

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANA BİLİM DALI
İŞLETME YÖNETİMİ PROGRAMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİ
VE UYGULAMALARI İLE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

**DERYA YAPAR KABACA
09713008**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. KENAN AYDIN**

**İSTANBUL
2019**

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANA BİLİM DALI
İŞLETME YÖNETİMİ PROGRAMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİ
VE UYGULAMALARI İLE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ**

**DERYA YAPAR KABACA
09713008**

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. KENAN AYDIN**

**İSTANBUL
2019**

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANA BİLİM DALI
İŞLETME YÖNETİMİ PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

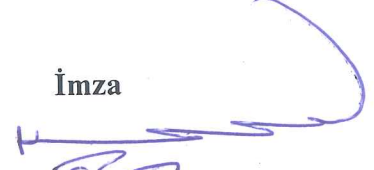
ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİ
VE UYGULAMALARI İLE ETKİLERİNİN
İNCELENMESİ

DERYA YAPAR KABACA
09713008

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih:

Tezin Savunulduğu Tarih: 28.06.2019

Tez Oy Birliği ile Başarılı Bulunmuştur

	Unvan	Ad Soyad	İmza
Tez Danışmanı	:	Prof. Dr. Kenan Aydın	
Jüri Üyeleri	:	Prof. Dr. Bülkhan Öze	
	:	Doç. Dr. Arzu Karaman Akgöl	

İSTANBUL
HAZİRAN 2019

ÖZ

ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİ VE UYGULAMALARI İLE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ **Derya Yapar Kabaca** **Haziran, 2019**

Geçmişten günümüze gelinceye kadarki süreçte modern endüstri birkaç yüz yıl devam etmiş ve günümüze kadar üç büyük sanayi devrimi meydana gelmiştir. Şimdi ise dördüncü sanayi devrimi olarak nitelendirilen Endüstri 4.0 uygulamalarına geçilmiştir. Endüstri 4.0'ın amacı birbiriyle iletişime geçebilen, sensörler sayesinde ortamı algılayan, veri ve analizle gereksinimleri gerçekleştirebilen robotlar ile daha kaliteli, ucuz ve hızlı üretim yapmaktır. Bunun yanında, Endüstri 4.0, modüler akıllı fabrikalardaki siber fiziksel sistemlerle fiziksel süreçleri izleyerek nesnelerin birbirleriyle ve insanlarla iletişim kurmasını sağlayarak merkezi olmayan işbirliğine dayalı kararlar almasına neden olmaktadır. Günümüzün rekabet koşullarında işletmelerin varlıklarını korumak ve sürdürebilmek için Endüstri 4.0'ı kuruluşlarında uygulamak kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu nedenle Endüstri 4.0 kavramını iyi bilmek gerekmektedir. Bu sebeple bu çalışmada Endüstri 4.0 kavramı ile uygulamaları açıklanmış ve etkilerinin anlaşılmasına yönelik Almanya'nın Bremen eyaletinde nitel bir araştırma yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Endüstri 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimi, Akıllı Fabrikalar

ABSTRACT

ANALYSING THE IMPACTS OF INDUSTRY 4.0 REVOLUTION AND ITS IMPLEMENTATIONS

Derya Yapar Kabaca

June, 2019

From the past to the present, the modern industry has continued for several hundred years and there have been three major industrial revolutions up to the present day. Now, Industry 4.0 practices, which are considered as the fourth industrial revolution, have been introduced. The aim of Industry 4.0 is to make production with robots that are able to communicate with each other, detect the environment through sensors and realize the requirements by data and analysis, and to produce better quality, cheaper and faster. In addition, Industry 4.0 monitors the physical processes of cyber-physical systems in modular smart plants, allowing them to communicate with each other and with people to make decentralized decisions. In today's competitive conditions, it is inevitable to apply Industry 4.0 in its organizations in order to protect and sustain the assets of the enterprises. Therefore, it is necessary to know the concept of Industry 4.0 well. So, in this study the concept of Industry 4.0 and its applications was explained and the Qualitative Research was performed in Germany, Bremen in order to explore the effects of them.

Keywords: Industry 4.0, 4th Industry Revolution, Smart Factories.

ÖN SÖZ

Bu çalışmada Endüstri 4.0 kavramı ile uygulamaları açıklanmış ve etkilerinin anlaşılmasına yönelik Almanya'nın Bremen eyaletinde nitel bir araştırma yapılmıştır.

Araştırma sürecince yardımcı olan değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Kenan Aydın'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca yaşamım boyunca beni destekleyen ve bana güvenen değerli ailem ve eşim Emre'ye de teşekkür ederim.

İstanbul; Haziran, 2019

Derya Yapar Kabaca

İÇİNDEKİLER

ÖZ	iii
ABSTRACT	iv
ÖN SÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	3
2.1. Sanayi Devrimlerinin Aşamaları.....	3
2.1.1. Birinci Sanayi Devrimi.....	4
2.1.2. İkinci Sanayi Devrimi.....	6
2.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi	9
2.2. Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstri 4.0 Kavramı	10
2.2.1. Endüstri 4.0 Gelişimi ve Etkileri	11
2.2.2. Endüstri 4.0 Kavramının Ortaya Çıkışı	13
2.2.3. Endüstri 4.0 Teknolojileri.....	14
2.2.4. Nesnelerin İnterneti	14
2.2.5. Büyük veri	16
2.2.6. Bulut Bilişim Sistemi	18
2.2.7. Siber Fiziksel Sistem	19
2.2.8. Akıllı Robotlar.....	21
2.2.9. Üç Boyutlu Yazıcılar	21
2.2.10. Simülasyon	23
2.2.11. Yapay Zekâ.....	23
2.3. Yeni Teknolojilerin Çalışma Hayatında Kullanımına İlişkin Örnekler	24
2.4. Çalışma İlişkileri ve Emek Sürecinin Dönüşümü Üzerine Değerlendirme	25
2.4.1. İstihdam	27
2.4.2. Yok Olacak ve Yeni Oluşacak Meslekler	29
2.4.3. İşçi ve Denetim Sınıfının Tepkileri	30
2.4.4. Eğitim ve Vasıf Sorunu	31
2.5. Endüstri 4.0 Uygulamalarının Avantajları	32

2.6. Endüstri 4.0 Uygulamalarının Dezavantajları.....	33
3. TÜRKİYE’DE VE DÜNYA’DA ENDÜSTRİ 4.0	34
3.1. Endüstride Türkiye’nin Konumu	34
3.1.1. Endüstri 4.0’ın Türkiye İçin Önemi	35
3.1.2. 2023 Türkiye Hedefleri ve Stratejileri.....	38
3.1.3. Vizyon 2023 ve AB 2020 Karşılaştırılması	40
3.2. Türkiye’de Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Etkileri.....	42
3.3. Dünyada Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Etkileri	43
3.3.1. Yatırım Üzerindeki Etkisi	44
3.3.2. Büyüme Üzerine Etkisi.....	45
3.3.3. İstihdam Üzerine Etkisi	45
4. ENDÜSTRİ 4.0 HAKKINDA ÖNCÜ FİRMALARIN GÖRÜŞLERİ	46
4.1. Bosch Firmasına Ait Görüşler.....	46
4.2. Siemens Firmasına Ait Görüşler	47
4.3. Mc Kinsey Firmasına Ait Görüşler	48
5. UYGULAMA:ALMANYA-BREMEN’DE BİR ARAŞTIRMA.....	50
5.1. Araştırma Modeli	50
5.2. Araştırma Yöntemi.....	50
5.3. Evren ve Örneklem	50
5.4. Kısıtlar.....	51
5.5. Verilerin Toplanması ve Analiz Edilmesi.....	51
5.6. Araştırmanın Bulguları.....	51
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	57
KAYNAKÇA	61
EKLER.....	67
ÖZ GEÇMİŞ.....	68

TABLÖLAR LİSTESİ

TABLO 1: TÜBİTAK DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ İLE İLGİLİ ÖNGÖRÜLER	13
TABLO 2: SİBER-FİZİKSEL SİSTEMLERİN SİBER VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRMASI.....	20
TABLO 3: PİLOT BÖLGELER	37
TABLO 4: PİLOT SEKTÖRLERDE SANAYİ 4.0 UYGULAMALARI.....	38
TABLO 5: SWOT ANALİZİ.....	43

ŞEKİLLER LİSTESİ

ŞEKİL 1: DÖRT İŞLEMDE ENDÜSTRİ 4.0	12
ŞEKİL 2: VİZYON 2023 TEKNOLOJİ ÖNGÖRÜ ÇALIŞMASI	40

KISALTMALAR LİSTESİ

AB: Avrupa Birliği

3D: 3 Boyut

ABS: Anti-Lock Braking System

BCG: Boston Consulting Group

BPO: Banka Ödeme Yükümlülüğü

CEO: Chief Executive Officer

CPS: Siber-Fiziksel Sistemler

ESP: Electronic Stability Program

GPS: Küresel Konumlama Sistemi

GSYİH: Gayrisafi Yurt İçi Hasıla

IOS: Hizmetlerin İnterneti

IoT: Nesnelerin İnterneti

KOBİ: Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler

KOSGEB: Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı

NASA: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi

RFID: Radyo Frekansı İle Tanımlama Teknolojisi

SaaS: Software As A Service

TOBB: Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği

TÜBİTAK: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

TÜSİAD: Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği

USD: United States Dollars

PLC: Programlanabilir Mantık Devresi

BIT: Bilgi ve İletişim Teknolojileri

M2M: Makineler Arası İletişim

1. GİRİŞ

Dünyada Endüstri 4.0 yeni oluşan bir kavramdır. Endüstri 4.0'ın nasıl oluştuğunu anlamak için önce sanayi kavramına açıklık getirmek gerekmektedir. Sanayi; hammaddeleri işlemek, enerji kaynaklarını elde etmek için kullanılan yöntemler ve araçlar bütünüdür. Sanayi yani endüstri kavramı bilim ve teknolojiyle yakından ilgilidir. Avrupa'daki en büyük ve en önemli değişikliklerden biri olan Sanayi Devrimi, beden gücüne dayalı üretim şeklinden makine gücüne dayalı üretime geçiştir. Bu dönemin tarihe yansımadaki neden yalnızca üretimde değil aynı zamanda sosyal, ekonomik ve kültürel alanlarda da değişim meydana getirmesidir. Bu durum insanlık açısından önemli bir yükseliştir.

Almanya başta olmak üzere Endüstri 4.0 Avrupa'da hızlı bir biçimde yaygınlaşma göstermektedir. Bu çalışmada Endüstri 4.0 devrimine geçiş yapan ülkelerin teknolojik gelişmeleri ve çalışma hayatlarında yaşayacakları değişiklikler incelenmektedir. Sanayi devrimi geçmişten günümüze birinci, ikinci, üçüncü ve son olarak dördüncü yani Endüstri 4.0 olarak karşımıza çıkmaktadır. Birinci Sanayi Devrimi su ve buhar gücünün kullanımıyla mekanik üretim sistemlerinin meydana gelmesidir. İkinci Sanayi Devrimi elektrik enerjisi kullanılarak montaj hattında üretim yapılmasının gelişme gösterdiği dönemi kapsamaktadır. Üçüncü Sanayi Devrimi, elektroniklerin kullanılması ve bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle üretimin otomatikleşmesidir. İnternet kullanımının yaygınlaşması bu dönemde olmuş ve yeni devrin çıkmasında ön ayak olmuştur. Bu yeni başlayan süreçte sanal ve fiziksel sistemler entegre bir biçimde kullanılarak akıllı sistemler ve yapay zekalar devreye girecektir. Nesnelerin interneti üretim alanında daha fazla kullanılmaya başlanacak ve endüstriyel alanda köklü değişimler yaşanacaktır. Bu döneme Endüstri 4.0 devrimi denilmektedir. Bu devrim nesnelerin interneti, siber- fiziksel sistemler, büyük veri, bulut bilişim sistemlerinden oluşan bir bütündür. Bu devrimle beraber toplumsal yaşamda da değişiklikler yaşanacaktır.

Günümüzde birçok fabrikada insanların yerine robotların geçmesi

muhtemeldir. Yalnızca fabrikalarda olmayıp yaşamın tüm alanlarında insanların yaptığı işlerin yerine robotların yapmaya başlayacakları yönünde düşünceler ortaya atılmıştır. Günümüz koşullarındaki işlerin zamanla yok olup farklı meslek gruplarının oluşacağı, insanların sosyal alanlardaki yaratıcı mesleklere yöneleceği görüşü ortaya atılmaktadır. Bu görüşlerin yanında Endüstri 4.0 olarak ifade edilen teknolojik gelişmeler olumsuz sonuçlar da doğurabilecektir. Bu sorunların başında istihdam yaratma problemi gelmektedir. Makine kullanımının artmasıyla vasıfsız işçilerin işlerinde azalmalar öngörülmektedir. Mesela sürücüsüz araçların varlığı şoförleri etkileyecek ve yol güzergâhındaki restoranlar, kafeler, dinlenme tesisleri zincirleme bir şekilde bu durumdan olumsuz bir şekilde etkileneceklerdir. İnsanlar üç boyutlu yazıcılarla kendi elbiselerini üretebileceklerdir.

Aslında bu durumun temelinde daha hızlı, daha esnek, daha verimli ve rekabet edilebilir, düşük maliyetli üretim yapma isteği bulunmaktadır. Bu tez, yeni teknolojik gelişmelerin işgücü piyasası ve istihdam üzerindeki etkilerini de incelemektedir.

Bu çalışmanın birinci bölümünde Endüstri 4.0'a kadar yaşanan birinci, ikinci ve üçüncü sanayi devrimlerindeki endüstriyel işleyiş anlatılmakta, Endüstri 4.0 kavramı tanımlanarak bu alanda kullanılan teknolojiler ile avantajları ve dezavantajları değerlendirilmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise Endüstri 4.0'ın Türkiye'deki ve Dünya'daki önemi, uygulama alanları ve etkileri incelenmektedir. Ayrıca Türkiye'nin 2023 yılı hedefleri, 2020 Avrupa Birliği ve 2023 Vizyon karşılaştırılması yapılmıştır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde öncü firmaların Endüstri 4.0 hakkındaki görüşleri anlatılmaktadır.

Çalışmanın son bölümde ise Endüstri 4.0 etkilerinin belirlenmesine yönelik yapılan nitel araştırmanın bulgularına yer verilmiştir.

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Sanayi Devrimlerinin Aşamaları

Sanayi Latince kökenli bir kelime olup “industria” anlamına gelmektedir. Sanayi; enerji kaynaklarını kullanarak mineral kaynakları ve çeşitli hammaddeleri geçerli bir ürüne dönüştürmek için yapılan herhangi bir çaba olarak tanımlanmaktadır. Farklı bir ifadeyle beden gücünün hakim olduğu üretim şeklinden makine gücünün hakim olduğu üretim şekline geçiş olarak tanımlanmaktadır.

Tanımlara baktığımızda, endüstriyel faaliyeti gerçekleştirmek için üretim faktörlerini organize edebilen bir girişimciye ihtiyaç vardır. Sanayinin vazgeçilmez unsuru işgücüdür. Sanayi devrimi; ekonomik, sosyal, siyasal ve kültürel alanlardaki bütün alışkanlıkları bırakıp yeni bir yaşam biçimi meydana gelmesine neden olmuştur. Bireysel üretimlerin yerini kitlesel üretimler almıştır. Kitlesel üretim araçlarının kullanılması bireycilik anlayışından toplum anlayışına ve toplumun birlikte yaşamı felsefe edinmesine neden olmuştur¹.

Teknolojinin ilerlemesiyle yüksek miktarlarda üretim gerçekleşmiş ve ekonomik güç değişerek burjuva ve tüccar sınıfının eline geçmiştir. O zamana kadar ekonomik gücü elinde barındıran kilise teknolojinin ilerlemesiyle mevcut hâkimiyetini yitirmeye başlamış ve dolayısıyla dini baskılar azalmıştır. Bütün sanayi devrimleri üretim ve yaşam biçimlerini derinden etkilemiştir. Her sanayi devriminde üretimde kullanılan hammaddenin ve üretim biçiminin değişikliğe uğraması sanayi devrimlerinin farklı bölümlere ayrılarak tasvir edilmesini sağlamıştır. Sanayi devriminin ortaya çıktığı günden bugüne toplamda 4 sanayi devrimi meydana gelmiştir. Bunlardan sonuncusu Endüstri 4.0 devrimidir. Endüstri 4.0’ı anlayabilmek için öncelikle birinci, ikinci ve üçüncü sanayi devrimlerini anlamak gerekir².

¹ Eric L. Jones, **Locating the Industrial Revolution: Inducement and Response**, (London: World Scientific, 2010),76.

² Paul Mantoux, **The Industrial Revolution in the Eighteenth Century: An outline of the beginnings of the modern factory system in England**, (Abingdon: Routledge, 2013),288.

2.1.1. Birinci Sanayi Devrimi

Sanayi devrimiyle birlikte ortaya çıkan birçok değişiklik üretim konusunun yanında önemli bir yeri olan makine ve enerji kaynakları konusunda yapılan değişiklikleri de oluşturmaktadır. Üretimin makine yoluyla olması ve enerjilerin yoğun kullanılmasıyla toplumsal refah seviyesinde artış gözlemlenmiştir. Bunun sonucunda genel olarak insan nüfusu artmış; ancak, artan nüfusun toplumun refahına olumsuz şekilde etki etmediği görülmüştür. Birinci sanayi devrimi ile birlikte uygun olmayan çalışma şartları ve gelir dağılımındaki eşitsizlik bir tarafa genel olarak toplumsal zenginlikte artış meydana gelmiştir. Avrupa’da 18. Yüzyılın sonu ve 19. Yüzyılın başında önemli değişimler olmuştur. Bu değişimlerin en başında Fransız Devrimi ve Sanayi Devrimi gelmektedir³.

Okuryazarlığın artış göstermesi, Rönesans ve Reform hareketlerine karşı direncin azalmasını ve radikal değişikliklerin ortaya çıkmasını kolay hale getirmiştir. Fikirseller nedenlerin yanı sıra endüstri, ekonomi ve teknoloji alanındaki birçok değişiklik de sanayi devriminin sebepleri arasındadır. Aşağıda bu sebepler sıralanmıştır⁴.

- 16. Yüzyıldan itibaren Kıta Avrupası ve İngiltere Krallığı sınırları dahilinde yaşayan toplumların nüfus sayısı artmıştır.
- Tarım alanında makinelerin kullanılmaya başlanmasıyla, boşta kalan kırsaldaki iş gücü şehirlerdeki sanayi alanında iş bulmak için kentlere göç etmeye başlamıştır. Böylelikle kırsaldaki insan nüfusu azalırken, kentlerdeki insan nüfusu hızlı şekilde artmaya başlamıştır.
- Bilim ve teknoloji alanında yaşanan gelişmelerin ve yeni buluşların ışığında üretim hızı ve insanların refah seviyesi artmıştır. Önceden üretimi zor olduğu için yalnızca üst sınıftakilerin satın alabildiği ürünler, artık orta sınıftaki insanlar için temel tüketim ürünleri haline gelmiştir. Dolayısıyla, üretilen ürünler için büyük ve ciddi bir pazar ortaya çıkmıştır.
- Avrupalı emperyalist ülkelerin sömürge arayışları sonucunda, özellikle Hindistan ile birlikte, başta Afrika, Asya ve Güney Amerika’daki pek çok

³ Peter Mathias, **The First Industrial Nation: The Economic History of Britain 1700–1914**, (New York: Routledge, 2013),354.

⁴ Phyllis Deane, **The First Industrial Revolution**, (New York: Cambridge University Press, 1979),147.

ülkenin toprak altı ve üstü zenginlikleri sömürölmek suretiyle, işlenmek için Avrupa'ya taşınmıştır. Sonrasında işlenmiş bu ürünler tekrar sömürgelerde yaşayan insanlara para karşılığı satılmıştır.

- Sömürgeciliğe dayalı üretim ile bu ürünlerin ticareti, burjuvazinin yükselmesine dolayısıyla orta sınıfın doğmasına sebep olmuştur.
- Bilim ve teknolojinin gelişmesi ile yeni ulaşım araçlarının bulunması, pek çok alanda radikal değişikliklerin önünü açmıştır.
- İngiltere'deki düşünce ve araştırma ortamlarının diğer ölkelere kıyasla çok daha rahat ve özgür olması, sanayi devriminin İngiltere'de ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bilimsel gelişmelere paralel olarak kalifiye teknik ve bilim insanlarına olan ihtiyaç artmış; bu ihtiyacı karşılamak adına o tarihlerde İngiltere'nin bu grupta yer alan kişilerin yurtdışına çıkmalarını yasaklaması mevcut düşünce ve araştırma ortamının gelişmesine ciddi katkı yapmıştır.

İngiltere'nin üretimi sanayi devriminden önce tarım ve zanaat olmuştur. Bu durum, James Watt adındaki İskoç bilim insanının buhar makinesini icat etmesi ve buluşunun üretimin pek çok farklı alanında kullanılması ile değişmiş; üretim tarım ve zanaattan süratli bir şekilde sanayiye geçmiştir. Böylelikle ihtiyaç duyduğu enerji ve hammadde kaynağına sahip olan İngiltere buhar makinesinin icadıyla birlikte sanayi devrimini başlatıp makineleşme sürecine girdiği söylenebilir.

Dünya tarihinde Yakın Çağ'ın en önemli sosyo-ekonomik ve siyasi hadiselerinden biri olan birinci sanayi devriminin sebep olduğu olay ve sonuçları maddeler halinde şu şekilde listeleyebiliriz⁵.

- Üretimin çok hızlı şekilde artmasına bağlı olarak enerji ve hammadde kaynak ihtiyacı ile birlikte pazar arayışları ciddi bir şekilde artmıştır. Bu durum emperyalist ölkelerin kendi sömürgecilik faaliyetlerine ağırlık vermesine neden olmuştur. Sömürgecilik yarışında ölkeler arasındaki artan çıkar çatışmaları, rekabet ve gruplaşma neticesinde Birinci Dünya Savaşı gerçekleşmiştir.
- Sanayi devrimi öncesinde el beceresine dayalı küçük üretim yapan atölyeler kapanmış; büyük üretim tezgâhları ve fabrikalar sanayinin temel taşları haline

⁵ James Wolfe, **The Industrial Revolution**, (New York: Encyclopaedia Britannica, 2015),89.

gelmiştir. Bu değişim sonucunda üretim maliyetleri düşmüş, karlılık ve verimlilik artmıştır.

