



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ LİSANÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TEKNOLOJİK ALT YAPININ ENDÜSTRİ 4.0' A YATKINLIĞINI ÖLÇEN BİR
ÇALIŞMA: SAMSUN'DA GÜBRE SEKTÖRÜNDE BİR İŞLETME ÖRNEĞİ**

Hazırlayan

Samet TANRIVERDİ

İşletme Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Emre ASLAN

TOKAT – 2021



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ LİSANÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**TEKNOLOJİK ALT YAPININ ENDÜSTRİ 4.0' A YATKINLIĞINI ÖLÇEN
BİR ÇALIŞMA: SAMSUN'DA GÜBRE SEKTÖRÜNDE BİR İŞLETME ÖRNEĞİ**

Hazırlayan

Samet TANRIVERDİ

İşletme Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Emre ASLAN

TOKAT – 2021

BİLİMSEL ETİK SAYFASI

Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Emre ASLAN danışmanlığında hazırlamış olduğum “TEKNOLOJİK ALT YAPININ ENDÜSTRİ 4.0’ A YATKINLIĞINI ÖLÇEN BİR ÇALIŞMA: SAMSUN’DA GÜBRE SEKTÖRÜNDE BİR İŞLETME ÖRNEĞİ” adlı Yüksek Lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

....../....../....

Samet TANRIVERDİ

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca bana yardımcı olan, desteğini ve yardımını esirgemeyen, motive ederek yol gösteren başta Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Emre ASLAN hocama tez sürecinin her aşamasında yanımda olan, destekleyen ve benimle birlikte sabır gösteren başta babama, tüm aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Yüksek lisans eğitimim aşamasında bana sağladıkları katkılardan dolayı da Dr. Öğr. Üyesi Adem TÜZEMEN, Doç. Dr. Tuğba KILIÇER, Doç. Dr. Üyesi Elif BOYRAZ hocalarıma saygılarımı ve teşekkürlerimi sunuyorum



TEKNOLOJİK ALT YAPININ ENDÜSTRİ 4.0' A YATKINLIĞINI ÖLÇEN
BİR ÇALIŞMA: SAMSUN'DA GÜBRE SEKTÖRÜNDE BİR İŞLETME
ÖRNEĞİ

Tezin Kabul Ediliş Tarihi:/...../.....

Jüri Üyeleri (Unvanı, Ad ı Soyadı)

İmzası

Başkan:

Üye:

Üye:

Üye:

Üye:

Bu tez, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Yönetim Kurulunun .../.../.... tarih ve sayılı oturumunda belirlenen jüri
tarafından kabul edilmiştir.

Enstitü Müdürü:

Mühür

İmza

TEKNOLOJİK ALT YAPININ ENDÜSTRİ 4.0' A YATKINLIĞINI ÖLÇEN BİR ÇALIŞMA: SAMSUN'DA GÜBRE SEKTÖRÜNDE BİR İŞLETME ÖRNEĞİ

ÖZET

Endüstri 4.0 2011 yılında Hannover fuarında ilk olarak literatüre geçtiği günden itibaren şüphesiz tüm dünyayı teknolojik olarak farklı bir boyuta taşımıştır. İnternet teknolojilerinin endüstride kullanılması ana fikri üzerine inşa edilen bu yeni kavram ile üretim süreçlerinin dijitalleşmesi amaçlanmaktadır. Endüstri 4.0 küresel rekabet ortamında da firmaları rekabet koşullarının değişmesi nedeniyle değişime ayak uydurup rekabetçi yapılarını devam ettirmeleri konusunda önemli bir etki meydana getirmiştir. Yüksek teknolojiye sahip ülkelerin önderliğinde uygulanmaya başlanmasına rağmen ülkemizde bu yeni devrime yönelik farkındalık oluşmuştur. Devlet ve özel sektörün Endüstri 4.0'a yönelik attıkları adımlar bulunmaktadır. Çalışmanın ana amacı firmanın Samsun üretim tesisinin teknolojik alt yapısının Endüstri 4.0 teknolojilerine uygunluğunun ve yatkınlığının hangi boyutta olduğunun ölçülmesidir. Nitel araştırma yöntemlerinden derinlemesine görüşme tekniği kullanılan bu çalışmada betimsel analiz yöntemi kullanılarak bulgular elde edilmiştir. Çalışma sonucunda firmanın Endüstri 4.0 farkındalığının yüksek olduğu, üretim süreçlerinde Endüstri 4.0'a göre değişimler yapılacağı fakat kimyasal bir tesis olduğu için Endüstri 4.0 teknolojilerinin tamamen uygulanamayacağı, yapımı devam eden yeni tesislerinde Endüstri 4.0 teknolojileriyle üretimlerini gerçekleştirmek için Ar-Ge faaliyetleri olduğu sonuçlarına ulaşılmıştır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin bileşenlerinin de işletme içinde kullanıldığı yapılan çalışma sonucunda elde edilen bir başka sonuçtur.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimi, Gübre Sektörü

**A STUDY MEASURING THE TENDENCY OF
TECHNOLOGICAL INFRASTRUCTURE TO INDUSTRY 4.0:
A BUSINESS CASE IN THE FERTILIZER SECTOR IN
SAMSUN**

ABSTRACT

Industry 4.0 revolution. Since the day it first appeared in the literature at the Hannover fair in 2011, it has undoubtedly brought the whole world to a different technological dimension. With this new concept, which is built on the main idea of using internet technologies in industry, it is aimed to digitize production processes. Industry 4.0 revolution. In the global competitive environment, companies have had a significant impact on keeping up with the change and maintaining their competitive structure due to the changing competitive conditions. Although it has started to be implemented under the leadership of high-tech countries, awareness of this new revolution has been created in our country. There are steps taken by the state and private sector towards Industry 4.0. The main aim of the study is to measurement of the suitability and inclination of the technological infrastructure of the Samsun production facility of a fertilizer to Industry 4.0 technologies. Findings were obtained by using the descriptive analysis method of the data obtained in this study, which used in-depth interview technique, one of the qualitative research methods. As a result of the study, it has been concluded that the company has a high awareness of Industry 4.0, that they will make changes in their production processes according to Industry 4.0, but Industry 4.0 technologies cannot be fully applied because they are a chemical facility, and that there are R&D activities to carry out their production with Industry 4.0 technologies in their new facilities under construction. It is another result obtained as a result of the study, in which the components of Industry 4.0 technologies are also used within the enterprise.

Key Words; Industry 4.0, Industry 4.0 revolution

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TABLolar LİSTESİ	iv
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	3
1. ENDÜSTRİ 1.0'DAN ENDÜSTRİ 4.0'A ENDÜSTRİ DEVRİMLERİ	3
1.1 Endüstri 1.0	5
1.2 Endüstri 2.0	11
1.3 Endüstri 3.0	13
1.4 Endüstri 4.0	15
İKİNCİ BÖLÜM	18
2. ENDÜSTRİ 4.0 VE BİLEŞENLERİ	18
2.2 Siber Fiziksel Sistemler	25
2.4 Nesnelerin İnterneti (IoT)	29
2.5 Büyük Veri (Big Data)	32
2.6 Bulut Bilişim Sistemi	35
2.7 Akıllı Fabrikalar	38
2.8. Yapay Zekâ	42
2.9 Robot Teknolojisi	44
2.10 Artırılmış Gerçeklik	47
2.11 Türkiye ve Endüstri 4.0	49
2.12 Literatür Taraması	55
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	65
3. GÜBRE ÜRETİM TESİSİ'NİN TEKNOLOJİK ALT YAPISININ ENDÜSTRİ 4.0	
TEKNOLOJİLERİNE UYGUN OLUP OLMADIĞININ ÖLÇÜLMESİ	65
3.1 GÜBRE TESİSİNİN TEKNOLOJİK ALT YAPISININ ENDÜSTRİ 4.0'A YAKINLIĞINI	
VE YATKINLIĞINI ÖLÇEN BİR VAKA ANALİZİ	65
3.1.1 Araştırmanın Amacı ve Kapsamı	65
3.1.2 Araştırmanın Önemi	65
3.1.3 Araştırmanın Yöntemi	66
3.1.4 Araştırmanın Sınırları	67
3.1.5 Araştırma Yapılan Firmaya Yönelik Bilgiler	67
3.1.5 Endüstri 4.0'a Yönelik Görüşme Değerlendirmeleri	68
SONUÇ VE ÖNERİLER	79
KAYNAKÇA	82

