Çevrimiçi)
<https://public.tableau.com/profile/mckinsey.analytics#!/vizhome/InternationalAutomation/WhereMachinesCanReplaceHumans>, 17 Ocak 2021.

Tablodan anlaşılabacağı üzere Endüstri 4.0'ın tüm sektörlerdeki meslekte ve rollerde dönüşüme yol açacağı görünmektedir. Bu dönüşümün hızı ve boyutu ülkeden ülkeye değişeceği gibi sektörler arasında da değişiklik göstermektedir. Teknolojik

gelişmelerin hangi yönde olduğuyula bağlantılı olarak bazı sektörlerde AI ve robot kullanımını diğer sektörlerle göre önde olabilmektedir.

Sektörlerin kendine özgü yapısından dolayı sektördeki hangi mesleklerde değişiklik olacağına bir dizi farklılıklar bulunmaktadır. Örneğin kimi sektörde emek yoğun işler otomasyona uygunken kimi sektörde ise bilgi yoğun işler uygundur. Kimi sektörde yönetim görevleri otomasyonlaşabilirken, kimi sektörde ise uzmanlık gerektiren görevler otomasyonlaşabilmektedir. Benzer durum veri toplama ve analiz mesleklerinde de geçerlilik kazanmaktadır. Böylece hangi sektörde hangi mesleklerin kalıcı, yeni ve gereksiz olduğunun tespiti mümkün olabilmektedir.

Otomasyonlaşma oranı yüksek sektörlerden biri olan sanayi sektörü ele alındığında emek yoğun işler öngörülebilir olduğundan bu sektördeki otomasyonlaşmanın büyük bir kısmı kaynak, kesim, lehim ve montaj gibi emek yoğun işlerde gerçekleşmektedir. Bu işleri akıllı robotlara devretmek mümkün olmaktadır. Aynı şekilde veri toplamak robotların sürekli bilgi aktarabilmesi sayesinde otomasyona devredilebilmektedir. Böylece emek yoğun işlerde çalışanların mesleklerini kaybedeceklerine dair çıkarım yapılabilmektedir. Diğer yandan pazardaki talebi yönetebilmek, yatırımları planlayabilmek, rakiplerle rekabet edebilmek ve müşteri geri dönüşlerini alabilmek için yönetim işlerinde otomasyonlaşma az olmaktadır. Bu sebeple sanayi sektöründeki yönetim görevlerinde çalışanların istihdam edilmesine devam edileceği öngörülmektedir.

Sanayi sektörüne benzer bir durum hazır yemek sektöründe görülmektedir. Hazır yemekler belli bir çizelge çerçevesinde hazırlanmaktadır. Yemek hazırlayan çalışanlar bu kurallar bütününden dışarı çıkmadan müşterilere ürünleri en hızlı şekilde sunmaya çalışmaktadır. Ürünlerin un, şeker ve yağ olarak geldiği andan müşteriye hamburger veya pizza olarak sunulduğu ana kadar olan bu süreç yüksek düzeyde öngörülebilir niteliktedir. Bu sebeple hazır yemek sektöründe otomasyonlaşmanın büyük kısmının emek yoğun olan bu süreçte gerçekleşeceği öngörülmektedir. Sektördeki gelişmeleri takip etmek ve zinciri yönetmek gibi görevlerde ise otomasyonlaşmanın az olacağı vurgulanmaktadır.

Eğitim, yönetim ve danışmanlık ve finans gibi sektörler ise çoğunlukla bilgi yoğun sektörlerdir. Bu sebeple emek yoğun işler azınlıktadır. Doğal olarak bu sektörlerde otomasyonlaşma bilgi yoğun işlerde gerçekleşmektedir. Büyük veriden yüksek düzeyde verim almayı sağlayan AI uygulamaları sayesinde bilgi toplama, analiz ve uzmanlık gerektiren kimi bilgi yoğun işler otomasyona devredilebilmektedir. Sanayi ve hazır yemek sektörü gibi bu sektörlerle de yönetim pozisyonundaki görevlerde otomasyonlaşma daha az görülmektedir.

Endüstri 4.0 dönüşümünde işlerin geleceğiyle ilgili çeşitli çalışmalar uzun zamandır yürütülmektedir. Bu çalışmalarda ilerleyen dönemlerde ne tür mesleklerin ortaya çıkacağı, hangilerinin yerini koruyacağı ve yine hangilerinin gereksiz hale geleceği konusunda da analizler yapılmaktadır. WEF (Dünya Ekonomi Forumu) tarafından 2018’de işin geleceğiyle ilgili yapılan bir çalışmada kalıcı, yeni ve gereksiz mesleklere ve rollere yer verilmiştir. Bu çalışmada gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki 313 küresel firma üzerinden 15 milyon çalışanı kapsayan bir analiz yapılmıştır (World Economic Forum, 2018: 5).

Aşağıdaki tablo incelendiğinde mesleklerdeki dönüşümün Endüstri 4.0 bileşenleriyle olan bağlantısı göze çarpmaktadır. Kalıcı ve yeni mesleklerde ve rollerde büyük veri, robotik sistemler, siber güvenlik, IoT ve yatay ve dikey entegrasyon gibi bileşenlerin etkisi bulunmaktadır. Ayrıca bu bileşenlerde istihdam edilecek insanların yetiştirilip yerleştirilmesi için eğitim, geliştirme ve insan kaynakları uzmanlıklarının kalıcı olduğu görülmektedir. Yönetime dair meslekler ve roller de yerini korumaktadır.

Yeni mesleklere ve rollere bakıldığında yeniliğe odaklı AI, makine öğrenme, büyük veri gibi bilgi teknolojilerinde mesleklerin oluştuğu fark edilmektedir. Ayrıca kalıcı mesleklerde olduğu gibi bu yeni mesleklerde de çalışacak insanların yetiştirilmesi ve yerleştirilmesi için eğitim ve insan kaynaklarıyla ilgili yeni roller ortaya çıkmaktadır.

Gereksiz mesleklerde ise öngörülebilir işlerin çoğunlukta olduğu emek ve bilgi yoğun meslekler bütünüyle karşı karşıya kalınmaktadır. Emek yoğun işlerin büyük birçoğu akıllı robotlar ve otonom araçlar sayesinde gerçekleştirilirken bilgi yoğun tarafta ise AI ve çeşitli BİT çözümleri kullanılmaktadır.

Tablo 15: Kalıcı, Yeni ve Gereksiz Meslekler ve Roller

Kalıcı Meslekler ve Roller	Yeni Meslekler ve Roller	Gereksiz Meslekler ve Roller
Yönetim ve Üst Düzey Yöneticiler	Data Analistleri ve Bilim İnsanları	Veri Giriş Elemanları
Genel ve Operasyon Yöneticileri	AI ve Makine Öğrenme Uzmanları	Muhasebe ve Bordro Elemanları
Yazılım ve Uygulama Geliştiricileri ve Analistleri*	Genel ve Operasyon Yöneticileri*	Yönetici Sekreterleri ve İdari Sekreterler
Veri Analistleri ve Bilim İnsanları*	Büyük Veri Uzmanları	Montaj ve Fabrika İşçileri
Satış ve Pazarlama Uzmanları	Dijital Dönüşüm Uzmanları	Müşteri Bilgileri ve Müşteri Hizmetleri İşçileri*
Satış Temsilcileri, Toptan Satış ve İmalat, Teknik ve Bilimsel Ürünler	Satış ve Pazarlama Uzmanları*	İşletme Hizmetleri ve İdare Yöneticileri
İnsan Kaynakları Uzmanları	Yeni Teknoloji Uzmanları	Muhasebeciler ve Denetçiler
Finansal ve Yatırım Danışmanları	Organizasyonel Gelişim Uzmanları*	Malzeme Kayıt ve Stok Elemanları
Veri Tabanı ve Ağ Uzmanları	Yazılım ve Uygulama Geliştirici ve Analistleri	Genel ve Operasyon Yöneticileri*
Tedarik Zinciri ve Lojistik Uzmanları	Bilgi Teknolojisi Hizmetleri	Posta Servisi Elemanları
Risk Yönetimi Uzmanları	Proses Otomasyon Uzmanları	Finansal Analistler
Bilgi Güvenliği Analistleri*	İnovasyon Uzmanları	Kasiyer ve Biletleme Elemanları
Yönetim ve Organizasyon Analistleri	Bilgi Güvenliği Analistleri*	Mekanik ve Makine Tamircileri
Elektroteknoloji Mühendisleri	E-ticaret ve Sosyal Medya Uzmanları	Tele market Çalışanları
Organizasyonel Gelişim Uzmanları*	Kullanıcı Deneyimi ve İnsan-Makine Etkileşimi Tasarımcıları	Elektronik ve Telekomünikasyon Tesisatçıları ve Tamircileri
Kimyasal İşleme Tesisi Yöneticileri	Eğitim ve Geliştirme Uzmanları	Banka Satıcıları ve İlgili Satıcılar
Üniversite ve Yükseköğretim Elemanları	Robot Uzmanları ve Mühendisleri	Otomobil, Panelvan ve Motosiklet Sürücüler
Uyumluluk Görevleri	İnsan ve Kültür Uzmanları	Satış ve Satın Alma Acenteleri ve Brokerları
Enerji ve Petrol Mühendisleri	Müşteri Bilgileri ve Müşteri Hizmetleri İşçileri	Kapıdan Kapıya Satış Görevlisi, Gazete ve Sokak Satıcıları
Robotik Uzmanları ve Mühendisleri	Servis ve Çözüm Tasarımcıları	İstatistik, Finansal ve Sigorta Bürosu Çalışanları
Petrol ve Doğalgaz Arıtma Tesisi İşletmecileri	Dijital Pazarlama ve Strateji Uzmanları	Avukatlar

*Bu meslekler ve roller, bir sektörde istikrarını korurken veya azalan yönde seyrederken diğer sektörde artabilmektedir.

Kaynak: World Economic Forum, **The Future of Jobs Report 2018**, (Çevrimiçi) http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf, s. 9, 18 Ocak 2021, Şahin, Levent, Eğitimin Bugününü Tartışırken Geleceğini Öngörmek: Eğitim 4.0, **Pandemi Ekseninde Küresel Değişim ve Yeni Ekonomik Düzen**, ed. by., Bekir Pakdemirli, Zülfikar Bayraktar, Ahmet Nafiz Ünalımsı, Sefa Takmaz, Ankara, Akçay Yayınevi, 2020b, s. 89.

Tablo incelendiğinde genel ve operasyon yöneticileri, veri analistleri ve bilim insanları, yazılım ve uygulama geliştirme analistleri ve satış ve pazarlama uzmanları gibi bazı mesleklerin ve rollerin hem kalıcı hem yeni hem de gereksiz mesleklerde aynı anda yer aldığı göze çarpmaktadır. Bunun sebebi teknolojinin geldiği seviyenin her sektörü ve mesleği aynı oranda etkilememesinden dolayıdır. Örneğin hazır gıda ve hazır giyim gibi sektörlerde satış ve pazarlama uzmanlarının sayısı azalırken BİT çözümleri satan şirketlerde bu tarz mesleklere ve rollere ihtiyaç duyulmaktadır.

AI'nin gelişmesi sayesinde bazı kodların bir çalışana ihtiyaç duymadan yazılabilmesi için geliştirme çalışmaları yürütülmektedir. Aynı zamanda açık kaynak felsefesi temelinde programlama dillerinde yazılan kodları içeren kütüphanelerin sayısının her geçen gün artmasıyla basit ve temel seviyedeki uygulamalar eskisine göre çok daha hızlı bir şekilde yazılabilmektedir. Yazılım ve uygulama geliştirme analistleri ellerindeki bu hazır kodlar üzerine yeni bir dünya inşa edebilmektedir.

Yeni iş yaratmanın tarihsel geçmişine bakıldığında Almanya'nın özel yetenek gerektiren zanaat işlerinde tarih boyunca iyi olmasının iş yaratmayı kolaylaştırdığı belirtilmektedir. 1968-2012 yıllarını kapsayan veriler incelendiğinde teknolojinin üretimdeki payının artmış olmasına rağmen zanaat sektöründe istihdam edilenlerin payının süreklilik izlediği görülmektedir. Diğer yandan sanayi sektörüne hizmet ve çeşitli çözümler sunan işletmelerde istihdam edilenlerin oranında özelleştirilmiş makineler ve özel hizmetlere olan talebin yükselmesiyle artış yaşanmıştır. Buna sebep olarak yüksek zanaat seviyesinin işletmeleri sürekli yeni teknolojileri benimsemeye ve inovasyona itmesi olduğu vurgulanmaktadır. Böylece Almanya yeni işler yaratma konusunda diğer ülkelerin önüne geçebilmektedir (Nübler, 2018: 63).

3.3.3. İş Süreci ve Kalitesi

Verimlilik girdi başına çıktı oranı ile ifade edilmektedir. Girdi başına çıktı artırılarak veya çıktı başına girdi azaltılarak verimlilikte artış sağlanmaktadır. Akıllı fabrikalar geleneksel üretime göre işletmelere daha fazla esneklik imkânı sunmaktadır. Üretim sürecinin otomasyonu üretim hattı boyunca üretilen ürünle ilgili eş zamanlı veri alınabilmesini sağlamaktadır. Yapılandırılabilen robotların kullanılması aynı üretim tesisinde farklı ürünlerin üretilmesinin yolunu açmaktadır. Bu sayede tüketicilerin

isteği doğrultusunda ürünlerin en küçük parçalarına kadar değişiklik yapılarak üretimi mümkün olmaktadır. Bu esneklik aynı zamanda yeniliği teşvik etmektedir. Küçük prototipler ve yeni ürünler karmaşık aletler kullanılmasına veya yeni bir üretim hattı kurulmasına gerek olmadan hızlı bir şekilde üretilmektedir.

Makinelerin, ekipmanların ve malzemelerin otomatik olarak izlenmesini sağlayan robotlar, akıllı iş akışları ve bütünleşmiş sensörler gibi yenilikçi dijital teknolojilerin kullanımı geleneksel emek yoğun sektörleri otomatik hale getirmektedir (Aghimien, v.d., 2018: 4-5). Simülasyon araçları, simülasyon modelleri, bilgi sistemleri ve büyük veri analizleri kullanarak iş akışının simüle edilmesi ürün kalitesini yükseltip verimliliği artırmaktadır.

İleri analiz teknikleri kullanılarak makine arızalarının önüne geçilmekte ve böylece arıza süresi tahmini olarak %50 azaltılıp verimlilik %20 artırılabilir. Bazı işletmeler robot teknolojilerinin gelişmesi sayesinde emek istihdamına hiç gerek duyulmadan üretim yapılabildiği için “karanlık fabrika” diye tabir edilen üretim şekline geçiş yapmaya çalışmaktadır. Bu sayede ışığa, izinlere, yemek molalarına, iş güvenliğine ve tazminatlara gerek kalmamaktadır. Örneğin Philips şirketi Hollanda’da 128 robot ve sadece 9 çalışan ile karanlık fabrikada elektrikli tıraş makinesi üretebilmektedir (Davies, 2015: 4).

Ürün geliştirmeyi dijital ve fiziksel üretim ile entegre etmek ürün kalitesinde büyük iyileştirmeler sağlamak ve hatalı üretim oranını önemli ölçüde azaltmaktadır. Sensörlerden gelen verilerin hataları tespit etmek amacıyla her parçayı izlemek için kullanılması ve hata düzeltme araçlarının üretim sürecine gerçek zamanlı müdahalesi günümüz teknolojisiyle mümkün görünmektedir. Bu veriler büyük veri teknikleri kullanılarak analiz edilmektedir. Böylece küçük ama süreklilik arz eden sorunların belirlenip çözülmesi mümkün olabilmektedir. Bu yolla kalitede sağlanacak artış, maliyetleri düşürmede ve dolayısıyla rekabet gücünü artırmada önemli rol oynamaktadır. Avrupa’daki en büyük yüz üreticinin tüm hataları ortadan kaldırması durumunda hatalı ürünleri imha etme veya yeniden işleme maliyetinden yaklaşık olarak yıllık 160 milyar avro tasarruf edeceği düşünülmektedir (Davies, 2015: 4).

Endüstri 4.0'ın verimlilik üzerine bir diğer etkisinin karar verme sürecini geliştirmek olduğu düşünülmektedir. Verilen yanlış bir karar maliyeti artırmakta, zaman kaybına yol açmakta, üreticiler ve tüketiciler arasındaki ilişkiyi zedelemekte, ürün kalitesini düşürmekte ve güvenlik risklerine sebep olabilmektedir. Gerçek zamanlı verilere erişebilir olmak doğru bir karar vermek için önemli şartlardan bir tanesidir. Endüstri 4.0 bileşenleri gerçek zamanlı bilgi sağlamak ve daha iyi kararlar verilmesine olanak tanımaktadır.

İşletmeler gelişmeye devam ederken aynı zamanda iş süreçleri ve yönetim akışları da gelişmektedir. İş süreçlerini ve kalitesini geliştirmeye yönelik çalışmalar eskiden sadece büyük bütçeli ve yüksek kârlı şirketler tarafından yapılabilirken günümüzde yönetim uygulamalarının gittikçe ucuzlamasıyla her ölçekteki şirket tarafından da kolayca yapılabilir.

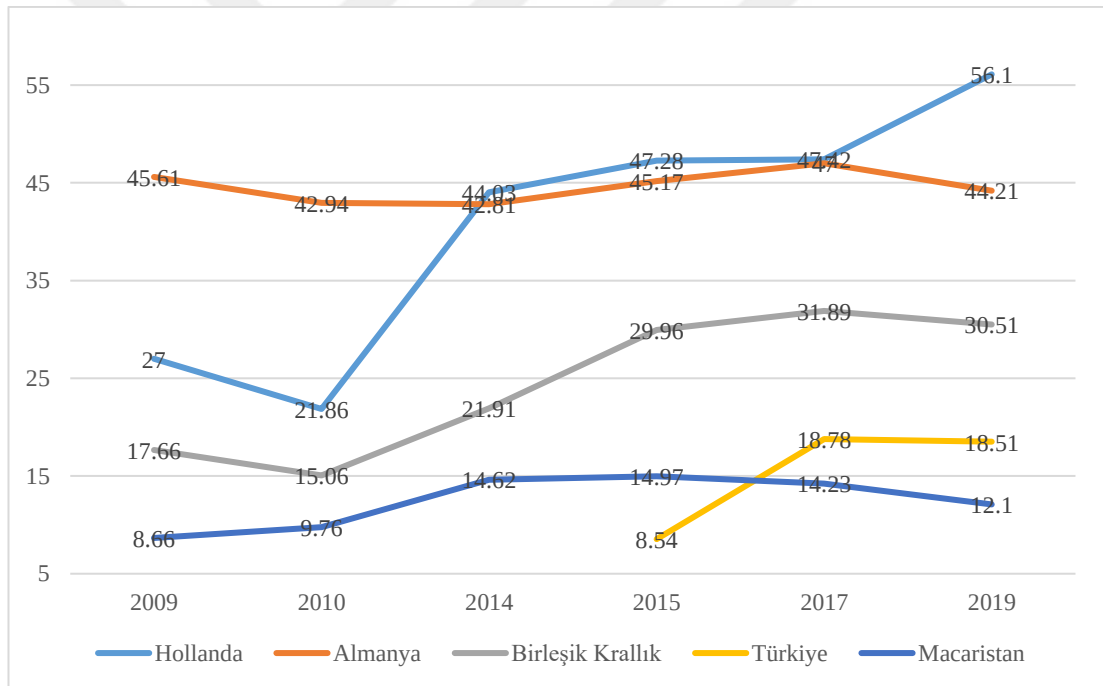
Teknolojik gelişmelerin işletmelerin verimliliğini artırmasındaki en önemli katkılarında biri Endüstri 4.0'ın bileşenlerinden olan yatay ve dikey entegrasyonu mümkün olduğunca hızlandırması ve kolaylaştırmasıdır. BİT'in iş sürecinin her bir aşamasına sunduğu çeşitli çözümler sayesinde üretim, tedarik ve satış gibi üretim süreçlerinin bütün aşamalarından veri alınabilmektedir. Ürün tedarikçisinden son tüketiciye kadar yine bu bilgi akışı pürüzsüz bir şekilde kurulabilmektedir. Tüketicinin eskiye nazaran satın almak istediği ürünlerde daha çok kişiselleştirme talep etmesi, işletmelerin süreçlerini bu yönde değiştirmesinde etkili olmuştur.

Endüstri 4.0 dönüşümünde bu yatay ve dikey entegrasyonu sağlayan teknolojilerin mümkün olduğunca çok kullanılması gerekmektedir. Bu maksatla yatay entegrasyonun önemli bir aşaması olan müşteri ilişkileri yönetimi için çeşitli teknolojiler geliştirilmiştir. Geliştirilen bu teknolojiler uzun yıllardır kullanılmaktadır. Müşteriyle olan ilişkileri geliştirmek, müşteriye elde tutmak, satışları artırmak, yeni müşteriler bulmak ve müşterilerden geri dönüşleri mümkün olduğunca hızlı ve açık bir şekilde almak şirketlerin ana amaçları arasında yer almaktadır. CRM (Müşteri İlişkileri Yönetimi) yaklaşımının en önemli yönü bir şirketin web sitesinden, telefonundan, e-postasından, canlı sohbetinden, pazarlama materyallerinden ve son zamanlarda sosyal medya da dâhil olmak üzere bir dizi farklı iletişim kanalından veri

derliyor olmasıdır. Bu veri derleme işini kolaylaştırmak için CRM yaklaşımı kullanılan sistemler sayesinde işletmeler hedef kitlelerine ve bu kitlelerin ihtiyaçlarına en iyi ve hızlı cevabı nasıl verebilecekleri hakkında daha fazla bilgi edinebilmektedir (Kulpa, 2017).

CRM yaklaşımını benimseyip doğru uygulayan işletmeler rekabette büyük bir avantaj sağlayarak rakiplerinin önüne geçebilmektedir. Aşağıdaki tabloda Almanya ve Türkiye dâhil olmak üzere bazı OECD ülkelerindeki CRM programlarının işletmeler tarafından yıllara göre kullanım oranları verilmektedir.

Tablo 16: Seçilmiş Ülkelerdeki CRM Kullanımının Yıllara Göre Yüzdelik Değişimi (2009-2019)



Kaynak: OECD, “Businesses Using CRM (Customer Relationship Management) Software”, 2021d, (Çevrimiçi) https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ICT_BUS, 26 Ocak 2021.

En az 10 çalışan istihdam eden işletmelerin dâhil edildiği tabloda OECD ülkeleri arasında en çok CRM kullanımının çok hızlı bir yükseliş seyreden Hollanda’da olduğu görülmektedir. On yıldır benzer oranlara sahip olan Almanya üçüncü sıradadır. 2019 verilerine göre Macaristan son ve Türkiye ise sondan üçüncü sırada yer almaktadır.

Tüketicilerin olumlu veya olumsuz geri dönüşlerini almak ve şikayetlerini dinlemek gelişim açısından oldukça önemlidir. Yaşanan sorunları çözmeye yönelik bir aksiyonun en hızlı şekilde geliştirilmesi Endüstri 4.0'ın temel amaçlarından biridir. Dönüşümü sağlamak için Türkiye bu konuda Almanya'ya göre daha olumsuz bir pozisyonda yer almaktadır. Buna rağmen gelişime yönelik bir çabanın olduğu fark edilmektedir. Türkiye'deki çoğu tüketici ürünle ve süreçle ilgili bir sorun yaşamaması durumunda ürün tedarikçisiyle veya teknik servisle problemler yaşamaktadır. Bunun temelinde ise müşteri ilişkileri yönetiminin yeterince gelişmemesinin yer aldığını söylemek mümkün görünmektedir.

İş sürecini geliştirmek ve kalitesini artırmak amacıyla işletmeler verileri sürekli takip etmekte ve ölçmektedir. Böylece sürecin tamamını analiz edecek şekilde yapılandırmaya gidilebilmektedir. İşletmeler 7/24 gerçek zamanlı veri akışı elde etme imkânına sahip olduklarında hızlı iş kararları alabilmekte, maliyetleri kontrol edebilmekte ve gerektiğinde yeniden yapılanma için bu analizleri kullanabilmektedir.

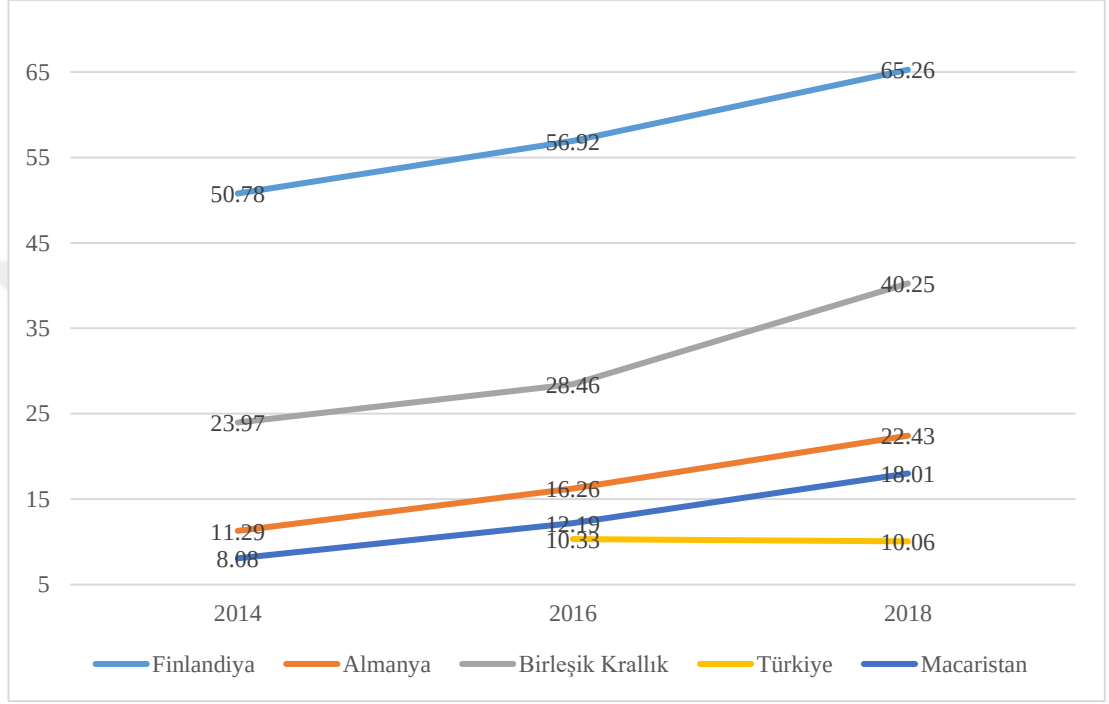
Bulut bilişim teknolojileri yardımıyla işletmeler bu verileri bir arada toplayıp şeffaflaştırarak ve aynı zamanda güvenliğini sağlayarak analiz edilmesini kolaylaştırmaktadır. Aşağıdaki tabloda Almanya ve Türkiye dâhil olmak üzere bazı OECD ülkelerindeki bulut bilişimin işletmeler tarafından yıllara göre kullanım oranları verilmektedir.

En az 10 çalışan istihdam eden işletmelerin dâhil edildiği tabloda OECD ülkeleri arasında en çok bulut bilişim kullanımı Finlandiya'da yapılmaktadır. CRM kullanımında üst sıralarda yer alan Almanya bulut bilişimde on dokuzuncu ve Türkiye ise son sırada yer almaktadır. Bulut bilişim konusunda 2014-2018 yılları arasında Almanya yaklaşık iki kat gelişim sağlamıştır. Türkiye'nin 2016'daki %10,33'lük oranının ise 2018'de bir miktar azaldığı görülmektedir.

Sektörlerin emek yoğun veya bilgi yoğun olmasına bağlı olarak bulut bilişim kullanımında farklılıklar görünmektedir. Örneğin bilgi yoğun olan BİT sektöründe bulut bilişim kullanım oranı 2018'de Finlandiya'da %89,69, Almanya'da 57,40 ve Türkiye'de %36,16'dır. Diğer yandan emek yoğun olan konaklama ve gıda sektöründe

kullanım oranı ise %2018’de Danimarka’da %43, Almanya’da %19,40 ve Türkiye’de %7,78 seviyesindedir.

Tablo 17: Seçilmiş Ülkelerdeki Bulut Bilişim Kullanımının Yıllara Göre Yüzdelik Değişimi (2014-2018)



Kaynak: OECD, “Businesses purchasing Cloud computing services”, 2021e, (Çevrimiçi) https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ICT_BUS, 26 Ocak 2021.

İş süreçlerini ve kalitesini artırmada önemli etkenlerden bir diğeri ise internet hızlarıdır. Gerek yatay gerekse dikey entegrasyonda tüm veriler ancak internet hızlarının elverdiği ölçüde gereken yere iletelebilmektedir. Günümüzde birçok teknolojinin verimli bir şekilde kullanılmasının temelinde yine internet hızı yatmaktadır. Bu sebeple ülkeler 5G teknolojilerine yatırımlarını artırmaktadır.