- Üretimdeki artışa paralel olarak istihdam da artmış; istihdama bağlı olarak da işçi sınıfı doğmuştur.
- Bilim ve teknoloji alanındaki gelişmeler sadece sanayide kullanılmakla kalmamış, aynı zamanda tarım alanında uygulanması suretiyle tarıma dayalı üretimin verimi de arttırılmıştır.
- Üretim ve ticaretteki artışa bağlı olarak, yeni ulaşım ve nakliye araçlarına ihtiyaç duyulmuş; büyük miktarda yük ve eşya taşınmasına olanak sağlayan ve buharla çalışan gemi, tren ve benzeri ulaşım vasıtaları icat edilmiştir.
- Tarıma dayalı üretimden, fabrikalarda makineli üretime geçilmesiyle kırsal kesimden, kentlere göçler başlamış; bu durum ülkelerin demografik yapıları üzerinde ciddi değişikliklere sebep olmuştur. Bilhassa sanayi alanında açığa çıkan iş gücü ihtiyacı kentlere göçün artmasında önemli bir etken olmuştur.
- Burjuvazinin yükselmesi ile orta ve işçi sınıflarının doğması; kapitalizm, emperyalizm ve sosyalizm gibi kavramların ortaya çıkmasına sebep olmuştur.
- Bilim ve teknolojiadaki gelişmelere bağlı olarak üretim ve tarımın gelişmesi, insanların yaşam şartlarını iyileştirmiş, ortalama yaşam süreleri ve insan nüfusu artmıştır.

Sonuç olarak birinci sanayi devrimi teknoloji ve ekonomi sebeplerle başlamış olsa da sonuçları itibariyle insanların yaşamlarını ilgilendiren sosyo-ekonomik, politik ve ideolojik pek çok konuyu da etkilemiştir. Özellikle de tarıma dayalı işgücünün yerini sanayi sektöründe çalışan insanların alması, işçi sınıfının doğmasına sebep olmuş; hatta sanayi devriminin başlangıcında insani olmayan çalışma şartlarına karşı işçi sınıfı kendi arasında bir araya gelip örgütlenmiştir ⁶.

2.1.2. İkinci Sanayi Devrimi

Toplumsal ve tarihsel yapıların başlangıcı olarak meydana gelen ikinci sanayi devriminin oluşumu 19. Yüzyıl olarak görülmektedir. Bu devrimde üretimin

⁶ Jeff Horn, **The Industrial Revolution: History, Documents, and Key Questions**, (California: ABC-CLIO, 2016),133.

artmasıyla birlikte maliyetin de artış göstermesiyle kömürün endüstride faaliyetleri yerine getirecek kapasiteye sahip bir potansiyelinin olması mümkün görünmemektedir. Fakat petrolün kömüre oranla daha avantajlı olmasının yanında çok önceleri petrolün varlığının bilinmesine rağmen çıkarılması konusunda teknik imkânların olmaması bu durumu zorlaştırıyordu. 1800'lü yılların ortalarında delme makinelerinin kullanılmasıyla petrolü teknik açıdan elde etmekle yeni bir sistem oluşması sağlandı. Petrolün kömüre oranla avantaj sağlaması endüstri alanında kullanılmasını ve petrole çalışan makinaların gelişim göstermesine neden oldu. Bunun sonucunda buharla çalışan makinalar yerine petrole çalışan motorlar gelmiştir⁷.

Fabrikalar, eski sisteme göre yani buhar makinelerinin olduğu sisteme göre dizayn edilmişlerdi. Birçok sürecin yeni sisteme uyarlanması gerekli hale geldi. Büyük buhar makinelerinin fabrikadan gitmesiyle birlikte daha fazla makine için boş alan açılmıştı. Fabrikalarda makinelerin sayısında büyük ölçüde artış gerçekleşti. Makine sayılarını artırmak tam olarak çözüm olmamış ve daha yüksek verimlilik için farklı yollar aranmıştır. Bu dönemde Taylorizm yaklaşımı yüksek verimliliği savunmuştur. Bu yaklaşımla amaçlanan işi en etkin şekilde yapmanın yöntemini bulmak ve işçiyi eğitmektir. Bilimsel yönetim yaklaşımının hem işçinin hem de işverenin lehine sonuçlar ortaya çıkardığı düşünülmektedir.⁸

Taylorizm'de işin alt bölümlere ayrılması, işçilerin eğitilmesi ve yönetimin işin bazı bölümlerini devralması düşüncesi vardır. İşçi bir işin tamamında yer almak yerine işin tek parçasında uzmanlaşacaktır. Böylece vasıfsız ucuz işçi yaratılacak ve işlerin kontrolü yapılacaktır. Kontrolden sorumlu kişiler işçilerin işlerini nasıl ve ne kadar sürede yapması gerektiğine dair işçiye talimatlar verecektir. Bunun karşılığında işçi görevini söylendiği gibi zamanında gerçekleştireceği prim almaktadır. Taylorizm'in ilkelerini fiilen Henry Ford uygulamıştır. Taylorizm çalışmayı zaman ve hareket düzeyinde en verimli şekle sokmaya çalışsa da makinelerin sabit olması işçilerin bir yerden başka bir yere gitmesine sebep olduğundan zaman kaybına neden olmaktadır. Fordizm, Taylorizm ilkeleriyle bant sistemini birleştirmiştir. Montaj hattıyla birlikte üretim de büyük ölçüde artış meydana gelmiştir. İşler en küçük parçalarına kadar

⁷ Miriam R. Levin, et al., **Urban Modernity: Cultural Innovation in the Second Industrial Revolution**,(United States : MIT Press, 2010),103.

⁸ Alexandra Chauran, et al., **The Second Industrial Revolution Is Upon Us: Managing Human Resources in Public Administrations**, (Edinburg: Jupiter Gardens Press, 2014),68.

ayrılır ve hatta dizilir böylece işçilere zaman kaybı yaşatacak olan gidiş gelişler engellenmiş olur. Fordist üretimde standart ürünler vardır ve esneklik yoktur. İşin en küçük parçalara kadar ayrılmasıyla bu işleri herkes yapabilmektedir.⁹

Sonuç olarak vasıflı işçiye olan bağlılığın kalkması fordist üretim sisteminin farklı sektörlerde benimsenmesine sebep olmuştur. Bu sistem eğer bir işçi görevini zamanında yerine getiremezse anında belli olacak bir sistemdir. Buna karşın, bu üretim tekniğinin işçileri neredeyse bir nesne konumuna indirgeme hayallerini boşa çıkarmıştır. İşçiler, baskıcı üretim modeline karşı hep birlikte tepki göstermiş ve işyerlerinden zamanla ayrılmışlardır. Aralık 1912’de, Ford’un bir işletmesinde işçi devri oranının aylık olarak yaklaşık % 50 seviyelerine çıktığı bilgisini aktarmaktadır.

Tüm görevin özelleşmesinin gelişen teknolojiyle birlikte insanın yerini robotların almasını kolaylaştırdığı ve bunun sonucunda, bugün montaj hattı üzerinde robotların görülmeye başlandığı gibi görüşler ortaya atılmaktadır. Bu doğru olmakla birlikte, bugünkü robotlara giden süreçte işçi sınıfının tepkisini ve buna karşı arayışların da belirleyici olduğunu eklemek gerekir.

Tüm gününü sadece vida sıkarak geçiren bir işçinin de robotlaşma düzeyine indirgendiğini söylemek çok da yanlış olmayacaktır. İleri derecede iş bölümü, monotonluk ve işçinin yabancılaşması fordizimde en üst noktaya ulaşmıştır. Vasıfsız işçilik emeğin sömürülmesine neden olmuş ve standart üretim ürün çeşitliliğini yaratamamıştır. Birinci Dünya Savaşı süresince sanayide duraklamanın tersine karlı bir dönem yaşanmıştır. 1929 yılında tüm yaşamı etkileyen Büyük Buhran meydana gelmiştir. Bunun sonucu olarak birçok işletme kapanmış ve insanlar bütün birikimlerini kaybetmişlerdir. İkinci dünya savaşıyla birlikte ekonomi yeniden canlanmaya başladı. Savaş endüstrisinin gelişmeye başlamasıyla, savaşan ülkelere doğrudan ürün satılabiliyordu. Bu dönemde elektrik enerjisi kullanılmaya başlanmıştır. Elektriğin bantlarda kullanılmasıyla bu bantları kontrol etmek olanaklı hale gelmiştir. Bunun sonucunda lojistik süreçleri daha esnek bir yapıya dönüşmeye başlamıştır. Fordist üretimin standart ürünlerine karşılık müşteri taleplerine uygun ürün gerçekleştirilebilen üretim sistemi mümkün hale gelmiştir. Bu dönem de dijital anlamda ilkel olarak bazı yenilikler ortaya çıkarılmış ve teknolojilerin altyapısı inşa

⁹ Elena G. Popkova, Yulia V. Ragulina, Aleksei V. Bogoviz, **Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century**,169.(cham: Springer, 2018),101.

edilmeye başlanmıştır¹⁰.

2.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi

İkinci dünya savaşının ardından ülke sınırlarının tamamen farklılaşmasıyla Üçüncü Sanayi devrimi ilk sinyallerini vermiştir. Esasen ikinci dünya savaşının bitmesiyle dijital teknolojiler gelişmiş ve endüstri 3.0'ın temelleri atılmaya başlanmıştır. Üretimde daha az maliyetle üretim yapabilme ve ürünlerin daha düşük fiyatlı olmasının istenmesiyle hammadde kullanımında da farklılıklar olmuştur.¹¹

Petrol krizinin oluşması ve büyüme hızındaki azalışın 1970'li yıllarda baş göstermesi mevcut sistemin düzgün bir şekilde yürümediğini ve farklı politikalar uygulanmasının şart olduğunu göstermektedir. Devlet ekonomileri tarafından işgücü maliyetlerinin arttırılması, kapitalist endüstrilere herhangi bir fayda sağlamamıştır. İşgücünün bağımsız olması kapitalist endüstriler için önemli bir noktadır. Bu yöndeki gayretler ve özgürlük fikriyle Sovyetler birliği çökmüş ve Doğu bloğunun yıkılması küreselleşmenin tekrar oluşmasına neden olmuştur. Bunun neticesinde Pazar arayışı ve düşük maliyetli iş gücü arayışına başlanmıştır. Tüketim kültürünün oluşmaması endüstrilerin aşması gereken sorunların başında gelmektedir. Üretim faktörlerinin yerine tüketim faktörlerinin geçmesiyle tüketicilerin önemli bir konuma gelmesi sağlamıştır.¹²

Tüketim kültürünün yaratılması için talebin artırılması gerekmektedir ve reklam olgusuyla ihtiyaçlar yaratılmaya başlanmıştır. Ancak müşteriler standart ürün yerine kişisel ürünleri en kaliteli biçimde ancak en düşük fiyatla istemekteydi. Endüstriler bu amaçla yeni yöntemler ve stratejiler geliştirmeye başlamıştır. Süreçler fonksiyonlarına ayrılıp başka işletmelere verilmeye başlanmış ve üretimin tamamı tek bir şirket tarafından gerçekleştirilmemeye başlanmıştır. Bu gelişmeyle birlikte kaliteli ürünü düşük fiyata maletmenin ve satmanın yöntemleri ortaya çıkmıştır. Üretimin ürünlerin ucuza üretildiği yerlere kaymasıyla maliyeti yüksek olan fabrikalar

¹⁰ Popkova, Ragulina, Bogoviz, age, 108.

¹¹ Jeremy Rifkin, **Üçüncü Sanayi Devrimi**, çev. Murat Başekim, Pelin Sıral,(İstanbul: İletişim Yayınları, 2014), 194

¹² Rifkin, age, 186.

kapatılmaya başlanmıştır¹³

Bu dönemde elektronik alanda hızla teknolojik gelişmeler yaşanmış ve bilgisayarlar bireysel olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yazılımın da gelişmesiyle endüstriler tüm süreci bilgisayarlardan yürütmeye başlamıştır. Elektronik ve bilgisayar desteğinin sanayiye ve özellikle makine sektörüne entegre olması, 1960'lı yıllarda, algılayıcılardan aldığı bilgiyi var olan programa göre işleyen ve diğer birimlere aktaran mikroişlemci tabanlı bir cihaz olan PLC'nin (programlanabilen mantık devresi) bir grup mühendis tarafından geliştirilmesiyle gerçekleşmiştir. PLC'lerin üretim sistemlerinin otomatikleştirilmesine olanak sağlamasıyla sanayide yeni bir dönemi başlatmıştır. Üçüncü Sanayi Devrimi üretimin sayısallaşmasını sağlamıştır. Bu dönemde bilgisayar, mikroelektronik, fiber optik, lazer gibi teknolojiler üretimin yöntemini ve şeklini değiştirmiş, iletişim ve ulaşımındaki gelişmelerle birlikte sanayi ve ticarete küreselleşme hız kazanmıştır.¹⁴

Toplumsal yapı, yatay bir düzlem üzerine inşa edilmiş değil, dikey-hiyerarşik bir düzendir. Böylesi bir yapı, çıkarları birbirine zıt toplumsal kesimlerden oluşan bir bütündür. Bu nedenle, teknolojik dönüşümler bütün toplumun yatay düzlemde bir ve aynı yönde ilerlemesini ya da daha üst bir refah ve mutluluk düzeyine erişmesini sağlayan bağımsız değişken olarak görülemez. Tam tersine, teknolojik dönüşümlerin, mevcut hiyerarşik yapıda, güç ve iktidar ilişkilerinin yeniden üretilmesi ya da mevcut yapının yıkılıp yeni bir hiyerarşik düzene geçilmesi bağlamında görülmesi gerekir¹⁵.

2.2. Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstri 4.0 Kavramı

Dördüncü sanayi devrimine kadarki süreçte hem üretim miktarı hem de üretim şeklinde teknolojiye bağlı olarak değişiklikler meydana gelmiştir. Her sanayi devri birbirinden üretim yapısı ve çıktıları olarak farklılık göstermektedir. Fakat başlangıç aşamasında olan Endüstri 4.0 devrimi yapısı itibari ile diğer devrimlerden farklılık göstermektedir. İnternet ve bilişim teknolojisinin Endüstri 4.0'da yaygın olarak faaliyet göstermesi bütün bilgilerin aynı anda paylaşılmasını sağlamakta ve bu şekilde hızla gelişmektedir. Ayrıca çok uluslu büyük şirketlerin üretim yapılarındaki

¹³ Giovanni Dosi, Louis Galambos, **The Third Industrial Revolution in Global Business**, (New York: Cambridge University Press, 2013), 201.

¹⁴ Moment Expo Dergisi, s.105 (2017), <http://www.moment-expo.com/bilginin-gucu-sanayi-3-0> [14.05.2019]

¹⁵ Dosi, Galambos, age, 204.

gelişmeler diğer endüstri dönemlerine göre büyük ölçüde değişmiş olup ve bu yüzden yeni bir devrim olarak tanımlanmasına yol açmıştır. Günümüz koşullarında Endüstri 4.0, kişilerin ortalama yaşam sürelerinin artış göstermesi ve yaşam biçimlerinin değişmesi ile beraber gereksinimlerinin karşılanması amacıyla üretim biçimlerinde yapılan önemli değişimlerle ortaya çıkmıştır¹⁶

2.2.1. Endüstri 4.0 Gelişimi ve Etkileri

Birinci sanayi devrimi su ve buhar gücüne dayalı fiziksel sistemlerin ortaya çıkmasıyla yaşanmıştır. İkinci sanayi devrimi elektrik ve iş bölümüne dayalı seri üretime geçilmesiyle yaşanmıştır. Üçüncü sanayi devrimi gelişen sistemlere elektronik, bilişim ve otomasyon teknolojilerinin eklenmesi ile yaşanmıştır. Birinci sanayi devriminden endüstri 4.0'ın başlangıcına kadar geçen yaklaşık 250 yıllık sürede tüm sanayi devrimleri birbirinin tetikleyicisi olmuştur. 2000'li yılların başında siber fiziksel sistemlerin ortaya çıkışı Endüstri 4.0'ın diğer devrimlerden farklı olarak yalnızca kurumları değil bireyleri de etki altına alan bir yapıya bürünmesine neden olmuştur¹⁷.

2013 yılında Hannover fuarında Almanya Endüstri 4.0'ı “Resmi Sanayi Politikası” olarak belirleyeceğinin ilk sinyalini vermiştir. Bu yeni devrim insan gücüne gereksinim duyulmadan makinelerin otonom olarak faaliyette bulunmasını gerçekçi kılmaya başlamıştır. Devrim sürecinde artık yazılım alt yapısına sahip akıllı makineler ile gen diziliminden, nano teknolojilere, yenilenebilir enerjiden sera teknolojilerine kadar birçok alanda teknolojilerin karşılıklı etkileşimi tüm dünyada etkili olmaya başlamıştır.

Endüstri 4.0'ı diğer sanayi devrimlerinden farklı kılan unsurlar; sensör, veri, bilgi ve işlemdir. Sensör; çevremizdeki sıcaklık, basınç, gibi fiziksel ya da kimyasal büyüklükleri algılayarak elektrik sinyallerine çeviren cihazdır. İnsanların etraflarında yaşanan olayları duyu organları sayesinde algılamalarına benzer bir durum sensörde de meydana gelmektedir¹⁸.

¹⁶ Nora Juliane Hildebrand, **Industry 4.0. Terminology, Effects on certain Industries and Consequences for Society**, (Münih: GRIN Verlag, 2018),67.

¹⁷ Natalia Szozda, “Industry 4.0 and its impact on the functioning of supply chains”, **Logforum**, vol.13, no.4, (2017):401-414.

¹⁸ Konstantin Anatol'evich Gulin, Vladimir Sergeevich Uskov, “Trends of the Fourth Industrial Revolution: A review of the monograph: Schwab K. The Fourth Industrial evolution” **Ekonomicheskoe i Sotsialnye Peremeny**, vol.10, no.5, (2017): 216-221.



Şekil 1: Dört İşlemde Endüstri 4.0

Semih Sener, Birol Elevli, “Endüstri 4.0’da Yeni İş Kolları ve Yüksek Öğrenim”, **Mühendis Beyinler Dergisi**, cilt.1, sayı. 2, (2017): 25-37.

“Bulunduğumuz ortamda bile sonsuz veri bulunmaktadır. O yüzden veri denizi, Big Data diye adlandırılmış olup mühim olan bu toplanan verileri belli bir sistematik kapsamda ayıklayabilmek ve işe yarayanları sınıflandırabilmektir. Veri madenciliği teknikleri uygulayarak amaca en uygun ana veriler ve amacı dolaylı etkileyen yan verileri toplayabilmek önemlidir. Toplanan verileri anlamlı hale getirmek bu esnada gerçekleşiyor. Yazılımlar vasıtasıyla elde edilen veriler bir yapay zekâ algoritmasından geçirilip faydalı bir işlem için karar verme sürecini gerçekleştirir. İyi bir yazılım ile tahmin etme gücü, öğrenmesi, hatalardan ders alması, keskin algoritmalar kullanarak hesap yapabilmesi makinanın gelişmişlik düzeyini etkileyen faktörlerdendir. Gerekli veriler sensörlerden toplandıktan sonra bilgiye çevrilir ardından o son karar verici işlem yapılır. O işlemin eyleminden genelde bir donanım etkilenir ve böylece sanal eylem gerçekçi hale gelir. Sonuç olarak bir robot kolu hareket eder, araç yön değiştirir veya boyası bitmiş makinanın deposuna boya ilave edilir gibi neticede tüm işlemler fiziksel bir harekete dönüşür.”¹⁹

¹⁹ Julian Marius Müller, Daniel Kiel, Kai-Ingo Voigt, “What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability.” Sustainability, vol.10, no.1, (2018): 247.

Tablo 1: TÜBİTAK Dördüncü Sanayi Devrimi İle İlgili Öngörüler

2018	Sanayide kullanılacak robot sayısı yaklaşık 3 milyon olacak. Birbirine bağlı cihaz sayısı 13 milyardan 29 milyara çıkacak.
2020	Nesnelerin interneti pazarının büyüklüğü 656 milyar USD’den 1.7 trilyon USD’ye çıkacak.
2025	Endüstriyel robotların yaratacağı ekonomik etki yıllık 0.6-1.2 trilyon \$ olacak, gelişmiş ülkelerdeki imalat süreçleri % 15-25 oranında otomasyona dayalı olacak ,OECD ekonomilerindeki yenilik aracılığıyla, GSYİH artışı verimlilik artışına bağlı hale gelecek.
2030	Dijital teknolojilerin verimlilik, gelir dağılımı ve çevre üzerine güçlü etkileri olacak ve küresel ticaret hacminin yarısı akıllı nesnelerin etkileşimini kullanacak.

TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı, **Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası**, (2016):1-26.

Endüstri 4.0’ı diğer sanayi devrimlerinden farklı kılan özellik, elektriği, seri üretimi ve dijital çalışma yeteneklerine ek olarak ekonomik toplumu teknolojik hale dönüştürmesidir. Günümüz dünyasında söz sahibi olmak isteyen devletler endüstri 4.0 uygulamaları için gerekli alt yapıyı oluşturma konusunda harekete geçmişlerdir. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu(TÜBİTAK) tarafından 2016 yılında hazırlanmış olan “Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası”, yeni sanayi devrimiyle alakalı teknolojilerin uygulama alanlarının artış göstereceğini işaret etmektedir. Tablo 1.’e göre küresel öngörülere bakılarak 2020 yılı itibariyle nesnelerin interneti üzerinden haberleşme sağlayacak cihazların pazar büyüklüğünün gelişmiş ülkeler genelinde 1.7 Trilyon USD’ye çıkması beklenmektedir.

2.2.2. Endüstri 4.0 Kavramının Ortaya Çıkışı

Endüstri 4.0 kavramını “akıllı fabrika” olarak da tanımlamak mümkündür. Özellikle imalat teknolojisinde siber- fiziksel yapılar, nesnelerin interneti kavramı ve bulut bilişim sistemleri de Endüstri 4.0 olarak tanımlanmaktadır. Akıllı fabrikaların oluşumu kullanılan siber-fiziksel süreç veya oluşturulan çok yönlü düşünce mantığıyla fiziksel dünyanın kopyasını oluşturacak bilgi birikimiyle değerlendirmeye tabidirler. Bu süreçteki bilgi ve iletişim teknolojisi gelecekteki inovasyon ve çözüm üretme aşamasındaki ana unsurları oluşturmaktadır. Gömülü sistemler, internet vb. küresel

ağlardan oluşan sistemler ve veri hizmetleri de yapıları oluşturan ana unsurlar olarak görülmektedir. Gömülü sistemlerin uzun bir zamandır günlük hayatımızın tam ortasında yer aldığını görmekteyiz. Dünyada genel anlamda üretilen işlemciler günlük hayatımızda % 98 oranında çok sık kullandığımız düzenleyen, denetleyen veya görüntüleyen araçlarda kullanılmaktadır. Örnek verecek olursak otomobil ABS ve ESP sistemi, akıllı telefonlar veya evde kullanılan beyaz eşyaları gösterebiliriz. Gömülü sistemleri merkezi akıllı kontrol birimi olarak ifade edebiliriz. Gömülü sistemler genel olarak kendi üretim yapılarına özgün yazılım ve donanımı barındırmalarının yanında kullanıldıkları araçlarda gömülü bir şekilde olması ve bilgi işlem sürecini denetlemelerinden dolayı bu ismi almaktadırlar. Gömülü oldukları yapıların dış kısmı ile sensör sayesinde bağ kurarak bundan elde ettikleri veriyi işleyip sisteme yön vermektedirler²⁰.