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Endüstri Devrimleri Tarihçesi	17
Tablo 2.1. Siber Fiziksel Sistemlerin Tarihi Gelişimi	27
Tablo 2.2. Siber Fiziksel Sistemlerin Siber ve Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılması	28
Tablo 2.3. Bulut Bilişim Temel 3-4-5 Kuralı.....	40
Tablo 2.4. Yapay Zeka'nın Gelişimi.....	45
Tablo 2.5. Endüstri 4.0 Swot Analizi.....	56

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Endüstri Devrimleri Tarihçesi	7
Şekil 2.1. Endüstri 4.0'ın Dört İşlemi	20
Şekil 2.2. 3D Yazıcıların İlgi Çevrimi	24
Şekil 2.3. Nesnelerin İnternetinin Gelişimi.....	32
Şekil 2.4. Bulut Bilişim Sistemi.....	38
Şekil 2.5. Milgram'ın Gerçeklik Sanallık Sürekliliği... ..	51
Şekil 2.6. Firmaların Farkındalık Eğilimi.....	52
Şekil 2.7. Farkındalığın Yüksek Olduğu Üç Sektör	53
Şekil 2.8. Firmaların Akıllı Otomasyon Sistemlerinin Endüstri 4.0 Teknolojilerine Entegrasyonu	56
Şekil 2.9. Dijital Türkiye Yol Haritası Bileşenleri ve Yol Haritası	57

KISALTMALAR

AR: Artırılmış Gerçeklik

AR-GE: Araştırma ve Geliştirme

BİT: Bilgi İletişim Teknolojisi

CPS: Siber Fiziksel Sistemler

ERP: Kurumsal Kaynak Planlaması

GSYİH: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla

IT: Bilgi Teknolojileri

IoT: Nesnelerin İnterneti

MES: Dijital Üretim Yönetimi

MÜSİAD: Müstakil Sanayici ve İş Adamları Derneği

OEE: Toplam Ekipman Etkinliği

TOBB: Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği

TTGV: Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı

TÜBİTAK: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

YASED: Uluslararası Yatırımcılar Derneği

YZ: Yapay Zekâ

GİRİŞ

Endüstri 4.0 insanlığın teknolojik anlamda, ilk günden günümüze gelininceye kadar ki geçen süre zarfında teknolojik gelişmesinin bir sonucudur. Kendisine has karakteristik özellikleri ve bünyesinde barındırdığı işlevleri ile bilinenden farklı olanı insanlığa sunan Endüstri 4.0, hızlı bir şekilde hayatı etkisine alan bir devrimdir. Endüstri 4.0; Siber Fiziksel Sistemler, Siber Güvenlik, 3D yazıcılar, Bulut Bilişim, Akıllı Üretim Sistemleri, Robot Teknolojisi, Yapay Zekâ, Büyük Veri, Nesnelerin İnterneti ve Artırılmış Gerçeklik gibi teknolojileri bünyesinde bulundurmaktadır.

Teknolojik gelişmeler ve küreselleşme dünyada rekabet ortamını daha çetin bir hale getirmiştir. Küresel rekabet ortamında varlıklarını sürdürebilme eğiliminde olan işletmeler için üretimde sürdürülebilirliğin sağlanması, üretilen ürünlerin kalitesinin yüksek olması ve maliyetlerin rekabet ortamına uygun olması son derece önemli bir hale gelmiştir.

Yeni bir endüstriyel devrimi tetikleyen birçok neden vardır, artan işçi maliyetleri, yatırımlardan alınan geri dönüş sürelerindeki sürekli artış, nitelikli iş gücünün sınırlı olması, ekolojik bozulmaların küresel etkileri, üretim sektöründeki nitelikli işgücünün hizmet sektörüne kayması gibi etkenler halen devam etmekte olan ikinci ve üçüncü endüstri devrimlerinden farklı olarak bu devrimi tetikleyen nedenlerden olmuşlardır. Bir başka sebep ise her geçen gün artan müşteri portföyünün taleplerinin kişiselleşmesidir.

Endüstri 4.0 beraberinde getirdiği yenilikler göz önüne alındığında alışlagelmişin dışında birçok inovasyon ile üretim alanında bir devrim meydana getirmiştir. Bir şeyin adına devrim denilebilmesi için, kendisinden önce olan her şeyden tam anlamıyla farklı yenilikleri bünyesinde barındırması gerekmektedir. Şu anda bu devrim emekleme aşamasındayken bile hem bu devrimin farkındalığına varmış olan hem de bu farkındalığa vakıf olmadıklarını söyleyen firmaları bile etkisi altına almaktadır. Bu yeni sürece ayak uydurabilmek için de en büyük rol doğal olarak işletmelerin yönetim kademesinde görev yapan üst düzey yöneticilere

düşmektedir. Değişime ve gelişime hızlı bir şekilde ayak uydurabilen yöneticiler bu devrimin işletmelerde uygulanabilmesi için önemli bir rol üstlenmektedirler.

Endüstri 4.0 devrimi şüphesiz birçok yönden farklı yenilikleri beraberinde getirecektir. Ekonomik ve sosyal hayatı da derinden etkileyecektir. Bundan önce ortaya çıkan her endüstri devrimlerinde olduğu gibi bu devrim de kendisini ilk olarak üretim alanında meydana gelen değişimlerle göstermiştir. Bu bakımdan ilk önce işletmelerin kendilerini bu devrime göre revize etmeleri yakın gelecekte kendilerini hala rekabet ortamında tutmaları açısından önem arz etmektedir.

Bu çalışmada Samsun ilinde faaliyet gösteren bir gübre üretim tesisinin teknolojik alt yapısının Endüstri 4.0'a yakınlığının ve yatkınlığının hangi düzeyde olduğunu ölçmek amaçlanmıştır. Çalışma firma yetkilileri ile yüz yüze mülakat görüşmesi şeklinde yapılmıştır.

Çalışmanın ilk bölümünde endüstri devrimlerinin tarihi gelişimi hakkında bilgiler verilmiştir. Çalışmanın ikinci bölümünde Endüstri 4.0 teknolojisinin ne olduğu ve bileşenlerinin neler olduğu ile ilgili geniş kapsamlı bilgiler verilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde çalışmanın amacı, kapsamı kısıtları belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında betimsel analiz yapılarak yöneticilerin sorulara vermiş oldukları cevaplar yorumlanmıştır. Sonuç kısmında ise firmanın mevcut teknolojik alt yapısının Endüstri 4.0'a yakınlığı ve yatkınlığı ile ilgili sonuçlar yazılmıştır ve gerekli öneriler yapılarak çalışma sonuçlandırılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. ENDÜSTRİ 1.0'DAN ENDÜSTRİ 4.0'A ENDÜSTRİ DEVRİMLERİ

Endüstri 4.0'ı daha iyi anlamak ve algılayabilmek için insanlık tarihinin başlangıcından itibaren var olan üretim olgusunun incelenmesi, tarihin akışı ile birlikte üretim teknolojilerinin geldiği son noktayı anlamakta yararlı olacaktır.