İnternet hızlarının ülkelere göre farklılıklarına bakarken OECD tarafından sınıflandırma Mbit/s (bir saniyede iletilen verinin megabit cinsinden ölçüsü) üzerinden yapılmaktadır. 100 Mbit/s internet altyapısına sahip şirketler 2019’da Almanya’da %20,60 ve Türkiye’de %19,61 seviyesindedir. 30-100 Mbit/s arasında hıza sahip olan şirketler 2019’da Almanya’da %33,81 ve Türkiye’de %20,58 seviyesindedir. 10-30 Mbit/s hıza sahip olan şirketler 2019’da Almanya’da %21,99 ve Türkiye’de %37,59

seviyesindedir. Son olarak 2-10 Mbit/s hıza sahip olan şirketler Almanya’da %12,52 ve Türkiye’de %15,44 seviyesindedir (OECD, 2021f).

Veri aktarımının ve yönetiminin verimli bir şekilde yapılabilmesi için en az 100 Mbit/s ve üzeri hızlar gerekli olduğundan iki ülkenin de bu konuda kendini geliştirmesi gerektiği görülmektedir. 30 Mbit/s üzerindeki internet hızlarının ülke ortalamalarına bakıldığında şirketlerin Almanya’da %54,4’ünün ve Türkiye’de %40,19’unun bu hızlara sahip olduğu görülmektedir. 2020 itibariyle internet hızlarını artırmak için Almanya’da 5G aktif hale gelmiştir. Türkiye’de ise çalışmalar yapılmakla birlikte 5G henüz aktif değildir.

Üretimde robotların kullanılması iş sürecini ve kalitesini artıran etmenlerden bir tanesidir. Ülkeler üretim maliyetlerini düşürmek maksadıyla yatırımlarını robotik teknolojilere yönlendirmektedir. Ülkelerin kurduğu robot ve çalışan başına düşen robot sayıları IFR tarafından yıllık olarak yayınlanmaktadır. Ocak 2021’de yayınlanan son rapora göre 2019’da dünya genelinde her 10 bin çalışana 113 robot düşmektedir. Tahmin edileceği üzere bu oranın en fazla olduğu ülkeler kendi teknolojilerini üreten ve bunları dünyaya pazarlayan gelişmiş ülkelerdir. 10 bin çalışana düşen robot sayısında ilk beş ülke şu şekilde sıralanmaktadır: Singapur 918, Güney Kore 868, Japonya 364, Almanya 346 ve İsveç 274. Ayrıca Almanya Avrupa’daki endüstriyel robot pazarının %38’ine sahiptir ve Avrupa’nın en büyük robot pazarının da sahibidir. En çok otomotiv sanayisinde kullanılan robotlar sayesinde yeni iş alanları yaratılmış ve böylece sektörde 2010’daki istihdam seviyesi 720 binen 2019’da 850 bin seviyesine çıkmıştır (IFR, 2021).

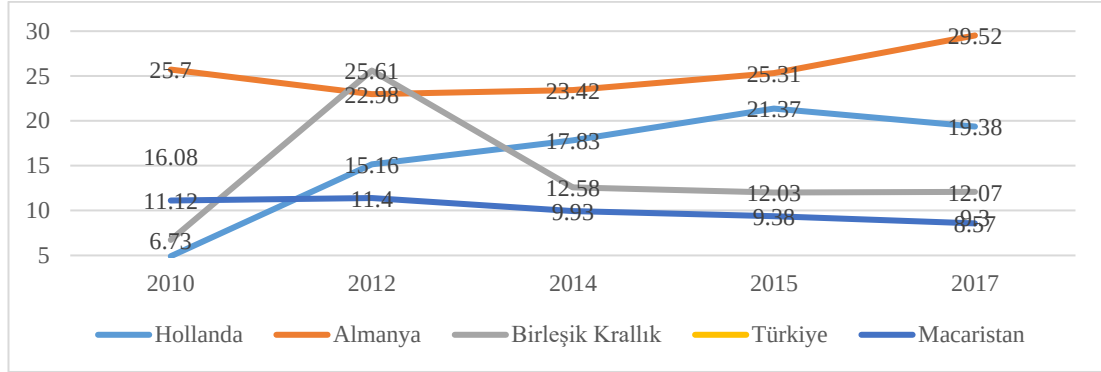
Üretimde robot kullanımının gelişme hızını görebilmek için 2016 verileri incelendiğinde dünya ortalamasının 74 olduğu ve sıralamanın şu şekilde gerçekleştiği görülmektedir: Güney Kore 631, Singapur 488, Almanya 309, Japonya 303 ve İsveç 223. Singapur üç yıl içinde yaklaşık iki kat gelişim göstererek 2019’da ilk sıraya çıkmıştır. Almanya’daki gelişimin %11,9 seviyesinde olduğu görülmektedir. 2019’a dair Türkiye’ye ait veri bulunmadığından sadece 2016’daki 10 bin kişiye düşen robot sayısı bilinmektedir ve bu da 23’tür. 45 ülkenin yer aldığı listede Türkiye 35. sırada yer almaktadır (Nafria, 2018).

İster ürün isterse hizmet üretiliyor olsun üretimden insan faktörünü çıkarmanın üretimdeki verimliliği artırdığı bilindiğinden robot kullanımının iş kalitesini de artırdığını söylemek mümkündür. İki ülkenin bu konudaki durumuna ve gelişim hızlarına bakıldığında Almanya Türkiye'ye göre daha üstün bir konumda yer almaktadır. Ülkelerin geleceğe dönük politikaları incelendiğinde Almanya'nın robot kullanımı üzerine daha çok yoğunlaştığı görülmektedir.

Almanya ve Türkiye arasındaki robot kullanım oranının farklı olmasının nedenleri arasında Almanya'nın üretim maliyetinin Türkiye'ye göre daha yüksek seviyede olması önemli rol oynamaktadır. İşveren üretim hatlarını kurarken ve sermaye veya emek arasında seçim yaparken maliyet unsuruna dikkat etmektedir. Almanya'da emek Türkiye'ye göre daha pahalıdır. Bu sebeple sermaye kullanımı Türkiye'ye göre daha mantıklı olabilmektedir. Türkiye'yi küresel pazarda cazip kılan unsurlardan birinin ucuz emek olması bunu kanıtlar niteliktedir.

İş sürecini ve kalitesini geliştirerek tüketicinin ihtiyaçlarını doğru şekilde karşılamanın anahtarlarından biri tedarik zincirini doğru şekilde yönetmektir. Tedarik zinciri sadece üreticiyi ve tedarikçiyi değil nakliyecileri, depoları, perakendecileri ve tüketicileri de içermektedir. Aynı zamanda şirket içindeki ürün geliştirme, pazarlama, operasyon, dağıtım, finans ve müşteri hizmetleri gibi departmanlar da bu sürece dâhil etmektedir. SCM (Tedarik Zinciri Yönetimi) tedarik zincirindeki birimlerin ihtiyaçlarını en az maliyetle karşılamak maksadıyla zincirdeki tüm iş süreçlerinin ve faaliyetlerin bütünleşmiş bir şekilde planlanmasını, koordine edilmesini ve kontrolünün sağlanmasını kapsamaktadır. Bu yönetim sayesinde ürünler daha hızlı sürede teslim edilmekte, stoklar daha az stok tutulmakta, ürünlerin kalitesi artmakta, süreç içinde daha çok bilgi üretilmekte ve analiz edilmekte, stratejiler doğru belirlenmekte, nakliye ve emek gibi maliyetler azalmakta ve satışlar artırılmaktadır. Birçok şirket SCM ile iş sürecini ve kalitesini kolayca yükseltebilmektedir (Van der Vorst, 2004: 105-111). Aşağıdaki tabloda Almanya ve Türkiye dâhil olmak üzere bazı OECD ülkelerindeki tedarik zinciri yönetiminin işletmeler tarafından yıllara göre kullanım oranları verilmektedir:

Tablo 18: Seçilmiş Ülkelerdeki SCM Kullanımının Yıllara Göre Yüzdelik Değişimi (2010-2017)



Kaynak: OECD, “Businesses sharing electronically SCM information with suppliers and customers”, 2021g, (Çevrimiçi) https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ICT_BUS, 26 Ocak 2021.

En az 10 çalışan istihdam eden işletmelerin dâhil edildiği tabloda OECD ülkeleri arasında en çok SCM kullanımı yapan ülkenin Almanya olduğu görülmektedir. Almanya ilk istatistiğin düzenlendiği 2009’da orta sıralarda yer alırken sekiz yılda yaptığı yatırımlarla ilk sıraya yükselmiştir. Türkiye’ye ait ilk veriyse 2010 yılına aittir ve %16,09 seviyesinde gerçekleşmiştir. Geçen yedi yılda SCM kullanımı azalarak son raporda %9,03 ölçülmüştür.

Genel olarak değerlendirildiğinde; Almanya’nın CRM, bulut bilişim, SCM ve endüstriyel robot kullanma ve internet hızları açısından Türkiye’den daha iyi bir noktada olduğu görülmektedir. Almanya’da aktif bir şekilde 5G kullanılırken Türkiye’de henüz kullanılamamaktadır. Artan teknoloji kullanımı iş sürecini ve kalitesini de artırmaktadır. Bu sebeple Almanya’da söz konusu kalitenin daha yüksek seviyede olacağı söylenebilmektedir.

3.4. Endüstri 4.0’ın İşgücünün Niteliğinin Dönüşümüne Muhtemel Etkileri

Endüstri devrimleri hakkında araştırma yapan tüm bilim insanları önceki endüstri devrimlerin sadece ekonomik yapılar üzerinde değil aynı zamanda sosyal ve kültürel yapılar üzerinde de etkisinin olduğu konusunda ortak noktada buluşmaktadır. Her endüstri devrimi yalnızca bir üretim biçimini değil insanların yaşam biçimlerini de

etkileyen ve değiştiren bir olgu niteliğindedir. Bu nedenle Endüstri 4.0 Devrimi de insanların yaşam biçimlerini, karakteristik özelliklerini, yetkinliklerini vb. etkilemektedir.

İster iş yaşamında isterse özel yaşamda olsun günün her saatinde ara vermeksizin insan beyninin dijital etkenlere maruz kalması insanı sürekli hareket eden bir makineye dönüştürmeye başlamaktadır. Günümüzde başından sonuna kadar kısa bir yazıyı okumak, durup biraz sakince düşünmek ve insanlarla karşılıklı konuşulan bir konuyu derinleştirmek gittikçe zorlaşmaktadır. Bu durum bazı insanlarda hayal kırıklıklarına ve mutsuzluğa sebep olabilmektedir (Schwab, 2016: 90).

Dijitalleşme ve ileri teknoloji geliştikçe insanların birbirleriyle bağlantı kurma ihtiyacı artmaktadır. Endüstri 4.0'ın insanların bireysel ve kolektif ilişkilerini derinleştirirken sosyal becerilerini ve empati kurma yeteneğini olumsuz yönde etkileyeceğine dair endişeler bulunmaktadır. Bununla ilgili olarak 2010 yılında üniversite öğrencileri arasında yapılan bir çalışmada empati düzeyinin yaklaşık yirmi beş yıl öncesine göre %40 düştüğü ve bu düşüşün çoğunun 2000'li yıllar itibariyle teknolojinin insan hayatındaki yerinin gittikçe artması sebebiyle gerçekteleştiği belirtilmektedir (Konrath, v.d., 2010: 186).

Buna benzer başka bir çalışmada günümüzde gençlerin %44'ünün spor yaparken ve aile veya arkadaşlarıyla zaman geçirirken bile çevrim içi etkileşimde bulunduğu sonucuna varılmıştır. Bu sebeple yüz yüze yapılan görüşmelerde insanların birbirlerini dinlemekte, göz teması kurmakta ve karşı tarafın jest ve mimiklerini takip etmekte zorlandıklarına dair endişelerinin olduğu gözlemlenmektedir (Kuper, 2015).

Ayrıca biyoteknolojik gelişmeler insan yaşamının dönemlerini, insanların bilişsel yeteneklerini ve insan ömrünü etkileyerek ahlaki ve etik anlamda kişiliği yeniden tanımlamaya itmektedir. Hastalıkların tedavisinin yanında insanı daha üst seviyelere çıkaracak çalışmalar da yapılmaktadır (Ulusoy, v.d., 2019: 15).

Toplumsal yaşama etkisiyle ilgili tartişılan konular arasında AI ve etik olgusu yer almaktadır. Makinelerin yaptığı hatalardan makinelerin mi yoksa insanların mı sorumlu olacağı konusunda tartişmalar bulunmaktadır. İnsanın kendi etik

sorumluluğunu üstlenmeyip aynı zamanda sorumlulukları makinelere yükleyeceğine dair endişeler bulunmaktadır (Dilek, 2019: 57).

Akıllı sistemlerin rutin görevleri yerine getirme zorunluluğunu ortadan kaldırdığından dolayı çalışanların yaratıcı ve katma değeri yüksek olan faaliyetlere odaklanacağı düşünülmektedir. İleride yaşanılacağı düşünülen nitelikli çalışan bulma sıkıntısı göz önüne alındığında yaşlıların çalışma hayatlarını uzatmaları ve daha uzun süre üretken kalmaları mümkün görünmektedir. Endüstri 4.0'ın esnek çalışma şekillerini, çalışanların işlerini, özel hayatlarını ve mesleki gelişimlerini yönetmesini sağlayacağı ve daha iyi bir iş-yaşam dengesi kuracağı belirtilmektedir (Moraes ve Lepikson, 2017: 734).

Şahin v.d. teknolojik gelişmelerin işin yapısı ve işgücünün nitelikleri üzerine 2015'te bir saha çalışması yapmıştır. Anket metodu kullanılarak yapılan bu çalışmada katılımcılar yeni teknolojilere uyum sağlamanın başarıyı artırdığını, uzmanlaşmada yeni teknoloji kullanımının işletmenin toplam performansına ve verimliliğine olumlu katkı sağladığını ve teknolojinin hizmet içi eğitimlerdeki rolünün artırılmasının çalışanların da bilgi ve yeterlilik düzeylerini artırdığını belirtmektedir. Diğer yandan yeni teknoloji kullanımının zamanı verimli bir şekilde kullanmayı sağladığı, çalışan memnuniyetini artırdığı, çalışanların genel vasıf düzeyini etkilediği ve işe olan bağlılığı artırdığı yönünde bir fikir birliği oluşmadığı göze çarpmaktadır. Ayrıca yeni teknoloji kullanımının çalışanların sosyalleşmelerinde ve motive olmalarında birebir etkilerinin olmadığı görülmektedir (Şahin, v.d., 2015: 118-124).

Endüstri 4.0 dönüşümünde gelişen otomasyon teknolojilerinin işgücünde nasıl bir hareketlilik yaratacağına dair çeşitli araştırmalar yürütülmekte ve geleceğe yönelik tahminler yapılmaktadır. Otomasyonlaşma seviyesi ülkelere göre değişiklik gösterdiğinden otomasyonun işgücü hareketliliği üzerindeki etkisinin de farklı seviyede seyredeceği düşünülmektedir. Kimi ülkelerde işgücü hareketliliği daha yüksek seviyede olacakken kimi ülkelerde ise daha yavaş bir seyir izlemesi beklenmektedir.

Otomasyonun işgücünde nasıl bir güçle yer değiştirme etkisi yaratacağına dair bir çalışma yapılmıştır. Kısa, orta ve uzun vadeli etki senaryoları üzerinden farklı

yapılardaki verileri birbiriyle karşılaştırmak için kullanılan TSE (Tam Süreli Eşdeğerler) (Şeker, 2014: 30) temelinde gelişmiş, gelişmekte ve az gelişmiş kategorisindeki bazı ülkeler için çeşitli çıkarımlarda bulunulmuştur. 2030'da otomasyonlaşmanın Almanya'nın işgücünde 9,1 TSE ve Türkiye'nin işgücünde 5,1 TSE kadar hareketliliğe sebep olacağı tahmin edilmiştir. Tahminlerde bulunulan diğer ülkeler ise şu şekilde olmuştur: ABD 38,6, Birleşik Krallık 6,6, Brezilya, 15,6, Çin, 111,2, Hindistan 56,9, Endonezya 17, İtalya, 5,3, Japonya 15,5, Meksika 8,8, Rusya 11,3, İspanya 4,3, Singapur 0,8 ve Güney Kore 6,6 (McKinsey, 2018).

Sonuçlara bakıldığında ülkelerin teknolojik seviyelerinin ve mevcut işlerin otomasyonlaşma oranlarının TSE sonuçlarında büyük bir etkisinin olduğu görülmektedir. Örneğin Singapur gelişmiş, en çok robot kurulumu yapan ve çalışan başına robot sayısı yüksek ülkelerden biri olmasına rağmen mevcut işlerin otomasyonlaşma oranlarının düşük olması TSE sonucunun da düşük olmasını sağlamaktadır. Almanya'nın durumunun Singapur ile benzer şekilde olduğu tahmin edilmektedir. Diğer yandan Çin teknoloji üreten ve gelişmiş bir ülke olmasına karşın ülkedeki işlerin otomasyonlaşmaya yüksek oranda duyarlı olması sebebiyle TSE sonucu oldukça yüksek çıkmaktadır. Türkiye'ye bakıldığında gelişmekte olan ülkeler kategorisinde yer almasına ve otomasyonlaşmaya duyarlı işlerin fazlalığına rağmen 5,1 seviyesindedir. Bunun sebebi ise ülkenin teknolojik seviyesinin işgücü hareketliliğinde büyük etki yaratacak güçte olmamasıdır.

3.4.1. Yetkinlikler

Yeni teknolojilerin dünyanın her yerinde işgücü piyasasının tüm sektörlerinde ve mesleklerinde işin niteliğini değiştirme gücü vardır. Bu değiştirme gücü tarih boyunca var olup Endüstri 4.0 ile ilk defa ortaya çıkan bir durum değildir. Endüstri 4.0'ın işgücündeki bu muhtemel değişimde tartışmaların odak noktasını değişimin kendisi değil teknolojik gelişmelerin çok hızlı olması sebebiyle değişimin hızı oluşturmaktadır. Ülkelerin teknik donanımının, eğitim sisteminin, işgücü profilinin, ekonomik gücünün ve hukuki altyapısının değişim karşısında yeterli olup olmayacağı ve lider olma yarışında katacağı güç tüm ülkelerin kendine sorduğu soruların başında gelmektedir.

Geleceğin işgücüyle çoğunlukla bilgi ve beceri yoğun üretim yapılacağından dolayı ülkelerin gelişen teknolojileri benimsemesi ve bu teknolojileri kullanabilmek içinse dijital ve teknik anlamında ve yönetsel olarak altyapılarını dönüştürülmesi gerekmektedir. Teknolojik gelişmelerin işgücüne etkisi hızlı olduğundan işgücündeki olası iş değişikliklere çabuk cevap verilebilmesi için eğitime ve özellikle iş başında eğitime önem verilmesi gerektiği görülmektedir.

Teknik eğitim programları, çıraklık modelleri, iş başında eğitim ve diğer yaklaşımların tümü çalışanların gerekli yeni yetenekleri geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Ayrıca çalışanların yaşam boyu öğrenme zihniyetini benimsemeleri de kritik rol oynamaktadır. Çünkü yeniden beceri kazandırmanın ilerleyen dönemde tek seferlik bir olay gibi görünmeyip daha ziyade kariyer boyunca sürekli olarak gerçekleşen bir şey yapıya dönüşeceği gözlemlenmektedir.

WEF tarafından 2018’de ülkelerin Endüstri 4.0 kapsamında ortaya çıkan değişimi yönetmek ve bu değişimden faydalanmak için hangi konumda olduklarını analiz etmek amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Aralarında Almanya’nın ve Türkiye’nin de olduğu 100 ülke üzerinde yapılan bu çalışmada ülkeler mevcut üretim yapısı ve üretim faktörleri üzerinden değerlendirilmektedir. 59 farklı bileşen üzerinden yapılan analizde ülkelerin işgücünün mevcut durumu da yer almaktadır. Çalışmada Almanya 100 ülke arasında üretim yapısında 3. ve üretim faktörlerinde 6. sırada yer alarak üretimin dünya genelinde yıllık GSYH’deki payının %75’ini oluşturan Endüstri 4.0 konusunda iyi bir donanıma sahip ve gelecek için iyi konumlanmış 25 lider ülke arasında yer almaktadır. Türkiye’nin ise 100 ülke arasında üretim yapısında 32. ve üretim faktörlerinde 57. sırada yer alarak Endüstri 4.0 konusunda iyi bir donanıma sahip ve geleceğiyle ilgili riskler barındıran 10 ülke arasında olduğu görülmektedir. (WEF, 2018: 7-10). Bu iki gruba ek olarak yüksek potansiyel sahibi ülkeler ve gelişmeye başlayan ülkeler olmak üzere iki grup daha bulunmaktadır.

Endüstri 4.0 ile geleceğin üretimine hazır olma olarak adlandırılan ülkelerin konumlanma durumu gelecekteki üretim fırsatlarını yakalama ve riskleri ve zorlukları azaltma gibi anlamlar içermektedir. Endüstri 4.0’ın muhtemel etkileri bakımından Almanya’nın ve Türkiye’nin incelenmesinde önemli veriler barındıran bu analizde

işgücü ile ilgili çeşitli parametreler bulunmaktadır. Bu parametreler ve ülkelerin aldığı puanlar aşağıda yer alan tabloda gösterilmektedir.

Tablo 19: Endüstri 4.0’a Hazır Olma Kapsamında Almanya ve Türkiye

Analiz Bileşenleri	Almanya		Türkiye	
	Sıralama	Değer	Sıralama	Değer
Beşerî Sermaye 0-10 (eni iyi)	7	7,5	72	4,5
Mevcut İşgücü 0-10 (en iyi)	6	8,5	74	5,2
İmalat Sanayi İstihdamı (toplam içinde %)	6	19,3	10	18,7
Bilgi Yoğun İstihdam (toplam içinde %)	14	44,2	64	20,5
Kadınların İşgücüne Katılımı (oran)	25	92	84	40
25 yaş ve üstünün ortalama eğitim yılı (yıl)	1	14,1	72	8,1
Bilim İnsanı ve Mühendis Sayısı 1-7 (en iyi)	11	5,2	45	4,3
Dijital Beceriye Sahip Kişilerin Nüfustaki Yeri 1-7 (en iyi)	17	5,3	-	-
Geleceğin İşgücü 0-10 (en iyi)	12	6,5	57	3,7
Göç (göçmen/100.000 ülke nüfusu)	37	6,7	40	4,4
Ülkenin Yabancı Çalışanlar İçin Cazibe Yaratıyor Olması 1-7 (en iyi)	10	5,1	75	2,9
QS Dünya Üniversiteler Sıralamasında Yer Alan Üniversite Sayısı (sayı)	3	47	18	11
Matematik ve Fen Bilgisi Eğitiminin Kalitesi 1-7 (en iyi)	15	5,3	80	3,3
Mesleki Eğitim Kalitesi 1-7 (en iyi)	3	5,6	97	3,2
Maksimum Eğitim Yılı Beklentisi (sayı)	14	17,3	16	17,2
İlköğretimde Öğrenci-Öğretmen Oranı (oran)	23	12,2	64	19,3
Eleştirel Düşüncenin Eğitimde Yeri 1-7 (iyi)	11	5,1	100	2,3
Aktif İşgücü Politikaları 1-7 (en iyi)	4	5,2	56	3,3
İş Başında Eğitim 1-7 (en iyi)	10	5,5	79	3,8
İşgücü Hareketliliği Serbestisi	15	4,6	60	3,5

Kaynak: World Economic Forum, **Readiness for the Future of Production Report 2018**, (Çevrimiçi) http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf, 18 Ocak 2021, s. 122-123, s. 236-237.

Endüstri 4.0 Devriminde ülkelerin geleceğin işgücünü doğru bir şekilde geliştirmesi gerekmektedir. Teknik ve mesleki eğitim ve ayrıca fen bilgisi, mühendislik ve matematik gibi pozitif bilimlerde yetkin işgücüne sahip olmak için yeni düzenlemeler yapıp eğitim müfredatını dönüşüme uygun bir şekilde yenileyerek bunun sağlanabileceği düşünülmektedir. Dijital çağa uyum sağlamak amacıyla dijital becerilerin kazanılması ve yeni eğitim programlarının uygulanması kilit bir rol oynamaktadır. Ülkenin yabancı çalışanlar için cazibe yaratıyor olması, ülkeye nitelikli işgücünü sağlayan unsurlardan biridir. Ülkenin gelecekteki işgücünde ihtiyaç duyulan becerileri edinmeleri için ek bir kanal sunmaktadır. Endüstri 4.0 dönüşümünde değişimin hızı ve boyutu arttıkça cazibe etkisini koruyup işgücünü sürekli olarak yeniden şekillendirmek için esnek yaklaşımlar ortaya çıkarılmalıdır.

Tablo incelendiğinde Türkiye'nin eğitim konusunda bir hayli sıkıntısının olduğu görülmektedir. Ülkenin Endüstri 4.0'ın ihtiyaç duyduğu işgücü profiline kavuşması için oldukça önem taşıyan cazibe unsuru olma, matematik ve fen bilgisi eğitiminin kalitesi, mesleki eğitim kalitesi, öğrenci-öğretmen oranı, iş başında eğitim ve işgücü hareketliliği serbestisi gibi bir dizi bileşen de oldukça kötü durumdadır. Bilgi ve beceri yoğun üretimde kritik unsur olan eleştirel düşüncenin eğitimdeki yerinde ise Türkiye 100 ülke arasında son sırada yer almaktadır. Diğer yandan Almanya bu bileşenler dâhil olmak üzere diğer birçok bileşende lider konumunu sürdürmektedir.

Endüstri 4.0 dönüşümünde işgücünün niteliğindeki değişmelere bağlı olarak uzmanlık alanlarının gerektirdiği yetkinliklerde zaman içinde değişiklikler görülmektedir. Meslekteki işlerin hangi oranda ve hangi alanda otomasyonlaştığı bu yetkinliklerin değişmesinde önemli rol oynamaktadır. Aynı zamanda çalışanların, iş değişikliği yapmak için hangi yeni becerileri kazanması gerektiği dönüşüm açısından önemli bir soru işaretidir. Geleceği tasarlamak için yapılan bu tahminlerle iş değiştirmenin kolaylaştırılması ve sürecin iyi yönetilmesi mümkün olmaktadır. 2025'te hangi meslekte hani yetkinliklere ihtiyaç duyulduğuna dair analiz yapıldığında mesleklerin büyük bir bölümünde veri ve AI yönetimi, bulut bilişim, pazarlama ve satış, içerik oluşturma, ürün geliştirme ve insan ve kültür etkileşimi gibi yetkinliklerin çoğunlukta olduğu görülmektedir (WEF, 2020: 37).

WEF tarafından 2020’de işlerin gelecekte nasıl olacağını tahmin etmeye yönelik bir anket çalışması düzenlenmiştir. Anket sonucunda 2025 yılına kadar işgücünün %15,4’ten %9’a düşeceği ve diğer yandan yeni ortaya çıkan meslekler sayesinde istihdam edilen çalışanların %7,8’den %13,5 seviyesine çıkacağı öngörülmektedir. Bu rakamlara dayanarak 2025’e kadar 85 milyon işin, insanlar ve makineler arasındaki iş bölümünde yer değiştirebileceği ve bu yer değiştirmeye bağlı olarak 97 milyon yeni rolün ortaya çıkabileceği tahmin edilmektedir (WEF, 2020: 30).

Aralarında Almanya’nın yer alıp Türkiye’nin yer almadığı ve toplam 26 ülkenin katılımıyla gerçekleşen anket çalışmasında 2025’te en çok talep göreceği düşünülen meslekler sıralanmaktadır. Kalıcı, yeni ve gereksiz meslekler bölümünde de bahsedilen WEF’in 2018 anketine göre hazırlanan tabloya oldukça yakın bir listenin olduğu görülmektedir.

Tablo 20: 2025’te En Çok Talep Göreceği Beklenen Meslekler

1. Veri analisti ve veri bilimcisi	11. Proje yöneticisi
2. AI ve makine öğrenme uzmanı	12. Ticari hizmetler ve yönetim uzmanı
3. Büyük veri uzmanı	13. Veri tabanı ve ağ uzmanı
4. Dijital pazarlama ve strateji uzmanı	14. Robotik mühendisi
5. Süreç otomasyonu uzmanı	15. Strateji Danışmanı
6. İş geliştirme uzmanı	16. Yönetim ve organizasyon analisti
7. Dijital dönüşüm uzmanı	17. Finans teknolojisi mühendisi
8. Veri güvenliği uzmanı	18. Mekanik ve makine teknisyeni
9. Yazılım ve uygulama geliştiricisi	19. Örgütsel gelişim uzmanı
10. IoT uzmanı	20. Risk yönetimi uzmanı

Kaynak: WEF, **The Future of Jobs Report 2020**, (Çevrimiçi) http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf, 28 Ocak 2021, s. 30.

Meslekler incelendiğinde büyük bir çoğunluğunun Endüstri 4.0 bileşenleriyle birebir bağlantısının olduğu görülmektedir. 1-2-3-8-13 numaralı meslekler büyük veri; 5-6-16-17 numaralı meslekler yatay ve dikey entegrasyon, 9-18 numaralı meslekler CPS, 10 numaradaki meslek IoT, 14 numaradaki meslek robotik sistemler ve son olarak 7

numaradaki meslek Endüstri 4.0 dönüşüm sürecini tümüyle yönetme üzerinedir. Diğer mesleklerse çeşitli departmanları kapsadığı gibi birkaç bileşeni birden de kapsayabilmektedir.