Siber-Fiziksel sistemlerin sayesinde bütünleşen sanal ve fiziksel dünyada teknik ve işletim aşamalarının benzer biçimlerde tek amaçta toplanmasıyla Endüstri 4.0'ın en önemlilerinden olan Akıllı Fabrika kavramı meydana gelmiştir. Bu kavrama en çok destek veren siber-fiziksel sistemin üretim sistemi içinde yer almasıdır. Akıllı fabrikalar içindeki bütün ürünler, kaynaklar ve süreçler siber-fiziksel sistemlerce belirlenip yüksek kalitede kaynak yönetimi sağlanarak düşük maliyette ürünler ortaya çıkarılmaktadır. Akıllı fabrikalar tasarlanırken dikkat edilen önemli nokta sürdürülebilir olması ve çıkabilecek arızaları öngörebilme olanağının bulunmasıdır. Bu durum esnek olma, uyum sağlama, yanlışlı bilip kendini düzeltme ve risk alma gibi alt dalların oluşturulmasıyla sağlanmaktadır. Akıllı fabrikalarda üst düzey otomasyon yapıları standart duruma kolayca uyarlanabilir.²¹.

2.2.3. Endüstri 4.0 Teknolojileri

Endüstri 4.0 kavramı içerik olarak birden fazla yeni nesil teknolojiyi kapsar. Endüstri 4.0'ın etkilerini tam olarak görebilmek için bu teknolojilerin beraber kullanılması gerekebilir. Endüstri 4.0 yeni nesil teknolojileri aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

2.2.4. Nesnelerin İnterneti

²⁰ Klaus Schwab, **The Fourth Industrial Revolution**,(Newyork: Crown Business, 2017),144.

²¹ Hiroyuki Sato, et al., “Establishing trust in the emerging era of IoT”, **2016 IEEE Symposium on Service-Oriented System Engineering (SOSE) IEEE**, (2016): 398-406.

Son yıllarda internet, hayatımızın her alanında yaptığımız, öğrendiğimiz, yaşadığımız bütün faaliyetleri değiştirdi. Günümüzün İnternet'i, insanları insanlara bağlayarak metin, video, ses ve diğer formatlarda bilgi akışını sunar. Bir sonraki adım fiziksel nesnelerin internete girmesidir. “Nesnelerin interneti” terimi 21’inci yüzyılın ilk 10 yılında popüler hale gelmiştir ve Endüstri 4.0’ın öncüsü olarak da görülebilir. İnsanları bir nesneye ve hatta bazı nesneleri başka bir nesneyle birleştirmek gibi düşünülmelidir. Nesnelerin İnterneti, sadece insanlar ve onların bilgisayarları arasında değil, gerçek, gündelik nesneler arasında bağlantı kurmaktır. Aynı zamanda Nesnelerin internetinin, kendini konfigüre eden, kendi kendini yöneten, akıllı bir teknoloji tarafından tam teşekküllü internet ortamına her zaman ve her yerde erişebilmelerinin sağlandığı bir toplum olarak görülebileceği ifade edilmiştir. Birçok tanım yapılmasına karşın bu tezde Nesnelerin İnterneti temel olarak tüm fiziksel araçların internete bağlı küçük bilgisayarlarla donatılarak “akıllı nesnelere” dönüştürüldüğü bir dünya olarak ele alınacaktır²².

Akıllı ürünler çok yüksek güvenilirlik ve geleneksel ürünlerin sınırlarının ötesine geçen kabiliyetler bağlamında eksponansiyel (üstel) ilerleme vadetmektedir. Nesnelerin interneti sayesinde işletmeler bütün ürünleri gerçek zamanlı bir biçimde denetleyip lojistik faaliyetlerini yönetebilmektedirler. Mevcut işleyişte meydana gelen bilgileri derleyip gelecekte meydana gelecek risk ve eğilimlerin olma olasılığını hesaplayıp, önceden önlem alınmasını sağlayabilir ve uyarılar yapabilir. Bu durum işletmelerin pazardaki sorunlara çözüm bulma yeteneğini arttırmaktadır²³.

Hizmetlerin İnterneti (IOS), hizmetlerin web teknolojisi aracılığıyla kolayca sunulmasına olanak tanıyan, şirketlerin ve bireysel kullanıcıların yeni ve katma değerli hizmetleri bir araya getirmelerini, yaratmalarını ve sunmalarını sağlayan bir yapıdır. Hizmet sektörünün internet temeline dayanarak endüstride kilit rol alabileceği öngörülmektedir. Teknoloji bakış açısıyla hizmete odaklanmış mimarilerde hizmette yazılım (SaaS) veya iş sürecinde kaynakların kullanılması (BPO) gibi kavramların IOS ile bağlantılı olduğu görülmektedir. Nesnelerin ve Hizmetlerin İnterneti, tedarik zinciri sürecini birleştiren ve Akıllı Lojistik'e dönüştüren networkler yaratır. Akıllı lojistiği oluşturan dijital lojistik sistemi Bilgi ve İletişim Teknolojileri tabanlı üretim,

²² C. Charu Aggarwal, “Naveen Ashish, Amit Sheth, “The internet of things: A survey from the data-centric perspective”, **Managing and mining sensor data**. Springer, Boston, MA, (2013): 383-428.

²³ Jayavardhana Gubbi ve diğ., “Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions”, **Future Generation Computer Systems**, vol. 29, no. 7 (2013): 1645-1660.

pazarlama, dağıtımından meydana gelmektedir.

Nesnelerin interneti sensörler, aktüatörler, iletişim ağları gibi birçok akıllı bileşenle iletişim halinde çalışabilmektedir. Bu sebeple CPS (Cyber Physical Systems) ve IoT birbirleriyle bağlantılı ortak hedef doğrultusunda işbirliği yapan bir ağ sistemidir. CPS genel olarak ağdaki kullanıcı ve üretim sistemleriyle arasında iletişim kurmak amacıyla insan-makine ara yüzleri kullanmaktadır.

IoT, bütün tedarik zincirini etkilemektedir. Bunlardan ilki tedarik zincir yönetimini uyumlaştırır; ikincisi kaynakları verimli bir biçimde kullanmayı sağlar; üçüncüsü, tedarik zincirinde yalınlığı geliştirerek tüm zincirin görünür olmasını sağlar; dördüncüsü, tedarik zincirinin gerçek zamanlı izlenmesini ve süreçlerinin kontrolünü sağlar; son olarak da tedarik zincirini yüksek çeviklikle tam olarak bir araya getirir. IoT tedarik zinciri yönetiminde üretim, depolama, ulaşım ve satış bağlantılarını etkilemektedir. Bu şekilde işletmeler bütün tedarik zincirindeki akışı piyasadaki çeşitliliğe hızlı bir biçimde adapte ederek uyumlu bir akış oluşturur.²⁴

2.2.5. Büyük veri

Büyük veri kavramının ortaya çıkışı Google tarafından 2003 yılında olmuştur. Bununla birlikte bu kavram pek çok işletme tarafından kullanılır hale gelmiştir. Büyük veri, depolanan birçok sayıdaki verinin analiz edilerek karar verme aşamasını etkileyen yapıdır. Elde edilen verilerin analizi insanların ve teknolojinin kullanımıyla gerçekleşmektedir. Büyük veriyi iki yönlü düşünürsek birincisi verileri depolama; ikincisi verileri analiz etmektir. Büyük verinin elde edilmesine yardımcı özellikler, hacmi, hızı, çeşitliliği, doğruluğu, güvenilirliği ve değeridir. İnternet kullanımının artmasıyla birçok farklı veri tipi ortaya çıkmış ve veri boyutlarının da yüksek rakamlara ulaşmasıyla bu alandaki teknolojiler hızla ilerlemektedir

Müşteri memnuniyetinin ve taleplerinin hızlı bir şekilde değiştiği günümüz dünyasında, rekabet eden şirketlerin bu değişikliklere hızlı bir şekilde adapte olmaları gerekmektedir. Şirketler veri tabanlarındaki verileri analiz ederek bu değişikliklere karşı kısa sürede aksiyon alabilmektedirler. Bu aksiyonlar üretim, pazarlama ya da tedarik süreçlerinde ciddi değişimlere neden olabilir. Büyük veri, müşteri odaklı

²⁴ Miao Wu, et al., “Research on the architecture of Internet of Things”, **2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE)**, vol. 5, IEEE, (2010):484-487.

üretim tarzıyla üretim masraflarının azaltılması ve hızlı karar almayı amaçlamaktadır. Büyük veri için sistemlerin sayısallaşması ihtiyacı doğmaktadır.²⁵

Şirketler mobil uygulamalar, sosyal medya mecraları ve arama motorları aracılığı ile müşteri verilerine ulaşabilmektedir. Büyük verinin elde edilmesinden öte analiz edilerek karar verme sürecinde şirketlere yol gösterici olması gerekmektedir. Veriye hızlı erişim sağlamak ve dolayısıyla hızlı karar vermek şirketlerin rekabet avantajı elde etmesi açısından oldukça önemlidir. Büyük verinin hızlı bir şekilde proses edilmesi verinin büyüklüğü ve kompleks yapısı nedeniyle geleneksel yöntemlerden farklı araçlar kullanılmasını gerektirir.²⁶

Gök bilimciler 2014 yılında Atcama çölüne kurulan teleskop aracılığıyla her gün veri toplamaktadır. Güneş sisteminde bulunan çok uzak galaksiler ve belirsiz gezegenler bu teleskop sayesinde daha iyi gözlemlenebilecektir. 2018 yılında yapılan bir infografiğe göre küresel kapsamda internette bir dakikada 3.7 milyon Google araması yapılıyor, 18 milyon mesaj atılıyor, Facebook'a 973 bin kişi giriş yapıyor, 4.3 milyon YouTube videosu izleniyor, 375 bin adet uygulama indiriliyor, 174 bin adet Instagram gönderisi paylaşıyor, 481 bin adet tweet gönderiliyor, 187 milyon e-mail yollanıyor, 25 bin GIF gönderiliyor, 2.4 milyon Snap çekiliyor, E-ticarete 862 bin 823 dolar harcanıyor, 266 bin saat Netflix içeriği izleniyor, 1.1 milyon Tinder kaydırması gerçekleştiriliyor, 936 bin 72 adet Twitch görüntülemesi yapılıyor, 67 adet sesli komut cihazı satılıyor.²⁷

Yukarıdaki verilerden de anlaşılacağı üzere günümüzde inanılmaz bir bilgi yığını oluşurken bu yığın içinde doğru bilgiye erişimin önemi de gün geçtikçe artmaktadır. Büyük veri aracılığıyla bu bilgi yığınının anlamlı verilerin elde edilmesi hedeflenmektedir. Bu şekilde şirketler fırsatları ve tehditleri zamanında farkedip hızlı bir şekilde aksiyonlar ve önlemler alabilecektir. Veri güvenliği bu açıdan büyük önem taşımaktadır. Büyük veri hem devlette hem de özel sektörde yaygın olarak yer bulmaktadır²⁸.

²⁵ Jay Lee, , Hung-An Kao, Shanhu Yang, "Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment", **Procedia Cirp**, 16 (2014): 3-8.

²⁶ Balázs Kocsi, Judit Oláh, "Potential connections of unique manufacturing and industrie 4.0", **LogForum**, vol.13, no.4, (2017):389-400.

²⁷ Jeff Desjardins, What Happens in an Internet Minute in 2018?, 2018, <https://www.visualcapitalist.com/internet-minute-2018/> [15.05.2019]

²⁸ Thomas Bauernhansl, "Industry 4.0: Challenges and limitations in the production. Keynote", **AT Kearney, Factory of the year**, (2013):19

2.2.6. Bulut Bilişim Sistemi

Bulut bilişimi Endüstri 4.0 için önemli teknolojik yapılardan biridir. Bulut bilişim, kullanıcıların istediği zaman bilgisayara ve buna eşdeğer diğer cihazlara erişimine ve buradaki kaynakların ortaklaşa kullanılmasına olanak verir. Bu sayede ana kaynaklardaki yazılımları, bilgileri paylaşarak bunların ağ üzerinden kullanımını sağlar²⁹.

Bulut bilişim sistemdeki bilgilerin merkezi bir yapıda depolanması ve ihtiyaç halinde bu bilgilerin ağ iletişimleri vasıtasıyla ilgili birim tarafından kullanılabilmesini sağlar. Bu birimler merkezi sistemle iletişim olanağı olan aygıtlardan oluşmaktadır. Bilgiler bulut iletişim özelliğiyle zaman veya mekân kavramlarından bağımsız olarak merkezi sistemle iletişim kurulabildiği müddetçe aktarılabilmektedir. Böylece istenilen bilgiye hızlı ve ucuz bir şekilde ulaşılabilir. Merkezi sistemdeki bilgiler çoğaldıkça üretim altyapısı için ihtiyaç duyulan veriye ulaşım kolaylaşacaktır. İlerleyen senelerde mevcut bilgisayar depolama yapılarında kullanılan sabit bellekli veri merkezleri yerine merkezi bir yapıdan bilgiyi dağıtan bulut iletişime geçiş olacağı düşünülmektedir³⁰.

Bulut iletişim sayesinde kullanıcı verileri de üretim girdisi olarak saklanabilecek böylece son kullanıcıdan gelen veriler sistemin iyileştirilmesi için kullanılabilir. Sonuç olarak tüketici memnuniyeti artacak ve kullanıcı ihtiyacına yönelik ürün sağlanması kolaylaşacaktır. Ayrıca mekândan bağımsız merkezi veriye ulaşma imkânı farklı bölgelerdeki üretim tesisleri arasında bilgiye ulaşmayı kolaylaştıracaktır. Bu sistemle üretim hattındaki farklı makineler aynı veriyi kullanarak birbirlerini eşzamanlı olarak senkronize edebilirler. Örneğin, aynı fabrikadaki A ve B cihazları birbirlerinin anlık çıktılarını kıyaslayıp son ürüne yönelik ne kadar üretim yapmaları gerektiğini anlık bulut iletişim verisi ile öğrenebilecektir.

Son değerlendirmeler ışığında kullanıcıların yüzde 95'i günlük hayatta kullandıkları teknolojilerin verilerini toplayıp kaydeden bir sistem olduğunu bilmeyerek kullanmaktadır. Günümüzde kullanılan elektronik posta, sosyal medya ve veri paylaşımı programları bu özelliğe sahiptir. Bu veriler çoğu zaman kullanıcı

²⁹ Lane Thames, Dirk Schaefer, "Software-defined cloud manufacturing for industry 4.0", **Procedia CIRP**, 52 (2016): 12-17.

³⁰ Xuejun Yue, et al., "Cloud-assisted industrial cyber-physical systems: An insight", **Microprocessors and Microsystems**, vol.3 no.8, (2015): 1262-1270.

farketmeden sürekli olarak güncellenmektedir. Aynı zamanda aynı kullanıcı kimliğiyle oluşturulan diğer cihazlara da bu veriler otomatik olarak aktarılabilmektedir. Dolayısıyla kişisel kullanıcı verilerinin gizliliği ihlal edilerek güvenlik sorunları baş göstermektedir. Bu sorunlarla baş edilebilmesi için dijital güvenlik önlemlerinin arttırılması ve kişisel verilerin korunmasının sistem tarafından etkili bir biçimde sağlanması gerekmektedir

Bulut iletişim ekonomik olarak verinin dağıtılmasını ucuzlaştırmaktadır. Bu sayede ABD şirketlerinin toplamda 5,5 milyar dolarlık tasarruf ettiği görülmüştür³¹. Önümüzdeki birkaç yıl içinde bulut bilişimine yönelik çalışmaların toplamda 220 milyar dolar civarında olabileceği tahmin edilmektedir. Bu alanda örnekler gün geçtikçe artmaktadır. Nectome isimli bir firma kullanıcılarının fizyolojik özelliklerini kopyalayarak merkezi bir sisteme aktarıp ileride benzer fiziksel özelliklere sahip insanlar oluşturmak için veritabanı çalışmaları yapmaktadır.

2.2.7. Siber Fiziksel Sistem

Siber-Fiziksel sistem fiziksel dünya ile sanal dünyayı birbirine internet yoluyla bağlayan sistemlerdir. İmalat sistemleriyle akıllı çapraz bağlantılar hayata geçirilip kendiliğinden harekete geçen ve birbirinden bağımsız işlev gösteren uygulamalar bütününe Siber-Fiziksel sistem denir. Bu sistem sensörlerle desteklenip fiziksel dünyanın hareketlerini internet hizmetleriyle toplamakta ve global olarak nesnelerin etkileşimini içermektedir. 1940'larda, “siber” kavramı genel olarak bilgi teknolojilerini, bilgisayarları ve internet tabanlı kontrol işlemlerini tanımlamak için kullanılmıştır³².

Siber-Fiziksel Sistem kavramı ilk defa Amerika’da 2006 yılında Lee tarafından fiziksel dünyaya bağlı bilgisayar sisteminin artan önemini vurgulamak için kullanılmıştır. Siber fiziksel sistemler, devamlı olarak değişim gösteren verileri sanal bulut sistemiyle birbirine bağlayan akıllı sistemlerden oluşur. Sosyo-Teknik sistemlerin parçası olan siber sistem, üretim aşamasında insana benzeyen makine ara yüzleri kullanır.

Endüstriyel otomasyon sistemleri, fiziksel üretimde süreci monitör üzerinden

³¹ Thames, Schaefer, age, 16.

³² João Barata, Paulo Rupino Cunha , Janusz Stal “ Mobile supply chain management in the Industry 4.0 Era: An annotated bibliography and guide for future research” **Journal of Enterprise Information Management**, vol.31, no.1, (2018):173-192.

yöneterek bilgisayarlı üretimin yapısını anlatır. Sistemin siber tarafı ise fiziksel süreçlerden elde edilen verileri üretim sürecine uyarlayan bilgisayar yazılımlarından oluşmaktadır. Siber-Fiziksel sistemlerin etki ettikleri alan çevredeki farklı Siber-Fiziksel sistemlerle kurulmuş olan etkileşme seviyesiyle bağlantılıdır. Siber-Fiziksel sistemlerdeki “siber” ve “fiziksel” özelliklerin karşılaştırılması Tablo 2’de belirtilmiştir³³:

Tablo 2: Siber-Fiziksel Sistemlerin Siber ve Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırması

ÖZELLİKLER	SİBER	FİZİKSEL
Uygun Düzen oluşturulması Yöntemi	Seri	Gerçek Zamanlı
Konu Senkronizasyonu	Senkronize	Asenkron
Zaman	Kopuk	Devamlı
Yapı	Bilgisayar Sistemleri	Fiziksel Kanunlar

Fei Hu, et al., “Robust Cyber-Physical Systems: Concept, Models and Implementation”, **Future Generation Computer Systems**, no: 56, (2016):449-475.

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin hızlı gelişmesi hizmeti, lojistiği, tasarımı ve üretim yöntemlerini önemli oranda değiştirmektedir. Bilgisayar, iletişim ve kontrol teknolojileri gerçek zamanlı algılamayı, büyük ölçekli endüstriyel sistemlerin dinamik kontrolünü, bilgi hizmetlerini ve ürün yaşam döngüsü yönetimini destekler. Siber-fiziksel sistemlerin amaçları “akıllı izleme” ve “akıllı kontrolün oluşmasıdır. Bu sürecin gerçekleşmesi tam zamanlı enformasyona, veri analizlerine ve verilerin transferine bağlıdır. 2000-2010 yıllarında birçok sayıdaki üretici genel olarak motorlu taşıt imalatı yapanlar, “akıllı sistem” veya “kablosuz sensör ağı” kapsamında değerlendirilecek radyo frekansı kimlik sistemlerini (RFID) üretim aşamasında takibi kolaylaştıracak bir meteryal olarak kullanmışlardır. İmalatta sürekliliği sağlamak amacıyla ilk defa Volvo kamyonlarının üretiminde RFID(radyo frekansı ile tanımlama) sistemleri kullanılmıştır. Sonrasında Toyota otomobil parçalarının üretimi

³³ Radhakisan Baheti, Helen Gill, “Cyber-physical systems”, **The impact of control technology**, vol.12, no.1, (2011): 161-166.

için RFID sistemini kullanmıştır.

2.2.8. Akıllı Robotlar

Yapay zekaya sahip robotlar Endüstri 4.0'ın getirdiği yeniliklerden biridir. Yapay zeka bir makinenin kontrol ettiği bir sistemi içinde bulunduğu durumlardan ve deneyimlerden yararlanarak öğrenme yeteneği kazanıp çıktısını mükemmelleştirmeyi amaçlar.

Yapay zekâya sahip sistemlerde kendi aralarındaki iletişim ağı vasıtasıyla oluşan arızalar tespit edilir ve sistemler arasında bu bilgi paylaşılarak bir sonraki işlemde benzer hataları engelleyecek farklı kararlar alınması için bu bilgi girdi olarak kullanılır. Akıllı sistemler böylece insan emeği ile uzun sürebilecek arıza tespit ve önleyici tedbirleri çok kısa sürede alıp sürecin hızlı ve kesintisiz işlemlerini sağlar. Yapay zekâ aracılığıyla operatör müdahalesi gerekmeden sistemin kendi içinde geri besleme ile öğrenme yeteneği kazanması üretim tabanlı aksaklıkların azaltılmasında da büyük rol oynar.³⁴

Yapay zekâya sahip sistemlerden oluşan akıllı fabrikalar getirdiği faydalar ile yakın geleceğin üretim alanında vazgeçilmez yapılarından biri olacaktır. Bu sistemler yoğun yazılım ve donanım işbirliği gerektirdiğinden dolayı ilk kurulumlarında yüksek mühendislik emeklerinin harcanmasını ve sisteme ait yapay zekâ yazılımlarının geri beslemeleri için yeterli örnek üretim yapmalarını gerektirecektir. Fakat süreçler yerleştikten sonra sistem kendi kendini idare ederek hatasız üretime doğru yol alacaktır. Böylece servis ve arızalara yönelik insan ihtiyacı da en az düzeye inecektir.³⁵

2.2.9. Üç Boyutlu Yazıcılar

Üç boyutlu yazıcının ilk uygulaması 1984 yılındadır. Üç boyutlu yazıcı endüstrisinin 2020 yılına kadar 5,2 milyar dolara ulaşacağı öngörülmektedir. Üç boyutlu yazıcılar bilgisayarda oluşturulan tasarımlardan üç boyutlu modeller elde edilmesini sağlayan tekniktir. Model verileri sayısal ortama aktarılıp farklı malzeme kullanılarak hızlı bir şekilde üretilmektedir. Üç boyutlu yazıcıların bunları yapabilmesi için yazılım ve donanıma sahip olması gerekmektedir. Bunlar uygun yazılım

³⁴ Brettel Malte, et al., "How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An industry 4.0 perspective", **International journal of mechanical, industrial science and engineering**, vol.8, no.1, (2014): 37-44

³⁵ Malte, age, 42.

programları ve üç boyutlu yazıcı ve tarayıcılardan oluşmaktadır. Üç boyutlu yazıcılarla birlikte ürün garantisi, parça yenilemesi, ürünlerin tamiri tedarik zincirine etkileridir. Bu teknolojiyle birçok malzeme ya da parça çok kısa süre içerisinde temin edilmektedir³⁶.