Tarihte meydana gelen 3 endüstri devriminin de ana sebebi teknolojiye meydana gelen gelişmelerdir. 1. Endüstri Devriminde su ve buhar gücüyle çalışan makinenin icat edilmesi, 2. Endüstri Devriminde iş bölümlemesi ile seri üretime geçiş, 3. Endüstri Devriminde yazılım ve programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC)'nin üretim sistemlerine girmesi sırasıyla endüstri devrimlerini tetikleyen unsurlar olmuşlardır. Yeni endüstri devrimini tetikleyen unsur ise internettir (Brettel vd., 2014).

Tarihte ekonomik olarak yaşanan iki büyük devrim mevcuttur. Bunlardan ilki tarım alanında gerçekleşmiştir ve tarım devrimi olarak adlandırılmıştır. Tarım devrimi ile toplum avcılık ve toplayıcılıktan yerleşik hayata geçerek tarımla ve hayvancılıkla uğraşmaya başlamıştır. Tarım devrimi toplumda sosyal ve ekonomik olarak köklü değişiklikler meydana getirmiştir. Yerleşik hayatla birlikte şehir hayatı gelişmiş, nüfus artmış, sanat alanında, kültür alanında ve mimaride önemli gelişmeler gerçekleşmiştir. Özel mülkiyet kavramının da gelişmesiyle birlikte idari yapılanma ve yönetim şekilleri gelişmiştir (Özsoylu, 2017),

Toplumlar yerleşik hayata geçmeleriyle birlikte daha verimli üretim gerçekleştirebilmek adına farklı yöntemler geliştirmeye başlamışlardır. Mezopotamya bölgesinde yaşayan insanlar M.Ö. 3000-2000 yılları arasında çevrelerini daha derinlemesine incelemeye başlamışlardır ve bazı matematiksel hesaplamalar yapmışlardır (Özkan vd., 2018: 129).

Çinliler tarafından 11. yy'da manyetik pusula ve barutun bulunması, akabinde ateşli silahların icat edilmesi ve bu icatların hızlandığı çalışmalar neticesinde bugün gelişimini ve değişimini takip etmekte zorlandığımız bilim ve

teknolojinin temelleri atılmıştır. İstanbul'un fethiyle İtalya'ya giden bilim insanlarının başlatmış olduğu Rönesans ve Reform hareketleri, 15.yy'ı bilim tarihinin en önemli dönüm noktalarından biri haline getirmiştir (Ural, 1998: 211).

Matbaanın icat edilmesi ve yayılması sonucunda okur-yazar insan sayısında artış meydana gelmiştir. Bu artışla beraber hemen her alanda yapılan bilimsel çalışmalar kendilerini sahada göstermiştir ve dünyayı eski dönemlere göre adeta bambaşka bir yer haline getirmiştir. Artık eski haliyle tamamen farklılaşmaya başlayan dünyada tabulaşan ideolojik ve fikri düşünceler de yıkılmıştır (Özkan vd., 2018:130).

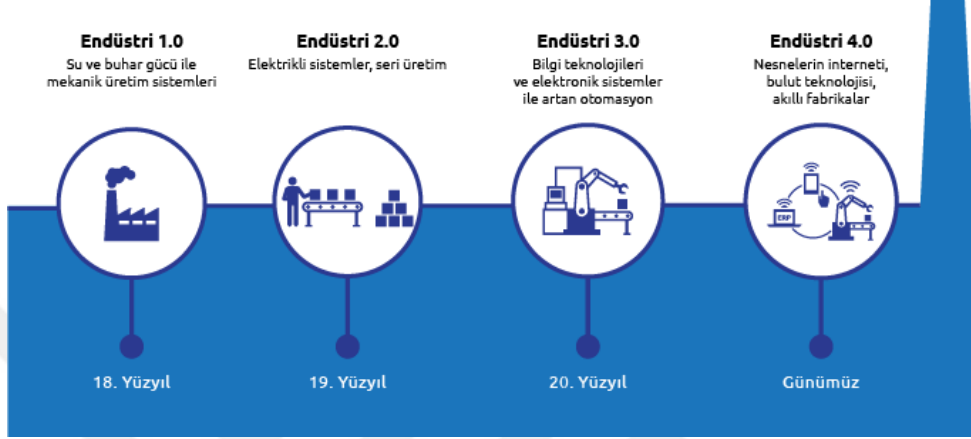
Tarım devriminin ardından 18.yy'ın ikinci yarısında sanayi alanında meydana gelen devrim üretimde kas gücü kullanımından mekanik güce geçişi sağlamış, günümüzde dördüncü sanayi devrimiyle insan üretimini arttıran gelişmiş bilişsel gücün etkisiyle geldiği son noktaya ulaşmıştır (Schwab, 2017: 15).

İkinci devrim ise insanların hayatını derinden etkileyen endüstri alanında yaşanan Birinci Endüstri Devrimi olarak adlandırılan devrimdir. Birinci Endüstri Devrimi 18.yy'ın ikinci yarısında İngiltere'de başlamıştır. İnsan beden gücünün yerini buharla çalışan makineler almıştır (Özsoylu, 2017). İngiltere'de başlayan bu devrim çok uzun olmayan bir zaman dilimi içinde Avrupa'ya ve ABD'ye yayılmıştır. Sanayileşme ile birlikte, sanayileşen ülkelerin zenginlik seviyelerinde ve toplumun refah düzeyinde süreklilik gösteren bir artış meydana gelmiştir. Sanayileşme süreci ile birlikte tarımla ve hayvancılıkla uğraşan nüfusun büyük bir kısmı tarım ve hayvancılık yaptıkları topraklarını terk edip sanayi ve hizmet sektörlerinde çalışmaya başlayarak üretimin bir parçası haline gelmişlerdir (Ortaş, 2005).

Endüstri devrimleri tarihlerini incelediğimizde karşımıza çıkan sonuçlar bize şunu göstermektedir; her devrim kendisinden sonra gelen devrimin tetikleyicisi olmuştur. Teknik ve bilimde kaydedilen ilerlemeler, değişimler ve gelişmeler bir sonraki devrimin alt yapısını meydana getirmiştir. Endüstri devrimleri tarihi incelendiğinde, gerçekleşmiş olan tüm endüstri devrimlerinin ilk önce üretim süreçlerinde etkilerini gösterdiklerini görülmüştür.

Bu bölümde endüstri devrimlerinin üretim alanında nasıl bir evrim geçirdiği ve günümüze gelen süreçte maruz kaldığı değişimler, Endüstri 4.0 kavramı ve bileşenleri incelenecektir. Şekil 1.1’de Endüstri Devrimleri ve yıllar içinde geçirdiği değişimlerin tarihçesi gösterilmektedir.

Şekil 1.1 Endüstri Devrimleri Tarihçesi (Kamber,2019)



1.1 Endüstri 1.0

Thomas Newcomen tarafından 1712 yılında buhar makinesi icat edildi. Newcomen'in 1764 yılında bozulan makinelerinden bir tanesini tamir eden James Watt makineyi geliştirerek iki odalı ve supaplı olarak yeniden dizayn etti. Watt makineye yeni aksamlar ekleyerek 1781 yılında modernize etmiştir (Eğilmez, 2017).

Watt'ın modernize ettiği makine artık sanayiye uyarlanabilir hale gelmiştir. Geliştirilen buhar makinesinin 18.yy'ın son dönemlerinde tekstil dokuma tezgahlarında kullanılmaya başlanmasıyla üretim sürecinde bazı aşamaları tamamlayacak şekilde birbirleri ile entegre hale gelmesi Endüstri 1.0 olarak adlandırılmaktadır. Endüstri 1.0 kendisini ilk önce tekstil üretiminde gösterdikten sonra meydana gelen bu değişim kimya sanayii başta olmak üzere hızla diğer sanayi dallarına da yayılmıştır. Bu devrimin yaygınlaşmasındaki bir diğer etken de demiryolu ağlarının hızla yayılmasıdır. Makineleşme ile elde edilen ürünlerin demiryolu vasıtası ile diğer tüketim alanlarına ulaştırılması Endüstri 1.0 kavramını

tanımlamaktadır (Eğilmez, 2017). Watt'ın buharlı makineyi icat etmesiyle bu çağ, buhar çağı olarak da adlandırılmıştır (Akçacı ve Bulut, 2017).