Endüstri. 4.0 dönüşümünde işgücü niteliğindeki olası değişimin sektörel dağılımına bakıldığında sektörlerin ihtiyaçları doğrultusunda birtakım farklılıklar göze çarpmaktadır. Bazı teknolojiler kimi sektörde yoğun şekilde benimsenerek işgücünü bir yönde etkilemektedir. Aynı zamanda diğer sektörde farklı bir teknoloji benimsenerek işgücü farklı bir yönde etkilenmektedir. AI, büyük veri analizi, bulut bilişim, şifreleme ve siber güvenlik, IoT ve görüntü ve yazı ve ses işleme teknolojilerinin işgücü üzerindeki etkisinin daha fazla olacağı belirtilmektedir. Hangi sektörün hangi teknolojiye daha fazla etkileneceğine bakıldığında BİT'in AI, büyük veri analizi, bulut bilişim, şifreleme ve siber güvenlik, IoT ve görüntü, yazı ve ses işleme teknolojileri; eğitimin büyük veri analizi, bulut bilişim ve görüntü, yazı ve ses işleme teknolojileri; enerjinin bulut bilişim, IoT, enerji depolama ve yazı ve ses işleme teknolojileri; finansın AI, büyük veri analizi, bulut bilişim, şifreleme ve siber güvenlik, IoT, görüntü, yazı ve ses işleme teknolojileri ve e-ticaret; kamu dairelerinin bulut bilişim, şifreleme ve siber güvenlik ve yazı ve ses işleme teknolojileri; sağlığın BİT'te olduğu gibi AI, büyük veri analizi, bulut bilişim, şifreleme ve siber güvenlik, IoT ve görüntü, yazı ve ses işleme teknolojileri ve son olarak ulaşımın AI, büyük veri analizi, bulut bilişim teknolojilerinden daha fazla etkileneceği öngörülmektedir (WEF, 2020: 28).

Yapılan çalışmalar göstermektedir ki teknoloji insanı tamamen kopyalayıp tüm yetkinliklerine sahip olabilmektedir. Bu sahip olma anlık bir olay olmayıp bir süreç ile ifade edilmektedir. Günümüzde sahip olunan teknolojilerin teknolojik hedefler doğrultusunda gelecekte hangi yetkinlikleri devralınacağıyla ilgili çeşitli danışmanlık şirketleri, üniversiteler, bilim insanları vb. birtakım çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalar doğrultusunda işgücünün geleceğinin nasıl planlanacağı temellendirilmeye çalışılmaktadır.

McKinsey tarafından 2020'de Türkiye'de işgücünün geleceğine yönelik yapılan bir çalışmada işgücünün sahip olduğu yetkinliklerin hangilerinin mevcut teknoloji ile

yapılabilirliği konusu da masaya yatırılmıştır. Çalışmada yetkinlikler teknolojiiden etkilenmez, teknolojiiden kısmi etkilenir ve teknolojiyle tamamen otomasyonlaştırılabilir şeklinde üç kategoride incelenmektedir. Yeni kalıplar/kategoriler üretme, mantıksal çıkarım yapma ve problem çözme, yaratıcılık, birden fazla kişiyle etkileşim kurma, doğal dili anlama, sosyal ve duygusal algılama, sosyal ve duygusal mantık yürütme ve sosyal ve duygusal reaksiyon gösterme teknolojiiden etkilenmeyen yetkinliklerdir. Duyusal algı, çıktı yorumlama ve sunma, doğal dili üretme, küçük motor becerileri/el becerisi ve hareketlilik teknolojiiden kısmi etkilenen yetkinliklerdir. Son olarak bilinen kalıpları/kategorileri tanıma, optimize etme ve planlama, bilgi çıkarma, büyük motor becerileri ve navigasyon bilgisi teknolojiyle tamamen otomasyonlaştırılabilen yetkinliklerdir (Singh, v.d., 2020: 16).

Türkiye'nin yetenek dönüşümünü sağlamak için 21,1 milyon çalışanın mevcut işlerinde çalışmaya devam ederken aynı zamanda teknolojiiden yararlanarak becerilerini geliştirmesi gerektiği öngörülmektedir. Ek olarak otomasyonun ve dijitalleşmenin yeniden beceri kazanması gereken ve işten çıkarmalar yaşayan 7,6 milyon çalışan üzerinde artan bir etkiye sahip olması beklenmektedir. Bu grup içerisinde 5,6 milyon kişinin becerilerini geliştirerek rol değiştirmesi ve 2,0 milyon kişinin farklı sektörlerde veya farklı mesleklerde çalışabilmek için yeni beceriler kazanması gerektiği ortaya çıkmaktadır. İşgücüne katılırken 7,7 milyon yeni çalışana gerekli becerilerle donatmak kritik önem taşımaktadır. (McKinsey, 2020, 5).

Geleceğin işgücü becerileri beş kategoriye ayrıştırılarak incelenmektedir. Bunlar fiziksel ve manuel yapılan emek yoğun beceriler, bilgi yoğun işlerde yoğun olan temel bilişsel beceriler hem bilgi yoğun hem de yaratıcılık gerektiren daha yüksek bilişsel beceriler, etkileşimin fazla olduğu işlerdeki sosyal ve duygusal beceriler ve son olarak AR-GE çalışmalarıyla gelişimi hızlandıran teknolojik beceriler. Sosyal ve teknik becerilerin diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de dönüşmesinin gerekli olduğu ortaya çıkmaktadır. Bunun sebebi veri girişi ve makine kullanımı gibi fizik yoğun faaliyetler otomasyona daha duyarlı olduğundan temel bilişsel ve fiziksel becerilere olan talebin çoğu sektörde azalma yönlü olmasıdır. 2030'da beklenen yetenek dönüşümü sağlanabilirse en büyük değişikliğin %63 ile teknolojik becerilerde olması beklenmektedir. Sosyal becerilerin %22 ve daha yüksek bilişsel becerilerin %7 artması

düşünülürken temel bilişsel ve fiziksel becerilerin sırasıyla %10 ve %8 azalacağı tahmin edilmektedir. (McKinsey, 2020, 5). Bu beceriler doğrultusunda aşağıdaki tabloda 2030’da Türkiye’de en çok talep göreceği beklenen yetkinlikler gösterilmektedir.

Tablo 21: 2030’da Türkiye’de En Çok Talep Göreceği Beklenen Yetkinlikler

1. Teknolojik yeniliklere hâkim olma	7. İleri seviye iletişim
2. Etkin öğrenme stratejilerine sahip olma	8. Uyum sağlayabilme ve sürekli öğrenebilme
3. Teknoloji tasarlama ve programlama	9. Yaratıcılık
4. İleri düzey veri analizi yapabilme	10. Kompleks problemleri çözme
5. Girişimcilik ruhu	11. Direktif verme, rehberlik etme ve öğretme
6. Duygusal zekâ	12. Eleştirel düşünce ve analiz

Kaynak: Singh, Alok, v.d., **Future of Work: Turkey’s Talent Transformation in the Digital Era**, (Çevrimiçi)

https://www.mckinsey.com/tr/~/_media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/turkey/our%20insights/future%20of%20work%20turkey/future-of-work-mckinsey-turkey-full-report.pdf, 18 Ocak 2021, s. 35.

McKinsey tarafından Türkiye için yapılan 2030’a yönelik geleceğin yetkinlikleri çıkarımı WEF tarafından Almanya’ya 2025 yılı temel alınarak yapılmıştır. Aşağıdaki tabloda Almanya’da talep göreceği beklenen yetkinlikler gösterilmektedir.

Tablo 22: 2025’te Almanya’da En Çok Talep Göreceği Beklenen Yetkinlikler

1. Etkin öğrenme stratejilerine sahip olma	9. Duygusal zekâ
2. Analitik ve inovatif düşünme	10. Servis odaklılık
3. Kompleks problemleri çözme	11. Sistem analizi değerlendirme
4. Stresle başa çıkma ve esneklik	12. Muhakeme, problem çözme, hızlı kavrama
5. Liderlik ve sosyal nüfus	13. Teknolojik yeniliklere hâkim olma
6. Eleştirel düşünce ve analiz	14. Direktif verme, rehberlik etme ve öğretme
7. Yaratıcılık, özgünlük ve girişkenlik	15. Geri bildirimlere göre çözüm geliştirme
8. Teknoloji tasarlama ve programlama	

Kaynak: WEF, **The Future of Jobs Report 2020**, (Çevrimiçi)

http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf, 28 Ocak 2021, s. 79.

Teknolojik gelişmeler yeni yetkinlikler kazanmak için genellikle bir fırsat olarak görülmektedir. Çünkü teknolojiler eğitim ve öğretim sistemini de geliştirerek bunlara daha kolay erişilmesini ve öğrenme sürecinin başarı seviyesinin artmasını sağlamaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde; gelecek, yetkinlikler için bir fırsat sunmakla beraber aynı zamanda eğitim ve öğretime erişimi olamayan veya eğitim seviyesi daha düşük olan çalışanlar için bir risk unsuru olabilmektedir. Çalışanlar mevcut işlerinin otomasyonlaştırılması yüzünden kendilerini güvenli bir alan dışında bulma riskiyle karşı karşıyadır. Söz konusu durum karşısında becerilerin kutuplaşma yaratma ihtimali doğmaktadır. Başka bir deyişle otomasyonlaşma yüksek vasıflı kişilerin işgücü piyasasında daha iyi ve iş güvencesi yüksek pozisyonlara ulaşma ihtimalini artırırken düşük vasıflı kişilere tam tersini yaparak onları sistemin iyice dışına itme riski bulunmaktadır. Dolayısıyla gerek Almanya’da gerekse Türkiye’de otomasyonlaşma riski yüksek olan işlerde çalışanların yeni yetkinlikler kazanabilmeleri için özel eğitim programlarının geliştirilmesi ve bunlara erişimin kolaylaştırılması ülkelerin üretkenliğini sürdürmesi ve rekabet edebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

3.4.2. İş Tatmini

İşyerlerinde özerklik başka bir deyişle otonomi çalışanların çalışırken ne kadar özgürlüğe sahip olduklarını ifade etmek için kullanılan bir kavramdır. Özerkliği sağlamak adına kuruluşlar çalışanlarının kendi programlarını oluşturmalarına veya işlerin nasıl yapılması gerektiğine karar vermelerine serbestlik tanımaktadır. Böylece çalışanlar işlerinin izin verdiği ölçüde teslim süresine kadar işlerini istedikleri yerde ve istedikleri şekilde yapma imkânı bulabilmektedir. Bu özerklikle bağlantılı bir şekilde artan özgürlük hissi iş tatmininin de artmasına katkı sağlamaktadır.

Geleneksel üretim sisteminde özellikle alt kademelerde kurallar çok sıkıyken zamanla bu kurallarda her kademedede esnetme yoluna gidilmektedir. İş tatmininin sağlanmasına bağlı olarak üretkenlik seviyesi yükselmekte ve motivasyon ve mutluluk artmaktadır. Çalışanlardaki bu artan iş tatmininin yaptıkları işin kalitesine yönelik olarak daha fazla sorumluluk duygusundan kaynaklandığını belirten görüşler bulunmaktadır. Diğer yandan çalışanlara çok fazla özerklik tanınması çeşitli sorunlara yol açabilmektedir.

Örneğin; teslimatlar gecikebilmekte, işyerindeki ast ve üst ilişkileri karışabilmekte, motivasyon düşebilmekte veya iş kazaları yaşanabilmektedir. Bu sebeple çalışanlara özerklik tanınırken işin gerektirdiği şekle ve çalışanların karakterine dikkat etmek gerekmektedir.

Teknolojik gelişmeler sayesinde işletmelerin çalışanlara verilen özerkliğe ek olarak teknolojik olanaklar sağlaması çalışanların onlara zaman kaybettiren yan görevlerde uzun zaman harcamak yerine ana görevleriyle ilgilenmelerini sağlamaktadır. Bu yan görevler çoğu zaman ana göreve yardımcı olmasına rağmen düşük nitelikteki işlerden oluşmaktadır. Bu da çalışanların motivasyonunu düşürücü bir unsur olarak görülmektedir (Newman, 2019).

Endüstri 4.0 dönüşümünde teknolojik gelişmeyle beraber değişim sadece işletmelerde teknolojik ürünler kullanma şeklinde olmamaktadır. Çalışma saati, çalışma yeri, çalışma şekli, istihdam tipi ve ücretler gibi iş tatminini büyük oranda etkileyen tüm unsurlarda topyekûn bir değişim olmaktadır. Bu da iş tatmininin ölçülmesini ve bu ölçüm yapılırken kullanılan değişkenleri karmaşık hale getirmektedir.

Endüstri 4.0'ın işe ve işgücüne muhtemel etkilerine dair tahminlerde bulunurken yararlanılan verilerin çoğu objektif olsa da söz konusu iş tatmini olduğunda bir sapma meydana gelmektedir. Bunun sebebi iş tatmininin başarı duygusu, özerklik, özgüven, kazanma hırısı, kontrol gücü, kendini gerçekleştirme, övgü, iş arkadaşlarıyla iyi geçinme, farkındalık, ücret ve refah (Soysal ve Tan, 2013: 47) gibi sübjektif unsurlar içeriyor olmasıdır. Dolayısıyla Endüstri 4.0'ın muhtemel etkileri incelenirken iş tatminine yönelik projeksiyonlar yetersiz kalabilmektedir.

Endüstri 4.0 dönüşümünde işletmelerin bünyesine kattığı ve otomasyonlaşma oranlarını en çok artıran teknolojilerden biri RPA (Robotik Süreç Otomasyonu)'dır. RPA, bilgisayar uygulamalarında her müdahalede çok az değişen ve tekrar eden görevlerden oluşan işlerde insanın payını azaltmaya çalışan bir teknolojidir. Örneğin uygulamalarda veri girişi gibi basit ve tekrarlı manuel görevler RPA'ya devredilmektedir. Bu sayede çalışanlar karar verme ve müşteri ilişkilerini geliştirme gibi işletmeler için daha önemli olan işlere daha çok zaman ayırabilmekte ve böylece

hem zaman hem de maliyet tasarrufu sağlanmaktadır (Doguc, 2020:476). BİT ve AI bu otomasyon sürecinde sıklıkla kullanılmaktadır.

RPA'nın çalışma yaşamına etkilerine yönelik 2019'da çeşitli işletmelerin insan kaynakları, finans ve operasyon gibi bölüm yöneticilerinin katılımıyla bir araştırma yapılmıştır. Yapılan çalışmada katılımcıların %66'sı RPA'nın mevcut işleri yeniden yapılandırması sayesinde çalışanların eskiye oranla birbirleriyle daha fazla etkileşim yapabildiğini belirtmektedir. %60'ı ise çalışanların katma değeri daha yüksek olan stratejik görevlere katılımında artış yaşandığını söylemektedir. Ayrıca katılımcıların %57'si çalışanların işletmeye olan bağlılığında da artış meydana geldiğini iletmektedir (Avasthy, 2019: 3-9).

Otomasyonun iş tatminine etkisini ölçmek ve işleri daha insancıl yapıp yapmayacağını görmek için yapılan çalışmalardan biri de Londra Üniversitesi'nin 2018'de yapmış olduğu araştırmadır. Teknoloji sayesinde çalışanların daha fazla tecrübe kazandığını ve işletmelere olan bağlılığın güçlendiğini söyleyen bu araştırmada otomasyon teknolojilerinin işleri %33 oranında daha insancıl yaptığı ve %38 oranında çalışanları daha meşgul kıldığı belirtilmektedir. Ayrıca katılımcıların %70'i bu teknolojilerin çalışanların refahını yükselttiğini söylemektedir. Otomasyonun neden insanları işyerinde daha mutlu ettiğine yönelik cevapları ise işte en çok keyif aldıkları kısmın kendilerini gerçekleştirebilecekleri yaratıcı ve stratejik görevler olduğu ve otomasyonun onları sürekli tekrar eden sıkıcı görevlerden kurtararak yoğunlaşmak istedikleri asıl işe daha çok zaman ayırabilmelerini sağladığı şeklinde olmaktadır (Automation Anywhere, 2018).

2020'de Norveç'te yapılan bir araştırmada otomasyon teknolojilerinin iş tatmini üzerine etkileri incelenmiştir. Bu araştırmaya göre diğer tüm değişkenler sabitken işlerinin gelecekte bir robot veya AI teknolojisi tarafından ikame edileceğini düşünen çalışanların iş tatmini şu anda daha güvenli ve gelecek hakkında daha az belirsizliğe sahip olan çalışanlara göre daha düşüktür. Ayrıca çalışmada otomasyonla beraber ücret artışının iş tatminini pozitif yönde etkilediği ve kadın çalışanların erkeklere oranla daha yüksek iş tatmini düzeyine sahip olduğu belirtilmektedir. Sektörler arasındaki farka bakıldığında ise imalat sanayi gibi rutin ve monoton çalışma şekillerinin daha

yoğun olduğu sektörlerde iş tatmininin yaratıcılığın ve özerkliğin daha yüksek olduğu sektörlerle göre düşük olduğu vurgulanmaktadır (Schwabe ve Castellaci, 2020: 14-22).

İşletmelerdeki otomasyon sistemlerinin çalışanların becerilerini geliştirecek ve çalışma tarzlarına uyum sağlayacak şekilde kullanılmasının Endüstri 4.0'ın iş tatminine olan etkisini artırmasında önemli bir rol oynamaktadır. Çalışanların ne kadar mutlu olduğuna değer veren ve çalışanların yeni beceriler edinmesini sağlayacak ortamlar oluşturan işletmeler otomasyonun faydalarından yüksek oranda yararlanma şansı yakalayabilmektedir.

Teknolojik gelişmelerin bir sonucu olarak ortaya çıkan giyilebilir akıllı ürünler sayesinde artık insanların fiziksel ve duygusal durumları daha kolay tespit edilebilmektedir. Çalışanların gün içindeki durumları bu yolla analiz edilerek hangi görevlerde daha iyi yönde ve hangi görevlerdeyse daha kötü yönde durum sergiledikleri ölçülebilmektedir. Böylece iş tatminini etkileyen unsurlar ortaya çıkarılarak AI uygulamaları ile çalışanları doğru görevlere yönlendirilme şansı bulunabilmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde; sübjektif yönü ağır olan iş tatmininin Endüstri 4.0 çerçevesinde nasıl bir yön izleyeceği gerek Almanya gerekse Türkiye açısından bilinmezlerle doludur. Birden fazla sübjektif faktör iş tatminini etkilemektedir. Otomasyonlaşmanın yüksek olduğu işlerde iş tatmininin daha düşük olması beklenmektedir. Bu durumda her iki ülkede otomasyonlaşacak işlerde çalışanların Endüstri 4.0 dönüşümünde iş tatmini yönünden birtakım sorunlar yaşayacağını söylemek mümkündür. Mevcut işleri yeni teknolojiler tarafından geliştirilmesi düşünülen çalışanlarsa bu dönüşümde avantaja sahiptir.

3.4.3. Çekirdek ve Çevre İşgücü

Neoliberal politikalarla beraber küreselleşmenin de etkisiyle işler parçalara bölünerek farklı kıtalara, ülkelere ve işyerlerine dağılmaya başlamıştır. İşler bu süreçte mekânsal ve biçimsel olarak parçalanmış ve çeşitli bölümlere ayrılmıştır. Bu bölümlere ayrılma sonucunda kimi işler daha yüksek vasıf gerektiren ve sermaye yoğun iken kimileri daha düşük vasıf ve emek yoğun bir hal almıştır.

İşlerin bu şekilde farklılaşması işgücünün niteliğinde köklü değişiklikler meydana getirdiğinden mevcut durumu nitelendirmek için yeni tanımlamalar yapmak gerekmiştir. Özellikle işgücünün kutuplaşması deneyimi ve deneyimi işgücünün küresel, bölgesel ve ulusal düzeyde çok kutuplu bir yapıya itmiştir. Bu da çekirdek ve çevre işgücü kavramlarını ortaya çıkarmıştır (Şahin, v.d., 2015: 104).

Çekirdek işgücü işlerin daha yüksek vasıf gerektiren ve sermaye yoğun olan bölümünü yaparken çevre işgücü işlerin vasıf gerektirmeyen ve emek yoğun olan bölümlerini yapmaktadır. Karakteristik özelliklerine bakıldığında çekirdek işgücünün iyi eğitim almış, kurumsal olarak nitelikli, çoğu zaman belirsiz süreli iş sözleşmesiyle çalışan, istihdam kayıtları düzenli tutulan, düşük işgücü devrine sahip, işle ilgili stratejik sorumlulukları olan, iyi çalışma koşullarında çalışan, iyi ücret alan, çeşitli yan hakları olan, kariyer beklentisinde, sektörünün uygunluğuna bağlı olarak sendikalı ve yüksek derecede mesleki eğitim çalışanlardan oluştuğu görülmektedir. Diğer taraftan çevre işgücü ise kötü eğitim almış, nitelik düzeyleri düşük, kısmi süreli veya geçici bir şekilde esnek istihdam edilen, kayıt dışı istihdam edilebilen, yüksek işgücü devrine sahip, işle ilgili stratejik sorumlulukları olmayan, kötü çalışma koşullarında çalışan, düşük ücret alan, çeşitli yan hakları olmayan, kariyer hedeflemeyen, sendikalaşma oranları düşük ve düşük derecede mesleki eğitim almış çalışanlardan oluşmaktadır (Shackleton, v.d., 1995: 35; Şimşek, 2000: 8-9).

Birinci ve İkinci Endüstri Devrimlerinde çoğunlukla imalat sanayinde istihdam edilen çevre işgücü Üçüncü Endüstri Devrimiyle birlikte teknoloji ve bilgi yoğun sektörlerde istihdam edilmeye başlamıştır. Çekirdek işgücü ise daha çok üretim ve hizmetler sektörlerinde yer almaktadır (Uyanık, 2008, 2016; Şahin, v.d., 2015: 105). Endüstri 4.0 dönüşümündeki teknolojik gelişmeler sayesinde otomasyonun hangi işgücü tipinin işlerini ikame edip etmeyeceğine bakıldığında öngörülebilir görevleri daha fazla olduğundan dolayı otomasyonlaşma ihtimali yüksek olan işlerde istihdam edilen çevre işgücünün daha şanssız olduğu görülmektedir. Öte yandan öngörülebilir görevlerin az olması sebebiyle otomasyonlaşma ihtimali düşük olan işlerde istihdam edilen çekirdek işgücü ise şanslı taraftadır.

Teknolojik gelişmelerin etkisiyle son yıllarda çekirdek ve çevre işgücüne ek olarak işgücünü tanımlamada kullanılan kavramlardan biri “sanal işgücü” kavramıdır. “Clickworker” diye adlandırılan başka bir ifadeyle tıklama işçilerini barındıran sanal işgücü kavramı işlerini dijital ve telekomünikasyon teknolojilerinin bir kombinasyonunu kullanarak gerçekleştirilen ve/veya dijital medya için içerik üreten ücretli veya ücretsiz emek şeklinde tanımlanmaktadır (Huws, 2012: 3). Dağınık ve mobil bir yapıda olan sanal işgücü, BİT’in ve bulut teknolojilerinin kullanımının artması ve internet kapsamının genişlemesiyle her geçen gün daha fazla istihdam alanı bulmaktadır. Yazılım, uygulama ve web geliştirme gibi profesyonel ve teknik alanlarda, satış ve pazarlama, finans ve muhasebe gibi yönetim görevlerinde ve grafik tasarım, video prodüksiyonu, animasyon, multimedya ve içerik üretme gibi yaratıcı alanlarda istihdam edilmektedir. Başlangıçta yüksek yetkinlik ve donanım gerektiren sanal işler zamanla teknolojilerin yaygınlaşması ve kullanıcı dostu olmasıyla daha fazla talep görmeye başlamaktadır. Böylece sanal işlerin belli bir kısmı çekirdek işgücü tarafından yapılır hale gelmektedir. Bu işlerin çoğu artan güvencesiz koşullarda ve genellikle ücretsiz bir şekilde gerçekleştirilmektedir. (Webster ve Randle, 5-7). Endüstri 4.0 dönüşümünde rutin ve öngörülebilir olan çoğu işin otomasyonlaşma ile sermaye tarafından ikame edileceği beklendiğinden sanal işlerin düşük ücretli ve düşük vasıflı çalışanlar tarafından yapılabilen kısmı da bu ikame edilebilecek işlere dâhil olmaktadır.

Sanal çalışanlar çok kısa bir sürede kendilerine yoğun bir istihdam alanı bulduğundan dolayı hangi yaka tipine ve sınıfa ait olduklarına dair literatürde çeşitli tartışmalar bulunmaktadır. Bir taraftan sanal olarak yaratıcı, kültürel, sanatsal ve bağımsız işler yapılabilirken diğer taraftan web sitesi geliştirme gibi günümüzde oldukça kolaylaşan işler de yapılmaktadır. Bu dengesiz yapı, sanal çalışanlara ödenen ücret skalasını oldukça genişletmekte ve çalışanları kayıtsız çalışmaya doğru itebilmektedir.

Her sektörde hem çekirdek hem de çevre işgücü istihdam edilmektedir. Fakat sektörler arasında bu iki kutbun istihdam oranlarında farklılık bulunmaktadır. Endüstri 4.0 dönüşümünde teknolojik gelişmelerin çekirdek ve çevre işgücünü nasıl etkileyeceğine bakarken bu işgücü türlerinin yetkinlikleri arasındaki farklara bakmak gerekmektedir. Dijital, sayısal ve eğitim seviyesi gibi temel yetkinlikler, yabancı dil, hitabet yeteneği,

prezantabl olmak gibi satış ve pazarlama yetkinlikleri ve herhangi bir işi, işin gerektirdiği şekilde özgün yapmayı sağlayan teknik yetkinlikler otomasyonlaşma karşısında işgücünün durumunu belirleyen yetkinlikler arasındadır.

İşler rutinleştikçe öngörülebilir olmakta ve öngörülebilir işlerin teknoloji tarafından otomasyonlaştırılması kolaylaşmaktadır. Bir işin gerektirdiği yetkinlik seviyesinin fazlalığıyla veya farklı türde yetkinlikler gerektirmesiyle o işin otomasyonlaşması ters orantılı olmaktadır. Çekirdek işgücünün sahip olduğu yetkinlik seviyesinin çevre işgücünün yetkinlik seviyesinden daha yüksek olmasından dolayı otomasyonlaşma karşısında çevre işgücünün daha şanssız olduğu görülmektedir.

İşin kendine has özellikleri ile işin otomasyonlaşma oranı arasında önemli bir bağlantı bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda bu oranın yüksek olduğu işlerin ağırlıklı olarak çok sayıda çalışanın aynı anda yaptığı büyük işler olduğu ve şantiye gibi iş alanlarında yapıldığı görülmektedir. Ayrıca geçici süreli şekilde esnek istihdam yoluyla yapılabilen, sınırlı terfi imkânı olan ve iş başında veya iş dışında mevcut çalışanın eğitim alması gerekmeyen işlerin otomasyonlaşma oranlarının yüksek olduğu belirtilmektedir (McGuinness, v.d., 2019: 16).

Düşük iş tatmini, iş güvencesinin azlığı, ortalama ücretlerin daha düşük olması ve düşük vasıf seviyesi gibi çevre işgücünün özellikleri ile otomasyonlaşma oranı arasında ilişkiye bakıldığında aralarında ters orantının olduğu vurgulanmaktadır. İş tatmini ve ücretler düştükçe ve iş güvencesi azaldıkça otomasyonlaşma oranı artmaktadır (Pouliakas, 2018: 27).

Çevre işgücünün direnme katsayısının otomasyonlaşma karşısında bu kadar düşük olması sadece belli sektörlerde değil, sektörlerin tümünde sermaye tarafından ikame edileceği anlamına gelmektedir. Hangi sektörde daha fazla ikame edileceğine bakıldığında Almanya’da konaklama ve gıda, ulaşım ve lojistik, inşaat, tarım, orman, balık ve avcılık, perakende ticaret, toptan ticaret, emlakçılık ve sanat, eğlence ve dinlence sektörlerinin otomasyonlaşma oranının yüksek olacağı söylenebilmektedir. Türkiye’de ise bu sektörler ulaşım ve lojistik, tarım, orman, balık ve hayvancılık, maden, inşaat; finans ve sigortacılık, şirket ve girişim yönetimi, sağlık ve sosyal yardım ve profesyonel, bilimsel ve teknik hizmetler sektörleridir.

Çevre işgücünde kayıt dışı istihdam daha fazla görüldüğünden sektörler göre otomasyonlaşma oranları tahmin edilebilmektedir. 2019 verilerine göre Türkiye’de en çok kayıt dışılık tarım, ormancılık ve hayvancılık, kültür, sanat ve dinlence, toptan ve perakende ticaret, konaklama ve yiyecek hizmetleri, emlakçılık ve idare ve destek hizmetleri gibi sektörlerde görülmektedir (SGK, 2020). Almanya’da ise bu sektörler konaklama ve gıda, ulaşım ve lojistik, inşaat, tarım, orman, balık ve avcılık, perakende ticaret, toptan ticaret, emlakçılık ve sanat, eğlence ve dinlence şeklindedir. Bu bilgiler ışığında sektörlerin otomasyonlaşma oranlarıyla sektörde istihdam edilen çevre işgücü sayısı arasında doğru bir orantının olduğunu söylemek mümkün görünmektedir (Jaehrling ve Kalina, 2020: 453-458).