Üç boyutlu yazıcı kullanımının sorunları, telif haklarının ihlali, haksız rekabet ve yasal izinlerdir. Üç boyutlu yazıcı kullanımı avantajları; tasarımların kısa süre içerisinde gerçekleştirilmesi, üretimin dijitalleşmesi ve böylece maliyetin azaltılması, ürünlerin tüketim yerlerine yakın olmasıyla mesafelerin kısılması, üretimde ihtiyaç olduğu kadar malzeme kullanımı ve ihtiyaç kadar ürünler imal edilerek stok yönetiminin efektif olmasıdır. Daha uygun fiyatlı kişisel ürün, daha az montaj gereken tasarım, bir makineden çok fazla çeşitlilikte ürünün üretilmesi, eldeki malzemenin daha verimli kullanımı ve maliyeti yüksek olan kalıplara ihtiyacın olmaması da avantaj olarak görülmektedir. Çok büyük nesneleri yazdırma problemi, üç boyutlu yazıcıda kullanılabilir malzemenin az olması ve az dayanıklı ürünlerden oluşması da sistemin en büyük sorunları arasındadır. 3 boyutlu yazıcılar imalat işlerini azaltacağından dolayı ucuz işgücünün olduğu ve vasıf gerektirmeyen ülkelerin ekonomilerinde olumsuz etkileri olacaktır. 3 boyutlu yazıcılarla silah üretimi ise güvenlik problemlerine neden olabilecektir.³⁷

Kişiselleştirilmiş üretim üç boyutlu yazıcılar sayesinde olanaklı hale gelmiştir. Tüketici kendi ihtiyaçları doğrultusunda tasarımı düzenleyebilmektedir. İhtiyaç halinde kısa bir sürede ürün üretilebilir ve böylece kendi oluşturduğu ürünleri kullanabilmektedir. Üç boyutlu yazıcılarla birlikte montaj ve kalıplar gerekmemektedir. Üç boyutlu yazıcılarla birlikte tüketici üretici konuma gelecek ve işçi maliyeti ortadan kalkacaktır. Ürünler kısa süre içerisinde piyasaya sürülebilecek ve üretim ucuzlayacaktır. Ucuz üretim için ülkenin dışında yapılan üretimler üç boyutlu yazıcıyla birlikte kendi ülkelerinde gerçekleştirilebilecek böylece sermayenin başka ülkelere kayma riski azalacaktır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi pek çok alanda kullanılmaktadır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi moda alanında da takı ya da kıyafet üretilmesi için kullanılmaktadır. Aynı zamanda eğitim alanında da kullanılan nesnelerin üretilmesini kolaylaştırmaktadır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi sağlık

³⁶ Gunnar Prause, Sina Atari, "On sustainable production networks for Industry 4.0", **Entrepreneurship and Sustainability Issues**, vol. 4 no.4, (2017): 421-431.

³⁷ Gürçan Banger, **Endüstri 4.0 Ekstra**, 2. Baskı, (Ankara: Dorlion Yayınevi, 2018), 84.

alanında da kullanılmaktadır. Organ ve dokular bu teknoloji ile üretilmektedir.

En önemli örneklerden biri de bu teknolojiyle birlikte üretilen bir evin ve XEV otomobil şirketi tarafından elektrikli arabanın üretilmiş olmasıdır. NASA üç boyutlu yazıcıları herhangi bir ihtiyaç anında üretim yapılabilmesi için uzay istasyonlarına yerleştirmiştir. Üç boyutlu yazıcı teknolojisinin daha da gelişmesiyle hayatımızın her alanında olması kaçınılmazdır³⁸.

2.2.10. Simülasyon

İster iş hayatında, ister gerçek hayatta verdiğimiz kararları uygulamaya koyarken uzun ve zorlu bir süreçten geçmekteyiz. Endüstri 4.0 devriminde oldukça önemli olan bilgisayar, bizi gerçek hayata yakınlaştıran sanal deneyim veya simülasyon imkanını sunmaktadır. İşletmelerde ya da bir işlemde yapılan değişiklikler önce sanal ortamlarda gerçekleşip ortaya çıkan sonuçlar incelenir. İnternetin sağladığı büyük veri, gerçek olayların analizinden yararlanarak oluşturulan simülasyon programları aracılığıyla herhangi bir konuyla alakalı parametreleri ve kısıtları girip sanal ortamda deneyimleme olanağını sunmaktadır. Yüksek hızdaki bilgisayarlar, sağlıkta, güvenlik, toplumsal olaylarda ve üretimsel kararlarda hızlı bir biçimde değerlendirmeler yapıp gerçek uygulamalara göre çok daha az maliyetle karar verebilmektedir³⁹.

2.2.11. Yapay Zekâ

Yapay zekâ, insanlar gibi davranış gösterme, sayısal mantık yürütüp hareket etme, konuşma ve ses algılaması gibi pek çok yeteneklere sahip olan yazılım ve donanım sistemlerinden oluşmaktadır. Başka bir ifadeyle yapay zekâ, bilgisayarların insanlar gibi düşünebilmesini sağlamaktadır. Yapay zekâ kendi kendini yönetebilen, karar verebilen anlık haberleşebilen sistemler olarak tanımlanmaktadır.

Endüstri 4.0 internet bileşeni ve alt yapısıyla çevrelenmiş her türlü sistem birbiriyle bağlantılıdır. Yapay zekâ, makinelerde, lojistikte, sosyal ağlarda ve daha birçok alanda kullanılmaktadır.

Yapay zekâ, kullanıcı tecrübesi, sözel veri girişi, karar verebilme yeteneği ve

³⁸ Banger, age, 113.

³⁹ Hans-Joachim Bungartz, et al., **Modeling and simulation: an application-oriented introduction**, (Munich: Springer Science & Business Media, 2013),336.

yapay sinir ağlarından gelen öğrenme yetisinden oluşmaktadır. Kullanıcı tecrübeleri ile sisteme aktarılan veriler karmaşık sorunların çözümüne imkân sağlamaktadır. Böylece sorunlara ilişkin model geliştirme yeteneğine sahip olan yapay zekâ sistemi ortaya çıkan hataları imha edebilme özelliğiyle de mühendislik, işletme, ekonomi vb. alanlarda da kullanılır hale gelebilmektedir. Organizasyonun karmaşık yapısını sistemli bir hale getirmesi, üretim maliyetlerini düşürmesi yapay zekâ uygulamalarının getirdiği yeniliklerdir.

Yapay zekânın olumsuz etkileri ise çalışma yeri kayıpları, hesap verebilirlik ve yükümlülüklerin artması, yasal konular ve çalışma yerlerinin otomasyonu olarak değerlendirilmektedir⁴⁰.

2.3. Yeni Teknolojilerin Çalışma Hayatında Kullanımına İlişkin Örnekler

Endüstri 4.0 teknolojilerin nihai şekli aldıkları ve yerleşik bir şekilde uygulandıkları söylenemez. Bunun yanında uygulama örneklerinde giderek artış görülmektedir. Bu yeni teknolojik devrim ile geçmiş 10 senede mevcut olmayan işlerin günümüzde var olması buna en güzel örnektir. Tahminlerine göre şu an okul çağındaki olan kişilerin yüzde 65'i gelecekte henüz tanımlanmamış iş kollarında istihdam edileceklerdir. Endüstri 4.0 farklı alanlarda yeni istihdam kapıları açarken ne yazık ki mevcut işlerde de işsizliği artıracak uygulamalara sahiptir. Endüstri 4.0 ile, bilhassa niteliksiz işgücünün ehemmiyetinin ortadan kalkacağı ve niteklisiz kişilerin iş bulmasının zamanla güçleşeceği öngörülmektedir. Yapay zekâ ve robotların emek yoğun çalışan kişilerin işlerini elinden alacağı düşünülmektedir. Bu sadece bir tahmin olmamakla birlikte, görülebilir bir hakikattir. Buna yönelik birçok mevcut uygulamalar örnek verilebilir⁴¹.

Çin'deki silah üretimlerinin yüzde 25'inde robot işçiler kullanılmaktadır. Avustralya konumlu bir firma geliştirdiği yapay zekâlı sistemler ile ilerleyen yıllarda spor yöneticiliğini akıllı sistemler ile sağlayabilecektir. Japonya'da toplu ulaşım sistemleri hizmet işlerinde akıllı robotları kullanmaktadır. Bazı gıda şirketleri yemek yapan akıllı sistem uygulamaları geliştirmiş ve bunu yaygınlaştırmayı

⁴⁰ Oliver Grunow, **Smart Factory and Industry 4.0. The Current State of Application Technologies: Developing a Technology Roadmap**, (Norderstedt: GRIN Verlag, 2016),98.

⁴¹ Richard Brunet-Thornton, Felipe Martinez, **Analyzing the Impacts of Industry 4.0 in Modern Business Environments**, (Hershey: IGI Global, 2018),305.

tasarlamaktadırlar. Kanada’da yapay zekâ tarafından borsa mevduat fonu işletilmektedir.⁴².

Bir teknoloji şirketi sosyal alanlar için “hizmet robotu” ve “alışveriş arabası robotu” geliştirmiştir. Hizmet robotu yemek servislerinde, alışveriş arabası robotu ise marketlerde müşterilerin ürünle ilgili bilgileri hızlı bir şekilde elde etmesi amacıyla tasarlanmıştır. ABD’de restoranlarda uygulanan bir örnekte ise, akıllı sistemler müşteri yemeklerini kısa sürede hazırlayıp servis etmektedir.

Dubai’de alışveriş merkezlerini ve turistik yerleri denetlemek için robot polisler geliştirilmiştir. İnsanlar robot polislere hem suç ihbarında bulunabilecek hem de ceza ödeyebileceklerdir. Hükümet 2030’a kadar polis gücünün % 25’ini robotlaştırmayı planlamaktadır. Çin’de yapay zekâyla çalışan insansız karakol açılmıştır. İngiltere’deki hastanelerde doktor ve hemşirelerin yaptığı bazı işleri robotlara ve yapay zekâya yaptırmak için bir reform yapılması gündemdedir. Bu yapıldığında 13 milyar sterlin tasarruf edileceği tahmin edilmektedir⁴³.

Hukuk firmasında asistanlık yapan, diş hekimi olarak geliştirilen, moda fotoğrafçısı olarak tasarlanan, şarkı sözleri söyleyebilen yapay zekâlar toplumsal hayata giderek dahil olmaktadır.

2.4. Çalışma İlişkileri ve Emek Sürecinin Dönüşümü Üzerine Değerlendirme

Araştırmacıların sermaye birikimleri açısından süreci değerlendirmesi ve yeni teknolojilerle ilerlemenin verim artışına neden olacağı düşüncesi ortaya çıkmıştır. Buna ilaveten işgücü maliyetleri düşürülerek bir bütün olan maliyetlerin yüzde 50’lerdeki maliyet oranlarında düşüş yaşanması olumlu olarak değerlendirilmiştir. Genel olarak gözlemlendiğinde Endüstri 4.0’ın çalışma hayatına olası etkileri konusunda aşağıdaki maddeler sıralanmaktadır⁴⁴;

- İş hayatında yeni sektörler, yeni iş kolları, yeni ürün ve hizmetler oluşacaktır.
- İnsan ve yapay zekânın iş hayatında yanyana olmasından kaynaklı yeni

⁴² Jan Johansson, et al., “Work and organization in a digital industrial context”, **Mrev Management Revue**, vol.28, no.3, (2017): 281-297.

⁴³ Johansson, et al., 2017, 90.

⁴⁴ João Barata, Paulo Rupino Cunha , Janusz Stal “ Mobile supply chain management in the Industry 4.0 era: An annotated bibliography and guide for future research” **Journal of Enterprise Information Management**, vol.31, no.1, (2018):173-192.

yönetim biçimleri ortaya çıkacaktır.

- Akıllı sistemlere bağlı olarak kimi iş kolları yok olacaktır.

Emek sürecinde teknolojik yenilik arayışı, nispi artı değer oranını artırma yoluyla işçi sınıfından daha fazla verim elde etme ve bu süreçte işçilerin disiplinli bir şekilde çalışması için üzerlerinde sürekli bir gözetim sağlanması gibi amaçları gütmüştür. Bugün geline nokta, bu çabalar, emek sürecinin robotlaşmaya başlamasıyla birlikte, deyim yerindeyse, üretimin işçilerden tamamen arındırılması gibi bir aşamaya varmıştır.

Bir önceki başlıkta yer verilen somut örneklerin sayısı daha arttırılabilir. Ancak listeyi nicel olarak daha fazla uzatmaya gerek yoktur. Bu yeni teknolojik gelişmelere ilişkin duygusal ifadeler kullanacak olursak “heyecan verici” ya da “baş döndürücü” gibi sözler uygun düşmektedir. Buna karşın, duygusallığı bir kenara bırakıp meseleye bilimsel olarak yaklaşmak zorundayız. Bu bağlamda, özellikle insan hayatını tehdit eden tehlikeli işlerde insanların yerine robotların çalışması olumlu gelişme olarak görülse de, yeni teknolojilerin geliştirilmesinde ve çalışma hayatına dahil edilmesindeki temel unsurlar maliyet, rekabet, verimlilik ve karlılıktır. Bu nedenle her şeyden önce yaratacağı kitlesel işsizlik düşünüldüğünde yeni teknolojik gelişmelerin verdiği heyecan yerini korku ve endişeye bırakmaktadır. Endüstri 4.0 yeni meslekler yaratsa da bu yeterli olmayacaktır. Zira akıllı fabrikalar gibi endüstriler yaygınlaşmakta ve işgücü önemli ölçüde azalmaktadır. Yeni yaratılan mesleklerde çalışanlar az sayıda kişiler olacak ve işsizlik önemli bir sorun olacaktır⁴⁵.

Bu aşamadan itibaren yeni çalışma düzenin gerektirdiği üst düzey niteliklere sahip olabilen küçük bir azınlığın buradaki varlığını koruyabileceği açıktır. Bu, bir yanıyla, kapitalist birikim rejimi açısından bir dönüşüme işaret etmekte iken, uzun vadede kapitalist birikim rejiminin varlığını tehdit eden sonuçlara da yol açacağı gibi bir önsel değerlendirmede bulunulabilir. İşçi sınıfı, kapitalist birikim açısından yalnızca kapitalist artı değer üretimini gerçekleştiren bir üretim girdisi olarak işlev görmez, bunun yanında kapitalist üretimin geniş tüketici kesimlerini de oluşturur. Dolayısıyla, yeni teknolojilerle, kısa vadede bir maliyet olarak görülen ve üretim sürecinin dışına savrulup atılan emek gücünün, uzun vadede kapitalist piyasa

⁴⁵ Fabian Hecklau, et al., “Human resources management: meta-Study–Analysis of future competences in Industry 4.0”, **Proceedings of the International Conference on Intellectual Capital, Knowledge Management & Organizational Learning**, (2017): 163-174.

düzeninin tüketim boyutunda tıkanmalar yaşanmasına yol açacağı şimdiden kestirilebilir. Bu süreç baş gösterdiğinde, kapitalist birikim rejiminin yeniden üretimini garanti altına almaya dönük, gelir ve refahın yeniden dağıtımına ilişkin yeni mekanizmaların ortaya çıkması ile de karşılaşabileceğimizi söyleyebiliriz. Bu tartışmayı istihdam, yok olacak ve yeni doğacak meslekler, denetim ve örgütlenme ve eğitim ve vasıf sorunu alt başlıkları altında daha da geliştirmeye çalışalım. Endüstri 4.0 olarak adlandırılan yeni teknolojik gelişmelerin sonuçları bu sıralanan konular özelinde daha gözlemlenebilir bir halde olduğu için bu konular tartışılacaktır⁴⁶.

2.4.1. İstihdam

Teknolojideki gelişmeler niteliksizlik ve nitelikli olma süreci kazandırır. Bunun sebebi sermaye birikimlerine göre değişimlerin oluşmasıdır. Örnek verecek olursak fordist üretim şeklinde iş bölümündeki gelişmeyle işçide nitelik aranmıyordu. Fakat post- fordist üretim şeklinde nitelikli işçilerin önemi daha da artmaktadır. Teknolojideki gelişmeler yeni meydana gelen işler için işçide daha önceden olmayan özellikleri niteliklerini geliştirmeyi gerektirmektedir.

Endüstri 4.0 gelişmeleri ile istihdam ilişkisi açısından benimsenen farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Buna göre bazı yaklaşımlar Endüstri 4.0 uygulamalarının istihdamı öncelikle azaltacağını fakat daha sonra yüksek nitelikli insan gücüne uyum sağlanması ile kademeli olarak kaybedilen insan emeğinin beyin gücü olarak istihdam edileceğini savunmaktadır. Bu sayede uzun vadede oluşacak bir işsizlik problemi olmayacağı öngörülmektedir. Diğer bir görüşe göre ise Endüstri 4.0 uygulamalarının uzun vadede kronik işsizlik ve sosyal problemlere neden olacağıdır.⁴⁷. Robotların endüstride kullanılmasının da istihdamı azalttığı doğrudur. Son yıllardaki veriler ışığında ABD’de mevcut istihdamın yaklaşık yarısının teknolojik gelişmeler paralelinde azalacağı öngörülmektedir. Endüstri 4.0 ile farklı meslek grupları oluşturulmuş olsa da kaybedilen istihdam oranının geri kazanılamayacağı düşünülmektedir. Diğer bir çalışma ise ABD’deki işgücünün sadece çok küçük bir

⁴⁶ age, 170.

⁴⁷ World Economic Forum, “The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution”, **Global Challenge Insight Report, World Economic Forum**, (2016): 1-147.

bölümünün yeni ortaya çıkan iş kollarında çalıştığını ortaya koymaktadır⁴⁸.

Yeni teknolojik devrim birçok konuda istihdam kavramını değiştirmektedir. Endüstri 4.0 bir yandan yüksek teknolojiyi sağlayacak işgücüne ihtiyaç duyarken diğer tarafta getirdiği yenilikler ile mevcut istihdamı düşürmektedir. Sayısal olarak istihdama etkisi değerlendirildiğinde toplam istihdamda azalış olacağı öngörülmektedir. İstihdam düşüşü sadece fabrikalar ile sınırlı kalmayacak sosyal yaşamda da Endüstri 4.0'ın girdiği her alanda istihdamı azaltacağı öngörülmektedir. Örnek olarak, evlerde temizlik robotu kullanımı temizlik işçilerine duyulan ihtiyacı azaltmaktadır. Özellikle emek gücünün nispeten pahalı olduğu ülkelerde kullanımı gitgide yaygınlaşmaktadır. Bu sistemler zaman içerisinde teknolojinin artması ile daha fazla özelliğe sahip olmakta ve tüketiciler için cazip ürünler halini almaktadır. Başka bir örnek olarak, insansız arabaların kullanımı yıldan yıla artmakta, kişisel kullanım dışında tır ve kamyon gibi transit taşımalarda da kullanılması ilerleyen yıllarda planlanmaktadır.

İngiltere'de bir üniversitede gerçekleştirilen araştırma neticesinde batı dünyasındaki mevcut işlerin yarısından fazla kısmının 20 yıl zarfında akıllı sistemler tarafından gerçekleştirileceği düşünülmektedir. Ayrıca 15 senelik bir süreçte 250 bin kişilik işgücünün Endüstri 4.0 neticesinde azalacağı sonucuna ulaşılmıştır. ABD ve İngiltere merkezli iki seçkin eğitim kurumunun çalışmalarında ise 2100'lü yıllar içerisinde insan gücünün sağladığı tüm iş gücünün teknolojik sistemler tarafından karşılanabileceği öngörülmüştür. Bu örneklerle zıt olarak OECD, Endüstri 4.0'ın istihdama etkilerinin sınırlı olacağını düşünmektedir⁴⁹.

Tarihsel süreç içerisinde teknoloji tüm toplumsal yapının ve özellikle istihdamın yapısının değişmesinde önemli rol oynamıştır. Birinci sanayi devriminden başlayan ve makinelerin endüstrilerde yoğun olarak kullanılmasıyla devam eden süreçte en çok tartışılan konu teknolojik yeniliklerin istihdam üzerinde olumsuz bir etki yaratacağıdır. Teknolojik gelişmeyle birlikte istihdamda hem olumlu hem de olumsuz bir görünüm vardır. Her ne kadar bu konuda korkulacak bir şey olmadığını savunan

⁴⁸ World Economic Forum. "The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution", **Global Challenge Insight Report, World Economic Forum**, (2016): 1-147.

⁴⁹ Henning Kagermann, et al., "Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group", **Forschungsunion**, (2013):1-78.

lkeler, endüstriler ya da sanayici ve iş adamları dernekleri olsa da Endüstri 4.0 işçilerin işsiz kalmasını engelleyemeyecek gibi görünmektedir. Robotlar ve insanlar arasındaki iş savaşlarının gelecekte daha rekabetçi bir yapıya dnőeēēi görülmektedir. Belki de robotlar yerine onları istihdam eden işverenler ve işçiler arasında yaşanacak olan olaylar dememiz daha doēru olur.

2.4.2. Yok Olacak ve Yeni Oluşacak Meslekler

Teknolojide ve endüstride yaşanan deēiřiklikler iş gücünün de deēiřmesine sebep olmuştur. Sanayi devrimiyle birlikte mühendislik alanında birçok kollar oluşmuş ve gereksinimlerin bu doērultuda olmasıyla bu meslek gruplarına daha fazla yönelme meydana gelmiştir. Teknolojinin bir yönü de yeniyi meydana getirirken eskinin unutulmaya yüz tutmasıdır. Endüstri 4.0'ın ana noktası ve yapısını oluşturan bileşenlerin yapısını "veri" oluşturmaktadır. İnternetin de çok etkili olmasıyla veri, kod ve bilgi bu dönemde çok önemlidir.

Endüstri 4.0 bileşenleriyle rneēin büyük veri, bulut bilişim, yapay zeka,  boyutlu yazıcı ya da nesnelerin interneti ile alakalı yapılabilecek her türlü iyileştirme büyük fark yaratacaktır. Özellikle robotların hayatımıza girmesi mühendislik için yeni alanların ortaya çıkmasına neden olacaktır. şu anda hayatımızda olmayan ancak deēiřen teknolojiyle önümüzdeki yıllarda var olması beklenen meslekler vardır. Endüstriyel veri bilimciliēi, robot koordinatrlē, nesnelerin interneti çözüm mimarlıēi, endüstriyel bilgisayar mhendisliēi/programcılıēi, bulut hesaplama uzmanlıēi, veri gvenliēi uzmanlıēi, şebeke geliştirme mhendisliēi,  boyutlu yazıcı mhendisliēi, endüstriyel kullanıcı ara yüzü tasarımcılıēi, giyilebilir teknoloji tasarımcılıēi geleēēin meslekleri arasındadır. Ayrıca bilgi saklama ve bilginin gvenliēi konuları tamamen dijital olacaēından dijital dedektif, nesnelerin internetinin hayatımızla bütünleşmesinden dolayı kişisel nesnelerin interneti- güvenlik onarım personeli, robotların ameliyat yapacaēı ve tıp alanını ele geireceēi öngörüsünden dolayı bunların bakım ve yenilenmelerinde uzman olan tıbbi danışmanların da geleēēin meslekleri arasında olduēunu syleyebiliriz⁵⁰.