İktisat tarihçileri tarafından yapılan çalışmalarda, sektörel odaklı yükselişler, inovasyon ve buluşların sayılarının büyük bir oranda artması, buharın bir enerji kaynağı olarak üretimde kullanılması, atölye tipi üretimden fabrika ortamlarında bant üretimine geçilmesi baz alınarak ve tüm bu olaylar örgüsünün çok uzun olmayan bir süre zarfında toplumsal ve ekonomik alanda meydana getirdiği büyük ve köklü bir değişim olduğu ve bu değişimi bir devrim olarak adlandırdıkları görülmektedir. 18. yy 'da başlayan ve hali hazırda hala büyüyen, sürekli olarak değişen ve gelişen üretim sürecinin başlangıcı 1. Endüstri Devrimi'dir (Başer, 2011: 278).

Yaşanan bu olaylar ve gelişmeler ile başlayan Endüstri tarihi toplumların ticari sınırlarını genişletmelerini ve yeni ticari yollar açmalarını sağlamıştır. Yük taşımacılığının demiryollarının geliştirilmesiyle birlikte daha kolay hale gelmesi üretilen ürünlerin daha hızlı bir şekilde farklı bölgelere taşınması daha rahat hale gelmiştir. Farklı bölge ve ülkelerdeki girişimciler ile müteşebbislerin gerek ulusal gerekse uluslararası ticari işler yapmalarının önünün açılması bu gelişmeler ışığında meydana gelmiştir. Endüstri devrimi dünyayı bir bütün olarak etkilemiştir. Yaşanan devrim sadece tek bir alanı değil dünyayı tamamen etkisi altına almış ve her alanda köklü değişimler yaşanmasına neden olmuştur. Toplum yaşantısı, üretim modelleri değişmiş, yeni uluslararası ticaret yolları açılmış ve yeni meslek grupları ortaya çıkmıştır (Barutçu, 2019).

Açılan yeni ticaret yolları ile birlikte ticaret hacimlerini ve üretim miktarlarını arttırmak isteyen ve ekonomik olarak yüksek gelir sağlamak isteyen ülkelerin daha fazla ve yeni hammadde ve kaynak arayışına sürüklenmeleri bu ülkelerin sömürgecilik faaliyetlerini arttırmalarına neden olmuştur (Çevik, 2018)

Makineleşme ile birlikte artan üretim miktarları 1. Endüstri Devrimi'nin en belirgin özelliğidir. Yaşanan bu gelişmelerle birlikte buharlı makinelerin

kullanımının yaygınlaşması, demiryollarının kullanımını ve tekstil üretimini arttırmıştır. Buharlı makinelerin kullanımı sadece demiryollarında ve tekstil sektöründe gelişmelere neden olmamış yaşanan devrim ile birlikte ulaşım, bankacılık ve iletişim alanlarında da büyük çaplı değişimler ve yenilikler meydana getirmiştir. Toplumsal hayatta da olumlu ve olumsuz değişikliklere neden olan devrim ile birlikte sanayileşen ülkelerin hayat standartlarında ve refah seviyelerinde ciddi artışlar görülmektedir. Öte yandan üretim miktarlarındaki artışla çalışanların uzun ve yorucu mesai saatlerine ve ağır çalışma koşullarına maruz kalmalarına neden olmuştur (Özdoğan, 2017:3-4).

P.M. Dean, “The First Industrial Revolution” isimli kitabında 1. Endüstri Devrimi’nin her ülkede aynı etkiyi göstermediğini belirtmiştir. Fakat ekonomik organizasyonların yönetilmesi ve bu organizasyonların ana özelliklerinde ciddi değişiklikler meydana getirdiğini maddeler halinde şu şekilde sıralamıştır (Barutçu, 2019):

- Modern bilimin ve deneysel yöntemlerin üretim süreçlerinde belirgin bir şekilde uygulanması
- Dar kapsamlı kullanımdan ziyade, ulusal ve uluslararası pazar için üretim anlayışının faaliyete geçirilmesi
 - Kırsal bölgelerden kente göç hareketi
 - Üretim birimlerinin genişlemesine dayalı olarak şirketlerin aile yapılarından çıkarak kurumsallaşması ya da kamu kuruluşları haline dönüşmesi
 - Salt insan emeğinin yerine, bu emeği tamamlayacak sermaye kaynaklarının yoğun şekilde kullanılması
 - Yeni sosyal ve mesleki sınıfların ortaya çıkışı
 - Temel üretim ile ilgili faaliyetlerden istenmiş mal ve hizmet üretimine geçiş.

Birinci Endüstri Devrimini üretim boyutundaki sonuçları kadar toplum ve toplum yaşamında meydana getirdiği sosyolojik değişimler ve ekonomik gelişmeler açısından da ele almakta fayda vardır.

Endüstri devrimiyle birlikte yaşanan büyük değişim sonucunda, bedeniyle çalışıp üreten ve geçimini bu şekilde sağlamak zorunda olan toplumun büyük bir kısmı için ortaya çıkan problemlerle beraber bu problemlerin çözüme kavuşması için sosyal politika önlemleri geliştirilmiştir. Endüstri devrimi sonrası yapılan ilk sosyal düzenleme planlaması dönemin hâkim görüşü olan liberal anlayış çerçevesinde, çalışma hayatının en savunmasız iki kesimi olarak kabul gören kadın çalışanlar ve çocuk işçiler için öncelikli düzenlemeler yapılmıştır (Öztuna, 2017: 21).

İşçi hareketlerinde meydana gelen artış ve çalışma yaşamındaki sorunlar sonucunda devlet, öncelikle sağlık hizmetleri başta olmak üzere çalışanların sosyal güvenliklerini sağlayan düzenlemeler yapmıştır. Çalışma esnasında meydana gelen iş kazaları ve çalışma sonucu ortaya çıkan meslek hastalıkları durumunda işverenler tarafından gereken sağlık yardımlarının karşılanması ve gerektiği halde tazminat ödenmesi gibi geçici tedbirler alınmıştır (Alper, 2013:12).

Endüstri devrimi ile beraber evlenme ve boşanma vakalarında da birtakım değişiklikler meydana gelmiştir. Endüstri devrimi sonrasında köylerde yaşayan insanların şehirlere göç etmesi ve modern toplum yapısının oluşmasıyla beraber çekirdek aile yapısı oluşmaya başlamıştır. Endüstri devrimi ile birlikte hızlı bir şehirleşme meydana gelmiştir. Kırsal alanlarda yaşayanlar oluşturulan bu kentlere göç etmeye başlamışlardır ve bu göç hareketliliği ile birlikte endüstri bölgelerinde yoğun bir nüfus birikimi oluşmuştur (Öztuna, 2017: 22).

Şehirleşmenin artması ile endüstrileşme yeni bir boyut kazanmıştır ve büyük şehirlerde endüstri işletmelerinde çalışan bir işçi sınıfı ortaya çıkmıştır (Öztuna, 2017: 22).