Yüksek eğitim seviyesine sahip çalışanlar gelecekteki gelişmeler konusunda daha iyimserken işlerinin otomasyonlaşma oranlarının daha yüksek olduğu ve daha düşük eğitim seviyesine sahip olan çalışanlar ise geleceğe daha şüpheci bir şekilde yaklaşmaktadır (Moueddene, v.d., 2019: 12). Bu nedenle artan eşitsizliği önlemek, Endüstri 4.0 dönüşümünde herkesi kapsayabilmek ve düşük vasıflı çalışanların işgücü piyasasında istihdam edilebilirliğini sürdürmek için gerekli yetkinliklerin geliştirilmesi doğrultusunda yönlendirme ve destekleme faaliyetleri önemli bir rol oynamaktadır.

3.4.4. Yaka Renkleri ve Cinsiyet

Teknolojik gelişmeler sayesinde üretim hattının tümünden gerçek zamanlı veriler almak, kaliteyi artırmak ve tedarik zinciri boyunca ilişkiyi kesintisiz korumak gittikçe mümkün hale gelmektedir. Üretim hattı hala bilindik üretim hattı olmasına rağmen hatlarda robotlar, sensörler ve BİT yer almaktadır. Bu da üretim sürecini donanımdan, yazılımdan ve veri sisteminden oluşan bir üçgen çerçevesinde şekillendirmektedir. Bu üçgen çalışanların üretim sistemine uyum sağlaması, robotlarla iş birliği içinde çalışabilmesi, sürekli değişen görevleri yerine getirebilmesi ve gerektiğinde üretim hattına müdahale ederek sorunları çözmesi gibi karmaşık yetkinlikleri de beraberinde getirmektedir.

Robotlar giderek daha güvenlik olmakta, daha uygun maliyetle ve daha az hatayla iş yapmaktadır. Gelecekte AI teknolojilerinin etkisiyle daha fazla görevi kendine

devralacağı düşünülmektedir. Bunun da üretim sürecinde mavi yakalı olarak tabir edilen, çoğunlukla el emeğine ve kol gücüne dayalı tek tip görevleri gerçekleştiren ve görece düşük ücretli çalışanlara olan ihtiyacı azaltacağı düşünülmektedir. Diğer yandan günümüzde veya gelecekte robotik araçları tasarlamak, programlamak, kontrol etmek ve gerektiğinde onarmak için bu görevleri gerçekleştirebilecek çalışanlar gerekmektedir. Robotlar sıradan ve tekrar eden ve böylece öngörülebilir olan görevleri yerine getirebilirken henüz bilgiye dayalı karar verme gibi daha yüksek yetkinlik seviyesi gerektiren görevleri yerine getirememesi insanın önemini artmaktadır.

Endüstri 4.0 Devrimiyle beraber üretim hatlarında meydana gelen bu dönüşüm hizmet sektöründe beyaz yaka diye tabir edilen ve çoğunlukla bir ofiste masa başında bilgi üreten, bu bilgileri işleyen veya üretim hattı dışında herhangi bir yerde yardımcı hizmette yer alan ve mavi yakalıları göre daha yüksek ücretli çalışanları da etkilemektedir. BİT ve AI teknolojileri yıllardır katlanarak ve hızla genişleyen büyük veri ile günümüzde örneğin sipariş almak, siparişleri sıralamak, tüketiciye uygun ürünler sunmak, müşterilerin verilerini işlemek, muhasebe kayıtlarını tutmak, ödemek almak, ihtiyaç duyulan yeni pozisyonlara uygun kıstasları belirlemek ve buralara uygun kişileri seçmek yazılımlarla mümkün hale gelmektedir. Şu anda işletmelerin büyüklükleriyle bağlantılı olarak bu gibi görevlerde beyaz yakalı çalışan istihdam edilmeye devam etse de gelecekte bu görevlerin büyük bir kısmının artık gelişen teknolojik uygulamalar tarafından yapılacağı konusunda ortak paydada birleşilmektedir.

İşin niteliğinde, işyerlerinde, işin yapılış şeklinde ve kullanılan teknolojilerde meydana gelen değişimler zamanla beyaz yakalı çalışanlar içinde birtakım ayrışmaları beraberinde getirmiştir. İşçilerden bazıları rutin görevlerde yer alırken bazıları çok daha önemli olan problem çözme ve yaratıcılık gerektiren, kendini tekrar etmeyen, karmaşık bir yapıda olan ve yöneticilik gereken görevlerde yer almaktadır. Örneğin bilgisayara bilgileri giren bir çalışan rutin, bu bilgileri analiz ederek kullanılabilir hale getiren çalışansa tekrar etmeyen ve karışık görevleri gerçekleştirmektedir. Bu gibi sebeplerle bilgisayar mühendisi, tasarımcı, araştırmacı, analist ve avukat gibi bilgi üreten çalışanlar için altın yakalı çalışan kavramı kullanılmaya başlanmıştır. Liderlik edebilen, ekiplere yön verebilen, esnek bir beceri tabanına sahip, kişisel gelişimini

devam ettiren, çok sayıda iş bağlantısı olan, bilimsel ve teknik bilgilere bir arada sahip olan, disiplinler arası çalışabilen, teknoloji üreten, teknolojik donanımları kullanabilen ve beyaz yakalılara göre daha yüksek ücret alan çalışanlar altın yakanın genel özelliklerini barındırmaktadır. Beyaz yakalı çalışanlar lise, ön lisans ve lisans derecelerini gerektiren ve altın yakalılar ise yüksek lisans, doktora, çift ana dal ve hatta birtakım farklı sertifikalar gerektiren işler yapabilmektedir (Wonacott, 2002: 1-3).

Bu çalışan türlerine ek olarak iş hayatında “gri yakalı çalışan” diye tabir edilen yeni bir çalışan türünün ortaya çıkacağı düşünülmektedir. Otonom sistemlerin kullanımının artmasıyla birlikte mavi yakalı çalışanların sayısında da azalma olacağı belirtilmektedir. Daha önce söylendiği gibi mavi yakalı çalışanların eğitim seviyesi beyaz ve altın yakaya göre görece daha alt seviyededir. Eğitim ve öğretim yoluyla mavi yakalılara yeni beceriler kazandırmak gerekmektedir. Böylece yeni ortaya çıkan mesleklerde istihdam edilmelerinin önü açılabilmektedir. Bu da yeni bir “renk” anlamına gelmektedir. Tam olarak mavi veya beyaz şeklinde nitelendirilemeyen bu yeni türe “gri” denmektedir (Eriş, v.d., 2020: 264). Mavi yakalılara oranla daha yüksek ve beyaz yakalılara oranla daha düşük vasıflara sahip olan gri yakalılar mavi-beyaz arasındaki entegrasyonu sağlamaktadır. Teknolojik yetkinlikleri beyaz yakalılar kadar yüksek olmamasına rağmen mavi yakalılara göre daha yüksek bir seviyede yer almaktadır. Endüstri 4.0 dönüşümünde otomasyonlaşmanın artmasıyla gri yakalı çalışanların birer yetenekli teknisyene dönüşmesi öngörülmektedir. Ücret seviyelerine bakıldığında ise seviyenin yine sahip oldukları vasıflara benzer bir şekilde mavi yakalılardan daha yüksek ve beyaz yakalılardan daha düşük olacağı gözlemlenmektedir.

Teknolojik gelişmelerle beraber otomasyonlaşma oranlarının artmasıyla mavi yakalıların işlerinin büyük bir kısmının robotlar ve AI teknolojileri tarafından yapılacak olması uzun zamandır çeşitli araştırmalar tarafından gösterilmektedir. Bu teknolojilerin mavi yakayla sınırlı kalmayıp beyaz yakalıların işlerini de ikame edeceği görülmektedir.

Almanya ve Türkiye arasında gri, beyaz ve altın olmak üzere hangi renklerin daha fazla otomasyonlaşacağına bakarken işgücünün eğitim dereceleri bir gösterge

olabilmektedir. Aşağıdaki tabloda her iki ülkenin nüfusunun 2019'daki eğitim seviyelerine yer verilmektedir.

Tablo 23: 2019'daki Eğitim Seviyelerine Göre Almanya ve Türkiye (bin kişi)

Eğitim Seviyesi	Almanya		Türkiye	
	Sayı	Oran	Sayı	Oran
Bilinmiyor	87	0,12	488	0,71
Okuryazar Değil	-	-	1.781	2,6
Okuryazar Eğitimsiz	-	-	7.063	10,34
İlköğretim	17.763	25,13	33.907	49,63
Lise	39.513	55,91	14.136	20,69
Lisans ve Ön Lisans	10.857	15,36	9.519	13,93
Yüksek Lisans	1.258	1,78	1.237	1,81
Doktora	862	1,21	176	0,25

Not: Almanya'nın eğitimdeki derecelendirme sistemi, Türkiye'den farklı olduğundan bazı kategoriler, birbirine en yakın olacak şekilde birleştirilmiştir.

Kaynak: Destatis, "Germany, years, sex, age groups, vocational qualification attained", 2021d, (Çevrimiçi) <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=tabelleErgebnis&selectionname=12211-0041&transponieren=true&language=en#abreadcrumb>, 11 Şubat 2021, Endeksa, "Türkiye Eğitim Düzeyi", (Çevrimiçi) <https://www.endeksa.com/tr/analiz/turkiye/demografi>, 11 Şubat 2021.

Eğitim seviyesi arttıkça işlerin öngörülebilir olması azaldığından dolayı eğitim seviyesiyle çoğu işin otomasyonlaşma oranı arasında ters orantının olduğunu söylemek mümkün görünmektedir. Bu bilgiden yola çıkarak yukarıdaki tablo incelendiğinde ilköğretim mezunları Almanya'da %25,13 oranındayken Türkiye'de %49,63 oranındadır. Okuryazar olmayanlar ve okuryazar eğitimsizler de buna eklenince oran %62,6 seviyesine yükselmektedir. Türkiye'de tarım sektöründe istihdam edilenlerin oranı Eylül 2020 verileriyle %18 (TÜİK, 2020a) seviyesinde ve her geçen yıl azalma eğilimindedir. Eğitim seviyesi düşük olanların büyük çoğunluğu

tarım sektöründe ve kayıt dışı şekilde istihdam edilmektedir. Bu çalışanlar yüksek otomasyonlaşma riskiyle karşı karşıya kalmaktadır.

2018’de PWC tarafından yapılan bir araştırmada Endüstri 4.0’ın eğitim seviyelerine olan etkisi tahmin edilmeye çalışılmıştır. Almanya’da 2020 yılında ilköğretim mezunlarının %2, lise mezunlarının %3 ve üniversite mezunlarının %2 oranında etkileneceği belirtilmektedir. 2030’da ise sırasıyla bu oranlar %25, %27 ve %10 seviyesine yükselmektedir. %2035’te ise eğitim seviyeleri arasındaki farkın yüksek boyutlara ulaşacağı görülmektedir. Oranlar sırasıyla %48, %43 ve %10 seviyesinde öngörülmektedir. Türkiye’de ise 2020 yılında ilköğretim mezunlarının %0, lise mezunlarının %2 ve üniversite mezunlarının %2 oranında etkileneceği belirtilmektedir. 2030’da sırasıyla bu oranlar %13, %19 ve %8 seviyesine yükselmektedir. 2035’e gelindiğinde ise seviyenin sırasıyla %38, %35 ve %7 oranında gerçekleşeceği analiz edilmektedir. Almanya’da eğitim seviyelerinin 2035’te hangi sektörde daha fazla etkileneceğine bakıldığında ilköğretim mezunlarının %72 oranında sanayi, lise mezunlarının %52 oranında sanayi ve üniversite mezunlarının %23 ile inşaat sektöründe daha fazla etkileneceği tahmin edilmektedir. Hangi sektörde daha az etkileneceğine bakıldığında ilköğretim mezunlarının %35 oranında sağlık ve sosyal hizmetler, lise mezunlarının %20 oranında eğitim ve üniversite mezunlarının %1 ile eğitim sektöründe daha az etkileneceği tahmin edilmektedir. Türkiye tarafında ise tahminler şu şekilde gerçekleşmektedir. İlköğretim mezunlarının %46 oranında sanayi, lise mezunlarının %55 oranında sağlık ve sosyal hizmetler ve üniversite mezunlarının %23 ile toptan ve perakende sektöründe daha fazla etkileneceği tahmin edilmektedir. Hangi sektörde daha az etkileneceğine bakıldığında ilköğretim mezunlarının %15 oranında eğitim, lise mezunlarının %20 oranında toptan ve perakende ticaret ve üniversite mezunlarının %0 ile eğitim sektöründe daha az etkileneceği öngörülmektedir (Hawksworth, v.d., 2018: 30-34).

Mavi yakalı çalışanların büyük bir kısmının yer aldığı lise seviyesine bakıldığında oran Almanya’da %55,91 ve Türkiye’de %20,69’dur. Türkiye’de ilköğretim ve daha düşük seviyedeki eğitim düzeyinde görülen yüksek otomasyonlaşma oranı Almanya’da lise seviyesinde görülmektedir. Bunun en büyük sebeplerin biri arasında eğitim bölümünde de bahsedildiği üzere Almanya’nın uyguladığı ikili eğitim sistemidir.

Otomasyonlaşma karşısında mavi yakalıların yüksek risk seviyesinde olması ve bu yakanın gri yakaya dönüşmesi düşünüldüğünden Türkiye'deki dönüşümün Almanya'ya göre daha zorlu olabileceği öngörülmektedir. Çünkü lise seviyesindeki bir çalışana gerekli yetkinlikleri kazandırmak ilköğretim seviyesindeki bir çalışana göre çok daha kolay olmaktadır.

Beyaz yakalıların büyük bir çoğunluğunun sahip olduğu lisans derecesine bakıldığında oran Almanya'da %15,36 ve Türkiye'de %13,13 seviyesindedir. Büyük verinin, AI teknolojilerinin ve BİT'in en çok etkileyeceği düşünülen yakalardan biri beyaz yakalılarıdır. Endüstri 4.0 Devrimine yönelik yapılan çalışmalar geleceğe yönelik tahminler yapma temelli olduğundan kesin veriler içeren söylemlerde bulunmak mümkün olmamakla birlikte teknolojinin ilerlediği yön öngörülebilir işlerin bu teknolojiler tarafından yapılabilecek olmasını işaret etmektedir. Ülkelerin teknolojik seviyeleri arasındaki farklılıklardan dolayı Endüstri 4.0'ın Türkiye'deki işlerin otomasyonlaşmasına olan etkisinin Almanya ve diğer gelişmiş ülkelere göre daha geç olması beklenmektedir. Bu sebeple Türkiye'deki beyaz yakalıların kendilerini üretim sistemi içinde yeniden konumlandırmada daha çok zamana sahip olması açısından Almanya'ya göre daha iyi bir pozisyonda olacağı düşünülmektedir. Bu avantajın aynı zamanda mavi yakalılar için de geçerli olduğu görülmektedir.

Altın yakalıların büyük bir çoğunluğunun sahip olduğu yüksek lisans ve doktora derecelerine bakıldığında sırasıyla Almanya'da oran %1,78 ve %1,21; Türkiye'de ise %1,81 ve %0,25 seviyesindedir. Türkiye'de yüksek lisans oranının yüksek çıkmasının sebepleri arasında erkeklere yönelik zorunlu askerlik hizmeti uygulamasının kilit bir rol oynadığı belirtilmektedir. Bu hizmeti ertelemek için erkeklerin yüksek lisans yapmayı bir seçenek olarak gördüğü vurgulanmaktadır (Gürsul, v.d., 2011; Nas, v.d., 2016: 583). Teknolojiler üreterek ve geliştirerek ülkenin üretim seviyesini yükseltip katma değer yaratan ve otomasyonlaşma oranı diğer yakalara göre oldukça düşük olan bu altın yakalıların öneminin Endüstri 4.0 Devrimiyle beraber daha da artacağı düşünülmektedir.

Üretim sistemindeki bazı işlerin gerek işin gerektirdiği yapı gerekse kültürel öğeler sebebiyle kadın ve erkek ayrımına göre karakterize edildiği görülmektedir. Dolayısıyla

işlerin kendine özgü yapısı sonucu kadınlar ve erkekler otomasyonlaşma karşısında farklı etkilere sahip olmaktadır. Erkeklerle veya kadınlara göre karakterize edilen işlerin otomasyonlaşma oranlarına bakıldığında erkeklerin işlerinde oranların daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun sebebiyse erkeklerin iletişim, ekip çalışması, planlama ve organizasyon gerektiren işlerin aksine daha yüksek düzeyde teknik ve sayısal beceri gerektiren ve bu sebeple öngörülebilir olan işlerde daha çok istihdam edilmesidir (Pouliakas, 2018: 27).

Satı ve Yılmaz tarafından 2020’de Endüstri 4.0 ile değişen iş ve mesleklerin Türkiye’de kadın istihdamına olan etkisi eğitim, dijital okuryazarlık ve STEM eğitimi üzerinden incelenmiştir. Teknolojik gelişmelerin tarih boyunca işgücünde yaptığı etkilerden yola çıkılarak istatistiksel anlamda kesin veriler sunmak için erken olduğu söylenen Endüstri 4.0’ın en büyük etkisinin işgücü üzerinde olmasının beklendiği görülmektedir. Bazı işlerin artık tamamen otomasyona devredileceği ve diğer yandan yeni işlerin ortaya çıkacağı beklenmektedir. Bunun sonucunda da istihdamdaki düşük, orta ve yüksek vasıflı çalışanların oranının dengesizleştirerek istihdamın bu yeni işlere kayacağı belirtilmektedir. Çalışmada Türkiye’de kadınların işgücüne katılım oranının OECD ülkelerine göre çok düşük olduğu ve diğer yandan istihdam edilenlerin meslek gruplarına ve rollerine bakıldığında diğer ülkelerle benzerlik gösterdiği vurgulanmaktadır. Ayrıca BİT, yönetim, hukuk ve mühendislik gibi alanlarda eğitim alan kadın sayısının az ve eğitim ve sağlık alanlarında ise çok olduğu belirtilmektedir. Kadınların BİT’e mesafeli olmalarının kendilerini geliştirmeleri yönünde dezavantaj yaratabileceği ve bunun da kadınların istihdam oranını düşürebileceği söylenmektedir. Teknolojilerin gelişmesiyle beraber eğitimin mekâna bağlılığının azalması sayesinde kadınların eğitim alma konusunda daha fazla seçeneğe sahip olmasının kadın istihdamını artırabileceği vurgulanmaktadır. Ayrıca dijitalleşme ve kadın istihdamının yıllara göre gelişimi incelendiğinde ikisinin de yükseldiği görülmektedir (Satı ve Yılmaz, 2020).

2018’de PWC tarafından yapılan bir araştırmada Endüstri 4.0’ın cinsiyete olan etkisi diğer araştırmalara benzer şekilde üç farklı gelecek senaryosunda tahmin edilmeye çalışılmıştır. 2020’de Almanya’da işlerin %3 oranında otomasyonlaşacağı ve bu otomasyonlaşmadan erkeklerin %1 ve kadınların %4 oranında etkileneceği

belirtilmektedir. 2030'da otomasyonlaşma oranının %23'e çıkacağı ve erkeklerin %19, kadınlarınsa %27 oranında etkileneceği ve son olarak 2035'te işlerin %37 oranında otomasyonlaşmış olacağı, erkeklerin %39 ve kadınların %34 oranında etkileneceği vurgulanmaktadır. Türkiye tarafında ise tablonun şu şekilde olacağı öngörülmektedir. 2020'de otomasyonlaşmanın %1 seviyesinde olacağı ve erkeklerin ve kadınların bundan %1 oranında etkileneceği görülmektedir. 2030'a gelindiğinde otomasyonlaşmanın %14 seviyesine çıkacağı ve erkeklerin %14 ve kadınların %16 oranında etkileneceği ve son olarak 2035'te ise otomasyonlaşma oranının %33 seviyesine çıkarak erkekleri %36 ve kadınları %19 oranında etkileyeceği belirtilmektedir (Hawksworth, v.d., 2018: 27-31). PWC tarafından yapılan bu çalışmanın sonuçları Endüstri 4.0'ın kadınlar üzerindeki etkilerini inceleyen diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Başlangıçta teknolojiler kadınları daha fazla etkilese de uzun vadede bu etkinin erkeklere doğru kayacağı görülmektedir. Bunun sebebi ise erkeklere ve kadınlara biçilen işlerin otomasyonlaşma seviyesinin gelişen teknoloji karşısında daha fazla duyarlı hale gelmesidir.

Çalışanların yaşı ile otomasyonlaşma oranları arasındaki ilişkiye bakıldığında orta yaşlı ve yaşlı çalışanların genç çalışanlara göre daha düşük otomasyonlaşma riskiyle karşı karşıya oldukları görülmektedir. Diğer taraftan belli bir işte uzun sürelerle çalışılması durumunda o işin otomasyonlaşma oranının arttığı gözlemlenmektedir (Pouliakas, 2018: 27). Yaş ile kariyer basamaklarını tırmanmak otomasyonlaşma karşısında bir artı işaretiyken aynı işte uzun sürelerle çalışarak hayatın geçirilmesi ise eksi bir işaret olmaktadır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Endüstri 4.0'ın Almanya'da yüksek teknoloji stratejisine yön verecek on projeden biri olarak yerini almasında üretimin emeği ucuz olan, vergi avantajları sağlayan ve ülkeler arası ilişkilerin kolay yürütüldüğü Çin gibi Uzak Doğu ülkelerine kayması ve Almanya'nın söz konusu ülkelerin bu atılımına cevap verme isteği etkili olmuştur. Bu doğrultuda 2010'lardan itibaren üretimin her bir aşaması dâhil olmak üzere akıllandırılıp yeni nesil otomasyon sistemlerinin kurulması ve AI uygulamalarının geliştirilmesi Dördüncü Endüstri Devrimi adı altında yeni bir yıkıcılığı işaret etmiştir.

Almanya'nın ve Türkiye'nin Endüstri 4.0 dönüşümündeki farklarına bakıldığında ülkelerin dijitalleşme yolunda nerede olduklarını belirten Dijital Olgunluk Seviyesine göre Almanya, Üçüncü Endüstri Devrimiyle Endüstri 4.0 Devrimi arasında yer alan otomasyonlaşmasını tamamlamış ve yeni devrime doğru ilerleyen bir ülke konumundadır. Bu seviyeyle Almanya Endüstri 4.0 konusunda iyi bir donanımına sahip ve gelecek için iyi konumlanmış 25 lider ülke arasına girmiştir. Endüstriyel robot kullanımında oldukça gerilerde olan ülkelere göre Türkiye ise 2,7 puanla İkinci ile Üçüncü Endüstri Devrimleri arasında yer alan ve henüz otomasyonlaşmasını tamamlamamış ülkeler arasındadır. Bu durum ise Türkiye'yi Endüstri 4.0 konusunda iyi bir donanımına sahip ama geleceğiyle ilgili riskler barındıran 10 ülke arasına sokmaktadır.

Ülkelerin Endüstri 4.0 yürütücü aktörleri incelendiğinde Almanya'nın yürütücü aktörlerinin fonlama yaparak, akıllı fabrika kurarak ve araştırma merkezi açarak aktif şekilde görev aldığı ve Türkiye'nin yürütücü aktörlerinin ise henüz sahada yeterince aktif görev alma şansı bulamadığı ve bu süre zarfında başlangıç olarak yol haritası çıkarmak ve başkanlık kurmak gibi işin teorik kısımlarında ilerleme kaydetmeye çalıştığı görülmüştür. Ayrıca Almanya'da asıl görev BMAS, BMBF ve BMWi gibi ülkenin köklü bakanlıklarına aitken ve fonların neredeyse tamamı bu bakanlıklar tarafından sağlanıyorken, Türkiye'de cumhurbaşkanlığı bünyesinde yeni oluşumlar kurma yoluna gidilmiştir. İncelemeler doğrultusunda bu oluşumların emekleme aşamasında olduğu ve yeterli seviyede çalışmak için uğraştığı görülmüştür. Bu sebeple Türkiye'deki üniversiteler ve çeşitli kurumlar Endüstri 4.0 bileşenleri çerçevesinde

yaptıkları projelerin bütçelerini AB ve BM (Birleşmiş Milletler) kaynaklı oluşturmaktadırlar.

Almanya gibi gelişmiş olarak nitelendirilen ülkeler kendi endüstriyel robotlarını ve dijital ürünlerini geliştirip üretmekle beraber aynı zamanda bu ürünleri diğer ülkelere satmaktadırlar. Diğer yandan BİT alanında bu ülkelere geride olan ve devrimin bileşenlerinde en önemli katkıları sağlayan elektronik sektörünü geliştirme konusunda yolun başında olduğu görülen Türkiye ise şu an bulunduğu konuma göre diğer gelişmekte olan ülkeler gibi bu gelişmiş teknolojileri üretmekten ziyade çoğunlukla satın alıp üretim sistemine entegre eden tarafta yer almaktadır. Ayrıca gelişmekte olan ülkelerin çekici yanının ucuz işgücü olmasının teknolojik gelişmelerle ortadan kalkacağı öngörüldüğünden Türkiye'nin Endüstri 4.0 konusunda bir an evvel atılım yapması önerilebilir görünmektedir.

Türkiye'deki Endüstri 4.0'ın sanayi alanındaki gelişmelerine bakıldığında gelişmelerin çoğunun yabancı şirketler tarafından yapıldığı görülmektedir. Geliştirmede kullanılan teknolojiler çoğunlukla ithal edilerek sağlanan teknolojilerdir. Ayrıca otomotiv sektöründe son teknolojilerin kullanılıyor olmasının sebepleri arasında tüm üreticilerinin yabancı şirketler olması önemli rol oynamaktadır. Türkiye'de faaliyet gösteren ve Almanya menşeli çok uluslu şirketlerden olan Siemens, Bosch, Leuze Electronic gibi elektrik/elektronik üzerine üretim yapan şirketlerin çeşitli çalışmalar yaptıkları görülmektedir. Bazı işletmeler robot teknolojilerinin gelişmesi sayesinde emek istihdamına hiç gerek duyulmadan üretim yapılabildiği için “karanlık fabrika” diye tabir edilen üretim şekline geçiş yapmaya çalışmaktadır. Bu sayede ışığa, izinlere, yemek molalarına, iş güvenliğine ve tazminatlara gerek kalmamaktadır. Yine Türkiye'de ilk karanlık fabrika örneğini sunan bir Alman şirkettir. Ayrıca Türkiye'ye dijital dönüşüm konusunda rehber olması adına oluşturulan en büyük platformun sponsorluğunu yine bir Alman şirketi üstlenmiştir.

Teknolojideki gelişim savaşının en önemli odak noktalarından biri olan AI konusundaki gelişmelere bakıldığında Almanya, ülkeyi araştırma ve geliştirme anlamında güçlü kılmak ve üretkenlik seviyesini artırmak amacıyla çeşitli stratejileri

uygulamaya koymuştur. BMAS, BMBF ve BMWi tarafından yönetilen bu stratejiler için yüksek miktarda yatırım sağlanmış ve ileriye dönük bütçe planları yapılmıştır. Türkiye ise AI konusundaki ilk stratejisini 2021 yılında oluşturmuştur. Türkiye’de AI alışmaları daha yeni ve henüz yolun başında olmakla beraber umut verici niteliktedir. Üniversiteler, kendi bütçeleri elverdiğince projeler yürütmekte fakat bu projeler bütçe azlığı sebebiyle sııratıcı seviyeye ulaşamamaktadır. Yürütücü aktörlerin AI konusunda yolun başında olması, özel sektörü AI konusunda kendi çabalarıyla bir araya gelme yoluna itmiştir.

Geleceğin kara taşımacılığında bir dönüm noktası olacağı düşünülen elektrikli otomobiller konusundaki gelişmelere bakıldığında Almanya elektrikli araç satışlarını artırmaya yönelik vergi indirimi gibi politikalar izlemekte, firmaları sübvans e tmekte ve şarj istasyonu sayılarını sürekli artırmaktadır. Türkiye ise tam tersi bir şekilde elektrikli araçlara ek vergiler getirmektedir. Ayrıca şarj istasyonlarının yaygınlaştırılması için gerekli altyapı çalışmalarının hızlandırılması gerektiği görülmektedir. Bu aynı zamanda Endüstri 4.0’ın nc sektörlerinden iklim, evre ve enerji ile ters düşmektedir. Bu sebeple Almanya’da karbondioksit salınımı düzenli olarak azalırken Türkiye’de tam tersi bir şekilde artarak çevreyi olumsuz etkilemektedir.

Türkiye’nin mevcut durumundan yola çıkarak ülkenin otomasyonlaşma oranı %25 şeklinde hesaplanmıştır. Almanya’nın ise benzer şekilde %20-25 civarında olacağı tahmin edilmiştir. Almanya’nın otomasyonlaşma oranının Türkiye’den daha düşük olmasının birtakım sebepleri bulunmaktadır. Bu sebepler günümüzde hali hazırda Almanya’da yapılan üretimin Türkiye’ye göre daha fazla sermaye kullanılarak yapıılıyor olması, Almanya’nın bilgi ve teknoloji üreten bir ülke olması, otomasyonlaşma oranı oldukça yüksek olan tarım sektöründe istihdam edilenlerin sayısının Türkiye’ye göre yaklaşık 4 milyon daha az olması şeklinde sıralanabilmektedir.