Dönüşüm tek taraflı deēildir. Yeni doēan mesleklerin yanında yok olması beklenen meslekler de bulunmaktadır. Sürücüsüz taşıtlarla birlikte taksi ve kamyon

⁵⁰ Rabeh Morrar, Husam Arman, Saeed Mousa, "The fourth industrial revolution (Industry 4.0): A social innovation perspective", **Technology Innovation Management Review**, vol.7, no.11 (2017): 12-20.

şoförlüğü mesleklerinin gelecekte yok olacağı düşünülmektedir. Hesaplamaların ve analizlerin bilgisayar programları tarafından yapılmasıyla muhasebeciler ve analistlerin, yapay zekalarla birlikte cihazların teknik bilgilerini kendilerinin yazması sonucu teknik yazarların, akıllı sekreterlerin hayatımıza girmesiyle sekreterlerin, dijital yazışmalar ve elektronik imzalar noterlerin, yapay zeka sayesinde trend analizlerini hatasız hesaplamaları nedeniyle ekonomistlerin, robotların mağazada çalışmaya başlamasıyla satış danışmanlarının, müşterilerle iletişim kurabilen yazılım programlarının gelişmesiyle müşteri hizmetleri çalışanlarının, evi üç boyutlu göstererek evi gezmiş gibi hissedebileceğimiz sanal emlak uygulamasıyla emlakçıların, teslimatlarını hızlı ve doğru bir şekilde gerçekleştiren kurye robotların oluşturulmasıyla kuryelerin, robotların sağlık alanında daha fazla yer alması ve ameliyatlara girmesiyle cerrahların, sürücüsüz traktör, robotik sistemlerin yardımıyla ve insan eli değmeden ekim, sulama ve yetiştiricilik yapan sistemler nedeniyle çiftçiliğin, mola vermeye ihtiyacı olmayan ve çevrenin 360 derecelik görüntüsünü alabilen robotlar nedeniyle güvenlik görevlilerinin, restoranlarda hali hazırda faaliyet gösteren robotlar nedeniyle restoran çalışanlarının, hızlı habercilik yapabilme ve makale yazan robotlar nedeniyle gazetecilerin, robot öğretmenler nedeniyle öğretmenlerin ve fabrika çalışanlarının meslekleri tehdit altındadır⁵¹.

Endüstri 4.0 ile birlikte vasıfsız işçinin işsiz kalacağı ve vasıflı olan işçilerin istihdam edileceği yönündeki düşünceler gelişmelerle paralellik göstermektedir. Ayrıca Alibaba'nın kurucusu Jack Ma 30 yıl sonra yapay zekaların CEO olarak faaliyet gösterebileceğini belirtmektedir.

2.4.3. İşçi ve Denetim Sınıfının Tepkileri

Teknoloji alt yapısı güçlü fabrikalarda oluşan arızalar sistem aracılığıyla anında farkedilip hızlı bir şekilde sorunun tespiti ve çözümü sağlanmaktadır. Arızanın olduğu iş birimleri hemen tespit edilmekte bu da işçi üzerinde bir baskı oluşturmaktadır. Yeni iletişim teknolojileri ile yöneticiler üretim süreçlerini fabrika dışında olsalar dahi görme ve izleme olanağına sahiptirler.⁵² Gelişen teknolojiler ile beraber kartlı girişler, parmak iziyle giriş ve yüz tanıma sistemleri işçilerin günlük

⁵¹ Sabine Pfeiffer, "The vision of "Industrie 4.0" in the making—a case of future told, tamed, and traded", **NanoEthics**, vol.11, no.1 (2017): 107-121.

⁵² Uma Lele, Sambuddha Goswami, "The fourth industrial revolution, agricultural and rural innovation, and implications for public policy and investments: a case of India", **Agricultural Economics**, vol. 48, no.1, (2017): 87-100.

Çalışma takibini ve denetimini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Ancak işverenler bu denetimlerini abartarak tuvalet gibi insani ihtiyaçların giderilmesinde dahi parmak izi ve kartlı sistemleri kullandırmaya başlamış ve işçinin bu amaçla günde kaç defa mola verdiğini kontrol etmek istemektedir.

Esnek çalışmayla yani çalışma saatlerinin ya da işgününün işçi tarafından belirlenen zamanlarda olması da denetim mekanizmasını engellememektedir. GPS takip cihazları gibi teknolojik aletler ve bunların internet üzerinden takibi işçiler üzerindeki denetimin artmasını sağlamaktadır.

İsveç’de teknoloji alanında çalışan bir şirket çalışanlarına dijital kimlik kartı vermek yerine derilerinin altına ip yerleştirmiştir. Bu ip, kişisel verileri, kredi kartı numaralarını ve tıbbi bilgileri depoluyor; radyo frekanslarını kullanarak cihazlar ile iletişime geçiyor. Ancak alışanların kişisel verileri bu şekilde paylaşılmış oluyor. Çin’de bir şirket çalışanlarının şapkalarına yerleştirilen kablosuz sensörler aracılığı ile beyin dalgalarını izliyor. Bu beyin dalgaları yapay zekâ destekli yazılımlarla analiz edilerek, çalışanların ne zaman yorgun, endişeli ve hatta öfkeli olduğu tespit ediliyor. şirket bu teknolojiyi 2014 yılından bu yana kullanmakta ve böylece 315 milyon dolar kar ettiğini belirtmektedir. Ancak işçilerin beyin dalgalarının devlet ve askeri kurumlar tarafından da izlendiği iddia edilmektedir. Bunlar denetim mekanizmasının geldiği en u noktalardan iki rneği oluřurmaktadır⁵³.

Bütün bu baskıcı uygulamalara karşı işçi sınıfının tepkisinin ve tutumunun ne olacağı, gelecek dönemlerde sınıfsal hareketlerin ve toplumsal mücadele biçimlerinin neler olacağı başlı başına araştırma ve tartışma konusudur. An itibariyle işçi sınıfının buna karşı örgütlü bir hareketinin varlığından söz edilemez.

2.4.4. Eğitim ve Vasıf Sorunu

Sanayi devrimiyle birlikte eğitime, gereksinim duyulan işgücünü sağlamak amacıyla var olan bir sistem gözüyle bakılmaktadır. Günümüzde eğitimin gelişen bilgi teknolojisi doğrultusunda değişim göstermesi gerektiği düşünülmektedir. Bilgi toplumunda vasıflı işçi önem kazandığı için eğitim önemli bir konumdur. Yüksek gelirli, statüsü yüksek bir iş elde edebilmenin yolu eğitimden geçmektedir. Hedeflenen teknolojik gelişmeler için eğitime yatırım yapılması zorunluluk halini almıştır.

⁵³ Pfeiffer, age, 112.

Aldığımız eğitim bu düzen içerisindeki ihtiyaçlara göre şekillendirilmektedir. Bu durum yalnızca bugüne özgü değil sanayileşmeyle birlikte gelişen bir süreçte bu hale gelmiştir⁵⁴.

Uygulanan eğitim politikaları endüstrilere işçi sağlamak amacına yoğunlaştığı için kişisel eğitim geri plana itilmiştir. Bilişim sistemindeki gelişmelerle ömür boyu eğitim kavramı hayatımıza girmiş ve teknolojik gelişmelerle özgün eğitim yerine uzaktan eğitim sistemi oluşturulmuştur.

Bilgi teknolojilerinin öneminin artmasıyla işçilerin buna uygun becerilere sahip olması beklenmektedir. Bu dönemdeki eğitim sadece üniversite eğitimi değil orta düzeydeki eğitim kademesini de ilgilendirmektedir. Endüstri 4.0 ile birlikte üniversitelerin fen bilimleri ve mühendislik gibi bölümlerde daha kapsamlı ve Endüstri 4.0 teknolojilerini içeren eğitim programları oluşturmaları beklenmektedir.

Son yıllarda özellikle yazılım kodlama eğitimlerinde ilerlemeler meydana gelmiştir. Gelişmiş ülkelerdeki eğitimciler yazılım kodlama dersinin üniversiteden önce ortaokul ya da lisede müfredata girmesi gerektiğini söylüyorlar. Ayrıca yapay zekâya sahip robotların ilerde pek çok işi yapabileceği bu yüzden eğitim sisteminin bu bilgi etrafında yapılandırılmasının gerekli olduğunu vurguluyorlar. Bu düşünceye göre robotların yapamayacağı alanlar üzerinden eğitim verilmesi gelecekte işsizliğe de yol açmayacaktır. Öğrencilere yapay zekânın yapamayacağı meslekleri seçmeleri önerilmektedir⁵⁵

2.5. Endüstri 4.0 Uygulamalarının Avantajları

Endüstri 4.0 uygulamalarının üretimle ilgili elde ettiği faydalar listenin en üst sırasında yer alır. Globalleşmenin getirdiği coğrafi sınırların ortadan kalkmasıyla ekonomi alanındaki güçlü rekabet ortamı üretim ve iktisat tarihindeki en yüksek seviyesindedir. İşletmelerin Endüstri 4.0'ın avantajlarından faydalanma gerekliliği doğmuştur. Endüstri 4.0'ın üretime sağladığı önemli avantajlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır⁵⁶:

⁵⁴ Mario Hermann, Tobias Pentek, Boris Otto, "Design principles for industrie 4.0 scenarios", **2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)**. IEEE, (2016): 3928-3937.

⁵⁵ Thornton, Martinez, age, 312.

⁵⁶ Henning Kagermann, et al., "Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group", **Forschungsunion**, (2013):1-78.

- Endüstri 4.0 ile sistemlerin takip edilmesi ve muhtemel aksaklıkların erken farkedilmesi daha çabuk ve kolay olacaktır.
- Endüstri 4.0 çevreye duyarlı bir perspektife sahip olmakla birlikte kaynakları israf etmeden kullanarak daha etkin bir üretime sebep olacaktır.
- Endüstri 4.0 yüksek verimli üretime yol açacaktır.
- Endüstri 4.0 üretim esneklikliliğini artırır ve talebe uygun üretim gerçekleştirilmesini sağlar .
- Endüstri 4.0 üretim ortamında maliyetlerin azalmasını sağlar.
- Endüstri 4.0 bir yandan yeni üretim modellerini geliştirirken bir yandan da hizmet ve iş modellerinde yeni yaklaşımları beraberinde getirir.

2.6. Endüstri 4.0 Uygulamalarının Dezavantajları

Uygulamaları sayesinde üretim süreçlerine ve gündelik hayata büyük katkıları olan Endüstri 4.0 salt avantajlara sahip değildir. Bu teknolojilerin hayatımıza girmesiyle yaşamımızı derinden etkileyecek negatif etkileri de görmek mümkündür. En önemli dezavantajı insan emeği ve gücünün makine ve robotlarla ikame edilmesidir. Sözkonusu ikame ile işsizlik riskinin de gündeme geleceği ön görülmektedir. İş gücü alanında gerekli olan değişim ve reformlar konusunda geç kalan toplumların, yüksek işsizlik riski ile karşılaşması beklenmektedir. Ek olarak Endüstri 4.0, toplumlar arasındaki gelişmişlik düzeyleri açısından var olan uçurumu daha da arttıracak bir etkiye sahiptir. Teknoloji seviyesi yüksek ülkeler, Endüstri 4.0'dan yüksek seviyede yararlanacak bu sayede diğer ülkeler ile kıyaslandığında hayat standartlarında gözle görülür bir artış olacaktır. Sözkonusu durum insanlık açısından gelecekte istenmeyen sonuçlara neden olabilecektir.⁵⁷

⁵⁷ Kocsi, Oláh, age, 392.

3. TÜRKİYE’DE VE DÜNYA’DA ENDÜSTRİ 4.0

3.1. Endüstride Türkiye’nin Konumu

Endüstri 4.0 hızlı, güvenilir ve yenilikçi bir yaklaşımla sanayi sektörünün teknolojik ihtiyaçlarının karşılanmasını amaçlayan bir dönüşümdür. Bu tür bir girişimin birçok alt bileşeni bugün hazır görünmesine rağmen, bu unsurların bir bütün olarak bütünleşik bir yapı şeklinde bir araya getirilmesi gerekir⁵⁸.

Ülke ekonomilerinde globalleşmenin etkisiyle imalat endüstrisini güçlendirmek için büyük çapta girişimlere yatırım yapılmaktadır. Üretim teknolojilerinde, ortaya çıkan dijital dönüşüm, sanayi işletmelerinin geleceğe uyumlu olması için yeni fırsatlar yaratmaktadır. Teknolojideki gelişmelerin özellikle dijital dönüşüme odaklanması sektörün oluşturduğu üretim hızında günden güne artış göstermektedir.

Ekonomilerdeki büyümenin etkisine paralel bir biçimde ithalat ve ihracattaki dengelerin değişiklik göstermesi, günümüzde devam eden pek çok iş kolunun dönüşümüne sebep olacaktır. Bunun sebebi hızlı bir biçimde ilerleyen teknolojik dönüşümün farklı iş kollarını oluşturmasıdır. Bu farklı iş kollarını diğerlerinden ayıran önemli özellikler ise akıllı üretim süreçleri tarafından uyumlu bir biçimde yönetilmesidir. Akıllı üretim sürecinde maliyetleri düşürücü ve verimliliği artırıcı uygulamalarla değişimler görülebilmektedir⁵⁹.

Türkiye’de Endüstri 4.0 uygulamalarında özellikle otomotiv sektöründe gelişmeler görülmektedir. Gelişmekte olan ülkeler arasında olan Türkiye’nin endüstride ilk 10 büyük ekonomi içerisinde yer alması için her sene % 8,5 oranında bir büyümeyi elde etmesi gerekmektedir. Bu büyüme, akıllı üretim süreçleri, ilgili gömülü sistem uygulamaları, dijital veri işleme kapasitesi ve insan-makine arasındaki

⁵⁸ Halit Aydemir, “Sanayi 4.0 ve Türkiye ekonomisi açısından etkileri”, *Sosyoekonomi*, vol.26, no.36, (2018): 253-261.

⁵⁹ Ayşe, N. Yüksel, Emine Şener, “The reflections of digitalization at organizational level: Industry 4.0 in Turkey”, *Journal of Business, Economics and Finance*, vol.6, no.3, (2017): 291-300.

iletişim verimliliği ile sağlanabilir. Türkiye'nin uluslararası alanlarda ileri teknolojinin kullanılmasında söz sahibi olabilmesi için esnek ve verimli üretimle pazara ürün sunma süresini kısaltması ve teknolojiyi etkin ve verimli bir şekilde kullanması gerekmektedir. Türkiye'nin bilişim sistemleri eğitimine daha fazla önem verip yazılım mühendisleri ve üst seviye programcılar yetiştirmesi, nesnelerin interneti gibi gelişmiş teknolojileri üretim süreçlerinde kullanması başarılı bir teknolojik dönüşüm için gerekmektedir.⁶⁰.

Endüstri 4.0'da modüler yapıdaki akıllı fabrikalar, fiziksel işlemlerin siber-fiziksel işlemleri takibiyle nesneler ve insanların birbirleri ile iletişim halinde olmasını ve otonom kararların verilmesini amaçlamaktadır..

Teknoloji dönüşüm sürecinin ürün ve üretim yöntemleri, tedarik ve dağıtım sistemleri, üretim yapıları, verimlilik ve rekabet stratejilerini derinden etkileyeceği düşünülmektedir. Değişiklikleri ve dönüşümleri doğru yönetmek için bütünü oluşturan adımları doğru bir şekilde atmak oldukça önemlidir.

Endüstri 4.0 sürecini, daha önceki süreçlerden ayıran öncelikleri anlamak gerekir. Bilgisayar kapasitesinin, çipin, entegre devrenin gelişimiyle ilgili bilgi edinilmediği sürece bilgisayar biliminin ne oranda gelişim gösterdiği de bilinmemektedir. Sonuçta Endüstri 4.0'ın donanımsal yapısı yeterince anlaşılmayacaktır. Bunun yanında Endüstri 4.0 altyapısını meydana getiren internet ve bulut bilişimi, servis sağlayıcıları, işletim sistemleri, veri akış noktaları ve bağlantıları bu aşamada iyi anlaşılması gerekmektedir⁶¹.

3.1.1. Endüstri 4.0'ın Türkiye için nemi

Türkiye, lojistik avantajı sağlayan coğrafi konumu sayesinde esnek, düşük maliyetli üretim yapabilmesini sağlayan görece düşük maliyetli işgücünü kullanarak, küresel değer zincirinde oldukça rekabetçi şekilde konumlanmıştır. Üretim cretleri, verimlilik, enerji maliyetleri ve döviz kurlarını dikkate alarak oluşturulan BCG Global retim Maliyeti Endeksi'nde, Türkiye 98 ortalama birim maliyet ile üretim yaparken, ABD 100, Almanya ise 121 ortalama birim maliyetle üretim gerçekleştirmektedir.

⁶⁰ Alp Ustundag, Emre Cevikcan, **Industry 4.0: Managing The Digital Transformation**, (Berlin: Springer, 2017),145.

⁶¹ Aydemir, age, 254.

Diğer bir deyişle, Türkiye'deki ortalama doğrudan üretim maliyetleri Almanya'nın %3, ABD'nin ise % 2 altındadır.⁶²

“Endüstri 4.0 dönüşümüyle dört önemli kategoride gelişme kaydedilmesi beklenmektedir:

1) Verimlilik: Sanayi 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulandığı durumda, günümüz ekonomik büyüklüğünde, Türkiye'deki üretim sektörlerinin verimliliğinde 50 milyar TL'ye varabilecek bir fayda kaydedilmesi potansiyeli mevcuttur. Bu analizin temeli, toplam üretim maliyeti göz önüne alındığında, verimlilikteki artışın % 4-7 arasında olacağı beklentisine dayanmaktadır. Sadece dönüşüm maliyeti (malzeme maliyetleri hariç üretim maliyeti) değerlendirildiğinde, verimlilik artışının % 5-15 arasında olması beklenmektedir.

2) Büyüme: Küresel değer zincirlerine entegrasyon ve Sanayi 4.0 çevresinde oluşacak ekonomi yoluyla kazanılacak rekabet avantajının, sanayi üretiminde yıllık yaklaşık % 3'e kadar ulaşabilecek bir artışı tetiklemesi beklenmektedir. Bu büyüme Türkiye GSYİH'sinde % 1 ve üzeri bir ek büyüme ve 150-200 milyar TL düzeyinde ek gelir anlamına gelmektedir.

3) Yatırım: Sanayi 4.0 teknolojilerinin üretim sürecine dahil edilmesi için önümüzdeki 10 yıllık süreçte –günümüz fiyatları ve ekonomik büyüklüğü baz alındığında- yılda yaklaşık 10-15 milyar TL (üreticilerin gelirlerinin yaklaşık %1- 1,5'i) yatırım yapılması gerektiği tahmin edilmektedir.

4) İstihdam: Büyüme hedeflerinin de gerçekleşeceği varsayımıyla, toplam sanayide istihdam edilen iş gücü ihtiyacının artacağı ve daha da önemlisi çok daha nitelikli, eğitim ve gelir düzeyi yüksek bir iş gücü yapısının oluşacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda önümüzdeki on yılda, istihdamda yetkinlik düzeyi düşük işlerde işgücünün azalması olası olmakla birlikte, sanayi üretiminin artması ile toplamda mutlak bir artış yaşanması beklenmektedir. Aynı zamanda, yüksek nitelikli işgücü yapısı ile gelir piramidinin ve Türkiye “know-how” altyapısının gelişeceği değerlendirilmektedir.”⁶³

TÜSİAD ve BCG ortak çalışarak Türkiye'de “Endüstri 4.0 Dönüşümü” bağlamındaki yetkinlik alanları, teknoloji perspektifi, istihdam boyutu, iktisadi büyüklük, tedarik zinciri içindeki rol gibi unsurlar da dahil olmak üzere çeşitli sosyo-ekonomik değerlendirmeler neticesinde altı pilot sektör belirledi ve bunlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

⁶² TÜSİAD, “Türkiye'nin Küresel rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Endüstri 4.0–Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi”, Rapor, <http://www.tusiad.org/indir/2016/sanayi-40.pdf> [10.03.2019]

⁶³ TÜSİAD, **age**, 14

Tablo 3: Pilot Bölgeler

6 sanayi	Katma değerde pay	İstihdamda pay	Toplam faktör verimliliğinde artış	İhracatın ithalata oranı	İhracatın ithalatı karşılama oranı
 Otomotiv	12 %	6 %	7 %	0.9	0.9
 Beyaz Eşya	3 %	1 %	9 %	0.9	0.7
 Makine sistemleri	5 %	5 %	5 %	0.9	0.6
 Tekstil	8 %	13 %	-0.5 %	1	2.4
 Gıda & Tarım	10%	12 %	-4 %	0.9	1.9
 Kimyasallar	5 %	2 %	1 %	1	0.2

TÜSİAD, “Türkiye’nin Küresel rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Endüstri 4.0– Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi”, Rapor, <http://www.tusiad.org/indir/2016/sanayi-40.pdf> (10.03.2019)

Görüşülen tüm sektörlerde, Türkiye sanayisinde Endüstri 4.0’ın kimi unsurlarını kapsayan somut adımların halihazırda atıldığı gözlemlendi. Farklı ölçekte ve teknolojik açıdan farklı olgunluk düzeylerine sahip şirketlerin neredeyse tamamında önemli uygulamalar hayata geçmiş veya geçiyor. Aşağıdaki tabloda bu pilot sektörlerdeki sanayi uygulamaları gösterilmiştir.