Endüstri devrimi başlangıç noktası olan İngiltere’de bölge bölge gelişmiştir. Şehirlerin ve yerleşim yerlerinin enerji sağlama amacıyla maden bölgelerine yakın olan yerlerde kurulması ile birlikte nüfus bu yerlerde yoğunlaşmıştır ve meydana gelen değişim ve gelişmelerin öncüsü olmuştur. Kentleşme ve akabinde artan nüfus kalabalık şehirlerin dışında banliyö adı verilen yeni yerleşim yerlerinin oluşmasına neden olmuştur. Banliyölerde yaşayan insanlar ile şehirlerde yaşayan insanlar

arasında sosyal ve kültürel açıdan derin farklılıklar oluşmuş bunun sonucu olarak da suç içerikli birçok toplumsal sorun meydana gelmiştir (Öztuna, 2017: 23).

Endüstri devrimi ile İngiltere’de baş gösteren en önemli sorunlardan birisi de çocuk işçiler sorunudur. Uzun çalışma saatleri ve zor çalışma koşulları altında fabrikalarda çalıştırılan küçük yaştaki çocuklar ne kadar büyük bir sorun olduğunun göstergesidir. Çocuk işçiler hakkında ilk düzenleme İngiltere Parlamentosu tarafından 1802 yılında yapılmıştır. Yapılan düzenleme ile Çırakların Bedensel ve Tinsel Sağlığı Hakkında Yasa kabul edilmiştir. Zor koşullar altında çalışan çocukların bu yasa ile korunmaları gerektiği ifade edilirken çocukların hangi şartlar altında çalıştıklarını da göz önüne seriyordu. Endüstri devrimi döneminde işverenler maliyetlerini minimize etmek ve çocuk işçilerin yetişkin işçilere göre daha düşük ücretlere çalışmaları nedeni ile çocukları işçi olarak çalıştırmışlardır (Öztuna, 2017: 23).

Endüstri devriminin karşımıza çıkardığı bir başka kavram ise sendikalaşma olgusudur. Tarım artık birçok insan için geçim kaynağı olmaktan çıktığı için ve tarımla uğraşan insanlar topraklarını terk ederek şehirlere göç edince, şehirlerde vasıfsız elemana dönüşmüşlerdir. Fabrikalarda vasıflı personeller yerine vasıfsız ve daha ucuza çalıştırılabilecek insana olan talep artmıştır ve kötü şartlar altında düşük ücretlerle çalışan işçiler ile işverenler arasında sorunlar baş göstermeye ve iki grup arasında çıkar çatışmaları yaşanmaya başlamıştır. Bu durumlar sonucunda işçi partileri ve sendikalar ilerleyen dönemlerde önemli bir role bürünmüşlerdir (Arslan, 2017). Endüstri devriminin başladığı yer olan İngiltere sendikacılık faaliyetlerinin de doğduğu yerdir. Nüfusun büyük çoğunluğunun sanayi ve hizmet sektörlerinde çalışması, işçi sınıfının da toplam nüfus içinde oldukça önemli bir yere sahip olmaya başlamasıyla sendikalaşma hızlanmış ve işçi sınıfının güçlenmesi, siyasi bir güç olarak da işçi sınıfını daha etkin bir hale getirmiştir (Öztuna, 2017: 24).

Endüstri devrimi ve akabinde meydana gelen siyasal dönüşümler ile tarım toplumundan kalma güç dengeleri de değişime uğramıştır. İmparatorluklar çökmüş, ulus devletler yükselmeye başlamış, feodalitenin ve kilisenin yerini işverenler ve siyasiler almıştır (Zencirkıran, 2017: 21).

Endüstri devrimi, teknik icatlara ve teknolojik gelişmelere neden olmuştur. Demir ve çelik teknolojik bakımdan bu devrimin ana unsurlarıdır. Demir ve çelik teknolojik olarak ele alınırsa devrimin ana unsurlarını meydana getirmektedirler. Kömür, buhar makinesi, elektrik, içten patlamalı motorlar bu dönemde mekanik güç olarak kullanılmıştır. Demiryollarının gelişmesi, buharlı lokomotif ve buharlı gemilerin kullanımı üretilen ürünlerin daha uzak yerlere ulaştırmasında büyük kolaylıklar sağlamıştır. Kara ve deniz taşımacılığında yaşanan bu gelişmeler ile birlikte, ulaşım sektörünün temellerini oluşturmaktadır. Pamuk, yün, kömür ve demir üretiminde meydana gelen artışlar 19.yy'ın son dönemlerinde net bir şekilde gözlemlenmiştir (Özdemir, 2014).

Sanayi yoğun üretim sürecinin parçalarının birleştirilmesinde iletişimin neredeyse ulaştırma kadar önemli bir yere sahip olduğu anlaşılmıştır. 1840 yılında Büyük Britanya çağdaş posta sisteminin temelini oluşturan posta sistemini kurmuştur ve bu alanda öncülük etmiştir. 1875 yılında Uluslararası Posta Antlaşması ile uluslararası posta sistemi oluşturulmuştur (Öztuna, 2017: 25)

James Watt'ın 1768 yılında buharlı makineyi icat etmesiyle başlayan bu yeni sürecin beraberinde getirdiği yenilikler özetlenecek olursa (Öztuna, 2017:26-27):

- İşçi sınıfı adında yeni bir sınıf doğmuştur
- Kırsal kesimden ve köylerden oluşturulan büyük kentlere göçler artmıştır
- Kurulan fabrikalarla beraber burada çalışmaya başlayan kadın ve erkeklerin kıyafetlerinde sadeleşme meydana gelmiştir
- Artan sanayileşme ile birlikte günümüzde de etkisi küresel çapta büyüyerek devam eden çevre sorunları oluşmuştur
- Çocuk ve kadın işçi sorunları baş göstermiştir
- Birçok teknolojik inovasyon meydana gelmiştir
- Atölye tipi üretimin yerini fabrikasyon üretim alınca zanaatkarlar işsiz kalmış, göç dalgasıyla birlikte topraklarını terk eden çiftçiler kentlere göç edince tarım sektörü eski önemini yitirmiştir
- Artan nüfus ile birlikte şehirlerde konut sıkıntısı oluşmuş, yeni yerleşim alanları ve yeni mimari yapılar ortaya çıkmıştır

- İşçi hakları konusunda işçi ve işveren arasında sorunlar meydana gelince sendikalaşma olgusu ortaya çıkmıştır.

1.2 Endüstri 2.0

İkinci Endüstri Devrimi 19. yy'ın sonları ile 20. yy'ın başlarında gerçekleşmiştir. İkinci Endüstri Devrimi çeliğin kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte demiryollarında meydana gelen gelişmelerle kendisini daha çok göstermiştir. Birinci Endüstri Devrimi daha çok tekstil, demir ve buharlı motor teknolojilerine odaklanırken, İkinci Endüstri Devrimi çelik, demiryolu, petrol, kimya ve elektrikli üretim sistemleri etrafında gelişim göstermiştir. Birinci endüstri devriminin sonunda uygulamalı bilimlerin başlangıcından bu yana, İkinci Endüstri Devrimi sırasında teknolojiden bilime hatırı sayılır geri bildirim akışları alınmış ve alınan bu geri bildirimler endüstride ve üretimde önemli bir rol oynamaya başlamıştır.

Birinci Endüstri Devrimi'nin yol açtığı yeniliklerle tetiklenen İkinci Endüstri Devrimi'nin başlangıcındaki en büyük etkenlerden birisi de gelişen demiryolu taşımacılığı ile üretilen ürünlerin uzak pazarlara sevk edilmesinde meydana gelen kolaylıkların etkisi olarak görülmektedir. Teknolojik inovasyonlar ve kullanılan enerji kaynaklarının değişmesi göz önüne alındığında bu gelişmeler ikinci endüstri devriminin temelini oluşturmaktadır (Pamuk ve Soysal, 2018).