Ülkelerin teknoloji seviyelerinin ve mevcut işlerin otomasyonlaşma oranlarının TSE sonuçlarında büyük bir etkisinin olduğu görülmektedir. Örneğin Almanya gelişmiş, en çok robot kurulumu yapan ve çalışan başına robot sayısı yüksek ülkelerden biri

olmasına rağmen mevcut işlerin otomasyonlaşma oranlarının düşük olması TSE sonucunun da düşük olmasını sağlamıştır. Türkiye'ye bakıldığında gelişmekte olan ülkeler kategorisinde yer almasına ve otomasyonlaşmaya duyarlı işlerin fazlalığına rağmen 5,1 seviyesindedir. Bunun sebebi ise ülkenin teknolojik seviyesinin işgücü hareketliliğinde büyük etki yaratacak güçte olmamasıdır.

Geleceğin istihdam ve işsizlik açısından nasıl olacağıyla ilgili daha önce olduğu gibi birbirine zıt görüşler bulunmaktadır. Endüstri 4.0 kavramı ortaya çıktığı zamandan beri ülkelerin yeni devrimle ilgili gelişim sürecine bakıldığında ülkelerin ekonomik seviyesinin çalışanların dönüşümünde yaşanacak sorunları büyük oranda etkileyeceği görülmektedir. Bu sebeple Almanya'nın ekonomik gücünün Türkiye'ye oranla daha yüksek olması Endüstri 4.0 Devriminde Almanya'nın daha şanslı tarafta yer almasını sağlamaktadır.

Endüstri 4.0, üretimi çok daha fazla dönüştüreceğinden otomasyonlaşmanın yüksek boyutta olacağı bir gelecekte az gelişmiş veya gelişmekte olan ülkelerde kitlesel işsizlik dalgalarının olabileceği düşünülmektedir. Rutin bir çalışma şekline sahip olduğu için oldukça öngörülebilir olan işlerin yeni teknolojilerle ikame edileceği ve sonunda kitlesel işsizliğin ortaya çıkacağı sonucuna ulaşılmaktadır. Türkiye gibi gelişmekte olan bir ülke için bu durum kritik önem arz etmektedir. Dünya genelinde düşük vasıflı işlerde çalışanların sayısının fazla olması ve otomasyonlaşma oranının yüksekliği Endüstri 4.0 Devriminin işler ve işgücü üzerinde yaratacağı büyük dönüşümü gözler önüne sermektedir. Dikkat çekilmeye çalışılan nokta tam olarak burasıdır. Milyonlarca düşük vasıflı çalışanın işsizlikle karşı karşıya kalması durumunda ekonomik sistemin onlara yeni iş yaratmada ve yeniden istihdam etmede geç kalması sonucu oluşabilecek sorunlar karşısında kayıtsız kalabileceğinden endişe duyulmaktadır. Diğer yandan ülkelerin rekabet avantajını koruyabilmesi için makinelerin yanında emek istihdam etmeyi sürdürmesi gerekmektedir. Dolayısıyla otomasyon nedeniyle yerlerinden edilen çalışanların kaybolan işler yerine ortaya çıkacak yeni işlere yöneleceği düşünülmektedir. Emekte nitelik değişiminin gerekeceği, insan-makine ve insan-robot arasında iş birliği sağlanacağı ve bununla beraber iş süreçlerinin dönüşeceği beklenmektedir. İşyerlerinin temelden değişeceği ve işlerle teknoloji arasında yeni bir düzeyde iş birliği gerekeceği öngörülmektedir.

Endüstri 4.0 dönüşümünde endüstriyel robot kurum oranlarının ve AI uygulamalarının artması sayesinde on yıllık süre içinde dünya genelinde istihdamda %6 oranında bir artış beklenmektedir. Almanya’da olduğu gibi Türkiye’de de Endüstri 4.0’ın yok edeceği işten daha fazlasını yaratacağı düşünülmektedir. Her iki ülkede sanayi sektöründeki istihdamın hizmet sektörüne kayarak özellikle de yazılım geliştirme ve bilgi işlem alanlarında istihdamı artırması beklenmektedir. Ayrıca yine teknolojik gelişmelere bağlı olarak düşük yetkinlik seviyesindeki işlerin dijital sistemlerle yapılmaya başlanması bu işlere yönelik emek talebini azaltması öngörülmektedir.

Endüstri 4.0 dönüşümünde eğitim konusunda Almanya kadar çok fazla projesi olmayan Türkiye’nin geliştirmelere ağırlık vermesi gerektiği görülmektedir. Ülkenin Endüstri 4.0’ın ihtiyaç duyduğu işgücü profiline kavuşması için oldukça önem taşıyan cazibe unsuru olma, matematik ve fen bilgisi eğitiminin kalitesi, STEM alanındaki mezun sayısı, mesleki eğitim kalitesi, öğrenci-öğretmen oranı, iş başında eğitim ve işgücü hareketliliği serbestisi, bilgi ve beceri yoğun üretimde kritik unsur olan eleştirel düşüncenin eğitimdeki yeri gibi bir dizi bileşen de oldukça Almanya’da göre negatif durumdadır. Diğer yandan Almanya bu bileşenler dâhil olmak üzere diğer birçok bileşende lider konumunu sürdürmektedir. Bu da Almanya’yı Endüstri 4.0 konusunda Türkiye’den daha iyi bir konuma yükseltmektedir. Eğitim seviyesi arttıkça işlerin öngörülebilir olması azaldığından dolayı eğitim seviyesiyle çoğu işin otomasyonlaşma oranı arasında ters orantının olduğunu söylemek mümkün görünmektedir. Otomasyonlaşma karşısında mavi yakalıların yüksek riskli seviyede olması ve bu yakanın gri yakaya dönüşmesi düşünüldüğünden Türkiye’deki dönüşümün Almanya’ya göre daha zorlu olabileceği öngörülmektedir.

Eğitim düzeyi ve ücret arttıkça bir işin otomasyonlaşma oranı azalmaktadır. Ayrıca odak noktası birebir insan olan işlerin otomasyonlaşma oranlarına bakıldığında oranının düşük olduğu gözlenmektedir. Otomasyonlaşma oranı az olan işlerin ortak noktaları eğitim seviyeleri ve ücretleri fark etmeksizin çok dar bir alana hitap etmeleri ve kendine özgü olmaları başka bir deyişle genellemeden uzak olmalarıdır. Endüstri 4.0 etkisiyle düşük vasıflı işlerde çalışan ve ürün satışı gerçekleştiren serbest çalışanların büyük çoğunluğunun otomasyonlaşma karşısında ilerleyen yıllarda işlerini değiştirerek farklı bir alanda uzmanlaşmaları gerekmektedir. Benzer bir durum şu an

bilgi yoğun olarak kabul edilen fakat öngörülebilir olduğu için otomasyonlaşma ihtimali yüksek olan kodlama, veri girişi elemanları, otomasyonlaşmaya duyarlı sektörlerdeki pazarlama danışmanları gibi işlerde de geçerlidir. Herhangi bir eğitim gerektirmeyen işlerin neredeyse tamamının otomasyonlaşacağı ve bu işlerde de emek istihdamına hemen hemen hiç ihtiyaç duyulmayacağı öngörülmektedir.

Ülkelerin satın alma gücü ve insanların gelir seviyeleriyle tele çalışma ile yapılabilecek işlerin oranları arasında net bir pozitif ilişkinin olduğu görülmektedir. Endüstri 4.0'ın esnek istihdam türlerine olan etkisine bakıldığında teknolojik gelişmelerin etkisiyle en yaygın tele çalışma türü olan evden çalışmaya olan talep her geçen gün artmaktadır. Almanya'nın satın alma gücünün ve insanların gelir seviyesinin Türkiye'den daha fazla olması sebebiyle Almanya'da esnek istihdam türleriyle iş ilişkisi kurulan çalışanların sayısının Türkiye'ye göre yüksek seviyede olacağı beklenmektedir. Ayrıca Covid-19 salgını bu süreci hızlandıran bir etki yaratmaktadır. Diğer yandan insan-bulut platformlarının gelişmesi sayesinde serbest çalışmaya olan talep her geçen gün artmakta olup bu tür yine Almanya'da Türkiye'den daha fazla görülmektedir.

Otomasyon sayesinde elde edilen verimlilik artışının daha yüksek ortalama ücretlere neden olmadığı ve bu teknolojilerin yarattığı farkın emek tarafından değil büyük ölçüde sermaye ve diğer faktörler tarafından kullanıldığı sonucuna varılmaktadır. Bu sebeple otomasyonlaşma riskiyle karşı karşıya kalan işlerde ücretler azalma yönünde bir seyir izlemektedir. Rutin görevleri yerine getiren düşük ve orta vasıflı çalışanlar artan robot kullanımı sebebiyle ücretlerinin düşmesi riskiyle daha çok karşı karşıya kalmaktadır. Ücret düşüşünün hemen hemen hepsinin bilgi yoğun sektörlerde çok olması ilk başta şaşırtıcı gibi görünmektedir. Fakat BİT ve AI'deki gelişmelerin çok hızlı olması seyretmektedir. Dolayısıyla bu sektörlerde veri toplama ve veri girişi yapma gibi diğer sektörlerle göre daha yüksek ücret ödenen işlerin otomasyonla kolaylıkla yapılacak olması akıllara getirildiğinde bunun beklenen bir sonuç olduğu görülmektedir. Ayrıca her ne kadar otomasyonlaşma oranları yüksek olsa da sektörde ödenen toplam ücret seviyesinin istihdam edilen çalışan sayısına oranı eğitim ve sağlık gibi sektörlerle göre çok daha düşüktür. Başka bir deyişle yüksek ücret ödenen işlerdeki otomasyonlaşma ücret toplamını düşük ücretli işlere göre daha fazla etkilemektedir.

Günümüz işletmelerinde stresin neden olduğu kayıp iş saatleri ve düşük verimliliğin maliyetinin çok yüksek seviyelerde olduğu belirtilmektedir. Endüstri 4.0 ile BİT kullanımının artması sayesinde yaptıkları işe göre bazı çalışanların iş yükünü ve iş sağlığını etkileyen riskler azaltılabilmekte veya işin tamamının veya belli bir kısmının teknolojilere devredip işin bu türden olumsuz yönleri ortadan kaldırılabilir. Ayrıca iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları robotlarla desteklenebilmekte, tehlikeli işlerde robotlar kullanılmakta ve böylece risklere karşı daha fazla önlem alınabilmektedir.

Bir işin gerektirdiği yetkinlik seviyesinin fazlalığıyla veya farklı türde yetkinlikler gerektirmesiyle o işin otomasyonlaşması ters orantılı olmaktadır. Çekirdek işgücünün sahip olduğu yetkinlik seviyesi çevre işgücünün yetkinlik seviyesinden daha yüksek olduğundan otomasyonlaşma karşısında çevre işgücünün daha şanssız olduğu görülmektedir. Öngörülebilir işlerin fazla olduğu ve böylece otomasyonlaşma ihtimali yüksek olan işlerde istihdam edilen çevre işgücünün öngörülebilir işlerin az olduğu ve böylece otomasyonlaşma ihtimali düşük olan işlerde istihdam edilen çekirdek işgücüne göre daha şanssız olduğu görülmektedir.

İş tatmini ve ücretler düştükçe ve iş güvencesi azaldıkça otomasyonlaşma oranı artmaktadır. Benzer şekilde kayıt dışı istihdamın yoğun olduğu sektörlerde otomasyonlaşma oranının daha fazla olduğu sonucuna varılmaktadır. Almanya ve Türkiye'nin kayıt dışı istihdam oranları karşılaştırıldığında oranın Türkiye'de daha yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Bu da Türkiye'de otomasyonlaşma oranının Almanya'ya göre bu sektörlerde daha fazla olacağı anlamına gelmektedir.

Endüstri 4.0'ın Türkiye'deki işlerin otomasyonlaşmasına olan etkisinin Almanya ve diğer gelişmiş ülkelere göre daha geç olması beklendiğinden Türkiye'deki beyaz yakalıların kendilerini üretim sistemi içinde yeniden konumlandırmada daha çok zamana sahip olması açısından Almanya'ya göre daha iyi bir pozisyonda olacağı düşünülmektedir. Bu avantaj aynı zamanda mavi yakalıları için de geçerlidir. Diğer yandan teknolojik gelişmelerle beraber otomasyonlaşma oranlarının artmasıyla mavi yakalıların işlerinin büyük bir kısmının robotlar ve AI teknolojileri tarafından yapılması uzun zamandır çeşitli araştırmalar tarafından gösterilmektedir. Bu

teknolojilerin mavi yakayla sınırlı kalmayıp beyaz yakalıların işlerini de ikame edeceği görülmektedir. Böylece yeni bir yaka türü olan “gri yakalı” işçilerin ortaya çıkması beklenmektedir.

Son olarak Endüstri 4.0’ın kadınlar ve erkekler üzerindeki etkilerine bakıldığında otomasyonlaşma karşısında farklı etkilere sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Yüksek eğitim seviyesi gerektiren pozisyonlarda erkekler ekseninde karakterize edilen işlerin otomasyonlaşma oranının kadınlar ekseninde karakterize edilen işlere göre yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Bunun sebebiyse erkeklerin iletişim, ekip çalışması, planlama ve organizasyon gerektiren işlerin aksine daha yüksek düzeyde teknik ve sayısal beceri gerektiren ve bu sebeple öngörülebilir olan işlerde daha çok istihdam ediliyor olması şeklinde belirtilmektedir. Diğer yandan düşük eğitim seviyesi gerektiren işlerde çalışan kadınların genel yapısının BİT ile mesafeli olmasının kendilerini geliştirmeleri yönünde dezavantaj yaratabileceği ve bunun da kadınların istihdam oranını düşürebileceği ihtimali söz konusudur. Kadınların daha çok hizmet sektöründe yer alması ve sektördeki yönetici ve uzman pozisyonlarında erkeklere oranla daha az tercih edilmesi otomasyonlaşma karşısında ilk yıllarda kadınların daha dezavantajlı olabileceği düşünülmektedir. Devam eden yıllarda otomasyonlaşma seviyesinin yükselmesiyle kadın ve erkek arasındaki bu dezavantaj farkının gittikçe azalacağı öngörülmektedir.

Yeni teknolojilerin gerektirdiği ortamın başarılı bir şekilde oluşturulmasında ve yeni gerçekliğe uyum sağlanmasında hükümetlerin izlediği doğru politikalar kritik rol oynamaktadır. Politikalarını uzun vadede doğru uygulayamayan hükümetlerin ülke ekonomisini riske atma ihtimali bulunmaktadır. Endüstri 4.0 konusunda geliştirmeler yaparak Türkiye’nin rekabet gücünü artırabilmek için çeşitli öneriler getirmek önem arz etmektedir. Bu öneriler şu şekilde sıralanabilmektedir:

- Dijital dönüşüm stratejileri toplumun tüm paydaşlarını içerecek şekilde düzenlenmelidir.
- Endüstri 4.0 doğrudan sosyoekonomik büyüme ile ilgili olduğundan politikalar ülkelerin sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde olmalıdır.

- Otomasyonlaşmanın çok sayıda işi ortadan kaldırması ve diğer yandan yeni işler yaratması beklendiğinden politikalar bu dönüşümü kontrol altına alabilecek şekilde düzenlenmelidir.
- Politikalar insanların yeni teknolojilere aşina olmalarına yardımcı olacak şekilde yapılmalıdır.
- Çalışanların işgücü piyasasında daha rekabetçi olabilmeleri için çalışanlara yönelik işle ilgili yeniden beceri kazandırma ve beceri yükseltme programları oluşturulmalıdır.
- Çocukların ve gençlerin uygun becerilere ve gerekli bilgilere sahip olarak işgücü piyasasına girebilmeleri için yeni teknolojilere yönelik eğitim ve öğretim sistemi oluşturulmalıdır. Ayrıca benzer eğitim programları yaşlıların işgücü piyasasında varlıklarını sürdürebilmesi için de düzenlenmelidir.
- Endüstri 4.0 Devriminin yüksek gelirli ve vasıflı insanlar ile düşük gelirli ve vasıfsız insanlar arasındaki uçurumu derinleştirerek gelir eşitsizliğini ve sosyal eşitsizliği artıracakı öngörülmektedir. Politikaların ve projelerin bu olumsuz sonuçları ortadan kaldıracak şekilde olmalıdır.
- Vergiler otomasyonlaşmadan yarar sağlayacak ve zarar görececek kişiler doğrusunda yeniden düzenlenmelidir.

KAYNAKÇA

- Accenture : **Accenture Türkiye Dijitalleşme Endeksi**, (Çevrimiçi) https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-42/Accenture-HBR-Rapor-Vodafone.pdf?en#zoom=50, 30 Aralık 2020.
- Acemoğlu, Daron, Pascual Restrepo : “Artificial Intelligence, Automation and Work”, 2018, (Çevrimiçi) <https://www.nber.org/papers/w24196>, 11 Mart 2020.
- " " : “Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets”, **Journal of Political Economy**, C. 128, S. 6, Haziran 2020, ss. 1-102.
- " " : “The Race Between Machine and Man: Implications of Technology for Growth, Factor Shares and Employment”, 2017, (Çevrimiçi) <https://www.nber.org/papers/w22252>, 11 Mart 2020.
- Adrian, Pawel : “The Meaning of The Work”, (Çevrimiçi) <https://www.themeaningofwork.co.uk/work-life>, 25 Ocak 2021.
- Aggarwal, Charu C. : **Data Mining**, New York, Springer International Publishing, 2015.
- Aghimien, Douglas O., v.d. : “Digitalisation in Construction Industry: Construction Professionals Perspective”, **Proceedings of the Fourth Australasia and South-East Asia Structural Engineering and Construction Conference**, Brisbane, 2018.
- Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı : “6356 Sayılı Sendikalar ve Toplu İş Sözleşmesi Kanunu Gereğince; İşkollarındaki İşçi Sayıları ve Sendikaların Üye Sayılarına İlişkin 2021 Ocak Ayı İstatistikleri Hakkında Tebliğ”, (Çevrimiçi) <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/01/20210131-6.pdf>, 15 Şubat 2021.

- Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı : “İşçi Sayıları ve Sendikaların Üye Sayıları Hakkında Tebliğler”, 2021a ve 2021b (Çevrimiçi) <https://ailevecalisma.gov.tr/istatistikler/calisma-hayati-istatistikleri/sendikal-istatistikler/isci-sayilari-ve-sendikalarin-uye-sayilari-hakkinda-tebligler/>, 15 Şubat 2021.
- " " : “Kamu Görevlileri Sendika Üye Sayıları Hakkında Tebliğler”, (Çevrimiçi) <https://www.ailevecalisma.gov.tr/tr-tr/istatistikler/calisma-hayati-istatistikleri/sendikal-istatistikler/kamu-gorevlileri-sendika-uye-sayilari-hakkinda-tebligler/>, 15 Şubat 2021.
- Ak, Mahmut, v.d. : “Kovid-19 Küresel Salgın Sürecinde İstanbul Üniversitesi Uzaktan Eğitim Uygulamalarına Bir Bakış”, **İstanbul Üniversitesi Sosyoloji Dergisi**, C. 40, S. 2, Eylül 2020, ss. 1-42.
- Alçın, Sinan : “Üretim İçin Yeni Bir İzlek Sanayi”, **Journal of Life Economics**, C.3, S.2, 2016, ss. 19-30.
- Anderl, Reiner : **Industrie 4.0 – Advanced Engineering of Smart Products and Smart Production**, Piracicaba, 2014.
- Anderson, Chris : **Makers: The New Industrial Revolution**, New York, Grown Business, 2012.
- Andersson, Per, Lars-Gunnar Mattsson : “Service innovations enabled by the “internet of things””, **IMP Journal**, C. 9, S. 1, Mayıs 2015, ss. 85-106.
- Ansal, Hacer : **Esnek Üretimde İşçiler ve Sendikalar (Post-Fordizm’de Üretim Esnekleşirken İşçiye Neler Oluyor?)**, Ankara, Birleşik Metal*İş Sen., 1999.
- Appunn, Kerstine, v.d. : “Germany’s energy consumption and power mix in charts”, (Çevrimiçi) <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-energy-consumption-and-power-mix-charts>, 15 Kasım 2020.

- Armbrust, Michael, v.d. : **Above the Clouds: A Berkeley View of Cloud Computing**, (Çevrimiçi) <https://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2009/EECS-2009-28.pdf>, 3 Ekim 2020.
- Arslan, Ulaş, Erkan Erdil : “New Technologies and Changes in Work Organization: A Survey”, **STPS Working Papers**, S.303, Mart 2003, ss. 1-45.
- Aslan, Şebnem, Şerife Güzel : "ENDÜSTRİ 4.0 GELİŞİM SÜRECİ VE SAĞLIKTA DİJİTAL DÖNÜŞÜM", **2nd International Congress On New Horizons In Education And Social Sciences (ICES-2019) Proceedings**, Haziran 2019, ss. 650-659.
- Audretsch, David B. : Manufacturing Policy Initiative at Spea – Insight into Manufacturing Policy: Why is German so Strong in Manufacturing?”, (Çevrimiçi) <https://manufacturingpolicy.indiana.edu/doc/insight/Insight%20March%202018.pdf>, 11 Kasım 2020.
- Automation Anywhere : “Automation Is Making Work ‘More Human,’ Global Research Reveals”, (Çevrimiçi) <https://www.automationanywhere.com/company/press-room/automation-is-making-work-more-human-global-research-reveals>, 31 Ocak 2021.
- Autor, David H. : “Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation”, **Journal of Economic Perspectives**, C.29, S.3, 2015, ss. 3-30.
- Autor, David H., David Horn : “The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labor Market”, **American Economic Review**, C. 103, S. 5, Ağustos 2013, ss. 1553-1597.
- Autor, David : “The Polarization of Job Opportunities in the U.S. Labor Market: Implications for Employment and Earnings”, 2010, (Çevrimiçi) <https://economics.mit.edu/files/5554>, 15 Şubat 2021.
- Avasthy, Tarun : **The Impact Of RPA On Employee Experience**, (Çevrimiçi) <https://www.uipath.com/resources/automation->

analyst-reports/forrester-employee-experience-rpa, 31 Ocak 2021.

Avrupa Birliği : “SANAYİ 4.0 BİLGİ NOTU”, (Çevrimiçi)
Bakanlığı https://www.ab.gov.tr/siteimages/resimler/Sanayi%204_0%20web.pdf, 21 Kasım 2020.

Aydemir, Cahit : “Türkiye’de İşgücü Yapısı, İşsizlik ve Kırsal Alan”, **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, C. 27, S. 1, 2013, ss. 115-138.

Aydoğanolu, Erkan : **Emek Sürecinde Dönüşüm**, Ankara, Kültür Sanat-Sen., 2011a.

" " : **Fabrikada Emek Denetimi**, İstanbul, Evrensel Basım Yayın, 2011b.

Aymerich, Maria, v.d. : “An approach to Cloud Computing network”, (Çevrimiçi) <https://ieeexplore.ieee.org/document/4664329>, 3 Ekim 2020.

Bain, Robert B. : “Children and the Industrial Revolution: Changes in Policy”, **OA Magazine of History**, C.15, S.1, 2000, ss. 48-56.

Baker, Mary : “Gartner Quarterly Update on Global Workforce Trends”, (Çevrimiçi) <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/gartner-quarterly-update-on-global-workforce-trends/>, 25 Ocak 2021.

Balachandran, Bala M., Shivaka Prasad : “Challenges and Benefits of Deploying Big Data Analytics in the Cloud for Business Intelligence”, **Procedia Computer Science**, C. 112, Eylül 2017, ss. 1112-1122.

Banger, Gürcan : **Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletme**, Ankara, Dorlion Yayınevi, 2016.

" " : **Endüstri 4.0 Ekstra**, 2. bs., Ankara, Dorlion Yayınevi, 2018.

- Bardi, Joe : “What is Virtual Reality? [Definition and Examples]”, (Çevrimiçi) <https://www.marxentlabs.com/what-is-virtual-reality/>, 8 Ekim 2020.
- Barner, Andreas, v.d. : **Industry-Science Research Alliance Prospect Study**, Çev. Eric Allen, Stuttgart, IRB Medeindienstleistungen, 2013.
- Bartodziej, Christoph Jan : **The Concept Industry 4.0: An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics**, Berlin, Springer Gabler, 2017.
- Bauer, Wilhelm, v.d. : “Rule Base for Operative Planning and Control of Flexible Labour Hours”, **IFAC Proceeding Volumes**, C. 47, S. 3, Ağustos 2014, ss. 10760-10765.
- Bauernhansl, Thomas, v.d. : **Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik**, Wiesbaden, Springer Vieweg, 2014.
- Bayrak, Ayşe : **Dünya’da ve Türkiye’de Sanayi’de Dijital Dönüşüm (Sanayi 4.0) İncelemesi ve Türkiye’nin Entegrasyonu İçin Değerlendirmeler**, (Çevrimiçi) https://digit4turkey.org/wp-content/uploads/2020/01/End%C3%BCstri_4.0_Raporu.pdf, 31 Aralık 2020.
- Bessen, James : **Learning by Doing: The Real Connection between Innovation, Wages, and Wealth**, New Haven, Yale University Press, 2015.
- Beyca, Ömer Faruk, v.d. : “Additive Manufacturing Technologies and Applications”, **Industry 4.0: Managing The Digital Transformation**, Ed. by., Alp Üstündağ ve Emre Çevikcan, Switzerland, Springer International Publishing, 2018, ss. 217-234.
- BIBB : “Industry 4.0 and the Consequences for Labour Market and Economy”, (Çevrimiçi) http://doku.iab.de/forschungsbericht/2015/fb0815_en.pdf, 31 Ağustos 2020.

- Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı : “Türkiye’nin Sanayi Devrimi ‘Dijital Türkiye’ Yol Haritası”, 2018, (Çevrimiçi)
https://www.gmka.gov.tr/dokumanlar/yayinlar/2023_Dijital-Turkiye-Yol-Haritasi.pdf, 22 Kasım 2020.
- " " : “Türkiye Yazılım Sektörü Stratejisi ve Eylem Planı (2017-2019)”, 2017, (Çevrimiçi)
http://www.sp.gov.tr/upload/xSPTemelBelge/files/OT3tA+Turkiye_Yazilim_Sektoru_Stratejisi_ve_Eylem_Plani_2017-2019_.pdf, 22 Kasım 2020.
- Bledowski, Krzysztof : “The Internet of Things: Industrie 4.0 vs. The Industrial Internet”, (Çevrimiçi)
<https://mapifoundation.org/economic/2015/7/23/the-internet-of-things-industrie-40-vs-the-industrial-internet>, 11 Eylül 2020.
- BMAS : “Re-imagining Work: Green Paper Work 4.0”, 2015, (Çevrimiçi)
https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/Publikationen/arbeiten-4-0-green-paper.pdf?__blob=publicationFile&v=1, 13 Şubat 2021.
- " " : “Re-imagining Work: White Paper Work 4.0”, 2017, (Çevrimiçi)
https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/EN/PDF-Publikationen/a883-white-paper.pdf?__blob=publicationFile, 13 Şubat 2021.
- BMBF : **Berufsbildung 4.0 – den digitalen Wandel gestalten: Programme und Initiativen des BMBF**, Berlin, BMBF, 2018b.
- " " : **ICT 2020: Research for Innovations**, Rösrath, Locher Print- & Medienproduktion, 2007.
- " " : **Research and innovation that benefit the people: The High-Tech Strategy 2025**, Berlin, BMBF, 2018a.

BMBF		: The High-Tech Strategy 2025 Progress Report , Berlin, BMBF, 2019.
" "	" "	: Self-determined and secure in the digital world 2015-2020: The German Government's research framework programme on IT security , Berlin, BMBF, 2015.
" "	" "	: "Project of the Future: Industry 4.0", 2020a, (Çevrimiçi) https://eapad.dk/resource/project-of-the-future-industry-4-0/ , 5 Eylül 2020.
" "	" "	: "The Information Society", 2020b, (Çevrimiçi) https://www.bmbf.de/en/the-information-society-2353.html , 28 Ekim 2020.
" "	" "	: "Nationale Weiterbildungsstrategie", 2020c, (Çevrimiçi) https://www.bmbf.de/de/nationale-weiterbildungsstrategie-8853.html , 8 Kasım 2020.
" "	" "	: "Digitalpakt Schule: Das sollten Sie jetzt wissen", 2020d, (Çevrimiçi) https://www.bmbf.de/de/wissenswertes-zum-digitalpakt-schule-6496.php , 8 Kasım 2020.
" "	" "	: Daten helfen heilen - Innovationsinitiative "Daten für Gesundheit": Roadmap für eine bessere Patientenversorgung durch Gesundheitsforschung und Digitalisierung , Berlin, BMBF, 2020e.
BMWi		: AUTONOMIK für Industrie 4.0 Produktion, Produkte, Dienste im multidimensionalen Internet der Zukunft , Mülheim an der Ruhr, Druckerei Thierbach, 2012.
" "	" "	: "mFUND: An overview", 2020a, (Çevrimiçi) https://www.bmvi.de/EN/Topics/Digital-Matters/mFund/mFund.html , 11 Kasım 2020.
" "	" "	: "mCLOUD", 2020b, (Çevrimiçi) https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/Articles/DG/mCLOUD.html , 11 Kasım 2020.