Tablo 4: Pilot Sektörlerde Sanayi 4.0 Uygulamaları

Sanayi 4.0 göstergeleri	Sektör	Örnekler
1 Entegre, otomasyonlu ve mükemmel üretim akışı	Beyaz Eşya	Entegre kalite yönetimi Ürünler üretim süreci sırasında takip edilerek ve ön üretim sonrasında yapılan testlerde çıkan hata verilerine dayanılarak fire azaltılıyor ve işleme süreci iyileştiriliyor
	Makine sistemleri	Entegre tasarım verileri Üretim sürecinde, operasyonları optimum hale getirmek için tasarımdan üretim hattı sonuna kadar dikey veri entegrasyonundan faydalanılıyor
	Beyaz Eşya	Yatay veri entegrasyonu Tedarikçilerin bazı ERP verilerini görmesi sağlanarak entegre üretim sürecine daha yaklaşmış oluyor
2 Sanal ürün tasarımı	Otomotiv	Sanal fabrika ve ürün tasarımı Gerçek üretim ihtiyaçlarına dayanan fabrika simülasyonlarıyla üretimi optimum hale getirmek için, fabrika ve ürün tasarımını entegre eden bir ortak çözüm sunuluyor
3 Esnek üretim	Beyaz Eşya	Esnek üretim robotları RFID tabanlı akıllı ürünlerle iletişim kuran ve aletleri ve üretim görevlerini ürün çeşidine göre ayarlayan bir üretim hattı uygulamaya geçirildi
4 Akıllı ve otomatize lojistik	Otomotiv	Lazer yönlendirmeli otomatik yönlendirmeli araç (AGV) Sunucu bilgisayarın envanteri ve üretim programını ve teslimatları kontrol ettiği ve AGV'leri yönlendirdiği lazer yönlendirmeli lojistik sistemler kullanılıyor
5 Öğrenen süreçler	Kimyasallar	Kendini optimize eden süreç akışı BT algoritması kullanılarak, temel malzeme karışımındaki sorunlar tanınarak, nihai ürün sürecinin kalitesi optimize ediliyor

TÜSİAD, “Türkiye’nin Küresel rekabetçiliği İçin Bir Gerekliklik Olarak Endüstri 4.0–Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi”, Rapor, <http://www.tusiad.org/indir/2016/sanayi-40.pdf> (10.03.2019)

3.1.2. 2023 Türkiye Hedefleri ve Stratejileri

AB’deki 2020 ileri teknoloji stratejisine benzer bir biçimde Türkiye’de de “Vizyon 2023” adıyla Cumhuriyet’imizin 100. yılı için hedeflenen amaçlar için bir strateji belirlenmiştir. Bu strateji belgesindeki en önemli amaçlardan biri, bilim ve teknoloji alanlarında yenilikçi bir sistemin geliştirilmesidir. “Teknoloji Öngörü” çalışması ile birlikte, Türkiye’nin bilim ve teknoloji sistemi ile ilgili nesnel verilerin derlenmesine yönelik “Teknolojik Yetenek”, “Araştırmacılar Envanteri” ve “Ulusal ARGE Altyapısı” başlıklı dört alt projenin, “Vizyon 2023” Projesi kapsamında yürütülmesi onaylanmıştır ve konu başlıkları aşağıdaki gibidir⁶⁴:

- Türkiye’de bilimde ve teknolojiye durum tespitlerinin yapılması
- Dünyada bilim ve teknolojiye uzun vadeli hedefleri belirleme
- 2023 yılında Türkiye için hedeflenen bilim ve teknoloji alanındaki ihtiyaçları belirleme

⁶⁴ TÜBİTAK, “Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi”, (Kasım 2004), s.1-77.

- Belirlenen hedeflere ulaşabilmek için bir yol haritası çizme
- Teknolojileri hayata geçirmek için gereken çalışmaları yapıp harekete geçmek

Türkiye'nin 2023 Vizyon Stratejileri, ekonomik, sosyal, siyasal alanlarda maddelerden oluşmaktadır. Bu maddelerin temel konusu Türkiye'nin 2023 yılı için dünyada ekonomik büyüklük olarak ilk ona giren bir ülke konumuna gelmesidir. Bu ana amaçların yanında gerçekleştirmek için plan yapılan diğer hedefler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır⁶⁵:

- Kişi başı milli gelirin 25 bin dolar olması
- İhracatın 500 milyar dolar olması
- Dış ticaret hacminde 1 Trilyon USD yükselme
- İşsizlik oranının % 5'e düşürülmesi
- Teknolojide en yüksek seviyeye gelerek kendi uçaklarımızı ve uydularımızı üretmek
- Dünya genelinde Türkiye'nin önemli bir lojistik merkezi haline gelmesi
- GAP ve DAP projelerinin tamamlanıp dünyada tahıl ambarı durumuna gelmek
- Milli gelirimizi 2 trilyon dolar seviyesine getirmek

⁶⁵ Erdiñ Yazıcı, Hıdır Düzkaya, "Endüstri Devriminde Dördüncü Dalga ve Eğitim: Türkiye Dördüncü Dalga Endüstri Devrimine Hazır mı?", **Eğitim ve İnsan Bilimleri Dergisi**: Teori ve Uygulama, vol.7,no.13, (2016):49-88.



Şekil 2: Vizyon 2023 Teknoloji Öngörü Çalışması

TÜBİTAK, “Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi”, (Kasım 2004):1-77.

2023 Türkiye vizyonu sektörel bazlı unsurları strateji planında açıklamıştır. Endüstri 4.0’ın 2023 yılı stratejisine etkisi bilim ve teknolojiadaki stratejilerin uygulamaya konulmasıyla gerçekleşmiş olacaktır⁶⁶.

3.1.3. Vizyon 2023 ve AB 2020 Karşılaştırılması

Türkiye’de ve AB’de yenilikçiliğin gerekliliği ve önemi hususunda belli bir bilinç oluştuğu görülmektedir. Bu bağlamda oluşan stratejiler bu farkındalık doğrultusunda bir işaret olarak değerlendirilmektedir. Türkiye ve AB’nin bakış açısıyla birlikte yakın ve ortak payda da buluşabilmek adına ülkeleri yeni endüstriye hazırlama hususunda hazırlanan stratejileri aşağıdaki gibi kıyaslamak mümkündür⁶⁷:

- İnovasyon konusuna büyük önem verilmiş ve sorumluluğuna verilmeyip geniş katılımlı bir platform düzeyinde ele alınmıştır.
- Hedefler net bir şekilde belirlenip, inovasyon faaliyetleri buna uygun olarak düzenlenmiştir.

⁶⁶ Yazıcı, Düzkaya, age, 76.

⁶⁷ TÜBİTAK, OSLO Klavuzu, Yenilik Verilerinin Toplanması Ve Yorumlanması İçin İlkeler, 3. Baskı, OECD ve Eurostat OrtakYayımı, 2005, http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/BTYPD/kilavuzlar/Oslo_3_TR.pdf [20.03.2019]

- AB İnovasyon Birliği projesini ortaya koyarak birliğin sinerjisinden yararlanma amacını ortaya koymuştur. Türkiye de mevcut koşullar içersinde kamu, özel sektör, niversite, sivil toplum kuruluşları düzeyinde işbirliğine gıtmış, ayrıca uluslararası düzeyde işbirliği hedeflemiştir.
- Bilimde ve teknolojide inovasyon yöntemleri kullanılması için devlet desteğini sağlamak ve kaynakları etkili kullanmak amaçlanmıştır.AR-GE alışmaları için TÜBİTAK ve KOSGEB gibi kuruluşların destekleri gerekmektedir.
- Avrupa Birliği 2014 yılına kadar ‘‘Avrupa Araştırma Alanı’’ oluşturarak Birlik lkeleri arasındaki işbirliğini geliştirmeyi hedeflemektedir. Benzer şekilde Türkiye’de, ‘‘Türkiye Araştırma Alanı’’ (TARAL) projesini uygulamaya sokmuştur
- AB girişimcilerin önündeki engellerin kaldırılmasını hedeflemektedir. Türkiye’de de bu konuda çalışmalar olduğu görülmektedir.
- - Avrupa Birliği inovasyon konusunda başta ye lkeler olmak üzere aday lkeler ve rakiplerin performanslarını ölçmeye dönük bir gösterge oluşturmuştur. İnovasyon Birliği Göstergeleri (Innovation Union Scoreboard – IUS) adı verilen bu alışma, Avrupa 2020 İnovasyon Birliğinin izlenmesi, araştırma ve inovasyon sistemlerinin güçlü ve zayıf yönlerinin belirlenmesi amacı ile ilk defa 2010 yılında oluşturulmaya başlanmıştır. Türkiye bu konuda benzer çalışmalar başlatmış, ‘‘Türkiye Bilim Teknoloji ve Yenilik Sistemi Performans Göstergeleri’’ ni oluşturmuştur.
- AB sürdürülebilir bir gelecek açısından inovasyon çalışmalarını zorunlu görmektedir. Özellikle iklim değişikliği, temiz ve verimli enerji kullanımı, dünyadaki biyolojik çeşitliliğin korunması gibi konularda Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarını desteklemektedir. Türkiye ise Ar-Ge ve inovasyon çalışmalarını ekonomik büyüme, istihdam, rekabet gücünü arttırma, teknoloji üreten ve pazarlayan bir ülke olma hedeflerine yönlendirmektedir.

3.2. Türkiye’de Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Etkileri

Türkiye, gelişmişlik düzeyi aynı seviyede olan gelişmekte olan ülkeler arasında teknolojik açıdan daha gerilerde yer almaktadır. Teknoloji alanında lokomotif bir ülke olmayan Türkiye, düşük teknoloji seviyesinde üretilebilen malları üretmekte daha ileri teknoloji gerektiren malları ise satın almak suretiyle ihtiyacını karşılamaktadır. Türkiye, yukarıda bahsedilen sebepler nedeniyle mevcut üretim ve teknoloji sistemleri ile Endüstri 4.0 uygulamalarına bugün itibarı ile hazır görülmemektedir. Ülkedeki üretimin büyük bir bölümü emeğe ve daha düşük teknolojiye dayalı olup, sadece büyük şirketlerin görece daha ileri teknoloji ve otomasyona dayalı üretim yaptığı görülmektedir.⁶⁸ Büyük şirketlerin teknoloji kültürlerinin var olması, teknoloji ile uyumlu iş gücü ve makinelere sahip olması Endüstri 4.0 sürecine daha çabuk adapte olmalarına ve Endüstri 4.0 avantajlarından faydalanmalarına sebep olacaktır. Daha düşük sermaye ve teknolojiye sahip olan KOBİ olarak isimlendirilen şirketlerin, Endüstri 4.0’dan daha az yarar elde etmesi beklenmektedir. Bu konuda her bir KOBİ için aynı ifadeleri kullanmak doğru olmayacaktır. Kuruluş aşamasında teknolojik gelişmelere paralel bir üretim planlaması yapan Küçük ve orta ölçekli işletmelerin Endüstri 4.0’dan daha fazla oranda yararlanması beklenmektedir.

Türkiye Endüstri 4.0 kapsamında birçok avantaj ve dezavantaja sahiptir. Konunun daha iyi anlaşılması için SWOT analizi çalışmasının yapılması önem arzeder. Türkiye’nin Endüstri 4.0’a yönelik yapılan bu analizi aşağıdaki gibidir.

⁶⁸ Günther Schuh, et al., “Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0”, **Procedia CIRP**, no.19, (2014): 51-56.

Tablo 5: SWOT ANALİZİ

GÜÇLÜ	ZAYIF
• Büyeyen ekonomi • Genç nüfus • Taleplere açık bir iç Pazar • Dış pazarlara erişim kolaylığı • Yurtiçi ulaşım kolaylığı • Çoklu kültüre yatkınlık • Teknolojiye yatkınlık • Yaygın mühendislik eğitimi • Sektörel yaygınlık	• Sektörün kamuda muhatabının olmayışı • Yetersiz iç Pazar büyüklüğü • Proje finansman ihtiyacı • Teknoloji geliştirme kültürü • Sektörel regülasyon ve standardizasyon sorunları • İş hukuku • Nitelikli iş gücü • Akademik yapı • Bürokratik yaklaşım • Ortak hareket planı
FIRSAT	TEHDİT
• Ekonomik büyüme potansiyeli • Yatırım ortamının devamı • Teşvikler • Yaygın Teknokent yapısı, artan Arge merkezleri • Sektörel işe başlama ilk yatırım oranının düşük olması • Büyük projeler • Birçok yabancı firmanın bulunduğu bir pazar • Yazılım geliştirme potansiyeli	• Yabancı üretici firmaların pazarı baskı altında tutması • İhalelerdeki risk ve sektöre uygun ihale kanunu eksikliği • Kamunun sektörde üretici olarak yer alması • Bürokrasinin sektöre yaklaşımı • İstihdam baskısı • Akademik eğitim kalitesi • Düşük karlılık ve haksız rekabet • Kamunun özel sektörle rekabet etmesi • Hukuki sorunlar

BİMY'23, "Bilişimle Kalkınmada Sanayide 4.0", 2016,

<http://www.bimy.org.tr/bimy23/BIMY23-etkinlik-sonuc-raporu.pdf> (15.03.2019)

Türkiye'nin mevcut üretim şekli Endüstri 4.0 uygulamalarını hayata geçirmek için yeterli değildir. Kullanılan teknolojilerin güncel olmaması, üretim açısından yurt dışına bağlı olunması sanayinin gelişmesini engellemektedir. Bunun yanı sıra kalifiye çalışanların eksikliği bu yeni sanayi devrime ülkemizin hazır olmadığını göstermektedir.

Bunların dışında Türkiye'nin coğrafi şartları ve ucuz işgücü avantajı rekabet avantajına dönüşmektedir. Yatırım konusunda kamu desteğinin yapılacağı düşünülmektedir⁶⁹.

3.3. Dünyada Endüstri 4.0 Uygulamaları ve Etkileri

Endüstri 4.0 uygulamaları tüm dünya ülkelerini etkilemiştir ve özellikle ileri

⁶⁹ Popkova, Ragulina, Bogoviz, age, 122.

teknoloji sistemlerini kullananan ülkeler bu devrimle beraber yeni sistemleri hayata geçirme konusunda daha istekli davranmaktadırlar ve bu alanlarda yüksek yatırımlar yapmaktadırlar. Endüstri 4.0'ın dünya genelinde etkileri aşağıdaki gibi sıralanmıştır⁷⁰:

- Ağdaki tüm nesnelerin internet üzerinden haberleşerek yüksek verimli üretim tesislerinin kurulması mümkün olacaktır.
- Akıllı üretim tesisleri sayesinde kişisel ihtiyaçlara yönelik üretim gerçekleştirilebilecektir.
- Simülasyon sistemleri ile birbirini tekrar eden süreçlerden kurtularak maliyet avantajı sağlanacaktır
- Eğitimde, sağlıkta, adalette ve güvenlilikte yeni yöntemler kullanılacaktır.
- Bazı meslekler ortadan kalkacak yerine yeni iş kolları geçecektir.

Endüstri 4.0 hem üretim şeklini hem yaşam şeklini değiştirecek ve bu süreci başarılı bir şekilde değerlendiremeyen ülkeler ciddi sıkıntılar yaşayacaktır.

3.3.1. Yatırım Üzerindeki Etkisi

Şirketlerin ve devletlerin yatırım yapmalarındaki ana neden verimliliği artırmaktır. Endüstri 4.0'ın ilk yatırımları maliyetli olsa da , uzun vadede yatırımların geri dönüşü karlılık ve verimlilik olacaktır.⁷¹.

Endüstri 4.0 uygulamalarına yapılacak yatırımların başında bilişim sistemleri yatırımları ile bu sistemleri etkin şekilde kullanacak vasıflı çalışan oluşturmak için eğitim yatırımları gelmektedir. Eğitim uzun süreli ve içerik açısından kapsamlı olacağından bütçe açısından ciddi rakamların ayrılması gerekmektedir.

Yüksek miktarlardaki bu yatırımları özek sektörün yanında devlet desteğinin sağlanması ile gerçekleştirmek mümkündür. Avrupa ülkeleri ve Çin ciddi bir kamu desteği sağlamaktadır.Almanya'da yapılan bir araştırma sonucunda, şirketlerin yıllık toplam cirolarının yaklaşık yüzde 33'ü bu yeni teknolojilere yatırım yapmak için ayrılacaktır.⁷².

⁷⁰ Grunow, age, 110.

⁷¹ Vladislav Belov, "New Paradigm of Industrial Development of Germany-Strategy" Industry 4.0". **Contemporary Europe-Sovremennaya Evropa** vol.5, (2016): 11-22.

⁷² Lele, Goswami, age, 96.

3.3.2. Büyüme Üzerine Etkisi

Dünya genelinde büyüme hızı her geçen yıl bir önceki yıla göre ciddi oranlarda düşmektedir. Teknolojideki gelişmeler hızla devam ederken büyüme oranlarının azalması, iki farklı görüşü ortaya çıkarmıştır. Birincisi Endüstri 4.0 etkilerinin ve yararlarının görüldüğü ve artık daha üst noktalara çıkılamayacağı görüşüdür. Diğer görüşe göre teknolojinin ilerlemesi ile üretim modellerinde yaşanan değişiklikler verimliliği artıracak bu da büyüme üzerinde olumlu bir etki yaratacaktır.⁷³.

Endüstri 4.0 ile üretim konusunda henüz bir denge sağlanmamıştır. Birçok ülkede yeni teknolojiler henüz üretimde yer almamaktadır. Bu nedenle Endüstri 4.0 etkilerinin tam olarak görülmesi uzun yıllar alacaktır.⁷⁴.

3.3.3. İstihdam Üzerine Etkisi

Dünya nüfusu her yıl artarken kaynakların hem üretimde hem gündelik yaşamda etkin şekilde kullanılması gerekmektedir. Endüstri 4.0 ile hedeflenen kaynakların verimli şekilde kullanılması olmaktadır. Bu yönüyle Endüstri 4.0'ın işgücü kaybına neden olup, istihdamı negatif etkilemektedir. Endüstri 4.0 bazı mesleklerin ortadan kalmasına neden olurken yeni iş modelleri ile birlikte yeni iş kollarının da ortaya çıkması kaçınılmazdır. Dünya Ekonomik Forumunun raporuna göre gelecekte bugünün gençleri şu an tanıdığı dahi yapılmamış mesleklerde çalışacaktır.⁷⁵.

Başka bir görüş ise vasıfsız işçilerin istihdamında düşüş yaşanırken nitelikli çalışanlara olan ihtiyacın artacağını ve bu açıdan Endüstri 4.0'ın istihdama pozitif etkisi olacağını savunmaktadır. Yapay zekalar yeni üretim sistemlerinde ciddi görevler alsada genel olarak tüm araştırma ve geliştirme safhasında bunun yeterli olmayacağı ve teknoloji bilgisi kuvvetli çalışan desteğine ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir.⁷⁶.-

⁷³ Tim Stock, Günther Seliger. "Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0." **Procedia Cirp**, no.40, (2016): 536-541.

⁷⁴ Schwab, age, 165.

⁷⁵ Ceyda Özsoy Erden, "Endüstri 4.0 ve İstihdam Üzerindeki Potansiyel Etkisi." **Journal of Current Researches on Business and Economics**, vol.8, no.2, (2018): 249-270.

⁷⁶ age, 258.

4. ENDÜSTRİ 4.0 HAKKINDA ÖNCÜ FİRMALARIN GÖRÜŞLERİ

Uluslararası alanda faaliyetleri olan büyük çaptaki endüstri organizasyonları ve danışmanlık hizmeti veren işletmelerin Endüstri 4.0 konusundaki düşünceleri, hedefleri ve stratejileri bu aşamada ilerleyen zamanlarda geleceğimiz yeri anlamak adına rehber görevi görecektir.

4.1. Bosch Firmasına Ait Görüşler

Dünyanın önde gelen ürün ve hizmet tedarikçilerinden birisi olan Bosch, Endüstri 4.0 konusunda Almanya başta olmak üzere tüm dünyada öncü bir role soyunmuştur. Dünya genelinde 250’den fazla tesisinde onlarca projeyi başarıyla tamamlayarak Endüstri 4.0’ı uygulamaya alan Bosch, ağa bağlı teknolojileri savunmakta ve müşterilerine bu alanda sensörler, sürücüler, hatta robot asistanlar gibi çözümler sunmaktadır. Web tabanlı hizmetlerinde kendi bulutu Bosch IoT Cloud’u kullanan Bosch, şu anda beş milyondan fazla cihaz ve makineyi ağa bağlamış bulunmaktadır. Bosch bu sayede 2020 yılı itibariyle global üzerindeki yıllık tasarrufu yüzlerce milyon dolara çıkarmayı hedeflemektedir.⁷⁷.

Bosch, yüksek teknolojiye sahip bir şirket ve servis tedarikçisi olarak piyasa koşullarında yeniliklere en açık ve farkındalık sahibi kuruluşlardan birisidir. Bünyesindeki çeşitliliğin etkisiyle nesnelerin interneti kapsamında bağlanabilir olma olgusu ile avantaj sağlamaktadır. Bosch, otomotiv, bina, endüstriyel teknoloji gibi birçok farklı sektörü birbirine bağlayabilmekte ve bu sayede de yeni bir iş alanı oluşturmaktadır. Endüstri 4.0 kavramının kendilerine ne ifade ettiği ise Türkiye ve Ortadoğu Başkanı Steven Young’ın bir toplantıda söylediği şu sözler ile anlaşılabilir: “Endüstri 4.0, global ekonomilerin önemli bölümünü etkileyen bir devrimdir. Endüstri 4.0’ın getirdiği çözümler beraberinde hem Bosch hem de diğer uluslararası şirketlerin, yepyeni sınır ötesi işlerine vesile olmaktadır. Dünyanın ilk hizmet ve ürün

⁷⁷ Türkiye’nin endüstri 4.0 platformu, Dördüncü Sanayi Devrimine Öncülük Eden 5 Şirket, <https://www.endustri40.com/dorduncu-sanayi-devrimine-unculuk-eden-5-sirket/> [28.03.2019]

tedarikçilerinden biri olarak, köklü geçmişimizden ve günümüzde sahip olduğumuz Ar-Ge donanımından kuvvet alarak, Almanya’da ve tüm dünyada Endüstri 4.0 konusunda öncü bir role soyunduk. Bosch, proje aşamasının ötesine aşıları uzun bir vakit oldu ve şu anda Endüstri 4.0’ın ilk öğelerini kendi operasyonlarına kuruyor. Bu noktada kendimizi hem öncü bir kullanıcı, hem de öncü bir sağlayıcı olarak tanımlayabiliriz. 2020 yılı itibarıyla ağa bağılı endüstrinin masraflar açısından toplamda bir milyar Euro’luk bir tasarruf sağlamasını ve toplamda aynı tutarda fazladan satış oluşturmalarını bekliyoruz. Bosch olarak buna yönelik üç aşamalı bir yaklaşımımız bulunmaktadır: İlki, uygulamaları belirli fabrikalarda uygulamaya geçiriyoruz, İkincisi, son kullanıcıya kadar olan değeri akışını optimize ediyoruz ve üçüncü olarak, global ağlar işletiyoruz.”

Bir sonraki hedefi, tüm dünyadaki üretimin ortak bir ağ üzerinden kontrol edilmesini sağlamak ve nesnelerin internet tarafından desteklenen ürünlerin ve sistemlerin özelliklerini taşımasını sağlamaktır. Bu sayede de akıllı üretim ve akıllı fabrikaların yolu açılmış olacaktır. Bosch'un diğeri pilot projesi olan Smart City, yol çalışmaları ve park alanlarını izlemek ve optimize ederek veri üreten bir ulaşım ağı oluşturmayı öngörmektedir. Bir mobil uygulaması olan Smart City Endüstri 4.0’a güzel bir örnektir ve ilk uygulayacak olan şehir Monaco olmuştur ⁷⁸.

4.2. Siemens Firmasına Ait Görüşler

Siemens, Endüstri 4 konusunda en çok yol almış firmalardan bir tanesidir. Ayrıca henüz kavram olarak Endüstri 4.0 ortaya koyulmadan önce, geçmişte otomasyon ve dijitalizasyon alanında yaptığı çalışmalar bulunmaktadır. Endüstri 4.0 konusunda rehberlik etmek isteyen şirket günümüzde müşterilerine Endüstri 4.0 gereksinimlerini karşılayan ürünleri sunmaktadır.