Daha önceki dönemlerde de tren üretiminin gerçekleştirilmesine ve demiryollarının var olmasına rağmen çeliğin kullanımının yaygınlaşması daha sağlam inşa edilen demiryolları ile sektörel bazda daha düşük maliyetler oluşmuştur. Yaşanan bu gelişmeler öncülüğünde farklı seçeneklerle karşılaşılmıştır. Petrolün işlenmesi sonucu elde edilen benzinin araçlarda kullanılması ve içten yanmalı motorların kullanımı da ikinci endüstri Devrimi sırasında gerçekleşmiştir (Arslan, 2017).

İkinci Endüstri Devrimi'nin en önemli özelliklerinden bir tanesi de buharla çalışan makinelerin yerini, üretim hatlarında elektriğin almasıdır. Bu yeni enerji kaynağı ve beraberinde getirdiği teknolojik gelişim buharla çalışan üretim hatlarından daha güçlü olup, üretilen ürün miktarında da büyük bir artışa neden

olmuştur ve dünya seri üretim kavramıyla tanışmıştır. Bu dönemdeki üretim anlayışına Fordist üretim anlayışı denmektedir. Bu dönemin bu şekilde adlandırılmasının ana nedeni bu teknolojiyi en etkin ve verimli şekilde Henry Ford'un sahibi olduğu Ford Motor Şirketi'nin kullanmasıdır (EBSO, 2015: 2).

Fordist üretim anlayışı, Taylorist seri üretim modelinin montaj hatlarında uygulanma biçimidir. Taylorist bilimsel yönetim modeli olarak da anılan Fordist üretim anlayışında makineye göre örgütlenen standart üretim anlayışı vardır (Öztuna, 2017: 30)

Ford; her bir iş biriminin oldukça küçük minimal parçalara ayrılması ve bunun tüm çalışanlar tarafından kolayca anlaşılabilmesi ve uygulanabilmesi sonucunda kalifiye işçiye olan bağımlılığın ortadan kalktığını ve kalifiye işçi maliyetlerinin daha düşük olacağını ifade etmektedir. Bu düşüncenin akabinde de parçaların üretim esnasında taşınmasında daha az vakit kaybına sebep olan seri üretim bandı sistemini bulmuştur (Görçün, 2016: 62-63).

Fordist üretim anlayışında üretimin seyrini belirleyen temel unsur ayarlanabilir bant akış hızı idi. Bu sistemde her bir makine sadece tek bir işi gerçekleştirir, her bir işçi de sadece bir makineyi kullanmak üzere yerleştirilmiştir. Fordist üretimde sadece standart bir model üretilmekte ve maliyetler minimize edilmekteydi ve düşük maliyetli üretimi sürdürebilmek için T tipi model ile ürün çeşitliliği kısıtlandırılmıştır (Öztuna, 2017: 31).

Seri üretim sadece üç konuda standartlaşma getirmiştir (Bakmay, 2008:6);

- Ürün standartlaştırması
- İşgücü standartlaştırması
- Seri üretim süreçlerinin standartlaşmasıdır.

Fordist üretim sistemi farklı müşteri taleplerine cevap vermekte yetersiz kalmaktadır çünkü fordist üretim modeli seri üretimi, makinelerinin her birinin tek bir işe odaklanması ve tek tip kitlesel üretim prensibini benimsemiştir. Müşterilerin farklı taleplerine cevap verebilmek için üretim sistemine dahil olan makinelerin

özelliklerinin artırılması gerekmektedir. Üretimdeki değişikliklere anında uyum sağlayabilen esnek üretim sistemleri kurmak gerekmektedir (Yazıcı ve Düzkaya, 2016).

1.3 Endüstri 3.0

2. Dünya Savaşının sona ermesiyle birlikte Üçüncü Endüstri Devrimi başlamıştır. Bilişim teknolojilerinde meydana gelen hızlı gelişim bu dönemin öne çıkan özelliği olmuştur. Doğu bloğunun yıkılması soğuk savaş döneminin sona ermesiyle dünyayı tek bir pazar yeri olarak karşımıza çıkaran küreselleşme kavramı ortaya çıkmıştır. Küreselleşme ile alışlagelmiş üretim teknikleri, pazarlama anlayışı ve halihazırda bulunan satış yöntemleri değişim göstermiş, tüketici merkezli kişiye özel üretim anlayışı hâkim olmuştur. İnternetin kullanımının yaygınlaşması ve bilişim alanında yaşanan gelişmeler ile artan etkinlikle birlikte ucuz ve kaliteli üretim anlayışı prensip edilmiştir (Özsoylu, 2017).

Şüphesiz bu dönemin en önemli yol göstericisi, üretim ve bilgi teknolojileri alanında rehberlik eden ve ışık tutan Gordon Moore'un 1965 yılında bir dergi için kaleme aldığı "Entegre Devrelere Daha Fazla Bileşen Sıkıştırmak" başlıklı makalesinde ortaya attığı tahmininin yasalaşması idi. Moore yasası olarak bilinen bu yasada Gordon Moore; transistör başına minimum maliyeti oluşturan çip başına düşen transistör sayısı her yıl yaklaşık iki kat artmakta olduğunu ifade etmektedir. Kısa vadede bu oranın bu şekilde devam etmesi beklenebilir. Uzun vadede ise artış oranıyla ilgili durum belirsizdir. Ancak en az on yıl boyunca sabit kalmayacağını düşündürecek hiçbir gerekçe de bulunmamaktadır diyerek teknoloji maliyetlerinde yıllık neredeyse %30'a varan bir azalma olacağını belirtmiştir (Brynjolfsson ve McAfee, 2014: 52)

90'lı yıllarda yaygınlaşan internet kullanımının üretim ve bilgi teknolojilerine yaptığı etki ve küreselleşme kavramı ile hızla büyümeye ve yerellikten çıkarak uluslararası statüye bürünen yerel firmaların üretim alanında gösterdikleri hızlı büyüme global üretimin daha ileri noktalara ulaşmasını sağlamıştır (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017).

Endüstri 3.0 ile alışlagelmiş enerji kaynaklarının dışında yenilenebilir enerji kaynakları olarak adlandırılan güneş ve rüzgâr enerjilerinden de yararlanılmış ve yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmıştır. İlk iki endüstri devriminin hammadde ve doğal kaynak tüketiminde yaptığı olumsuz etki ile hammadde ve doğal kaynak tüketimine yönelik olarak tedbirli davranma yoluna gidilmiştir. Global şirketler ve bağlı bulundukları devletler kaynak kullanımında meydana gelen bu aşırı tüketimin ardından kullanılan kaynakların ve tüketilen rezervlerin sınırlı ve kısıtlı olduğu gerçeği ile yüzleşmişler, kaynak kullanımının bu şekilde devam etmesi halinde üretimin ana unsuru olan kaynakların sürdürülebilirliğinin mümkün olmadığını görmüşlerdir (Rifkin, 2015: 57-60).

Gelişmiş ülkelerde Endüstri 3.0 ile üretim ve imalat sanayinin pasta içindeki payı yüzde olarak düşmüş, üretim sanayi çevre konusu göz önüne alınarak az gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkelere kaydırılmıştır. Bu dönemde hizmet sektörü gelişim kaydetmiştir. Nasıl ki tarım sektörünün birinci endüstri devrimi ile milli gelir içerisinde daha az bir paya sahip olduğu sonucu alınan çıktılarda görüldü ise üçüncü endüstri devrimi ile de üretim ve imalat faaliyetlerinde sektörel anlamda yüzde payının azalacağı tahminlenmiştir. Hizmet sektörü ve finans sektörü bu dönemin başı çeken en önemli faaliyet alanları olmuştur. İmalat sektörünün pasta içindeki yüzdelik payının azalması da “sanayisizleşme” kavramının ortaya atılmasına neden olmuştur (Özsoylu, 2017).