- BMWİ : “Klimaschutz: Abkommen von Paris”, 2020c, (Çevrimiçi)
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Industrie/klimaschutz-abkommen-von-paris.html> , 13 Kasım 2020.
- " " : “7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung
Einleitung: Innovationen für die Energiewende”, 2020d,
(Çevrimiçi)
<https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/Energieforschung/energieforschung-7-energieforschungsprogramm.html>, 15 Kasım 2020.
- Bogert, Antonie, v.d. : “A real-time system for biomechanical analysis of human movement and muscle function”, **Medical & Biological Engineering & Computing**, C. 51, S.10, ss. Ekim 2013, 1069-1077.
- Boğaziçi Üniversitesi Endüstri Platformu 4.0 : **Türkiye’de Dijital Dönüşüm Değerlendirme Aracı (D3A) 2019 - 2020 Sonuç Raporu**, (Çevrimiçi)
<http://industry4zero.boun.edu.tr/wp-content/uploads/2020/07/Sonuc-Raporu-v2.pdf>, 27 Aralık 2020.
- Bond, Robert M., v.d. : “A 61-million-person experiment in social influence and political mobilization”, (Çevrimiçi) **Nature**, C. 489, Eylül 2012, ss. 295-298.
- Bonneau, Vincent, Bertrand Copigneaux : “Digital Transformation Monitor - Industry 4.0 in agriculture: Focus on IoT aspects”, (Çevrimiçi)
https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Agriculture%204.0%20IoT%20v1.pdf, 16 Kasım 2020.
- Botella, Cristina, v.d. : “Virtual Reality in the Treatment of Claustrophobic Fear: A Controlled, Multiple-Baseline Design”, **Behavior Therapy**, C. 31, S. 3, 2000, ss. 583-595.
- Bozkurt, Veysel : **Enformasyon Toplumu ve Türkiye**, Üçüncü Baskı, İstanbul, Sistem Yayıncılık, 2000.

- BP : **Statistical Review of World Energy 2020 | 69th edition**, (Çevrimiçi) <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>, 19 Şubat 2021.
- Brandt, Siegmund : **Data Analysis: Statistical and Computational Methods for Scientists and Engineers**, New York, Springer International Publishing, 2014.
- Braverman, Harry : **Emekçi ve Tekelci Sermaye: Yirminci Yüzyılda Çalışmanın Değersizleşmesi**, Çev. Çiğdem Çıdamlı, İstanbul, Kalkedon Yayınları, 2008.
- Brynjolfsson, Erik ve Andrew McAfee : **The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies**, New York, W. W. Norton & Company, 2014.
- " " : "Human Work in the Robotic Future Policy for the Age of Automation", 2016, (Çevrimiçi) <https://www.foreignaffairs.com/articles/2016-06-13/human-work-robotic-future>, 17 Ekim 2020.
- BTYK : "BTYK'nın 29. Toplantısı: Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Çalışma Yapılması", (Çevrimiçi) https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/2016_101.pdf, 21 Kasım 2020.
- Business Software Alliance (BSA) : **Software Management: Security Imperative, Business Opportunity BSA GLOBAL SOFTWARE SURVEY JUNE 2018**, (Çevrimiçi) https://gss.bsa.org/wp-content/uploads/2018/05/2018_BSA_GSS_Report_en.pdf, 19 Şubat 2021.
- Cabrelli, David, Richard Graveling : "Health and safety in the workplace of the future", (Çevrimiçi) [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/638434/IPOL_BRI\(2019\)638434_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/638434/IPOL_BRI(2019)638434_EN.pdf), 14 Şubat 2021.

- Cheng, Yang, v.d. : “International manufacturing network: past, present, and future”, **International Journal of Operations & Production Management**, C. 35, S. 3, Mart 2015, ss. 392-429.
- Cheron, Arnaud, “Labour Market Institutions and Technological
Francois Langot, Unemployment”, **Economica**, C.78, S.309, Ocak 2011, ss.
Eva Moreno- 159-186.
Galbis:
- Chute, Chaloner, : Introducing Care 4.0: An Integrated Care Paradigm Built on
Tara French Industry 4.0 Capabilities, **International Journal of
Environmental Research and Public Health**, C. 16, S. 2247,
Haziran 2019, ss. 1-17.
- Clark, Jack, : **Artificial Intelligence Index Report 2021**, (Çevrimiçi)
Raymond Perrault [https://aiindex.stanford.edu/wp-
content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report_Master.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2021/03/2021-AI-Index-Report_Master.pdf),
3 Mart 2021.
- Clean Energy Wire : “Germany’s Energiewende in brief”, (Çevrimiçi)
[https://www.cleanenergywire.org/germanys-energiewende-
brief](https://www.cleanenergywire.org/germanys-energiewende-brief), 15 Kasım 2020.
- Covey, Stephen R. : **The 8th Habit: From Effectiveness to Greatness**,
Washington, Free Press, 2004.
- Çelik, Nuray, : “Endüstri 4.0 Sisteminde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim
Emine Can Sistemi Muhtemel Problemleri ve Çözüm Önerileri”, **OHS
ACADEMY**, C. 2, S. 3, 2019, ss. 119-126.
- Çelik, Şenol Deniz : “Post-Endüstriyel Çağda Emeğin Dönüşümü”, (Çevrimiçi)
[http://www.academia.edu/28718807/PostEndüstriyel_Çağda
_Emeğin_Dönüşümü.docx](http://www.academia.edu/28718807/PostEndüstriyel_Çağda_Emeğin_Dönüşümü.docx), 31 Ağustos 2020.
- Çevre ve Şehircilik : “BMİDÇS ve Türkiye”, (Çevrimiçi)
Bakanlığı <https://iklim.csb.gov.tr/bmidcs-ve-turkiye-i-4376>, 31 Aralık
2020.

- Da Xu, Li : “Enterprise Systems: State-of-the-Art and Future Trends”, **IEEE Transactions on Industrial Informatics**, C. 7, S. 4, Kasım 2011, ss. 630-640.
- daCosta, Francis, Byron Henderson : **Rethinking the Internet of Things: A Scalable Approach to Connecting Everything**, New York, Apress, 2013).
- Daten Ethik : **Opinion of the Data Ethics Commission**, Potsdam, Brandenburgische Universitätsdruckerei und Kommission Verlagsgesellschaft, 2019.
- Davenport, Thomas : “Big Data in Big Companies”, (Çevrimiçi) H., Jill Dychê https://docs.media.bitpipe.com/io_10x/io_102267/item_725049/Big-Data-in-Big-Companies.pdf, 23 Eylül 2020.
- Davies, Ron : “Industry 4.0: Digitalisation for productivity and growth”, (Çevrimiçi) [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI\(2015\)568337_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2015/568337/EPRS_BRI(2015)568337_EN.pdf), 13 Ekim 2020.
- Deane, Phyllis : **İlk Sanayi Kitabı**, Çev. Tefik Güran, İstanbul, Türk Tarih Kurumu, 2000.
- Delorme, Sebastien, v.d. : “NeuroTouch: a physics-based virtual simulator for cranial microneurosurgery training”, **Neurosurgery**, C. 71, S.1, Eylül 2012, ss. 32-42.
- Demir, Kadir : “Industry 5.0 and a Critique Of Industry 4.0”, **4th Alparslan, Halil International Management Information Systems Conference “Industry 4.0”**, Ekim 2017, ss. 1-17.
- Demirdağ, Kübra : “Industry 4.0: Literature Review And Thematic Analysis”, Şimşek, Nihan **Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Zirvesi 2018–ETMS2018**, 2018.
- Yıldırım
- DESTATIS : “Persons engaged in economic activity, Germany”, 2021a, (Çevrimiçi) <https://www.destatis.de/EN/Themes/Labour/Labour->

Market/Employment/Tables/personse-economic-activity.html, 19 Ocak 2021.

DESTATIS : “Registered Unemployed, Unemployment”, 2021b, (Çevrimiçi) <https://www.destatis.de/EN/Themes/Economy/Short-Term-Indicators/Long-Term-Series/Labour-Market/lrarb003ga.html>, 19 Ocak 2021.

" " : “Core of persons in employment by type of employme”, 2021c, (Çevrimiçi) <https://www.destatis.de/EN/Themes/Labour/Labour-Market/Employment/Tables/atyp-kern-erwerb-erwerbsform-zr.html>, 21 Ocak 2021.

" " : “Germany, years, sex, age groups, vocational qualification attained”, 2021d, (Çevrimiçi) <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=tabelleErgebnis&selectionname=12211-0041&transponieren=true&language=en#abreadcrumb>, 11 Şubat 2021.

DFKI : “Project: Cypros”, (Çevrimiçi) <https://www.dfki.de/en/web/research/projects-and-publications/projects-overview/project/cypros/>, 27 Ekim 2020.

DFKI GmbH : “AUTOASSERT: Simulation-based Design Tool for Automated Checking of Analog-digital Electronic Systems”, (Çevrimiçi) <https://www-cps.hb.dfki.de/research/projects/AUTOASSERT>, 13 Kasım 2020.

Die Bundesregierung : “Die Neue Hightech-Strategie Innovationen für Deutschland”, 2014, (Çevrimiçi) https://www.bmbf.de/upload_filestore/pub_hts/HTS_Broschüre_Web.pdf, 11 Eylül 2020.

- Die Bundesregierung : “Die intelligente Fabrik”, 2016, (Çevrimiçi) <https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/die-intelligente-fabrik-239742>, 3 Kasım 2020.
- " " : “Was unternimmt Deutschland? Weniger Emissionen, mehr Energieeffizienz”, 2017, (Çevrimiçi) <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/energiewende/weniger-emissionen-mehr-energieeffizienz-439688>, 14 Kasım 2020.
- " " : “Klimaschutzprogramm 2030”, 2019, (Çevrimiçi) <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/klimaschutz/klimaschutzprogramm-2030-1673578>, 14 Kasım 2020.
- Dignan, Larry : “Top Cloud Providers in 2020: AWS, Microsoft Azure, and Google Cloud, hybrid, SaaS players”, (Çevrimiçi) <https://www.zdnet.com/article/the-top-cloud-providers-of-2020-aws-microsoft-azure-google-cloud-hybrid-saas/>, 3 Ekim 2020.
- Dignum, Virginia : “Responsible Autonomy,” **Twenty Sixth International Joint Conference on Artificial Intelligence Proceeding Book**, 19-25 Ağustos 2017, s.4698-4704.
- Dijital Dönüşüm Ofisi : “Hakkımızda”, 2020a, (Çevrimiçi) <https://cbddo.gov.tr/hizmet-birimlerimiz/>, 22 Kasım 2020.
- Dijital Dönüşüm Ofisi : “Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi ve Yapay Zekâ Enstitüsü Çalıştayları Düzenlendi”, 2020b, (Çevrimiçi) <https://cbddo.gov.tr/haberler/4688/ulusal-yapay-zeka-stratejisi-ve-yapay-zeka-enstitusu-calistaylari-duzenlendi>, 25 Aralık 2020.
- " " : “AçıkVeri Projesi”, 2020c, (Çevrimiçi) <https://cbddo.gov.tr/projeler/acik-veri/>, 25 Aralık 2020.

- Dijital Dönüşüm Ofisi : “Siber Kümelenme Projesi”, 2020d, (Çevrimiçi) <https://cbddo.gov.tr/projeler/siber-kumelenme/>, 26 Aralık 2020.
- " " : “Ulusal Yapay Zekâ Stratejisi 2021-2025”, (Çevrimiçi) <https://cbddo.gov.tr/SharedFolderServer/Genel/File/TR-UlusalYZekaStratejisi2021-2025.pdf>, 7 Ekim 2021.
- Dijital Hastane : “HIMSS (Healthcare Information and Management Systems Society - Sağlık Bilgi ve Yönetim Sistemleri Topluluğu)”, (Çevrimiçi) <https://dijitalhastane.saglik.gov.tr/TR,4871/himss-healthcare-information-and-management-systems-society---saglik-bilgi-ve-yonetim-sistemleri-toplulugu.html>, 23 Aralık 2020.
- Dijital Platformu Türkiye : “Dijitalleşme Yolunda Türkiye”, (Çevrimiçi) http://www.tubisad.org.tr/tr/images/pdf/dtp_dijitallesmeyolu.ndatr.pdf, 30 Aralık 2020.
- Dilek, Gizem Öztürk : “Yapay Zekanın Etik Gerçeği”, **AUSBD**, C. 2, S. 4, Aralık 2020, ss. 47-59.
- Dingel, Jonathan I, Brent Neiman : “How many jobs can be done at home?”, **Journal of Public Economics**, C. 189, Eylül 2020, ss. 1-8.
- DLR : “Forschungs- und Demonstrationsplattform H2ORIZON”, (Çevrimiçi) https://www.dlr.de/ra/desktopdefault.aspx/tabid-13851/6570_read-58426/, 15 Kasım 2020.
- Doguc, Özge : “Robot Process Automation (RPA) and Its Future”, **Handbook of Research on Strategic Fit and Design in Business Ecosystems**, Ed. by. Umit Hacioglu, IGI Global, 2020, ss. 469-492.
- Doktar : “Dijital Tarım”, 2020a (Çevrimiçi) <https://www.doktar.com/tr/dijital-tarim>, 3 Ocak 2021.
- Doktar : “Sayılarla Doktar”, 2020b, (Çevrimiçi) <https://www.doktar.com/tr/sayilarla-doktar>, 3 Ocak 2021.

- Dolton, Peter : “Working hours: Past, present, and future Work hours have been falling in developed countries—But where will they go in the future?”, **IZA World of Labor**, C. 406, Kasım 2017, ss. 1-10.
- Domingo, Mari : “An Overview of Internet of Things for People with
Carmen Disabilities”, **Journal of Networks and Computer Applications**, C.35, S.2, 2012, ss. 584-596.
- Dumbrowski, Uwe, : “Mental strain as field of action in the 4th industrial
Tobias Wagner revolution”, **Prodecia CIRP**, C. 17, Şubat 2014, ss. 100-105.
- Efe, Ahmet, : “A General View of Industry 4.0 Revolution from
Abdullah Işık Cybersecurity Perspective”, **International Journal of
Intelligents Systems and Applications in Engineering**, C. 8,
S.1, Mart 2020, ss. 11-20.
- Eğilmez, Mahfi : “Endüstri 4.0”, (Çevrimiçi)
<https://www.mahfiegilmez.com/2017/05/endustri-40.html>, 3
Mart 2021.
- Eklund, Matti : “Deconstructing Ontological Vagueness”, **Canadian
Journal of Philosophy**, C. 38, S. 1, Mart 2008, ss. 117-140.
- Endeksa : “Türkiye Eğitim Düzeyi”, (Çevrimiçi)
<https://www.endeksa.com/tr/analiz/turkiye/demografi>, 11
Şubat 2021.
- Enerji Piyasası : “Ocak 2018 Dönemi Kabul Edilen Ar-Ge Projeleri”,
Düzenleme Kurumu (Çevrimiçi)
<https://www.epdk.gov.tr/Detay/DownloadDocument?id=5lZ2Rjk8pdw>, 1 Ocak 2021.
- Enerji ve Tabii : “2019-2023 Stratejik Planı”, (Çevrimiçi)
Kaynaklar https://sp.enerji.gov.tr/ETKB_2019_2023_Stratejik_Planı.pdf
Bakanlığı f, 2 Ocak 2021.
- Eriş, Engin Deniz, : “Mavi-Beyaz Yaka Dönemi Bitti mi? İş Yaşamında
v.d. Alternatif Yaka Renkleri Üzerine Bir Değerlendirme”,

Journal of Yaşar University, C. 15, S. 58, Nisan 2020, ss. 259-269.

Ertürk, Abbas : “2023 Eğitim Vizyonu: Sorunlara Çare Mi?”, **Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi**, S. 48, Ağustos 2019, ss. 321-345.

Esengün, Mustafa, Gökhan İnce : “The Role of Augmented Reality in the Age of Industry 4.0” **Industry 4.0: Managing the Digital Transformation**, Ed. by. Alp Ustundag and Emre Cevikcan, Switzerland, Springer International Publisher, 2018, ss. 201-215.

Eskişehir Valiliği : “ETİ Maden Lityum Karbonat Üretim Tesisi Törenle Açıldı”, (Çevrimiçi) <http://www.eskisehir.gov.tr/eti-maden-lityum-karbonat-uretim-tesisi-torenle-acildi>, 28 Aralık 2020.

European Commission : “Intelligent transport systems: Vehicle Safety Systems”, (Çevrimiçi) https://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/application_areas/vehicle_safety_systems_en, 3 Ekim 2021.

European Patent Office : “Digital technologies take top spot in European patent applications”, (Çevrimiçi) <https://www.epo.org/news-events/news/2020/20200312.html>, 19 Şubat 2021.

Fatorachian Hajar, Hadi Kazemi : “A critical investigation of Industry 4.0 in manufacturing: theoretical operationalisation framework”, **Production Planning & Control**, C. 29, S. 8, Ocak 2018, ss. 633-644.

Fellowes : “Meet Emma: Our Work Colleague of the Future”, (Çevrimiçi) <https://www.fellowes.com/gb/en/resources/fellowes-introduces/work-colleague-of-the-future.aspx>, 14 Şubat 2021.

Fırat, Seniye Ümit, Oktay Zihni Fırat : “Sanayi 4.0 Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye”, **Toprak İşveren Dergisi**, S. 114, 2017, ss. 10-23.

- Financial Express : “Labour Ministry proposes 12 working hours, higher than 8 hours/day in OSH Code passed by Parliament”, (Çevrimiçi) <https://www.financialexpress.com/industry/labour-ministry-proposes-12-working-hours-higher-than-8-hours-day-in-osh-code-passed-by-parliament/2133033/>, 23 Ocak 2021.
- FONA : “Ressourceneffiziente Kreislaufwirtschaft – Bauen und Mineralische Stoffkreisläufe (ReMin)”, 2018, (Çevrimiçi) <https://www.fona.de/de/massnahmen/foerdermassnahmen/ressourceneffiziente-kreislaufwirtschaft-bauen-und-mineralische-stoffkreislaufe.php>, 14 Kasım 2020.
- FONA : “Wasser-Forschung und Wasser-Innovationen für Nachhaltigkeit - Wasser:N”, 2019 (Çevrimiçi) <https://www.fona.de/de/wasser-forschung-und-wasser-innovationen-fuer-nachhaltigkeit-wassern>, 14 Kasım 2020.
- " " : “Förderinitiative Solares Bauen / Energieeffiziente Stadt”, (Çevrimiçi) 2020 <https://www.fona.de/de/massnahmen/foerdermassnahmen/foerderinitiative-solares-bauen.php>, 15 Kasım 2020.
- Fraunhofer : “Feature Topics: Cyber Physical Systems”, (Çevrimiçi) https://www.izm.fraunhofer.de/en/feature_topics/cyber-physical-systems.html, 13 Kasım 2020.
- Freeman, Chris, : **As Time Goes By: From the Industrial Revolutions to the Information Revolution**, Oxford, Oxford University Press, 2001.
Francisco Louca
- Frey, Carl Benedikt, : “THE FUTURE OF EMPLOYMENT: HOW SUSCEPTIBLE ARE JOBS TO COMPUTERISATION?”, (Çevrimiçi) https://www.oxfordmartin.ox.ac.uk/downloads/academic/The_Future_of_Employment.pdf, 15 Ocak 2021.
Michael A. Osborne
- Froggatt, Carla : “What is the Forth Industrial Revolution, How Will Affect My Career?”, (Çevrimiçi) <http://blogs.nottingham.ac.uk/careers/2018/02/02/fourth-industrial-revolution/>, 13 Ocak 2020.

- Gazi Üniversitesi : “Türkiye’de Bir İlk: Türk Beyin Projesi Cumhurbaşkanlığı Dijital Dönüşüm Ofisi ve Gazi Üniversitesi İş Birliği İle Hayata Geçirildi”, (Çevrimiçi) <http://mf.gazi.edu.tr/posts/view/title/turkiye%E2%80%99de-bir-ilk-turk-beyin-projesi-cumhurbaskanligi-dijital-donusum-ofisi-ve-gazi-universitesi-is-birligi-ile-hayata-gecirildi-255338>, 22 Aralık 2020.
- GEF : “Sustainable Use of Biomass to Assist the Development of Turkey's Economy Towards Green Growth”, (Çevrimiçi) <https://www.thegef.org/project/sustainable-use-biomass-assist-development-turkeys-economy-towards-green-growth>, 3 Ocak 2021.
- Geisberger, Eva, Manfred Broy : **Living in a networked world: Integrated research agenda Cyber-Physical Systems (agendaCPS)**, Munich, Herbert Utz Verlag, 2014.
- Geissbauer, Reinhard, v.d. : “Industry 4.0: Building The Digital Enterprise”, 2016, (Çevrimiçi) <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>, 5 Haziran 2020.
- " " : “Industry 4.0: Opportunities of Challenges of the Industrial Internet”, 2014, (Çevrimiçi) <https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-industrie-4-0.pdf>, 6 Ekim 2020.
- Gentner, Stephan : “Industry 4.0: Reality, Future or just Science Fiction? How to Convince Today’s Management to Invest in Tomorrow’s Future! Successful Strategies for Industry 4.0 and Manufacturing IT”, **Chimia International Journal of Chemistry**, C.70, S.9, Eylül 2016, ss. 628-633.
- Gershenfeld, Neil, JP Vasseur : “As Objects Go Online: The Promise (and Pitfalls) of the Internet of Things”, (Çevrimiçi) <https://www.foreignaffairs.com/articles/2014-02-12/objects-go-online>, 12 Temmuz 2020.

- Ghosh, Abhirup : **Cloud Computing**, (Çevrimiçi)
https://www.cse.iitb.ac.in/~abhirup09/Docs/cloud_computing_final_report.pdf, 3 Ekim 2020.
- Giattioni, Charlie, v.d. : “Working Hours”, (Çevrimiçi)
<https://ourworldindata.org/working-hours>, 5 Ekim 2021.
- Gilchrist, Alasdair : **Industry 4.0: The Industrial Internet of Things**, California, Apress Media, 2016.
- Gottfried, Heidi : “Compromising Positions: Emergent Neo-Fordisms and Embedded Gender Contracts”, **The British Journal of Sociology**, C.51, S.2, 2000, ss. 235-259.
- Görçün, Ömer Faruk : **Endüstri 4.0**, İstanbul, Beta Yayınları, 2017.
- Görmüş, Ayhan : “1990’dan Günümüze Türkiye’de İstihdamın Değişim Trendi ve Ulusal İstihdam Stratejisi İhtiyacı”, **Kamu-İş**, C. 10, S. 4, 2009, ss. 105-133.
- " " : “Toplu Pazarlık Kapsamını Etkileyen Faktörler: Karşılaştırmalı Endüstri İlişkileri Temelinde Türk Endüstri İlişkileri Sisteminin Modernizasyonu”, **Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi**, C. 78, 2020, ss. 63-109.
- " " : “The Rise of Smart Factories in the Fourth Industrial Revolution and Its Impacts on the Textile Industry”, **International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing**, C. 6, S. 2, Nisan 2018, ss. 136-141.
- Graetz, Georg, Guy Michaels : “Robots at Work”, (Çevrimiçi)
<http://cep.lse.ac.uk/pubs/download/dp1335.pdf>, 10 Eylül 2020.
- Grinaker, Siw : “AI – what artificial intelligence is and is not”, (Çevrimiçi)
<https://enonic.com/blog/ai-what-artificial-intelligence-is>, 16 Şubat 2021.

Guisto, Daniel, v.d. : **The Internet of Things: 20th Tyrrhenian Workshop on Digital Communications**, New York, Springer, 2010.

Gür, Nurullah, Sadık Ünay, Şerif Dilek: : **Sanayiye Yeniden Düşünmek: Küresel Teknolojik Dönüşümün Dünya ve Türkiye Ekonomisine Yansımaları**, Ankara, Seta Yayınları, 2017.

Gürsul, Fatih, v.d. : “Üniversite Öğrencilerinin Askerlik Süresine Ve Askere Alma Yöntemlerine İlişkin Görüşleri”, **Uluslararası Yükseköğretim Kongresi: Yeni Yönelişler ve Sorunlar**, C. 3, İstanbul, 2011, ss. 2014: 2021.

Habel, Pia : “5G for Germany”, (Çevrimiçi) <https://www.telekom.com/en/media/media-information/archive/5g-for-germany-598886>, 9 Kasım 2020.

Hagele, Martin, v.d. : **Industrial Robotics**, Berlin, Springer, 2008.

Harris, Briony : “Working Fewer Hours Makes You More Efficient. Here’s the Proof”, (Çevrimiçi) <https://www.brinknews.com/working-fewer-hours-makes-you-more-efficient-heres-the-proof/>, 25 Ocak 2021.

HAVELSAN : “Yeni Nesil Haberleşme”, (Çevrimiçi) <https://www.havelsan.com.tr/inovasyon/yeni-teknolojiler/inovasyon-ar-ge/yeni-nesil-haberlesme/yeni-nesil-haberlesme>, 26 Aralık 2020.

Havens, John : **Hacking Happiness: Why Your Personal Data Counts and How Tracking it Can Change the World**, New York, TarcherPerigee, 2014.

Hawksworth, John, v.d. : “Will robots really steal our jobs? An international analysis of the potential long term impact of automation”, (Çevrimiçi) <https://www.pwc.com.tr/tr/gundemdeki-konular/ekonomi/otomasyon-mevcut-isleri-nasil-sekillendirecek.pdf>, 20 Ocak 2021.

- Hazine ve Maliye Bakanlığı : “Ekonomik Göstergeler”, (Çevrimiçi) <https://ms.hmb.gov.tr/uploads/2020/12/aylikekonomikgosterge31122020.pdf>, 27 Aralık 2020.
- Heath, Steve : **Embedded Systems Design**, Oxford, Newnes, 2003.
- Heineke, Kersten, v.d. : “From no mobility to future mobility: Where COVID-19 has accelerated change”, (Çevrimiçi) <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/from-no-mobility-to-future-mobility-where-covid-19-has-accelerated-change#>, 16 Ocak 2021.
- Herrmann, Christoph, v.d. : “Sustainability in Manufacturing and Factories of the Future”, **International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology**, C.1, N.4, Ekim 2014, ss. 283-292.
- Herrmann, Mario, v.d. : “Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios”, **2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences**, C.1530-1605, S.16, Ocak 2016, ss. 3928-3937.
- HIMMS Eurasia : “HIMMS 6 ve 7 Hastaneleri”, (Çevrimiçi) <https://himsseurasia.com/himss-6-ve-7-hastaneleri>, 23 Aralık 2020.
- HIMMS Türkiye : “Türkiye Hastanelerinde Elektronik Tıbbi Kayıt Kamu hastaneleri değerlendirme sonuçları”, (Çevrimiçi) <https://dosyamerkez.saglik.gov.tr/Eklenti/2808,dijital-hastane-degerlendirme-calistayi-sunum-1pdf.pdf>, 23 Aralık 2020.
- Higham, William : **The Work Colleague of the Future: A report on the long-term health of office workers**, (Çevrimiçi) https://assets.fellowes.com/skins/fellowes/responsive/gb/en/resources/work-colleague-of-the-future/download/WCOF_Report_EU.pdf, 14 Şubat 2021.
- Hobsbawm, Eric John : **Industry and Empire: From 1750 to the Present Day**, London, Penguin Books, 1999.

- Holden, Roger N. : “The Origins of the Power Loom Revisited”, **The International Journal for the History of the Engineering and Technology**, C.84, S.2, Temmuz 2014, ss. 135-159.
- Hopkins, Eric : “Working Hours and Conditions during the Industrial Revolution: A Re-Appraisal”, **The Economic History Review**, C.35, S.1, Şubat 1982, ss. 52-66.
- Horizon 2020 : “European Technology Plaforms and Networks”, 2020a, (Çevrimiçi) <https://ufuk2020.org.tr/en/european-networks>, 20 Aralık 2020.
- " " : “İnsan-Robot İşbirliği”, 2020b, (Çevrimiçi) <https://h2020.org.tr/tr/basari-hikayesi/1064>, 30 Aralık 2020.
- " " : “Yakıt Deposu Sızıntı Tespit Otomasyonu”, 2020c, (Çevrimiçi) <https://h2020.org.tr/tr/basari-hikayesi/1081>, 1 Ocak 2021.
- HTK : “Haberleşme Teknolojileri Kümelenmesi”, (Çevrimiçi) <http://www.htk.org.tr/haberlesme-teknolojileri-kumelenmesi-icerik-77>, 26 Aralık 2020.
- Huang, Samuel H., v.d. : “Additive manufacturing and its societal impact: a literature review”, **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, C. 67, Ekim 2002, ss. 1191-1203.
- Huberman, Leo : **Man’s Worldly Goods**, Hong Kong, Hesperides Press, 2008.
- Hudedmani, Mallikarjun, v.d. : “Programmable Logic Controller (PLC) Automation”, **Advanced Journal of Graduate Research**, C.2, S.1, Temmuz 2017, ss. 37-45.
- Huth, Alexa, James Cebula : “The Basics of Cloud Computing”, (Çevrimiçi) <https://us-cert.cisa.gov/sites/default/files/publications/CloudComputingHuthCebula.pdf>, 3 Ekim 2020.