Siemens’in Almanya’da bulunan Amberg tesisi "Endüstri 4.0 fabrikası" olarak bilinmektedir. Endüstri 4.0 vizyonu ile sürekli geliştirilen 10.000 m²'lik üretim alanına sahip fabrika, kurulduğu günden bu yana üretim kapasitesini 8 katına çıkarttı. Fabrikadaki iş süreçlerinin yüzde 75'lik bölümü makineler ve bilgisayarlarla yürütülüyor; işin yüzde 25'i insanlar tarafından yapılıyor. Fabrikada 1000'in üzerinde

⁷⁸ Rexroth A Bosch Company, Endüstri 4.0 Deneyimi - Bosch Rexroth, https://www.boschrexroth.com/tr/tr/trends_and_topics_17/connected_industry_13/connected_industry_14 [28.03.2018]

ürün çeşidi üretilabiliyor. Amberg büyük çaplı bir fabrika olmamasına rağmen çok hızlı bir biçimde işlemektedir. Amberg bir ayda bir milyondan fazla ürünü üretmektedir. Bu hızda ürün üretebilmek yüksek seviyedeki otomasyonla mümkün olmaktadır. Geleneksel sistemlerle çalışan bir fabrikada, bu hızı elde etmek için büyük miktarlarda ödeme yapılması gerekmektedir⁷⁹.

Amberg fabrikasında bir milyonda 11 hatalı ürün üretimi yapılmakta ve sonuç olarak üretimde % 99.9999989 oranında hatasız ürün elde edilmektedir. Bakıldığında kusursuz sayılabilecek bu üretimin elde edilmesinin başlıca nedenini üretimde dijitalleşme oluşturmuştur. Endüstri 4.0 henüz dünyada yeni bir kavram iken, Siemens'in bu devrimin sonuçları ve avantajlarından yararlanıyor olması oldukça önemlidir.

4.3. Mc Kinsey Firmasına Ait Görüşler

Endüstri 4.0'ı iş ve üretim akışını değiştirecek yeni bir trend ve teknolojilerin bir kombinasyonu olarak tanımlayan Mc Kinsey, geleneksel üretim yönetiminin değiştiğini ve yenilerinin ortaya çıktığını söylemektedir. İşletmelerin bu yenilikleri takip etmeleri ve anlamaları gerektiğini belirtip, aksi halde, şirketlerin rekabet gücünü kaybedeceğini ortaya koymaktadırlar.

Bunun sonucunda atılması gerekli olan 5 adımı aşağıdaki şekilde sıralamışlardır⁸⁰:

- Üreticiler Endüstri 4.0'ın getirmiş olduğu yeniliklerin hemen hepsini işleyişlerinde uygulamaya koymaktansa adım adım ilerleyerek belirli uygulamalar üzerine odaklanmalıdırlar.
- Firmalar, mevcut teknolojik sistemlerini elden geçirmek için büyük çaplı yatırımlar yaparken Endüstri 4.0'ı uygulamaya başlamak için teknoloji work around'larını kullanmaktan korkmamalıdırlar.
- Endüstri 4.0 tek sağlayıcı modelden bir dizi entegre teknoloji tedarikçisine dayanan bir modele kaymaya neden olduğundan üreticilerin Endüstri 4.0'a

⁷⁹ Ali Rıza Ersoy, "Siemens'in Endüstri 4.0'a Bakışı ve Çalışmaları" **Elektrik Mühendisliği**, sayı.469, (Aralık, 2016): 48.

⁸⁰ McKinsey & Company, "Getting the most out of Industry 4.0 | McKinsey", <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/industry-40-looking-beyond-the-initial-hype> [29.03.2018]

uyumlu tedarikçi bulmaları gerekmektedir.

- Sirketler ekip oluştururken değişime ve denemeye açık bir kültüre dayalı, inovasyonu yürüten ekipler kurmaya dikkat etmelidirler.
- Endüstri 4.0 sayesinde sadece kısa vadede değil uzun vadede de kazanç elde etmek isteyen kurumlar iş modellerini gözden geçirerek yeni iş modellerini denemelidirler.

Mc Kinsey, Endüstri 4.0'ın şimdilik sadece global ve büyük şirketleri etkilemiş gibi görünse de ilerleyen dönemlerde küçük işletmeleri de etkisi altına alacağını belirtmektedir.

5. UYGULAMA:ALMANYA-BREMEN'DE BİR ARAŞTIRMA

5.1. Araştırma Modeli

Bu çalışma, Endüstri 4.0 dijital dönüşümün gerekliliğinin ve etkilerinin belirlenmesine yönelik bir çalışmadır ve araştırma bu kavramının çıkış noktası olan Almanya'da gerçekleştirilmiştir. Endüstri 4.0 kavramının yeni bir kavram olması ve etkilerinin tam olarak öngörülebilir olmaması nedeniyle bu çalışma nitel bir araştırmadır.

Nitel araştırma desenlerinden araştırmanın doğasına uygun olan 'olgu bilim (fenomoloji) deseni' kullanılmıştır. Olgu bilim deseni, farkında olduğumuz ancak derinlemesine ve ayrıntılı bir anlayışa sahip olmadığımız olgulara odaklanmaktadır.⁸¹

5.2. Araştırma Yöntemi

Araştırma kapsamında, Endüstri 4.0 dijitalleşme seviyesi yüksek firmalar internet ortamında incelenmiş ve bu firmalardan Endüstri 4.0 konusunda danışmanlık veren Almanya-Bremen merkezli bir IT danışmanlık firmasıyla görüşme yapılmıştır. Bu firmanın proje ve bilgi teknolojileri konusunda 20 seneyi aşan bir tecrübesi bulunmaktadır. Özellikle Otomotiv, Uzay ve Havacılık, Ağır sanayi ve Lojistik alanında faaliyet gösteren şirketlere Endüstri 4.0'a geçiş konusunda danışmanlık vermektedir.

5.3. Evren ve Örneklem

Olgu bilim araştırmalarında veri kaynakları araştırmanın odaklandığı olguyu yaşayan ve bu olguyu dışı vurabilecek veya yansıtabilecek bireyler ya da gruplardır.⁸²

⁸¹ Ali Yıldırım, Hasan Şimsek, **Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri**, 10. Bs. (İstanbul: Seçkin Yayınları, 2016), 69.

⁸² **age**, 71.

Almanya’da Otomotiv, Perakende, Lojistik, Ağır Sanayi, Uzay ve Havacılık sektörlerinde Endüstri 4.0 alanında danışmanlık hizmeti veren danışmanlardan görüşme talebini kabul eden 3 kişi bu araştırmanın örneklemini oluşturmaktadır.

5.4. Kısıtlar

Bu araştırma, yüksek bir dijitalleşme seviyesine sahip olması beklenen Alman şirketlerine danışmanlık hizmeti veren ve bu konuda hazırlanmış araştırma sorularına yanıt vermeyi kabul etmiş bu IT danışmanlık firmasının danışmanları ile sınırlıdır.

5.5. Verilerin Toplanması ve Analiz Edilmesi

Literatür çalışmalarının sonucunda Ek 1’de paylaşılan 5 adet açık uçlu sorudan oluşan bir görüşme formu hazırlanmıştır. Bu görüşme formu ilk olarak firma danışmanlarına e-mail aracılığıyla gönderilmiştir. Sonrasında danışmanlarla biraraya gelinerek birden fazla derinlemesine görüşme yapılmıştır. Bu görüşmeler esnasında danışmanların cevapları kaydedilerek toplanmıştır. Görüşme İngilizce yapıldığından cevaplar önce Türkçeye çevrilmiştir. Belirlenen kodlara ve temalara göre içerik analizi yapılmıştır. Elde edilen veriler yorumlanarak ve kimi zaman direk alıntılar yapılarak araştırmanın bulguları hazırlanmıştır.

5.6. Araştırmanın Bulguları

Almanya’da Endüstri 4.0 dönüşümüne adapte olmaya çalışan şirketlerin hangi teknolojileri uygulamaya çalıştıkları katılımcılara soruldu. Firmaların çoğunlukla Bulut Sistemleri, Yapay Zekâ ve IoT uygulamalarının gerçekleştirmesi yönünde dijitalleşme ve teknoloji yatırımları yaptığı anlaşılmaktadır.

Endüstri 4.0 kapsamında hangi sektörlerin yatırım konusunda öncü olduğu sorusuna karşılık olarak Otomotiv ve Perakende sektörlerinin öne çıktığı görülmektedir. Özellikle dijitalleşme ile beraber hızla değişen tüketici profili ve tüketici beklentileri karşısında rekabet gücünü artırmak, maliyetleri azaltmak amacıyla bu sektörlerdeki yatırımların ön plana çıktığı görülmüştür.

Endüstri 4.0’ın Almanya’da neden çok önemli bir gündem maddesi olduğu soruldu. Endüstri 4.0 ile Alman firmalarının üretim faaliyetlerindeki esnekliğinin artırılarak değişen pazar koşullarına hızlıca ayak uydurabilmesi, uluslararası

pazardaki varlıklarını sürdürebilmesi ve bununla birlikte Alman ekonomisinin hedeflenen büyüme rakamlarına erişebilmesi amaçlanmış olup bu durum Endüstri 4.0'ın siyasi ve ekonomik gündemde genişçe yer alma nedeni olarak açıklanmaktadır.

Endüstri 4.0 uzun vadede Almanya için olumlu bir ekonomik gelişme olup Güney Kore, Çin gibi maliyet avantajına sahip teknoloji rakipleriyle rekabetini koruyabilmek için önemini korumaktadır

Şirketler açısından Endüstri 4.0'ın uygulanmasındaki en büyük zorluklar katılımcılar tarafından aşağıdaki maddeler halinde sıralanmıştır:

- Riske girmek istemeyen şirketler ve paydaşları arasındaki uzlaşmazlıklar
- Değişimin maliyetli olması ve dönüşüm esnasında bir sorun çıktığında yine mali sorun oluşturması,
- Üretim süreçlerinin bütünlüğünün korunması gerekliliği

Değişim doğası gereği yanında riskleri de getirmektedir. Endüstri 4.0 kavramı her ne kadar net olarak ifade edilebilse de uygulama olarak hala içinde bilinmezlikler bulundurmaktadır. Hali hazırda işleyen bir sisteme sahip şirketler her ne kadar değişimin faydalarını kağıt üzerinde görebilse de uygulama konusunda muhafazakar davranıp mevcut yapılarını yavaş yavaş terk etmeye eğilimli oldukları görülmektedir. Buradaki temel nedenlerden biri oluşabilecek riskler dışında değişimin ilk yatırım maliyetlerinin yüksekliği ve uygulama sırasında önceden öngörülemeyen maliyetlerin oluşma riskidir. Şirketlerin Endüstri 4.0 dönüşümü için öz sermayelerinden veya paydaşlarından mali kaynak ayırması gerekmektedir. Endüstri 4.0 büyük sistemler için bir anda uygulanabilecek bir değişim değildir. Bu dönüşümün ihtiyaç duyduğu yatırımın bir anda sağlanabilmesi imkansız olduğundan, dönüşüm yıllara belki de on yıllara yayılacaktır. Katılımcılar Endüstri 4.0 yüksek yatırım maliyetlerinden dolayı karar vericilerin değişime isteksiz ve temkinli olarak yaklaştıklarını dile getirmiştir.

Aynı zamanda üretim yapan fabrikalarda süreç yönetiminin bu peyderpey dönüşüme uygun hale getirilmesi de başka bir sıkıntıyı ortaya getirmektedir. Örnek olarak A,B,C ve D süreçleri sonunda Z ürününü ortaya çıkaran bir firmanın Endüstri 4.0 uygulamalarına geçmek istediğini varsayalım. Öncelikle “A” sürecinden başlayacağını göz önüne aldığımızda teknolojik dönüşüm sırasında üretim devam edeceği için bu sürecin dönüşümünün hızlı bir şekilde yapılması ve dönüşüm sırasında üretimin aksamaması gerekir. Buna ek olarak dönüşüm sonrasında “A” süreci

çıktısının henüz dönüşümü gerçekleşmemiş “B” süreci girdisine uyumlu hale getirilmesi de ayrı bir zorluğu ortaya koymaktadır. Günümüzde üretim yapan fabrikalarda üretimin devamı esastır. Bu yüzden üretimde oluşabilecek azalmalar veya duraksamalar firmaların üretkenliğini düşürüp neticesinde mali problemlere neden olabilecektir. Bu nedenlerden dolayı şirketler ve paydaşları Endüstri 4.0 uygulamalarına temkinli yaklaşıp, bu konuda danışmanlık veren şirketlere detaylı analizler yaptırmaktırlar.

Belirtilen temel zorlukların yanında üzerinde yoğunlaşması gereken başka zorluklar da bulunmaktadır. Bu zorluklar katılımcılar tarafından aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- Kritik makine-makine iletişimi (M2M) için gerekli olan güvenilirlik ve kararlılık
- Net olmayan yasal konular ve veri güvenliği
- Yönetmeliklerin, standartların ve sertifikaların eksikliği
- Çalışanların yetersiz nitelikleri

Endüstri 4.0'ın temel hedefi insan faktörünü mümkün olduğunca üretim sürecinden çıkarmaktır. İnsan gücü ve aklının yerini makine gücü ve aklının alması daha da önemlisi farklı süreçleri yöneten makinelerin birbiri ile iletişim halinde olması gerekmektedir. “M2M” olarak adlandırılan makine-makine arası iletişimin günümüzde de bir çok üretim şirketinde örnekleri bulunmaktadır. Fakat bu şirketler M2M yapılarla üretimi kısmi veya bölgesel olarak uygulamaktadırlar. Bir ürünün girdiden çıktıya dönüşündeki süreçlerden sadece biri veya birkaçı sırasında bu sistemler kullanılmaktadır. Bir fabrikanın tamamında makinelerin birbiri ile iletişim halinde olup üretim hattını oluşturması teknik olarak günümüzde hala büyük bir zorluktur. Bu zorluk makinelerden oluşabilecek aksaklıkların sistemde kararsızlığa ve dengesizliğe yol açıp bu bozukluğun tüm üretim hattına yansiyebileceği gerçeğidir. Tamamı makinelerden oluşan bir üretim hattında, ilk üretim sürecinde hata içeren bir olay gerçekleştiğinde bu hatanın sürecin sonuna kadar fark edilmeden devam etmesi riski vardır. Çünkü makinelerin yapay öğrenme yetenekleri hala günümüzde sınırlıdır. Bir işçinin kolaylıkla fark edebileceği bir hata, makineler tarafından fark edilmeyip hatalı ürünün hat boyunca devam etmesine neden olup neticede hatalı nihai ürün çıkmasına sebep olabilir.

Bunun yanı sıra M2M iletişiminin artması aynı zamanda çok büyük

miktarlarda veri üretilip bu verinin makineler arasında paylaşmasını gerektirir. Bu veri iletişimi bazen aynı tesiste bazen de farklı tesisler arasında iletişime ihtiyaç duyabilir. Büyük veri (Big Data) üretilmesi ve işlenmesi teknik zorluklarının yanında (büyük veri depolama ihtiyacı, veri ara yüzü problemleri vb.) verinin güvenli iletilmesi sorununu da ortaya çıkarır. Endüstri casusluğu sanayi üretimi yapan şirketlerin en büyük kâbuslarından biridir. Şüphesiz hiçbir şirket tüm süreçlerini barındıran verilerinin başkalarına hele ki pazar rakiplerine geçmesini istemez. Bu yüzden Endüstri 4.0 ile devasa boyutlara ulaşacak büyük verinin korunması elzemdir.

Endüstri 4.0 önündeki bir diğer zorluk dönüşümün kağıda dökülmesi ve standart haline getirilmesidir. Yani şirketin veya fabrikanın tüm birimlerinin bu yeni sisteme uyumlu hale getirilmesi için hazırlanması gereken yönetmelikler ve standartlardır. İlk bakışta kolay gibi gözükse de yapılan dönüşümün standartlaştırılması zaman maliyet ve en önemlisi nitelikli iş gücü gerektirir. Standartlaşma kalite için olmazsa olmazdır. Bu nedenle Endüstri 4.0 dönüşümü öncesinde hazırlığın başlaması ve dönüşümün gerçekleşmesi sırasında devreye koyulabilmesi gerekir. Bugün tüm başarılı büyük şirketlerde kullanılan yönetmelikler ve standartlar uzun yıllar boyunca çalışmalar ve tecrübelerin sonrasında yoğun emek harcanarak mükemmelleştirilmiştir. Tüm üretim sistemini değiştiren bir fabrikanın doğal olarak kullandığı mevcut standartlar işlevliğini kaybedecek, yeni sisteme uygun yönetmeliklerin ve standartların hazırlanması gerekecektir. Tüm bu süreci oluşturacak insan kaynağını bulabilmek ise başlı başına bir sorundur. Henüz iş dünyasında çok az insanın Endüstri 4.0 dönüşümleri ve teknolojileri konusunda çalıştığını göz önüne aldığımızda tüm bu sürecin sistem mimarisini, yönetmenlik ve standartlarını oluşturacak insan kaynağının oluşturulması önemli bir konudur. Bu konuda eğitim verebilecek dönüşüm konusunda tecrübeli firmaların veya danışmanlık şirketlerinin sayılarının artması zorunluluğu bulunmaktadır.

Katılımcılara Endüstri 4.0'ın sağladığı faydaların neler olduğu sorulduğunda, verilen cevaplar aşağıdaki gibi gruplandırılmıştır;

- Verimlilik
- Çeviklik
- Maliyet
- Müşteri Memnuniyeti
- Yeni iş kolları ve meslekler oluşması

Endüstri 4.0'ın temel faydalarından biri verimliliğin artışıdır. İnsan faktörünün en aza indiği tamamen makine ve dijital sistemlerin oluşturduğu bir sistemde vardiya, hafta sonu, izin veya tatil günleri iş kaybından söz edilemez. Sistem ve çevresel şartlar el verdiği müddetçe 7/24 üretim devam edebilir. Bu da verimliliği yüksek oranda artırır. Verimlilik artışı şirketlerin karlılığı için temel bir parametredir. Verimlilik artışı aynı zamanda birim maliyetini de düşürüp şirketlerin pazar rekabetlerinde öne çıkmalarını sağlar.

Sistemlerin otomasyon ve dijital sistemlerle entegre olması aynı zamanda hızlı karar verme yeteneği ve süreçlerin insan faktörlerinden bağımsız olarak hızlanmasını sağlar. Endüstri 4.0 temel yalın üretim metodolojilerinden farklı olarak sadece süreci iyileştirmeyi değil akıllı ürün kavramını benimsemiştir. Akıllı ürün kavramı, karar verme yeteneği ile bağlantılı süreçler arasında optimum sürede ürünü çıkarabilecek sistemleri zorunlu kılar. Örnek olarak sistem bir ürünü üretirken A-B-C-D süreçlerini takip ettiğini varsayalım. B sürecinde bir arıza ortaya çıktığında arıza giderilene kadar A-C-D süreçlerini veya A-D-C sürecine devam edebilir. En basit anlamda bu sıralamanın nasıl olacağını Endüstri 4.0 kapsamında yapay zeka algoritmaları sayesinde optimum fayda sağlayacak şekilde karar vermesi gerekir. Dijital sistemlerde karar verme yeteneğinin insandan çok hızlı olacağı göz önüne alındığında sistemsel çeviklik artacaktır.

Endüstri 4.0'ın sağladığı diğer bir fayda ürün maliyetine yöneliktir. Endüstri 4.0 ilk yatırım maliyetleri çok yüksek olsa da, sonrasında ürün bazında maliyet düşüşü, işgücü maliyetlerinin azalması ile orantılıdır. Dünya pazarında yarışan firmalar arasında ürün maliyetinde temel farkı işgücü maliyeti oluşturur. Batı ülkelerinde işgücü maliyeti Uzak Doğu Asya, Afrika ve Doğu Avrupa ülkelerine göre çok daha yüksektir. Bu sebepten dolayı dünya üretim eksenini 1980'lerden itibaren doğuya doğru kaymaya başlamıştır. Batı Avrupa ve Kuzey Amerika şirketleri üretim anlamında özellikle düşük teknoloji üretimlerinin büyük bölümünü doğuya kaydırmak veya kapatmak zorunda kalmışlardır. Günümüzde hala yüksek teknoloji ürünlerinde Batı ülkeleri üretimi yüksek olsa da yakın gelecekte bu alanda üretim kabiliyeti kazanan özellikle Uzakdoğu ülkeleri üretim sayılarını güçlendirmektedirler. Buna örnek olarak ortalama işgücü maliyeti Batı Avrupa ve ABD'ye göre düşük olan Çin'in her sene dünya pazarındaki elektrikli araç payını arttırmasını gösterebiliriz. Bu sebepten dolayı Endüstri 4.0 yaklaşımı rekabetçi ürün fiyatlarını yakalamakta zorlanan işgücü maliyeti

yüksek ülkeler tarafından benimsenmesi gereken bir zorunluluk halini almaktadır. İşgücü maliyetindeki ciddi oranda azalma, ürün maliyetlerini düşürüp pazarda rekabet etme gücünü artıracaktır.

Günümüzde bir ürünün uygun maliyetli ve kaliteli üretilmesinin yanı sıra müşteri taleplerine en uygun şekilde üretilmesi önemlidir. Müşteriler baz ürün üzerinden kullanılacağı ülkeye, coğrafya ve iklim koşullarına göre farklı ürün konfigürasyonlarına ihtiyaç duyabilir. Örneğin, bir otobüs üreten firma aynı seri otobüste “A” ülkesi için farklı bir koltuk tasarımı kullanırken “B” ülkesinde farklı kullanabilir. Aynı bantta üretimi olan bu ürünlerin istenilen konfigürasyonda üretilmesi için bir yönetim sistemi oluşturulması ve takibi önemlidir. Konfigürasyon takibi Endüstri 4.0 sistemlerinde dijital sistemler tarafından başarılı bir şekilde sağlanabilmektedir. Bu sayede müşteri odaklı ürün yaklaşımını benimseyen üretim sistemlerinde müşteri isteklerine hızlı bir şekilde uyum sağlanması anlamında kolaylıklar sağlayacaktır.

Endüstri 4.0’ın getirdiği yeni teknolojileri kullanacak ve bu teknolojik altyapının bakımını sağlayacak yetkin mühendislere ve teknikerlere ihtiyaç hızlı bir şekilde artacaktır. Sistemi oluşturan öğelerin insanlar tarafından tasarlanması ve arızalarının giderilmesi şarttır. Bu da önümüzdeki yıllarda yüksek teknoloji üreten nitelikli işgücü ihtiyacının artmasını ve Endüstriyel Veri Bilimciliği, Robot Koordinatörlüğü, IoT Çözüm Mimarlığı gibi birçok yeni mesleklerin ortaya çıkmasını sağlayacaktır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Endüstri 4.0 dijital devrimin temel motivasyonunun rekabetçi dünya pazarında varlığını sürdürebilme ve ekonomik büyüme olduğunu düşündüğümüzde bu dijital dönüşüm sürecinin şirketler açısından kaçınılmaz olduğu görülmüştür.