3. Endüstri Devrimi ile ilgili yapılan çalışmaların göstergeleri baz alınarak varılan kanı, bu dönemin bilişim ve iletişim teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler ve internetin kullanımının küresel boyutta yaygınlaşması ile başlayan, uydu ve kablosuz teknolojiyi kullanan iletişim araçları ile de temellerinin atıldığıdır. Güneş, rüzgâr, yeraltı enerji kaynakları, hidrojen enerjileri, sıfır emisyonlu ulaşım, yeşil ekonomi, sanayiler arası yaygın ilişkiler, sanayinin ve ticaretin küreselleşmesi gibi konular da bu dönemin en önemli konu başlıkları arasında gösterilmektedir (Özkurt, 2016). Ayrıca bilgi ve iletişim teknolojilerinin yanı sıra biyoteknoloji, nanoteknoloji ve yarı iletken teknolojiler de bu dönemin başlangıcında ve gelişmesinde önemli role sahip etkenlerdendir (Akben ve Avşar, 2018: 28).

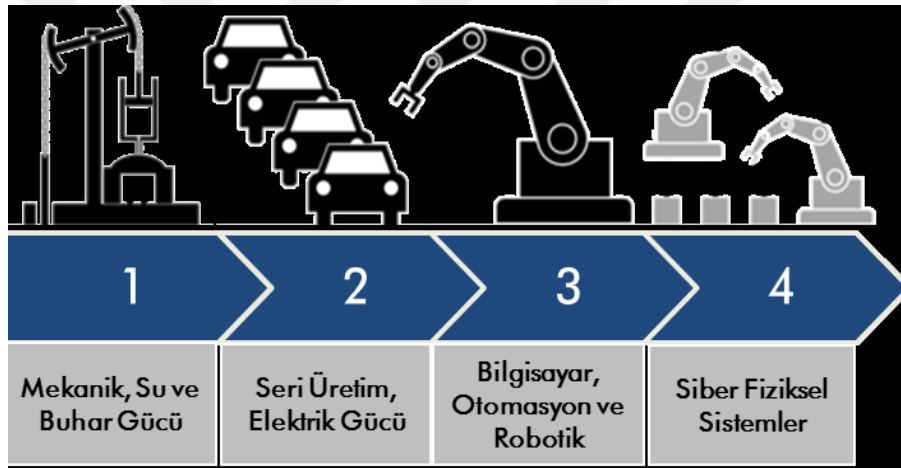
Teknolojik olarak yaşanan tüm bu gelişmeler ve inovasyonlar ışığında Endüstri 3.0 dönemi “Dijital Çağ” olarak da tanımlanmıştır. İnsan gücüne dayalı üretim büyük oranda azalmış, üretim daha çok otomasyon sistemleri ve robot destekli makineler yardımıyla gerçekleştirilmiş ve makine odaklı üretime geçilmiştir bu dönemde. Tüm bu gelişmeler sonucunda firmaların operasyonel faaliyetleri artmış, bilgi teknolojileri ve iletişimin gelişimiyle üretim otomasyonu desteklenmiştir (Şahin, 2019).

1.4 Endüstri 4.0

Geçmişten günümüze kadar gelen süreçte endüstri devrimleri tarihi incelendiğinde yaşanan üç devrim de üretim süreçlerinde ve üretim verimliliğinde köklü değişiklikler meydana getirmiştir. Bugün ise Siber Fiziksel Sistemler (CPS) ve Nesnelerin İnterneti (IoT) ile bağlantılı yeni bir endüstri devrimi dönemi yaşanmaktadır. Genel olarak Endüstri 4.0 olarak adlandırılan bu yeni süreç, insan gücünden bağımsız olarak makinelerin hem kendilerini hem de üretim süreçlerini denetlediği ve yönettiği otomatik üretim sistemlerine geçildiği görülmektedir (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017).

Endüstri 4.0 ilk kez 2011 yılında Almanya’da düzenlenen Hannover Fuarı’nda adından söz edilerek literatüre girmiştir. Dijital çağın, yaşanan çağ ile ilintili modern yüzünün, tüm endüstri devrimlerinde olduğu gibi etkisini ilk olarak üretim alanında göstereceği ve üretim süreçlerine farklı bir boyut kazandıracağı yeni bir endüstri devriminin başladığını ve yaşanmakta olduğu ifade edilmiştir (EBSO, 2015).

Rauen 2012 yılında Endüstri 4.0 ile ilgili görüşlerini şu cümlelerle ifade etmiştir: “Uygulama adım adım başlayacağından, Endüstri 4.0 ortaya çıkarken değişimin etkileri kendisini birden gösterecek bir patlama halinde olmayacaktır. Değişim kendisini kademe kademe gösterecektir, fakat 10 yıl öncesine baktığımızda dünyanın artık 10 yıl öncesinden çok farklı bir boyuta evrildiği görülecektir.” (Hoffman ve Rüsch, 2017). Schwab ise kitabında Endüstri 4.0 teknolojisinin yayılma hızının beklenenden daha hızlı olacağından bahsetmektedir (Schwab, 2017:17). Teknolojide meydana gelen bu hızlı değişim ve gelişim sektörel olarak da büyük etkiler oluşturmaktadır. Üretim sistemlerinde teknolojik gelişmelere bağlı olarak meydana gelen değişimler ile birlikte müşteri talepleri de aynı doğrultuda değişim göstermektedir (Kamber, 2019). Şekil 1.3’te endüstri devrimlerinin tarihçesi gösterilmektedir.



Şekil 1.2 Endüstri Devrimleri (TÜBİTAK, 2016)

Teknolojinin günümüzdeki yayılma hızının geçmiş dönemlerle kıyaslandığında daha hızlı bir şekilde yayıldığı görülmektedir. Fakat teknolojide meydana gelen değişimler dünyanın her bölgesinde aynı etkiyi eş zamanlı olarak gösterememektedir. Örneğin bugün dünyada yaklaşık 1,7 milyar insan elektrik kullanımından yoksundur. Dünya nüfusun yaklaşık %17'lik kısmı hala Endüstri 2.0 teknolojilerini kullanmaktadır. Aynı şeyleri Endüstri 3.0 için de söylemek mümkündür. Teknolojik ilerlemenin hızını daha iyi anlayabilmek adına günümüz ile geçmişi kıyas etmek için bir örnek verecek olursak; Birinci endüstri devriminin en çok kullanılan aleti olan iplik makinesinin Avrupa Kıtası'nın dışına yayılması 120 yıl gibi bir zaman zarfında gerçekleşmiştir. Günümüz teknolojisinin bu seviyeye gelmesinde en önemli role sahip olan internetin yayılma hızı ise 15 yıl

sürmüştür (Kağnıcıoğlu ve Özdemir, 2017). Şu an gelinen noktayı daha iyi algılayabilmek adına Brynjolfsson ve McAfee ‘nin İkinci Makine Çağı adını verdikleri kitaplarında bilgisayarların, birkaç yıl içinde hangi uygulamaların kullanılabileceğini tahmin etmemizin gerçekten mümkün olmadığı kadar marifetli olduklarından bahsetmektedirler (Schwab, 2017: 20).

Banger Endüstri 4.0 kavramını bilgi iletişim teknolojileri, otomasyon sistemleri, veri alışverişi ile üretim teknolojilerindeki en son gelişme ve değişimlerin birbirleri ile bağlantılı olarak uygulanması olarak tanımlamıştır (Banger, 2017:11). Tablo 1.1’de endüstri devrimlerinin tarihçesi sıralanmıştır.