- Huws, Ursula : “IS1202 - Dynamics of Virtual Work”, (Çevrimiçi) https://e-services.cost.eu/files/domain_files/ISCH/Action_IS1202/mou/IS1202-e.pdf, 3 Mart 2021.
- IEA : “CO2 emissions statistics: CO2 Emissions from Fuel Combustion”, 2020a, (Çevrimiçi) <https://iea.blob.core.windows.net/assets/6296011e-4fed-40c3-95a0-1367a4c4484a/CO2Highlights2020.xls>, 13 Kasım 2020.
- " " : **Germany 2020: Energy Policy Review**, 2020b, (Çevrimiçi) <https://www.iea.org/reports/germany-2020>, 15 Kasım 2020.
- IndustriALL : “The Challenge of Industry 4.0 and the Demand of New Answers”, (Çevrimiçi) http://www.industriall-union.org/sites/default/files/uploads/documents/2017/SWITZERLAND/Industry4point0Conf/draft_integrated_industry_4.0_paper_5_17.10.2017.pdf, 10 Şubat 2021.
- Intel : “Getting Started with Big Data: How to Move Forward with a Successful Deployment”, (Çevrimiçi) <https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/guides/big-data-get-started-reference-guide.pdf>, 30 Eylül 2020.
- IFR : **Executive Summary World Robotics 2020 Industrial Robots**, 2020, (Çevrimiçi) https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_2020_Industrial_Robots_1.pdf, 4 Ekim 2020.
- " " : “Robot Race: The World’s Top 10 automated countries”, 2021, (Çevrimiçi) <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-race-the-worlds-top-10-automated-countries>, 27 Ocak 2021.
- IOT Solutions World Congress : Advantages of 5G and How will Benefit IOT”, (Çevrimiçi) <https://www.iotworldcongress.com/advantages-of-5g-and-how-will-benefit-iot/#:~:text=The%20main%20advantages%20of%20the,adju>

sted%20connectivity%20to%20concrete%20needs., 10
Kasım 2020.

Irmak, Zeliş, v.d. : “Verilerle Türkiye’de sendikalaşma ve işçi hareketi”,
(Çevrimiçi) <https://www.evrensel.net/haber/375432/verilerle-turkiyede-sendikalasma-ve-isci-hareketi>, 15 Şubat 2021.

ISO : “ISO 8373:2012 (en) Robots and robotic devices –
Vocabulary”, (Çevrimiçi)
<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en>, 6
Ekim 2020.

Işık, Mürşit, Hüseyin Özgür Erol : “Endüstri 4.0 Farkındalığı ve İşgücü Nitelikleri Üzerine
Etkileri: Süleyman Demirel Üniversitesi Öğrencileri Üzerine
Bir Araştırma”, **AVRASYA Uluslararası Araştırma
Dergisi**, C. 8, S. 24, Aralık 2020, ss. 86-112.

It’s Owl : “About Us”, (Çevrimiçi) <https://www.its-owl.com/about-us/>,
4 Kasım 2020.

Jaehrling, Karen, Thorsten Kalina : ““Grey zones’ within dependent employment: formal and
informal forms of on-call work in Germany”, **Transfer:
European Review of Labour and Research**, C. 26, S. 4,
Kasım 2020, ss. 447-463.

Kagermann, Henning, v.d. : **Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for
Cooperating with International Partners**, Munich, Herbert
Utz Verlag, 2016.

" " : **Recommendations for Implementing the Strategic
Initiative Industrie 4.0 Final Report of Industrie 4.0
Working Group**, 2018, (Çevrimiçi) https://en.acatech.de/wp-content/uploads/sites/6/2018/03/Final_report__Industrie_4.0_accessible.pdf, 30 Ağustos 2020.

Kahraman, Hakan : “Endüstri 4.0 ile Katmanlı Üretim”, (Çevrimiçi)
<https://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-katmanli-uretim/>, 23 Şubat 2020.

Kalkınma Bakanlığı : **ON BİRİNCİ KALKINMA PLANI (2019-2023): SANAYİDE DİJİTALLEŞME ÇALIŞMA GRUBU RAPORU**, (Çevrimiçi) <https://sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/SanayideDijitallesmeCalismaGrubuRaporu.pdf>, 21 Kasım 2020.

Kalsen, Cemal : “Sanayi ve Hizmet Sektöründe Çalışanların Eğitim Düzeyi ile Ücret Düzeyi Arasındaki İlişki”, **Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi**, C. 48, 2020, ss. 214-233.

Kesici, Mehmet : **Emek Piyasaları**, Ankara, Dipnot Yayınları, 2013.

Khan, Maqbool, : “Big Data Challenges and Opportunities in the Hype of Industry 4.0”, (Çevrimiçi) <https://ieeexplore.ieee.org/document/7996801>, 2 Ekim 2020.

Kılavuz, Emine, : “Dünyada Tarım 4.0 Uygulamaları ve Türk Tarımının İlhan Erdem Dönüşümü”, **Social Sciences**, C. 14, S. 4, 2019, ss. 133-157

Kırdemir, Barış : **Exploring Turkey’s Disinformation Ecosystem: An Overview**, İstanbul, EDAM, 2020.

Ki Strategie : “Artificial Intelligence Strategy”, (Çevrimiçi) https://www.ki-strategie-deutschland.de/home.html?file=files/downloads/Nationale_KI-Strategie_engl.pdf, 9 Kasım 2020.

Kirmikil, Müge, : “Tarım 4.0 ile Sürdürülebilir Bir Gelecek”, (Çevrimiçi) Berfu Ertaş <https://icontechjournal.com/index.php/ij/article/download/38/8>, 3 Ocak 2021.

Klitou, Demetrius, : “Germany: Industrie 4.0”, (Çevrimiçi) v.d. https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Industrie%204.0.pdf, 20 Ekim 2020.

Knoema : **The Global Information Technology Report: Country Profiles: ICT PCT patents**, (Çevrimiçi)

<https://knoema.com/infographics/ljiscg/the-global-information-technology-report-country-profiles?country=Turkey>, 19 Şubat 2021.

Koç, Tayfun Çağlar, Suat Teker : “Industrial Revolutions and Its Effects on Quality on Life”, **PressAcademia Procedia**, C.56, S.9, Mayıs 2019, ss. 304-311.

Koç Bayi : “Zorlu Bir Yılın Ardından Daha İyi Bir Gelecek İçin!”, (Çevrimiçi) https://www.kocbayi.com.tr/getmedia/d2835630-b998-47e2-8688-483c6f1a37e9/bh-490_1.pdf.aspx?ext=.pdf, 21 Ocak 2021.

Koçak, Orhan : **Bilgi Toplumu Sürecinde Çalışma Hayatı: Dijital Teknolojiler Boyutuyla**, Bursa, Ekin Yayınevi, 2011.

Kompetenzzentrum Klimaschutz : “The “Decarbonisation in industry” fun within the framework of the Environmental Innivation Programme”, (Çevrimiçi) <https://www.klimaschutz-industrie.de/en/funding/>, 14 Kasım 2020.

Konrath, Sara H., v.d. : “Changes in Dispositional Empath in American College Students Over Time: A Meta-Analysis”, **Personality and Social Psychology Review**, C. 15, S. 2, Mayıs Ağustos 2010, ss. 180-198.

Koptyug, Evgeniya : “Number of persons employed in the consumer electronics and information and telecommunications technology industry in Germany from 2004-2019, by sector”, (Çevrimiçi) <https://www.statista.com/statistics/480521/ict-employees-by-sector-germany/>, 22 Ekim 2020.

KOSGEB : “Destekler”, (Çevrimiçi) <https://www.kosgeb.gov.tr/site/tr/genel/destekler/3/destekler>, 27 Aralık 2020.

Kovar, Jiri, v.d. : “Virtual reality in context of Industry 4.0 proposed projects Brno University of Technology”, **17th International Conference on Mechatronics – Mechatronika (ME)**, Ocak 2017, ss. 1-7.

- Kubina, Milan, v.d. : “Use of big data for competitive advantage of Company”, **Procedia Economics and Finance**, C. 26, 2015, ss. 561-565.
- Kuittinen, Hanna, Daniela Velte : **Mission-oriented R&I policies: In-depth case studies: Case Study Report Energiewende**, (Çevrimiçi) https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/mission_oriented_r_and_i_policies_case_study_report_energiewende-de.pdf, 15 Kasım 2020.
- Kulpa, Jason : “Why Is Customer Relationship Management So Important?”, (Çevrimiçi) <https://www.forbes.com/sites/forbesagencycouncil/2017/10/24/why-is-customer-relationship-management-so-important/?sh=7d8149e97dac>, 27 Ocak 2021.
- Kuper, Simon : “Log out, switch off, join in”, (Çevrimiçi) <https://www.ft.com/content/fc76fce2-67b3-11e5-97d0-1456a776a4f5>, 13 Ekim 2020.
- Kurt, Resul : “Industry 4.0 in Terms of Industrial Relations and Its Impacts on Labour Life”, **Procedia Computer Science**, C. 158, 2019, ss. 590-601.
- Kuzmenko, Olha, Victoria Roienko : “Nowcasting income inequality in the context of the Fourth Industrial Revolution”, **Socioeconomic Challenges**, C. 1, S. 1, 2017, ss. 5-12).
- Kwade, Arno : “Advances in Battery Cell Production”, (Çevrimiçi) <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ente.201900751>, 12 Kasım 2020.
- Kwade, Arno, v.d. : “Current status and challenges for automotive battery production technologies”, **Nature Energy**, S. 3, Nisan 2018, ss. 290-300.
- La Trobe University : “How can we protect ourselves from cyber attacks?”, (Çevrimiçi) <https://www.latrobe.edu.au/nest/can-protect-cyber-attacks/>, 11 Ekim 2020.

- Lasi, Heiner, v.d. : “Industrie 4.0”, **Business and Informatin Systems Engineering**, C.56, S.4, Ağustos 2014, ss. 261-264.
- Lee, Edward A. : **Cyber Physical Systems: Design Challenges**, (Çevrimiçi) <https://www2.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2008/EECS-2008-8.html>, 21 Eylül 2020.
- Lee, Robert M., v.d. : “Analysis of the Cyber Attack on the Ukrainian Power Grid”, (Çevrimiçi) https://ics.sans.org/media/E-ISAC_SANS_Ukraine_DUC_5.pdf, 10 Ekim 2020.
- Leuze Electronic Türkiye : “Türkiye’de Bir İlk, Akıllı Üretim Hattı! İnsansız Karanlık Fabrika Görücüye Çıktı”, (Çevrimiçi) <http://www.leuzetrblog.com/turkiyede-bir-ilk-insansiz-karanlik-fabrika-gorucuye-cikti/>, 31 Aralık 2020.
- Li, Shadow : “HK has longest working week of 71 cities”, (Çevrimiçi) https://www.chinadailyasia.com/hknews/2016-05/25/content_15439024.html, 24 Ocak 2021.
- Liagkou, Vasiliki, v.d. : “Realizing Virtual Reality Learning Environment for Industry 4.0”, **Procedia CIRP**, C.79, Şubat 2019, ss. 712-717.
- Lindert, Peter H., Jeffrey G. Williamson : “English Workers’ Living Standards during the Industrial Revolution: A New Look”, **The Economic History Review**, C.36, S.1, Şubat 1983, ss. 1-25.
- Logue, John : “Trade unions in the Nordic countries”, (Çevrimiçi) <https://nordics.info/show/artikel/trade-unions-in-the-nordic-region/>, 15 Şubat 2021.
- Lorenz, Markus, v.d. : “Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries”, (Çevrimiçi) https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries, 7 Kasım 2020.
- MacDougall, William : “INDUSTRIE 4.0: SMART MANUFACTURING FOR THE FUTURE”, (Çevrimiçi) <https://www.manufacturing->

policy.eng.cam.ac.uk/documents-folder/policies/germany-industrie-4-0-smart-manufacturing-for-the-future-gtai/at_download/file, 2 Ocak 2020.

Mackay, Wendy E. : “Augmented Reality: Linking a real and virtual worlds A new paradigm for interacting with computers”, (Çevrimiçi) <https://www.lri.fr/~mackay/pdffiles/AVI98.AugmentedReality.pdf>, 8 Ekim 2020.

Macrotrends : “Germany Youth Unemployment Rate 1991-2021”, (Çevrimiçi) <https://www.macrotrends.net/countries/DEU/germany/youth-unemployment-rate>, 20 Ocak 2021.

Man, Fuat: “Kapitalist Emek Süreci Teorisi ve Dönüşümü,” **Hukuk, Ekonomi ve Siyasal Bilimler Aylık İnternet Dergisi**, S.94, Aralık 2009, ss.1-19.

Maddison, Angus : **Monitoring the World Economy**, Paris, OECD Development Centre, 1995.

Majumder, Sumit, v.d. : Smart Homes for Elderly Healthcare – Recent Advances and Research Challenges”, **Multidisciplinary Digital Publishing Institute**, C. 12, S. 11, Ekim 2017, ss. 1-32.

Manyika, James, v.d. : “Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity”, 2011 (Çevrimiçi) <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/our-insights/big-data-the-next-frontier-for-innovation#>, 1 Ekim 2020.

" " : “Harnessing Automation for a Future that Works”, 2017a, (Çevrimiçi) <https://www.mckinsey.com/featured-insights/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works#>, 3 Haziran 2020.

" " : “Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages”, 2017b, (Çevrimiçi) <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of->

work/jobs-lost-jobs-gained-what-the-future-of-work-will-mean-for-jobs-skills-and-wages#, 16 Ocak 2021.

Maple, Carsten : “Security and privacy in the internet of things”, **Journal of Cyber Policy**, C. 2, S. 2, Ağustos 2017, ss. 155-184.

Mattauch, Walter : **Digitising European Industries – Member States Profile: Germany**, (Çevrimiçi) https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/de_country_analysis.pdf, 10 Kasım 2020.

McAfee, Andrew, Erik Brynjolfsson : **Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future**, New York, W. W. Norton & Company, 2017.

" " : **Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity and Irreversibly Transforming Employment and the Economy**, Massachusetts, Digital Frontier Press, 2012.

McGuinness, Seamus, v.d. : “Skills-Displacing Technological Change and Its Impact on Jobs: Challenging Technological Alarmism?”, (Çevrimiçi) <http://ftp.iza.org/dp12541.pdf>, 8 Şubat 2021.

McKinsey Global Institute : “How will automation affect economies around the world?”, 2017a, (Çevrimiçi) <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/how-will-automation-affect-economies-around-the-world>, 29 Ocak 2021.

" " : “Where machines could replace humans — and where they can't (yet)”, 2017b, (Çevrimiçi) <https://public.tableau.com/profile/mckinsey.analytics#!/vizhome/InternationalAutomation/WhereMachinesCanReplaceHumans>, 17 Ocak 2021.

MEB : “2023 Eğitim Vizyonu”, (Çevrimiçi) <https://2023vizyonu.meb.gov.tr/>, 20 Aralık 2020.

MediaCat Dergisi : “Teknolojinin İnsan Bedenine Dokunuşu”, **MediaCat Dergisi**, S. 279, Nisan 2018.

- Meinecke, Verena : “Federally funded research center: Munich Center for Machine Learning launched”, (Çevrimiçi) <https://www.tum.de/en/studineews/issue-012011/show/article/35179/>, 9 Kasım 2020.
- Meola, Andrew : “Smart Farming in 2020: How IoT sensors are creating a more efficient precision agriculture industry”, (Çevrimiçi) <https://www.businessinsider.com/smart-farming-iot-agriculture>, 16 Kasım 2020.
- Metro İstanbul : “M5 Üsküdar-Ümraniye Metro Hattı Açıldı”, 2017, (Çevrimiçi) <https://www.metro.istanbul/haber/detay/m5-skdar-mraniye-metro-hatt-ald>, 29 Aralık 2020.
- " " : “M5 Sürücüsüz Metro Hattı Avrupa’da 1., Dünya’da 3. Oldu!”, 2018, (Çevrimiçi) <https://www.metro.istanbul/haber/detay/m5-surucusuz-metro-dunya-siralamasinda>, 29 Aralık 2020.
- MEXT : “MESS Teknoloji Merkezi”, (Çevrimiçi) <https://www.mext.org.tr/#teknoloji-merkezi>, 30 Aralık 2020.
- Mokyr, Joel : “The Second Industrial Revolution, 1870-1914”, **Storia dell’economia Mondiale**, Ed. by. Valerio Castronovo, Rome, Laterza, 1999.
- Mokyr, Joel, v.d. : “The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different?”, **Journal of Economic Perspectives**, C.29, S.3, 2015, ss. 31-50.
- Moraes, Eduardo : “Industry 4.0 ant its impacts on society”, (Çevrimiçi) <http://ieomsociety.org/bogota2017/papers/116.pdf>, 14 Ekim 2020.
- C., Herman A. Lepikson
- Moreno-Galbis, Eva: : “Comparing the Effect of Labor Market Institutions on the Employment Dynamics during the Technological Diffusion Process”, **Annals of Economics and Statistics**, S: 95/96, 2009, s.141-166.

- Morgan, Jacob: : “The Future of The Work: Attract New Talent, Built Better Leaders and Create a Competitive Organization” (Çevrimiçi) <http://otgo.tehran.ir/Portals/0/pdf/The%20Future%20of%20Work.pdf>, 20 Haziran 2018.
- Morrar, Rabeh, v.d. : “The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective”, **Technology Innovation Management Review**, C. 7, S. 11, Kasım 2017, ss. 12-20.
- Moueddene, Karim, v.d. : “Expected skills needs for the future of work: Understanding the expectations of the European workforce”, (Çevrimiçi) https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/2923_expected-skills-needs-for-the-future-of-work/DI_Expected-skills-needs-for-the-future-of-work.pdf, 29 Ocak 2021.
- Nafria, Ismael : “Ranking of Countries According to the Density of Industrial Robots”, (Çevrimiçi) <https://www.thenewbarcelonapost.com/en/ranking-of-countries-according-to-the-density-of-industrial-robots/>, 27 Ocak 2021.
- Nagy, Judit, v.d. : “The Role and Impact of Industry 4.0 and the Internet of Things on the Business Strategy of the Value Chain – The Case of Hungary”, **MDPI**, C.10, S. 3491, Eylül 2018, ss. 1-25.
- Nas, Selçuk, v.d. : “Bireylerin Yüksek Lisans Yapma Nedenleri Üzerine Bir Araştırma”, **Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, C. 18, S. 4, 2016, ss. 571-599.
- Nationale Dekade Gegen Krebs : “National Decade Against Cancer”, (Çevrimiçi) <https://www.dekade-gegen-krebs.de/en/index.html>, 7 Kasım 2020.
- Neugebauer, Reimund, v.d. : “Industrie 4.0 – From the Perspective of Applied Research”, **Procedia CIRP**, C. 57, 2016, ss. 2-7.

- Newman, Daniel : “Unintended Benefit of Automation: Happier Employees”, (Çevrimiçi) <https://fowmedia.com/unintended-benefit-of-automation-happier-employees/>, 30 Ocak 2021.
- NHTSA : “Automated Vehicles for Safety”, (Çevrimiçi) <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/automated-vehicles-safety#topic-road-self-driving>, 5 Ekim 2021.
- Nilsson, Nils J., v.d. : “Introduction To Machine Learning: An Early Draft Of A Proposed Textbook”, (Çevrimiçi) <https://ai.stanford.edu/~nilsson/MLBOOK.pdf>, 16 Şubat 2021.
- Nübler, Irmgard : “New Technologies, Innovation, and the Future of Jobs”, **Confronting Dystopia: The New Technological Revolution and the Future of Work**, Ed. by., Eva Paus, London, ILR Press, 2018.
- Oberhellmann, Sascha, v.d. : “Prozessinnovation in Planung und Steuerung von Wertschöpfungsnetzwerken durch Integration von Smart Objects und Smart Finance Ansätzen (SoFiA): Teilprojekt: Innovative dezentrale B2B Bezahlmethoden für autonom agierende Logistikeinheiten in Wertschöpfungsnetzwerken (iBezMet)”, (Çevrimiçi) <https://www.tib.eu/en/suchen/id/TIBKAT:1688823212/>, 16 Kasım 2020.
- OECD : “Inequality”, 2020a, (Çevrimiçi) <http://www.oecd.org/social/inequality.htm>, 12 Ekim 2020.
- " " : “AI in Germany”, 2020b, (Çevrimiçi) <https://www.oecd.ai/dashboards/countries/Germany>, 9 Kasım 2020.
- " " : “AI in Turkey”, 2020c, (Çevrimiçi) <https://www.oecd.ai/dashboards/countries/turkey>, 24 Aralık 2020.

OECD	: “Labour force forecast”, 2020d, (Çevrimiçi) https://data.oecd.org/emp/labour-force-forecast.htm , 19 Ocak 2021.
" "	: “Incidence of FTPT employment - common definition” 2021a, (Çevrimiçi) https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TEMP_I# , 19 Ekim 2021.
" "	: “Incidence of permanent employment”, 2021b, (Çevrimiçi) https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TEMP_I# , 19 Ekim 2021.
" "	: “Average usual weekly hours worked on the main job”, 2021c, (Çevrimiçi) https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=AVE_HRS , 23 Ocak 2021.
" "	: “Businesses Using CRM (Customer Relationship Management) software”, 2021d, (Çevrimiçi) https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ICT_BUS , 26 Ocak 2021.
" "	: “Businesses purchasing Cloud computing services”, (Çevrimiçi) 2021e, https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ICT_BUS , 26 Ocak 2021.
" "	: “Businesses sharing electronically SCM information with suppliers and customers”, 2021g, (Çevrimiçi) https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ICT_BUS , 26 Ocak 2021.
" "	: “Businesses with a broadband download speed”, 2021f, (Çevrimiçi) https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=ICT_BUS , 27 Ocak 2021.

- OECD : “Trade Union”, 2021h, (Çevrimiçi)
<https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TUD>, 15 Şubat 2021.
- " " : “Collective bargaining coverage”, 2021i, (Çevrimiçi)
<https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=TUD>, 15 Şubat 2021.
- Oesterreich, Thuy : “Understanding the implications of digitisation and
Duong, Frank automation in the context of Industry 4.0”, **Computers in
Teuteberg Industry**, C. 83, S. C, Aralık 2016, ss. 121-139.
- Orth, Martin : “Ten facts about agriculture”, (Çevrimiçi)
<https://www.deutschland.de/en/topic/environment/agriculture-in-germany-ten-facts>, 16 Kasım 2020.
- Ortiz-Ospina, : “People are able to work less when they work in more
Esteban, v.d. productive economies”, 2021a, (Çevrimiçi)
<https://ourworldindata.org/time-use>, 23 Ocak 2021.
- " " : “Time Use: Do workers in richer countries work longer
hours?”, 2021b, (Çevrimiçi) <https://ourworldindata.org/time-use>, 23 Ocak 2021.
- Otomasyon Dergisi : “SIEMENS İLE ENDÜSTRİ 4.0 PLATFORMU”,
(Çevrimiçi) <http://otomasyondergisi.com.tr/arsiv/yazi/108-siemens-ile-endustri-40-platformu/>, 31 Aralık 2020.
- Önder, Murat, Ülkü : “Türkiye’de Sendikalaşmayı Etkileyen Faktörler”, **Sağlık ve
N. Zengin Sosyal Politikalar Bakış Dergisi**, C. 2, 2018, ss. 72-108.
- Ötleş, Semih, V. : “ENDÜSTRİ 4.0: Büyüme ve verimlilik için dijitalleşme”,
Hazal Özyurt (Çevrimiçi)
https://egeplm.ege.edu.tr/files/egeplm/icerik/PlastikAmbalaj2016Endustri4_0.pdf, 22 Kasım 2020.
- Özdoğan, Ogan : **Endüstri 4.0: Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel
Dönüşümün Anahtarı**, İstanbul, Pusula Yayıncılık, 2018.

- Özlu, Faruk : “Dördüncü Sanayi Devrimi Kamu Perspektifi”, (Çevrimiçi) <http://dosya.toprakisveren.org.tr/makale/2017-114-faruk-ozlu.docx>, 21 Kasım 2020.
- Özsoy, Ceyda Eren : “Endüstri 4.0 ve İstihdam Üzerindeki Potansiyel Etkisi”, **Journal of Current Researches on Business and Economics**, C. 8, S. 2, 2018, ss. 249-270.
- Öztuna, Barış : **Endüstri 4.0: Dördüncü Sanayi Devrimi ile Çalışma Yaşamının Geleceği**, Ankara, Gece Kitaplığı, 2017.
- Piccarozzi, Michela, v.d. : “Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review”, **Sustainability**, C. 10, S. 10, Ekim 2018, ss. 1-24.
- Palmerini, Erica, v.d. : “Guidelines on Regulating Robotics”, (Çevrimiçi) http://www.robolaw.eu/RoboLaw_files/documents/robolaw_d6.2_guidelinesregulatingrobotics_20140922.pdf, 5 Ekim 2020.
- Parilla, Josephi v.d. : “Skills and Innovation Strategies to Strengthen U.S. Manufacturing: Lessons from Germany”, (Çevrimiçi) <https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/LessonsFromGermany.pdf>, 11 Kasım 2020.
- Parlak, Zeki, Süleyman Özdemir : “Esneklik Kavramı ve Emek Piyasalarında Esneklik”, **Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi**, S.60, Ocak 2011, ss. 1-60.
- Pearson, Ruth, Swasti Mitter : “Computerization, Work, and Less-Developed Countries”, **Computers, Ethics, and Society**, Ed. by., M. David Erman, Mary B. Williams, Michelle S. Shauf, New York, Oxford University Press, 1997.
- Petek, Ali, Orhan Şanlı : “Makro Ekonomik Değişkenler Açısından Türkiye’de Sanayi Sektörünün Gelişimi ve İmalat Sanayinin Teknolojik Yapısı”, **Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, C. 5, S. 3, 2018, ss. 185-203.

- Perez-Lara, Magdiel, v.d. : “Vertical and horizontal integration systems in Industry 4.0”, **Wireless Networks**, C. 26, Kasım 2018, ss. 4767-4775.
- Pietrangelo, Ann : “The Top 10 Deadliest Diseases”, (Çevrimiçi) <https://www.healthline.com/health/top-10-deadliest-diseases>, 6 Kasım 2020.
- Piotwoski, Stephan, v.d. : **European Bioeconomy in Figures 2008-2016**, Hürth, Nova-Institute for Ecology and Innovation, 2019.
- Plattform Industrie 4.0 : **2019 Progress Report: Autonomy-Interoperability-Sustainability**, Berlin, BMWi, 2019.
- " " : “The background to Plattform Industrie 4.0”, 2020, (Çevrimiçi) <https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/EN/ThePlatform/Background/background.html>, 18 Ekim 2020.
- Plecher, H. : “Germany: Distribution of employment by economic sector from 2010 to 2020”, (Çevrimiçi) <https://www.statista.com/statistics/624297/employment-by-economic-sector-in-germany/>, 7 Kasım 2020.
- PNGEgg : “Horizontal integration Industry 4.0 Architecture Vertical integration Strategic planning, Independence And Unity Day”, (Çevrimiçi) <https://www.pngegg.com/en/png-hjfpn>, 7 Ekim 2020.
- Postel-Vinay, Fabien: “The Dynamics of Technological Unemployment”, **International Economic Review**, C: 43, S:3, Ağustos 2012, s. 737-760.
- Pouliakas, Konstantinos : “Automation risk in the EU labour market: A skill-needs approach”, (Çevrimiçi) https://www.cedefop.europa.eu/files/automation_risk_in_the_eu_labour_market.pdf, 8 Şubat 2021.

- Prassl, Abi Adams, v.d. : “Inequality in the Impact of the Coronavirus Shock: Evidence from Real Time Surveys”, (Çevrimiçi) <http://ftp.iza.org/dp13183.pdf>, 21 Ocak 2021.
- ProZell : “Welcome to ProZell”, (Çevrimiçi) <https://www.prozell-cluster.de/en/>, 12 Kasım 2020.
- Pure Greens : “Top 10 Benefits of Hydroponic Farming”, (Çevrimiçi) <https://medium.com/@PureGreensAZLLC/top-10-benefits-of-hydroponic-farming-d2809301d639>, 16 Kasım 2020.
- P&S Intelligence : “Autonomous Vehicle Industry in Germany to Witness Tremendous Growth Ahead: P&S Intelligence”, (Çevrimiçi) <https://www.globenewswire.com/news-release/2019/06/20/1871632/0/en/Autonomous-Vehicle-Industry-in-Germany-to-Witness-Tremendous-Growth-Ahead-P-S-Intelligence.html>, 12 Kasım 2020.
- Qiqing, Lin, Raymond Zhong : “‘996’ Is China’s Version of Hustle Culture. Tech Workers Are Sick of It.”, (Çevrimiçi) <https://www.nytimes.com/2019/04/29/technology/china-996-jack-ma.html>, 25 Ocak 2021.
- Quintero, Dino, v.d. : **IBM Software Defined Infrastructure for Big Data Analytics Workloads**, New York, Redbooks, 2015.
- Rashid, Amir, v.d. : “Resource Conservative Manufacturing: an essential change in business ant technology paradigm for sustainable manufacturing”, **Journal of Clear Production**, S. 57, Haziran 2013, ss. 166-177.
- ResCoM : “ResCoM”, (Çevrimiçi) <https://www.rescoms.eu/>, 28 Ekim 2020.
- Resmî Gazete : “Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinde Değişiklik Yapılmasına Dair Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi”, (Çevrimiçi) <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/10/20191024-1.pdf>, 25 Aralık 2020.