Araştırma katılımcıları Endüstri 4.0 yüksek teknoloji uygulamalarının sağlayacağı esnek, hızlı ve düşük maliyetli üretim modeliyle Çin ve benzeri Asya ülkelerinden daha ucuz üretim yapılarak Doğu'nun üretim gücünü yeniden Batı'ya çekmek için bu dijital devrimin Almanya'da uygulanma gerekliliğini ortaya koymuştur.

Endüstri 4.0 dönüşümünün getirdiği zorluklar bu dönüşümün hızlı ve birdenbire olmayacağını işaret etmektedir. Katılımcılar tarafından bu zorluklar yatırım maliyetlerinin yüksek olması, paydaşlar arası anlaşmazlıklar, mevcut üretim sürecinin aksama riski, geliştirilmesi gereken standart ve veri güvenliği sorunları, nitelikli iş gücü eksikliği olarak sıralanmıştır. Katılımcılar bu zorlukların risk oluşturduğunu ve şirketlerin bu riskleri azaltmak için Endüstri 4.0'a yavaş ve kademeli geçiş yapmaya istekli olduklarını belirtmişlerdir.

Katılımcılar özellikle Almanya'da şirketlerin üretim sistemlerinin değişikliklerine çok açık olmadığı için uygulama tavsiyelerini hayata geçirmek konusunda şirketleri ikna etmekte zorlandıklarını belirtmişlerdir. Bu durumun şirketlerin ekonomik büyüklüklerine göre risklerinin arttığından dolayı daha katılaştığını ve uzun dönemde teknoloji değişimi planladıklarını ifade etmişlerdir.

Şirketlerin Endüstri 4.0 dönüşümünü gerçekleştirirken şirket analizlerinin bu konuda tecrübeli kurumlar tarafından yapılması, risklerin ve önlem planlarının oluşturulması tavsiye edilmektedir. Plansız yapılan uygulamaların şirketlerin mali ve marka değerlerine zarar verebilecek durumlara sebep olabileceği belirtilmiştir.

İK işe alım ve eğitim politikalarının Endüstri 4.0'a uygun olarak güncellenmesi ve hayata geçirilmesi, standartların temel olarak belirlenmesi ve süreç içinde sürekli

iyileştirme hedefiyle güncellenmesi, sürdürülebilir bir Endüstri 4.0 değişimi için gereklidir. Katılımcılar Endüstri 4.0 sistemi için iletişim kurdukları şirketlerle kısa vadeli değil, uzun süreli işbirlikleri yaptıklarını, sistem performans ve veriminin sürekli takip edildiği ve şirket personeline eğitimler verildiğini belirtmişlerdir. Endüstri 4.0'da her ne kadar yapay zeka ile sistem yönetimi ön plana çıksa da oluşabilecek aksaklıklarda derhal müdahale edebilecek yetişmiş teknik işgücü ihtiyacı bulunmaktadır.

Katılımcılar dijital dönüşümün tüm paydaşların katılımıyla yönetilmesini önermektedir. Bir şirketin tek bir biriminin değil bütünün vereceği bilgiler dönüşümün sağlıklı bir şekilde olmasını sağlayacaktır. Ayrıca müşterek hisse yapısına sahip çok ortaklı şirketlerde endüstriyel dönüşüm ve kapsamı konusunda hemfikir olunması gerekmektedir. Unutulmamalıdır ki dönüşüm zorlu ve maliyetli bir süreç olacaktır ve bu süreçte şirketin bazı riskler alması gerekebilecektir.

Şirketlerin yanı sıra devletin veri güvenliği konusunda yasal düzenlemeler yapması, firmalara finansman desteği ve danışmanlık verilmesi ve nitelikli iş gücü yetiştirme kapsamında eğitim politikalarının Endüstri 4.0'a uygun hale getirilmesi ile ilgili gerekli düzenlemeleri yaparak bu dijital devrimin daha hızlı bir şekilde hayata geçmesinde önemli bir rol alacağı görülmektedir.

Endüstri 4.0 Sanayi Devrimi ile birlikte nitelikli iş gücü yetiştirilmesi ve yeni meslek kollarının doğması karşısında emek tabanlı iş kollarının sonlanması ve bu alanlarda işsizlik sorunun yaşanabileceği de ortaya konulmuştur. Kısa vadede pek mümkün olmasa da ilköğretimden üniversiteye kadar eğitim müfredatlarının Endüstri 4.0 dijital devrimine göre yeniden tasarlanarak, geleceğin potansiyel işlerine yönelik yetkinliklerin geliştirilmesi ile bu sorunun uzun vadede çözüleceği öngörülmektedir.

Endüstri 4.0 diğer bütün endüstri devrimleri gibi insana dair bazı önemli etik soruları da gündeme getiriyor. Bu yeni digital teknolojiler, birçok yönden yaşam kalitesinin artırılması için büyük umutlar vaat ediyor; ancak, hiçbir teknoloji tarafsız değildir. Yeni makine çağına girerken, küresel bir etik yaklaşımına da ihtiyacımız vardır.

Yapay zekânın internet üzerinde paylaştığımız verilerden yaptığı çıkarımlarla alacağımız iş tekliflerine kadar etki etmesi etik midir? İnternet üzerindeki bilgilerimiz kurumlarla paylaşılmalı mıdır? Örneğin, telefon konum verinizle sürekli bulunduğunuz konumun verisi saklanıyor. Bu veriler analiz edildiğinde, her hafta neler

yaptığınızdan nerelere gittiğinize kadar bir grafik ortaya çıkabilir ve bu grafik yüksek ihtimalle önümüzdeki hafta ne yapacağınızla da ilişkilidir. Bu bilgi, kişisel alanınıza bir saldırı değil midir? Endüstri 4.0'ın bu gibi özel hayata yönelik ihlallerinin nasıl yönetilebileceği henüz tam olarak bilinmemektedir.

Endüstri 4.0 uygulamaları ile bazı iş kollarında insan gücüne olan ihtiyacın ortadan kalkacağı görülmektedir. Şirketler, verimliliği değişken olan insan gücü yerine verimliliği değişmeyen 24 saat 7 gün esasına göre çalışan makine ve robotik sistemlere yönelip karlılıklarını arttırmak isteyecektir. Bu da işsizliğin artmasına sebep olacaktır. Bu değişimin sosyal sorunlara yol açmaması için işlerini Endüstri 4.0 nedeniyle kaybeden işçilerin başka ihtiyaç duyulan sektörlerle yönlendirilmesi ve gelecek eğitim planlarının Endüstri 4.0 ile uyumlu hale getirilmesi gerekmektedir. İnsan arayüzüne ihtiyaç duyulmayan sektörlerle yönelik iş kollarının yerine yeni iş kolları oluşturmak ve insanları eğitim hayatlarından itibaren yeni iş kollarına yönlendirmek olası sosyal sorunların önüne geçmek için önemlidir.

Bir diğer etik problem de makinelerin ürettiği zenginliğin ekonomide nasıl paylaştırılacağı konusudur. Şüphesiz olarak Endüstri 4.0 sayesinde bilişim ve teknoloji üreten şirketler daha da zengin olacak insan faktörünün ortadan kalkması ile büyük üretim yapan firmalar ile düşük düzeyli imalat yapan Kobi tarzı işletmeler rekabet edemeyecektir. Bu da tekelleşmeyi getirecek ve üretici çeşitliliği ortadan kalkacaktır. Bunu engellemek amacıyla küçük işletmelerin devlet tarafından Endüstri 4.0'ın getireceği tekelleşmeye karşı korunması ve desteklenmesi gerekmektedir.

Etik olarak bir diğer önemli konu yapay zeka ile çalışan sistemlerde sorumluluk ve hukuki konuların nasıl olacağı konusudur. Örneğin yayalar kırmızı ışıktaki geçiyor ve otonom-sürücüsüz aracın yayaya çarpmak ya da ani fren yapıp arkasındaki aracın kendisine çarpmasına izin vermesi gibi bir karar vermesi gerekiyor. Bu kararı nasıl verecek ve bunun cezai sorumluluğu kimin üzerinde olacaktır? Endüstri 4.0 tüm sistemin iletişim kurabileceği yapay zekalardan oluşursa hata payı ancak sıfırlanabilir. Ancak insan makine etkileşimin olduğu alanlarda yapay zekâ tarafından oluşabilecek suçların nasıl ve hangi kapsamda değerlendirileceği henüz bilinmemektedir.

Dünya Ekonomi Forumu Başkanı olan Klaus Schwab, Endüstri 4.0'a odaklanan Davos 2016 toplantısından önce bir yazısında şöyle diyor:

“Sonunda, her şey insan ve değerlerine bağlanıyor. İnsanı ön plana alan ve güçlendiren bir gelecek şekillendirebilmeliyiz en kötümser ve insana aykırı şekliyle 4. Endüstri Devrimi'nin, insanı

‘robotlaştırarak’ yürekten ve ruhtan yoksunlaştırma tehlikesi taşıdığı da bir gerçek. Fakat insanlığı, yeni bir kolektif ve ortaklaşa sahiplenilen değerler bilincine de yükseltebilecektir. Bizim üzerimize düşen bunun gerçekleşmesinin sağlanmasıdır.”⁸³

⁸³ Osman Coşkunoğlu, Endüstri 4.0: Bir Tekno-Politik Değerlendirme, **Elektrik Mühendisliği** , 2016, http://www.emo.org.tr/ekler/818f4c2e6bad4fd_ek.pdf?dergi=1069 (10.04.2019)

KAYNAKÇA

- Aggarwal, C. Charu. “Naveen Ashish, Amit Sheth, “The internet of things: A survey from the data-centric perspective”. **Managing and mining sensor data. Springer, Boston, MA.** (2013): 383-428.
- Alexandra Chauran, , Dave Courson, Kirk Dobson, Patrick Faber, Kristi Godwin, Brian Houillion, John MacGaffick, Stacey Rogers, Elizabeth Taylor, Raymond Vipperman. **The Second Industrial Revolution Is Upon Us: Managing Human Resources in Public Administrations.** Edinburg: Jupiter Gardens Press, 2014.
- Aydemir,Halit. “Sanayi 4.0 ve Türkiye ekonomisi açısından etkileri”. **Sosyoekonomi.** vol.26. no.36 (2018): 253-261.
- Baheti, Radhakisan, Helen Gill. “Cyber-physical systems.” **The impact of control technology.** vol.12. no.1 (2011): 161-166.
- Banger, Gürcan. Endüstri 4.0 Ekstra. 2. Baskı. Ankara: Dorlion Yayınevi, 2018.
- Barata, João, Paulo Rupino Cunha , Janusz Stal. “ Mobile supply chain management in the Industry 4.0 era: An annotated bibliography and guide for future research”. **Journal of Enterprise Information Management.** vol.31. no.1 (2018):173-192.
- Bauernhansl, Thomas. “Industry 4.0: Challenges and limitations in the production. Keynote”. **AT Kearney, Factory of the year.** (2013):19.
- Belov, Vladislav. “New Paradigm of Industrial Development of Germany-Strategy” Industry 4.0”” **Contemporary Europe-Sovremennaya Evropa.** vol.5, (2016): 11-22.
- Bimy’23,“Bilişimle Kalkınmada Sanayide 4.0”, 2016, <http://www.bimy.org.tr/bimy23/BIMY23-etkinlik-sonuc-raporu.pdf> [15.03.2019]

- Brunet-Thornton, Richard, Felipe Martinez. **Analyzing the Impacts of Industry 4.0 in Modern Business Environments**. Hershey: IGI Global, 2018.
- Bungartz, Hans-Joachim, Stefan Zimmer, Martin Buchholz, Dirk Pflüger. **Modeling and simulation: an application-oriented introduction**. çev. Sabine Le Borne, Richard Le Borne. Munich: Springer Science & Business Media, 2013.
- Buyya, Rajkumar, Amir Vahid Dastjerdi, **Internet of Things: Principles and paradigms**. Cambridge: Elsevier, 2016.
- Deane, Phyllis. **The First Industrial Revolution**. New York: Cambridge University Press, 1979.
- Desjardins, Jeff. What Happens in an Internet Minute in 2018?, 2018, <https://www.visualcapitalist.com/internet-minute-2018/> [15.05.2019]
- Dosi, Giovanni, Louis Galambos. **The Third Industrial Revolution in Global Business**. New York: Cambridge University Press, 2013.
- Ersoy, A. Rıza. “Siemens’in Endüstri 4.0’a Bakışı ve Çalışmaları”. **Elektrik Mühendisliği**. sayı. 469 (Aralık, 2016): 48.
- Fei Hu, Yu Lu, Athanasios V. Vasilakos, Qi Hao, Rui Ma, Yogendra Patil, Shaobo Zhang, Jiang Lu, Xin Li, Naixue N. Xiong. “Robust Cyber-Physical Systems: Concept, Models and Implementation”. **Future Generation Computer Systems**. no. 56 (2016):449-475.
- Grunow, Oliver. **Smart Factory and Industry 4.0. The Current State of Application Technologies: Developing a Technology Roadmap**. Norderstedt: GRIN Verlag, 2016.
- Gubbi, Jayavardhana, Rajkumar Buyya, Slaven Marusic, Marimuthu Palaniswami. “Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions”. **Future Generation Computer Systems**. vol. 29. no. 7 (2013): 1645-1660.
- Gulin, Konstantin Anatol'evich, Vladimir Sergeevich Uskov, “Trends of the Fourth Industrial Revolution: A review of the monograph: Schwab K. The Fourth Industrial Revolution”. **Ekonomicheskie i Sotsialnye Peremeny**. vol.10. no.5 (2017): 216-221.

- Hecklau, Fabian, Ronald Orth, Florian Kidschun, Holger Kohl. "Human resources management: meta-Study–Analysis of future competences in Industry 4.0". **Proceedings of the International Conference on Intellectual Capital, Knowledge Management & Organizational Learning**. (2017): 163-174.
- Hermann, Mario, Tobias Pentek, Boris Otto, "Design principles for industrie 4.0 scenarios". **2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS). IEEE**. (2016): 3928-3937.
- Horn, Jeff. **The Industrial Revolution: History, Documents, and Key Questions**. California: ABC-CLIO, 2016.
- Johansson, Jan, Lena Abrahamsson, Birgitta Bergvall Kåreborn, Ylva Fältholm, Camilla Grane, Agnieszka Wykowska, "Work and organization in a digital industrial context". **mrev management revue**. vol.28. no.3 (2017): 281-297.
- Jones, L. Eric. **Locating the Industrial Revolution: Inducement and Response**. London: World Scientific, 2010.
- Juliane Hildebrand, Nora. **Industry 4.0. Terminology, Effects on certain Industries and Consequences for Society**. Müh: GRIN Verlag, 2018.
- Kagermann, Henning, Wolfgang Wahlster, Johannes Helbig, Ariane Hellinger. "Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group". **Forschungsunion**. (2013):1-78.
- Kocsi, Balázs, Judit Oláh, "Potential connections of unique manufacturing and industrie 4.0". **LogForum**. vol.13. no.4 (2017):389-400.
- Lee, Jay, Hung-An Kao, Shanhu Yang. "Service innovation and smart analytics for industry 4.0 and big data environment". **Procedia Cirp**. no.16 (2014): 3-8.
- Lele, Uma, Sambuddha Goswami. "The fourth industrial revolution, agricultural and rural innovation, and implications for public policy and investments: a case of India". **Agricultural Economics**. vol. 48. no.1 (2017): 87-100.
- Levin, R. Miriam, Sophie Forgan, Martina Hessler, Robert H. Kargon, Morris Low. **Urban Modernity: Cultural Innovation in the Second Industrial Revolution**. United States: MIT Press, 2010.

- Malte, Brettel, Niklas Friederichsen, Michael Keller, Marius Rosenberg. “How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An industry 4.0 perspective”. **International journal of mechanical, industrial science and engineering**. vol.8. no.1. (2014): 37-44.
- Mantoux, Paul. **The Industrial Revolution in the Eighteenth Century: An outline of the beginnings of the modern factory system in England**. Abingdon: Routledge, 2013.
- Mathias, Peter. **The First Industrial Nation: The Economic History of Britain 1700–1914**. New York: Routledge, 2013.
- McKinsey & Company, “Getting the most out of Industry 4.0 | McKinsey”, <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/industry-40-looking-beyond-the-initial-hype> [29.03.2018]
- Miao Wu, Ting-Jie Lu , Fei-Yang Ling , Jing Sun , Hui-Ying Du. “Research on the architecture of Internet of Things”. **2010 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE)**. vol. 5. (2010):484-487.
- Moment Expo Dergisi,s.105 (2017), <http://www.moment-expo.com/bilginin-gucusanayi-3-0> [14.05.2019]
- Morrar, Rabeh, Husam Arman, Saeed Mousa. “The fourth industrial revolution (Industry 4.0): A social innovation perspective”. **Technology Innovation Management Review**. vol.7. no.11 (2017): 12-20.
- Müller, Julian Marius, Daniel Kiel, Kai-Ingo Voigt, “What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability”. **Sustainability**. vol.10. no.1 (2018): 247.
- Özsoy Erden, Ceyda. “Endüstri 4.0 ve İstihdam Üzerindeki Potansiyel Etkisi”. **Journal of Current Researches on Business and Economics**. vol.8. no.2 (2018): 249-270.
- Pfeiffer, Sabine. “The vision of ‘Industrie 4.0’ in the making a case of future told, tamed, and traded”. **NanoEthics**. vol.11. no.1 (2017): 107-121.
- Popkova, G. Elena, Yulia V. Ragulina, Aleksei V. Bogoviz. **Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century**. Cham: Springer, 2018.

- Prause, Gunnar, Sina Atari, “On sustainable production networks for Industry 4.0”. **Entrepreneurship and Sustainability Issues**. vol. 4. no.4 (2017): 421-431.
- Rexroth A Bosch Company, Endüstri 4.0 Deneyimi - Bosch Rexroth, https://www.boschrexroth.com/tr/tr/trends_and_topics_17/connected_industry_13/connected_industry_14 [28.03.2018]
- Rifkin, Jeremy. **Üçüncü Sanayi Devrimi**. çev. Murat Başekim, Pelin Sıral. İstanbul: İletişim Yayınları, 2014.
- Sato, Hiroyuki, Atsushi Kanai , Shigeaki Tanimoto , Toru Kobayashi. “Establishing trust in the emerging era of IoT”. **2016 IEEE Symposium on Service-Oriented System Engineering (SOSE) IEEE**. (2016): 398-406.
- Schuh, Günther, Till Potente, Cathrin Wesch-Potente, Anja Ruth Weber, Jan-Philipp Prote. “Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0”. **Procedia CIRP**. no.19. (2014): 51-56.
- Schwab, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution**. Newyork: Crown Business, 2017.
- Sener, Semih, Birol Elevli. “Endüstri 4.0’da Yeni İş Kolları ve Yüksek Öğrenim”. **Mühendis Beyinler Dergisi**. cilt.1. sayı. 2 (2017): 25-37.
- Stock,Tim, Günther Seliger. “Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0”. **Procedia Cirp**. no.40 (2016): 536-541.
- Szozda, Natalia. “Industry 4.0 and its impact on the functioning of supply chains”. **Logforum**. vol.13. no.4 (2017):401-414.
- Thames, Lane, Dirk Schaefer, “Software-defined cloud manufacturing for industry 4.0”. **Procedia CIRP**. No.52 (2016): 12-17.
- Tsai, Chun-Wei, Ming-Chao Chiang, Laurence T. Yang. “Data mining for internet of things: a survey”. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**. vol. 16. no. 1 (2014): 77-97.
- Tübitak. OSLO Klavuzu, Yenilik Verilerinin Toplanması Ve Yorumlanması İçin İlkeler, 3. Baskı, OECD ve Eurostat OrtakYayımları, 2005, http://www.tubitak.gov.tr/tubitak_content_files/BTYPD/kilavuzlar/Oslo_3_TR.pdf, [20.03.2019]

- Tübitak. “Ulusal Bilim ve Teknoloji Politikaları 2003-2023 Strateji Belgesi”. (Kasım 2004): s.1-77.
- Türkiye’nin endüstri 4.0 platformu, Dördüncü Sanayi Devrimine Öncülük Eden 5 Şirket, <https://www.endustri40.com/dorduncu-sanayi-devrimine-onculuk-eden-5-sirket/> [28.03.2019]
- Tüsiad. “Türkiye’nin Küresel rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Endüstri 4.0 Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi”, Rapor, <http://www.tusiad.org/indir/2016/sanayi-40.pdf> [10.03.2019]
- Tübitak. Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı, Yeni Sanayi Devrimi **Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası**, (2016):1-26.
- Ustundag, Alp, Emre Cevikcan. “Industry 4.0: managing the digital transformation”. **Springer**. 2017.
- Wolfe, James. **The Industrial Revolution**. New York: Encyclopaedia Britannica, 2015.
- World Economic Forum. “The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution”. **Global Challenge Insight Report, World Economic Forum**. (2016): 1-147.
- Yazıcı, Erdinç, Hıdır Düzkaya. “Endüstri Devriminde Dördüncü Dalga ve Eğitim: Türkiye Dördüncü Dalga Endüstri Devrimine Hazır mı?”. **Eğitim ve İnsan Bilimleri Dergisi: Teori ve Uygulama**. vol.7. no.13 (2016):49-88.
- Yue, Xuejun, Hu Cai, Hehua Yan, Caifeng Zou, Keliang Zhou. “Cloud-assisted industrial cyber-physical systems: An insight.” **Microprocessors and Microsystems**, vol.3. no.8 (2015): 1262-1270.
- Yüksel, N. Ayşe, Emine Şener. “The reflections of digitalization at organizational level: Industry 4.0 in Turkey”. **Journal of Business, Economics and Finance**. vol.6. no.3 (2017): 291-300.

EKLER

Ek 1. GÖRÜŞME FORMU

- 1.What kind of applications (e.g. IOT, Big Data, 3D Printing, Smart Robots and Cyber Physical Systems) are you implementing in order to adopt companies to Industry 4.0?
- 2.In your point of view, which sectors are more open to implement Industry 4.0 solutions? Why?
- 3.Why is Industry 4.0 such an important topic in Germany?
- 4.What are the biggest challenges to implement Industry 4.0 concept for companies?
- 5.In your opinion, what are the benefits of industry 4.0 solutions?

ÖZ GEÇMİŞ

10 Ekim 1983’de Kırıkkale’de doğdu. 2000 yılında Kırıkkale Fen Lisesinden ve 2005 yılında Fatih Üniversitesi Elektronik Mühendisliği bölümünden (Burslu) mezun oldu.

Mezuniyet sonrası sırasıyla Netaş, Turkcell ve Kron şirketlerinde 11 yıl boyunca çeşitli Telekom ve IT projelerinde yazılım test mühendisi ve proje yöneticisi olarak görev aldı.

Ocak 2018’den itibaren Almanya’nın Bremen eyaletinde OHB Space şirketinde uydu tasarım projesinde yazılım test mühendisi olarak çalışmaktadır.