- Rf Wireless World : “Advantages of IoT – Disadvantages of IoT – Internet of Things”, (Çevrimiçi) <https://www.rfwireless-world.com/Terminology/Advantages-and-Disadvantages-of-IoT-Internet-Of-Things.html>, 27 Ağustos 2020.
- Roberts, Paul F. : “Zotob, PnP Worms Slam 13 DaimlerChrysler Plants”, (Çevrimiçi) <https://www.eweek.com/security/zotob-pnp-worms-slam-13-daimlerchrysler-plants>, 11 Ekim 2020.
- Robins, Mark : “The Difference Between Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning”, (Çevrimiçi) <https://www.intel.com/content/www/us/en/artificial-intelligence/posts/difference-between-ai-machine-learning-deep-learning.html>, 16 Şubat 2021.
- Royal Museums Greenwich : “What is Greenwich Mean Time? How did local clock time in Greenwich, London change the world?”, (Çevrimiçi) <https://www.rmg.co.uk/stories/topics/greenwich-mean-time-gmt>, 5 Ekim 2021.
- RIA : “Robotics”, (Çevrimiçi) <https://www.inc.com/encyclopedia/robotics.html>, 5 Ekim 2020.
- Roser, Max, v.d. : “Life Expectancy”, (Çevrimiçi) <https://ourworldindata.org/life-expectancy>, 6 Kasım 2020.
- Rossana : “What is Industry 4.0?”, (Çevrimiçi) <https://www.trace-software.com/blog/tag/industry-4-0/>, 4 Ağustos 2020.
- Rübmann, Michael, v.d. : “Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries”, (Çevrimiçi) https://image-src.bcg.com/Images/Industry_40_Future_of_Productivity_April_2015_tcm9-61694.pdf, 2 Eylül 2020.
- Sachsenmeier, Peter : “Industry 5.0—The Relevance and Implications of Bionics and Synthetic Biology”, **Engineering**, C. 2, S. 2, Ağustos 2016, ss. 225-229.

- Saklı, Ali Rıza : “Fordizm’den Esnek Üretim Rejimine Dönüşümün Kamu Yönetimi Üzerindeki Etkileri”, **Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi**, C.12, S.44, Eylül 2013, ss. 107-131.
- Satı, Zümrüt Ecevit, Berrin Oktay, Yılmaz : “Endüstri 4.0 Ortamında Değişen İş ve Mesleklerin Türkiye’de Kadın İstihdamına Etkileri”, **Strategic Public Management Journal**, C. 6, S. 11, Mayıs 2020, ss. 54-76.
- Scakleton, J.R., v.d. : **Training for Employment in Western Europe and the United State**, Cheltenham, Edward Elgar Publishing, 1995.
- Scerra, Melania : “Lithium ion battery production capacity by 2028, by Company”, (Çevrimiçi) <https://www.statista.com/statistics/1103401/predicted-lithium-ion-battery-capacity-by-company/>, 9 Kasım 2020.
- Schuh, Günther, v.d. : **Industrie 4.0 Maturity Index. Managing the Digital Transformation of Companies**, Munich, Herbert Utz Verlag, 2017.
- Schuldenfrei, Michael : “Horizontal and Vertical Integration in Industry 4.0”, (Çevrimiçi) <https://www.mbtmag.com/business-intelligence/article/13251083/horizontal-and-vertical-integration-in-industry-40>, 7 Ekim 2020.
- Schraft, Rolf Dieter, v.d. : “Man-robot cooperation in a flexible assembly cell”, **Assembly Automation**, C. 22, S. 2, 2002, ss. 138-139.
- Schuster, Katharina, v.d. : “Preparing for Industry 4.0 – Testing Collaborative Virtual Learning Environments with Students and Professional Trainers”, **International Journal of Advanced Corporate Learning**, C.8, S.4, 2015, ss. 14-20.
- Schwab, Klaus : **Dördüncü Sanayi Devrimi**, Çev. Zülfü Dicleli, İstanbul, Optimist Yayınları, 2016.
- " " : “The Fourth Industrial Revolution: What It Means and How to Respond”, 2015, (Çevrimiçi)

<https://www.foreignaffairs.com/articles/2015-12-12/fourth-industrial-revolution>, 12 Temmuz 2020.

Schwabe, Henrik, Fulvio Castellacci : “Automation, workers’ skills and job satisfaction”, **PLOS ONE**, C. 15, S. 11, Kasım 2020, ss. 1-26.

Sevgi, Ayhan : “Dijital olgunluk seviyeniz ne durumda?”, (Çevrimiçi) <https://www.bthaber.com/dijital-olgunluk-seviyeniz-ne-durumda/>, 21 Kasım 2020.

SGK : “Kayıtdışı İstihdam Oranı”, (Çevrimiçi) http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/calisan/kayitdisi_istihdam/kayitdisi_istihdam_oranlari, 8 Şubat 2021.

Shahbandeh, Melissa : “Projected vertical farming market worldwide in 2019 and 2025”, (Çevrimiçi) <https://www.statista.com/statistics/487666/projection-vertical-farming-market-worldwide/>, 16 Kasım 2020.

Shead, Sam : “Industry 4.0: The Next Industrial Revolution”, **The Engineer**, C.7, 2013.

Shorrocks, Anthony, v.d. : **Research Institute: Global wealth report 2019**, (Çevrimiçi) <https://www.credit-suisse.com/media/assets/corporate/docs/about-us/research/publications/global-wealth-report-2019-en.pdf>, 12 Ekim 2020.

Silver, David, v.d. : “Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search”, **NATURE**, C. 529, Ocak 2016, ss. 484-489.

Singh, Alok, v.d. : **Future of Work: Turkey’s Talent Transformation in the Digital Era**, (Çevrimiçi) https://www.mckinsey.com/tr/~/_media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/turkey/our%20insights/future%20of%20work%20turkey/future-of-work-mckinsey-turkey-full-report.pdf, 18 Ocak 2021.

- Singh, Amita : “Modular and Adaptive Assistance System for Manual Assembly – Engineering a Semantically Described CPS Module”, (Çevrimiçi) https://www.researchgate.net/figure/Shows-an-example-of-product-and-data-flow-in-a-Smart-Factory-Product-carries-RFID-tag_fig1_327884684, 3 Eylül 2020.
- SmartFactoryKL : “The Industrie 4.0 Plant”, (Çevrimiçi) <https://smartfactory.de/en/industrie-4-0-plant/>, 5 Kasım 2020.
- Smit, Jan, v.d. : “Industry 4.0: Analytical Study”, (Çevrimiçi) [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU\(2016\)570007_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOL_STU(2016)570007_EN.pdf), 11 Eylül 2020.
- Soylu, Ali : “ENDÜSTRİ 4.0 VE GİRİŞİMCİLİKTE YENİ YAKLAŞIMLAR”, **Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi**, S. 32, 2018, ss. 43-57.
- Soysal, Abdullah ve Mehmet Tan : “İŞ TATMİNİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERLE İLGİLİ HİZMET SEKTÖRÜNDE YAPILAN BİR ARAŞTIRMA: KİLİS İLİ KAMU VE ÖZEL BANKA PERSONELİ ÖRNEĞİ”, **Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi**, C. 6, S. 2, 2013, ss. 45-63.
- Standing, Guy: : **Work After Globalization: Building Occupational Citizenship**, Cheltenham, Edward Elgar Publishing, 2009.
- Statista Research Department : “Global market share of lithium in battery makers in the 1st quarter of 2018”, 2020a, (Çevrimiçi) <https://www.statista.com/statistics/235323/lithium-batteries-top-manufacturers/>, 9 Kasım 2020.
- " " : “Average number of hours worked per month in Japan from 2010 to 2019”, 2020b, (Çevrimiçi) <https://www.statista.com/statistics/643765/japan-monthly-working-hours/>, 23 Ocak 2021.
- Stefan : “54 Freelance Statistics, Trends, and Insights”, (Çevrimiçi) <https://ddiy.co/freelance->

statistics/#:~:text=With%20a%20total%20global%20workfor
ce,for%20other%20types%20of%20work, 21 Ocak 2021.

Stone, Catherine : “The Future of Labor and Employment Law in the United States”, **UCLA: Institute for Research on Labor and Employment**, S. 8-11, 2008, ss. 1-31.

Suthar, Sawaram : “How to Use Big Data to Reduce Enterprise Costs”, (Çevrimiçi) <https://blogs.sap.com/2018/02/23/how-to-use-big-data-to-reduce-enterprise-costs/>, 1 Ekim 2020.

Sümer, Beyza : “Impact of Industry 4.0 on Occupations and Employment in Turkey”, **European Scientific Journal**, C. 14, S. 10, Nisan 2018, ss. 1-17.

Switzerland Global Enterprise : “Market Study Rising Digitalization, Industry 4.0, Smart Cities And The Opportunities On The Life Sciences Market In Turkey”, (Çevrimiçi) https://www.sge.com/sites/default/files/article/downloads/market_study_rising_digitalization_industry_4_smart_cities_2017.pdf, 20 Aralık 2020.

Szostak, Zofia : “The Impact of Industry 4.0 on the Labor Market”, **International Scientific Conference on Information Technology and Management Science of Riga Technical University (ITMS)**, Ekim 2020, ss. 1-5.

Şahin, Levent : “Endüstri 4.0 Hangi Enstrümanlarla Gerçekleşecek?”, 2020a, (Çevrimiçi) <https://www.profdrlleventsahin.com/endustri-4-0-hangi-enstrumanlarla-gerceklesecek.html>, 11 Mart 2020.

" " : “Eğitimin Bugününü Tartışırken Geleceğini Öngörmek: Eğitim 4.0”, **Pandemi Ekseninde Küresel Değişim ve Yeni Ekonomik Düzen**, ed. by., Bekir Pakdemirli, Zülfikar Bayraktar, Ahmet Nafiz Ünalı, Sefa Takmaz, Ankara, Akçay Yayınevi, 2020b.

" " : “Geçtiğimiz 20 yılda Türkiye işgücü piyasasında gençler”, 2021, (Çevrimiçi) <https://www.star.com.tr/acik->

gorus/gectigimiz-20-yilda-turkiye-igucu-piyasasinda-gencler-haber-1602373/, 18 Ocak 2021.

Şahin, Levent, v.d. : “Teknolojik Gelişmelerin İşin Yapısı ve İşgücünün Nitelikleri Üzerine Etkileri: Hastane Çalışanlarının Algılarına Yönelik Bir Araştırma”, **İş ve Hayat Dergisi**, S. 1, Şubat 2015, ss. 97-131.

Şeker, Sadi Evren : “Tam Süreli Eşdeğer”, **YBS Ansiklopedi**, C. 1, S. 3, Kasım 2014, ss. 30-30.

Şimşek, Birgül : “İşgücü Piyasalarının Küreselleşmesi ve Küresel İşgücü Piyasasında Ulusal İşgücü Piyasalarının Yeri”, **Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi**, C. 2, S. 1, 2000, ss. 1-9.

Tao, Fei, v.d. : “Internet of Things in product life-cycle energy management”, **Journal of Industrial Information Integration**, C. 1, Mart 2016, ss. 26-39.

Tamer, Halil Yasin, Barış Övgün : “Yapay Zekâ Bağlamında Dijital Dönüşüm Ofisi”, **Ankara Üniversitesi SBF Dergisi**, C. 75, S. 2, Mayıs 2020, ss. 775-803.

Taylor, Frederick W. : **The Principles of Scientific Management**, New York, Harper&Brothers, 1919.

TEİAŞ : “2009 ve 2019 Yılları İçin Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Türkiye Kurulu Gücü”, 2020a, (Çevrimiçi) <https://webapi.teias.gov.tr/file/77439117-b6fa-465f-ab32-874c87ae456c?download>, 31 Aralık 2020.

" " : “Türkiye Kurulu Gücünün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Yıllık İtibariyle Gelişimi (1940-1983)”, 2020b, (Çevrimiçi) <https://webapi.teias.gov.tr/file/18800125-dc32-4c4e-8a3e-c771863e5a49?download>, 2 Ocak 2021.

" " : “Türkiye Kurulu Gücünün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Yıllık İtibariyle Gelişimi (1984-2005)”, 2020c, (Çevrimiçi)

<https://webapi.teias.gov.tr/file/07f76c00-d256-4ccb-b25e-9478c9dedc04?download>, 2 Ocak 2021.

TEİAŞ : “Türkiye Kurulu Gücünün Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Yıllık İtibariyle Gelişimi (2006-2019)”, 2020d, (Çevrimiçi) <https://webapi.teias.gov.tr/file/163dfadf-80d8-4271-baf8-bc0b76710177?download>, 2 Ocak 2021.

Teke, Mustafa, v.d. : “Akıllı Tarım Fizibilite Projesi: Hassas Tarım Uygulamaları İçin Havadan ve Yerden Veri Toplanması, İşlenmesi ve Analizi”, **6. Uzaktan Algılama ve Cbs Sempozyumu**, Adana, 2016.

Thames, Lane, Dirk Schaefer : “Software-Defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0”, **Procedia CIRP**, C. 52, Temmuz 2016, ss. 12-17.

Tilden, Mark W. : “Robotics can – and will – Change Our Lives in the Near Future”, (Çevrimiçi) <https://www.theguardian.com/zurichfutures/story/0,,1920335,00.html>, 12 Temmuz 2020.

TOGG : “Bir Fabrikadan Daha Fazlası”, (Çevrimiçi) <https://www.togg.com.tr/content/uretim>, 28 Aralık 2020.

Tomac, Nikola, v.d. : “Analysis of Henry Ford’s Contribution to Production and Management”, **Scientific Journal of Maritime Research**, C.33, S.1, 2019, ss. 33-45.

Trading Economics : “Turkey - Economic Forecasts - 2020-2022 Outlook”, (Çevrimiçi) <https://tradingeconomics.com/turkey/forecast>, 19 Ekim 2021.

TRAI : “Türkiye Yapay Zekâ İnisiyatifi”, (Çevrimiçi) <https://turkiye.ai/>, 25 Aralık 2020.

Tranberg, Pernille : “German Commission: Safeguarding Digital Sovereignty of Europe is Ethical Responsibility”, (Çevrimiçi) <https://dataethics.eu/german-data-ethics-commission->

safeguarding-digital-sovereignty-of-europe-is-ethical-responsibility/, 9 Kasım 2020.

- TÜBİSAD : **Bilgi ve İletişim Teknolojileri Sektörü 2019 Pazar Verileri Raporu**, 2019, (Çevrimiçi) <http://www.tubisad.org.tr/tr/images/pdf/tubisad-bit-2019.pdf>, 26 Aralık 2020.
- " " : "Türkiye'nin Dijital Dönüşüm Endeksi 2020", 2020, (Çevrimiçi) <http://www.tubisad.org.tr/tr/images/pdf/tubisad-dde-2020.pdf>, 26 Aralık 2020.
- TÜBİTAK : "YENİ SANAYİ DEVRİMİ AKILLI ÜRETİM SİSTEMLERİ TEKNOLOJİ YOL HARİTASI", (Çevrimiçi) https://www.tubitak.gov.tr/sites/default/files/akilli_uretim_sistemleri_tyh_v27aralik2016.pdf, 21 Kasım 2020.
- TÜİK : "Türkiye İstatistik Kurumu", 2020a, (Çevrimiçi) <https://www.tuik.gov.tr/>, 10 Aralık 2020.
- " " : "Hayat Tabloları, 2017-2019", 2020b, (Çevrimiçi) <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33711>, 22 Aralık 2020.
- " " : "Ölüm ve Ölüm Nedeni İstatistikleri, 2019", 2020c, (Çevrimiçi) <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Olum-ve-Olum-Nedeni-Istatistikleri-2019-33710>, 22 Aralık 2020.
- " " : "Küçük ve Orta Büyüklükteki Girişim İstatistikleri, 2019", 2020d, (Çevrimiçi) <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Kucuk-ve-Orta-Buyuklukteki-Girisim-Istatistikleri-2019-37548>, 27 Aralık 2020.
- " " : "Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2018", 2020e, (Çevrimiçi) <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33624>, 1 Ocak 2021.

- TÜİK : “Araştırma-Geliştirme Faaliyetleri Araştırması, 2019”, 2020f, (Çevrimiçi) <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=33676>, 19 Şubat 2021.
- Türkiye Güvenlik Kümelenmesi Siber : “Siber Güvenlik Kümelenmesi Hakkında”, (Çevrimiçi) <https://www.siberkume.org.tr/About>, 26 Aralık 2020.
- Türkiye’nin endüstri Platformu 4.0 : “Endüstri Tarihine Kısa Bir Yolculuk”, 2017, (Çevrimiçi) <https://www.endustri40.com/endustri-tarihine-kisa-bir-yolculuk/>, 28 Ağustos 2020.
- " " : “Dijital Türkiye Yol Haritası Yayınlandı”, 2018a, (Çevrimiçi) <https://www.endustri40.com/dijital-turkiye-yol-haritasi-yayinlandi/>, 22 Kasım 2020.
- " " : “Arçelik Üretim Teknolojileri Direktörü Mustafa Esenlik ile Endüstri 4.0 Röportajı”, 2016, (Çevrimiçi) <https://www.endustri40.com/arcelik-uretim-teknolojileri-direktoru-mustafa-esenlik-ile-endustri-4-0-roportaji/>, 29 Aralık 2020.
- " " : “Endüstri 4.0 Tarım Sektörünü Nasıl Etkileyecek?”, 2018b, (Çevrimiçi) <https://www.endustri40.com/endustri-4-0-tarim-sektorunu-nasil-etkileyecek/>, 3 Ocak 2021.
- TÜSİAD : **Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği için Bir Gerekliklik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi**, İstanbul, Sis Matbaacılık, 2016.
- TÜSİAD ve BCG : **Türkiye’nin Sanayide Dijital Dönüşüm Yetkinliği**, İstanbul, Sis Matbaacılık, 2017.
- Tzafestas, Spyros G. : “The Internet of Things: A Conceptual Guided Tour”, **European Journal of Advances in Engineering and Technology**, C. 5, S. 10, 2018, ss. 745-767.

- Ulusoy, Tuba, v.d. : “Impact of Industry 4.0 Revolution on Science, Technology, and Society (STS): Challenges and Opportunities in the Industry 4.0 Era”, **Critical Issues Impacting Science, Technology, Society (STS), and Our Future**, , Ed. by., Heather Christina Lum, Pennsylvania, IGI Global, 2019.
- Umento : “Smart Retail”, (Çevrimiçi) <https://umento.sg/smart-retail/>, 3 Eylül 2020.
- UNCTAD : “International trade in digitally-deliverable services, value, shares and growth, annual”, (Çevrimiçi) <https://unctadstat.unctad.org/wds/TableViewer/tableView.aspx>, 19 Şubat 2021.
- UNDP : “Türkiye’deki KOBİ’lerde Enerji Verimli Motorların Teşvik Edilmesi”, 2020a, (Çevrimiçi) <https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/projects/promoting-energy-efficient-motors-in-small-and-medium-sized-ente.html>, 1 Ocak 2021.
- " " : “Orman Köylerinde Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi için Sürdürülebilir Finans Mekanizması Projesi”, 2020b, (Çevrimiçi) <https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/projects/sustainable-energy-financing-mechanism-for-solar-photovoltaic-sy.html>, 2 Ocak 2021.
- UNESCO : “Data for the Sustainable Development Goals: Science, Technology & Innovation”, 2019, (Çevrimiçi) <http://uis.unesco.org/en/home>, 19 Şubat 2021.
- " " : “How Much Does Your Country Invest in R&D?”, 2021, (Çevrimiçi) <http://uis.unesco.org/apps/visualisations/research-and-development-spending/>, 19 Şubat 2021.
- Usta, Ahmet, Serkan Doğantekin : “BLOCKCHAIN 101”, (Çevrimiçi) <https://bctr.org/dokumanlar/Blockchain101v2r2.pdf>, 17 Şubat 2021.

- Uyanık, Yücel : “NEOLİBERAL KÜRESELLEŞME SÜRECİNDE İŞGÜCÜ PİYASALARI”, **Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, C. 10, S. 2, 2008, ss. 209-224.
- Valsecchi, Riccardo : “Automation: impacts on labor and inequality”, (Çevrimiçi) http://tesi.luiss.it/25058/1/213121_VALSECCHI_RICCARD O.pdf, 22 Ocak 2021.
- Van der Vorst, Jack : “Supply Chain Management: theory and practices”, **Bridging Theory and Practice**, Ed. by. Th. Camps, P.J.M. Dr Diederer, G.J. Dr Ir Hofstede, B. Vos, 's Gravenhage, Reed Business, 2004.
- Van Roy, Vincent : **Knowledge for policy: German AI Strategy Report**, (Çevrimiçi) https://ec.europa.eu/knowledge4policy/ai-watch/germany-ai-strategy-report_en#Acknowledgements, 9 Kasım 2020.
- Vertical Roots : “The What and Why of Hydroponic Farming”, (Çevrimiçi) <https://www.verticalroots.com/the-what-and-why-of-hydroponic-farming/>, 16 Kasım 2020.
- Visser, Jelle : “ICTWSS Downloads: Version 6.1 – November 2019”, (Çevrimiçi) <https://www.ictwss.org/>, 15 Şubat 2021.
- Visser, Jelle, v.d. : “Trends in collective bargaining coverage: Stability, erosion or decline?”, (Çevrimiçi) https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---travail/documents/publication/wcms_409422.pdf, 15 Şubat 2021.
- Voth, Hans-Soachim : “Living Standarts During the Industrial Revolution: An Economist’s Guide”, **AEA Papers and Proceedings**, C.93, S.2, Mayıs 2003, ss. 221-226
- Vouchercloud : “How Many Productive Hours in a Work Day? Just 2 Hours, 53 Minutes...”, (Çevrimiçi)

<https://www.vouchercloud.com/resources/office-worker-productivity>, 25 Ocak 2021.

Wang, Shiyong, v.d. : “Towards Small Factory for Industry 4.0: A Self-organized multi-agent system with big Big Data Based Feedback and Coordination”, **Computer Networks**, C. 101, Ocak 2016, ss. 158-168.

Washington Üniversitesi : “The History of Artificial Intelligence”, (Çevrimiçi) <https://courses.cs.washington.edu/courses/csep590/06au/projects/history-ai.pdf>, 16 Şubat 2021.

Waslo, Rene, v.d. : “Industry 4.0 and cybersecurity: Managing risk in an age of connected production”, (Çevrimiçi) https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/3749_Industry4-0_cybersecurity/DUP_Industry4-0_cybersecurity.pdf, 10 Ekim 2020.

Weber Shandwick : **AI-Ready or Not: Artificial Intelligence Here We Come!**, (Çevrimiçi) <https://www.webershandwick.com/uploads/news/files/AI-Ready-or-Not-report-Oct12-FINAL.pdf>, 5 Eylül 2020.

Webster, Juliet, Keith Randle : “Positioning Virtual Workers Within Space, Time, and Social Dynamics”, **Virtual Workers and the Global Labour Market**, Ed. by., Juliet Webster ve Keith Randle, London, Springer Nature, 2016.

WEF : **Readiness for the Future of Production Report 2018**, (Çevrimiçi) 2018, http://www3.weforum.org/docs/FOP_Readiness_Report_2018.pdf, 18 Ocak 2021.

" " : **The Future of Jobs Report 2020**, 2020, (Çevrimiçi) http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf, 28 Ocak 2021.

Whitehouse, Mark, Mira Rojanasakul : “Find Out If Your Job Will Be Automated”, (Çevrimiçi) <https://www.bloomberg.com/graphics/2017-job-risk/>, 15 Ocak 2021.

- Whiting, Kate : “Germany is the world’s most innovative economy”, (Çevrimiçi)
<https://www.weforum.org/agenda/2018/10/germany-is-the-worlds-most-innovative-economy/>, 19 Ocak 2021.
- Williams, Karel, v.d. : “Ford versus ‘Fordism’: The Beginning of Mass Production?”, **Work, Employment & Society**, C.6, S.4, Aralık 1992, ss. 517-555.
- Wisniak, Jaime : “James Watt – The Steam Engine”, **Jour**, C.18, Ocak 2007, ss. 323-336.
- Wissenschaftliche Begleitung : “The joint Federal Government-Lander Competition “Advancement through Education: Open Universities””, (Çevrimiçi) <https://offene-hochschulen.de/en/open-universities>, 8 Kasım 2020.
- Wohlers, Terry T., Tim Caffrey : **Wohlers Report 2013: Additive Manufacturing and 3D Printing State of the Industry**, Colorado, Fort Collins, 2013.
- Woirol, Gregory Ray : **The Technological Unemployment and Structural Unemployment Debates**, Greenwood Press, 1996.
- Wolf, Sue : “Are Your Employees Staying or Leaving? Trends in Turnover from the 2019 HR Metrics Survey”, (Çevrimiçi)
<https://blog.employerscouncil.org/2019/08/23/are-your-employees-staying-or-leaving-trends-in-turnover-from-the-2019-hr-metrics-survey/>, 12 Şubat 2021.
- Wonacott, Michael E. : “Gold-CollarWorkers”, (Çevrimiçi)
<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED467237.pdf>, 10 Şubat 2021.
- Woods, Drew : “Internet of Things (IoT): Pros and Cons”, (Çevrimiçi)
<https://www.keyinfo.com/pros-and-cons-of-the-internet-of-things-iot/>, 27 Ağustos 2020.
- World Bank : “Employment in Services”, 2019a, (Çevrimiçi)
https://data.worldbank.org/indicator/SL.SRV.EMPL.ZS?end=2011&name_desc=false&start=2010, 16 Ağustos 2020.

- World Bank : “Employment in Industry”, 2019b, (Çevrimiçi)
<https://data.worldbank.org/indicator/SL.IND.EMPL.ZS?end=2011&start=1991>, 15 Ağustos 2020.
- " " : “Industry (including construction), value added (current US\$) - Germany, Turkey”, 2020a, (Çevrimiçi)
https://data.worldbank.org/indicator/NV.IND.TOTL.CD?locations=DE-TR&name_desc=true, 10 Aralık 2020.
- " " : “Ease Of Doing Business In Germany”, 2020b, (Çevrimiçi)
<https://www.doingbusiness.org/en/data/exploreeconomies/germany>, 18 Şubat 2021.
- " " : “Ease Of Doing Business In Turkey”, 2020c, (Çevrimiçi)
<https://www.doingbusiness.org/en/data/exploreeconomies/turkey>, 18 Şubat 2021.
- World Economic Forum : **The Future of Jobs Report 2018**, (Çevrimiçi)
http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2018.pdf, 17 Ocak 2021.
- World Intellectual Property Organization : “World Intellectual Property Indicators 2020”, (Çevrimiçi)
https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_941_2020.pdf, 19 Şubat 2021.
- World Population Review : “Average Work Week by Country 2021”, (Çevrimiçi)
<https://worldpopulationreview.com/country-rankings/average-work-week-by-country>, 25 Ocak 2021.
- Xu, Min, v.d. : “The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges”, **International Journal of Financial Research**, C.9, S.2, Mart 2018, ss. 90-95.
- Yang, Fengwei, Sai Gu : “Industry 4.0, a revolution that requires technology and national strategies”, **Complex & Intelligent Systems**, Ocak 2021, ss. 1-15.
- Yang, Xiang, v.d. : “Virtual Reality Enhanced Manufacturing System Design”, **7th International Conference on Digital Enterprise Technology**, Atina, 2011.
- Yangın, Dilek Dulay : “Endüstri 4.0, Dijitalleşme ve İş Hukukunun Geleceği- Dijital Platformların Ortaya Çıkardığı Hukuki İlişkiler Çerçevesinde Değerlendirilmesi”, **İstanbul Hukuk Mecmuası**, C. 78, S. 3, 2020, ss. 1209-1237.

- Yelis, Burcu : “Akıllı Fabrikalara İlk Adım | SmartFactoryKL”, (Çevrimiçi) <https://www.endustri40.com/akilli-fabrikalara-ilk-adim-smartfactorykl/>, 5 Kasım 2020.
- Yılmaz, Betül : “Çalışma Hayatında Z Kuşağı”, **İktisat Literatürüne Teorik ve Ampirik Katkıları**, Ed. by., Salih Öztürk, Ankara, İksad Yayınevi, 2020.
- Yoon, Jang Seob : “Average monthly working hours of employees in South Korea from 2010 to 2019”, (Çevrimiçi) <https://www.statista.com/statistics/1051570/south-korea-monthly-working-hours/>, 23 Ocak 2021.
- Yüksekbilgili, Zeki, Gözde Zeynep Çevik : “Endüstri 4.0 Bağlamında Türkiye’nin Yerine İlişkin Güncel ve Gelecek Eksenli Bir Analiz”, **Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi**, C. 3, S. 2, 2018, ss. 422-436.
- Zhao, Zhou, v.d. : “Augmented reality for enhancing tele-robotic system with force feedback”, **Robotics and Autonomous System**, C. 96, Haziran 2017, ss. 93-101.

ÖZGEÇMİŞ

Alptuğ Bektaş

EĞİTİM

- **İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.**
Doktora - Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri, *tahmini mezuniyet*, Ekim 2021.
- **Koç Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.**
Özel Öğrenci - Yönetim ve Organizasyon, mezuniyet, Yaz 2017, Yaz 2018 ve Yaz 2019.
- **İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.**
Yüksek Lisans - Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri, mezuniyet, Aralık 2014.
- **Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.**
Lisans - Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri, mezuniyet, Haziran 2011.

İŞ TECRÜBELERİ

- **Idea Universal**, Saha Koordinatörü, Darüsselam, Tanzanya. Nisan 2021 -
- **Delta Rope Access Services**, Business Consultant, İstanbul. Temmuz 2018 -
- **Garajyeri.com**, Satış Müdürü, İstanbul. Haziran 2015 – Mart 2017
- **Deren İlaç Sanayi ve Dış Tic. Ltd. Şti**, Satın Alma ve Satış Asistanı, İstanbul. Yaz 2010

DİL

Türkçe: Ana Dil **İngilizce:** Profesyonel Çalışma Etkinliği **Almanca:** Sınırlı Yetkinlik