Tablo 1.1 Endüstri Devrimleri Tarihçesi

1.Endüstri Devrimi	İlk dokuma tezgahi-1784
2.Endüstri Devrimi	Üretimde ilk montaj hattının kurulması-1870
3.Endüstri Devrimi	Programlanabilir sistemlerin ortaya çıkışı-1969
4.Endüstri Devrimi	Günümüzde Siber Fiziksel Sistemler ile nesnelerin dijital ortama aktarılması

Kaynak: (Kamber, 2019)

Teknolojide meydana gelen yeni gelişmeler eğitim sistemine de etki etmektedir. İnsan faktörü yeni üretim sisteminde önemli bir rol üstlenecektir. Çünkü yeni üretim sistemleri alanında iyi eğitim almış kalifiye personeller bu teknolojileri kullanabileceklerdir. Bu sebeplerden dolayı, işletmeler insan kaynakları yönetimine ve stratejilerine daha fazla önem vermeli, işgücünün nitelikli ve donanımlı geliştirilmesine odaklanmalıdır (Benesova ve Tupa, 2017).

İKİNCİ BÖLÜM

2.ENDÜSTRİ 4.0 VE BİLEŞENLERİ

Dünyanın teknolojik gelişmişlik seviyesi olarak eskisinden çok farklı olduğu gözle görülebilmektedir. Farklı boyutlarda, alışlagelmişin dışında bir değişimin eşiğinde ve bu değişim göz ardı edilemeyecek bir hızla kendisini göstermekte ve meydana gelmektedir. Endüstri 4.0, insanlık şu an farkında olmasa bile insanlığı derinden etkileyecektir. Otomasyon teknolojileri, bilgi işlem teknolojileri, yapay zekâ artık çok da çağın ötesinde olmayan günümüzün gerçekleri olan olgulardır (Öztuna, 2017: 51).

İlk kez 2011 yılında düzenlenen Hannover Fuarı'nda gündeme gelen Endüstri 4.0 insan gücüne ihtiyaç duyulmadan üretim faaliyetini gerçekleştirebilen otonom makinelerin ve üretim sistemlerinin entegre olduğu insansız bir üretim olgusuna odaklanan yeni bir üretim yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Hannover Fuarı'nın ardından Alman hükümeti Endüstri 4.0'ı resmi endüstri politikası olarak belirlemiştir. Alman hükümeti Endüstri 4.0 için bir çalışma grubu organize etmiş ve oluşturulan bu grup her yıl Endüstri 4.0 ile ilgili bir rapor hazırlayıp, Alman Sanayi Bakanlığına sunmaktadır (Görçün, 2016: 141-142).

Endüstri 4.0 teknolojisi, herkes tarafından genel geçerliği kabul görmüş bir devrim olarak kabul edilmemektedir. Schwab kitabında “bazı akademisyenler ve profesyonellerin” bu yeni teknolojik gelişmeyi 3.Endüstri Devrimi'nin devamı niteliğinde bir gelişme olduğu görüşünde olduklarını belirtmiştir. Fakat kendisi yaşanan bu inovasyonun yeni bir devrim olduğuna dair görüşlerini üç temel sebebe bağlamaktadır (Schwab, 2016: 11):

Hız: Geçmişte yaşanan üç devrimin aksine yaşanan bu devrim doğrusal bir hızda değil üstel bir hızla gelişim göstermektedir. Yaşanılan, çok faktörlü ve entegre bir yapıya sahip olan dünyanın yeni ve daha ileri seviyede olan teknolojik gelişmelere açık olmasının bir sonucudur.

Genişlik ve Derinlik: Yaşanılan bu son devrim dijital teknolojinin omuzları üzerinde yükselen bir inovasyondur. Ekonomik alanda, iş dünyası çevrelerinde,

toplum nezdinde, bireysel anlamda daha önce benzerine rastlanılmayan, değerler dizisinde değişiklikler meydana getiren birbirinden farklı teknolojileri içerisinde barındırmaktadır. Endüstri 4.0 devrimi “ne”, “nasıl” ve de “biz kimiz” sorularını da değiştirmektedir.

Sistem Etkisi: Endüstri 4.0 devrimi ülkeler, şirketler, sektörleri kendi aralarında ve toplumda bir bütün olarak sistemselsel bir değişimi kapsamaktadır.

Nesnelerin İnterneti (IoT) yaklaşımı ile Endüstri 4.0 devrimi karanlık üretimin gerçekleştiği akıllı fabrikalarda üretilen akıllı ve iletişime hazır mamulleri sunmaktadır (Öztuna: 2017: 52). Ne var ki Endüstri 4.0 devrimi yalnızca akıllı ve birbirleri ile entegre makine ve sistemlerle alakalı değildir, daha geniş bir kapsamı vardır. Gen dizilemeden nano teknolojiye yenilenebilir enerjiden kuantum bilgi işleme bazı alanlarda eşanlı bir gelişim süreci yaşanmaktadır. Endüstri 4.0’ı geçmişte yaşanan endüstri devrimlerinden tamamen ayıran, spesifik kılan bu teknolojileri bünyesinde barındırması ve farklı olarak fiziksel biyolojik ve dijital alanlarda karşılıklı etkileşim haline olmasıdır (Schwab: 2017: 16).

Kendisinden önce yaşanan devrimlerin hepsini bünyesinde barındırıp, önceki devrimlerin mevcut ve gelişmiş tüm inovasyonları ile bugünün teknolojileri ile de etkileşim halinde olması Endüstri 4.0’ın bir devrim olmadığı iddiasında olan görüşleri de çürütür nitelikte olduğunun ispatıdır.

Endüstri 4.0 büyük hacimli üretim yapan firmalar için, kendi ortamlarını algılayabilen, uzaktan kumanda ile takip edilebilen robotların ağ sistemi vasıtası ile iletişim kurulabileceği anlamını taşımaktadır. Daha düşük üretim hacmine sahip üretim işletmelerinde ise robotlar, tek bir işle sınırlı kalmayıp birden fazla işi yapabilen daha geniş ürün çeşidi ile farklı üretim hacimlerinde çalışabilecek biçimde uyarlanabilen akıllı makineler yaratacaklardır (Morgan, 2017).

Endüstri 4.0’ı ilk üç endüstri devriminden farklı kılan en temel faktörler sensör, veri, bilgi ve işlem olarak dört temel başlıkta belirlenmektedir (Öztuna, 2017: 53). Bu dört temel unsurun birleştirilmesi ile niteliksiz iş gücü neredeyse tamamen ortadan kalkacaktır. Artık hata yapmayan, yalnızca tek bir iş yapan

devamlılık sağlayan işlemler elde edilmektedir (Şener ve Elevli, 2017). Şener ve Elevli Endüstri 4.0'ın işlemlerini Şekil 2.1'de olduğu gibi açıklamışlardır.



Şekil 2.1 Endüstri 4.0'ın Dört İşlemi (Şener ve Elevli, 2017)

Endüstri 4.0'ın temelini hazırlayan birtakım unsurlar mevcuttur. 3. Endüstri devriminin ardından 90'lı yıllarla birlikte internetin ve teknolojinin hızla gelişmesi ve her alanda meydana gelen inovasyonlara öncülük etmeleri yeni devrimin zeminini hazırlamıştır. Ayrıca üretim pastasında gelişmekte olan ülkelerin nüfus sayısının artış oranının yine gelişmekte olan ülkelere oranla daha fazla olması, üretim maliyetlerinin gelişmiş ülkelerde artması, rekabet edilebilirlik seviyesinin düşmesi gelişmiş batılı devletleri yeni bir devrime mecbur bırakmıştır (Kamber, 2019).

Üretim Avrupa ekonomisinin başat aktörlerinden belki de lokomotifidir. Kıtada büyüme oranında ihracatın payı %75, mevcut tüm yeniliklerin oransal payın ise yaklaşık %80'i endüstriyel bazlı büyümelerden meydana gelmektedir. Avrupa'da büyümeyi iki açıdan ele almakta fayda vardır. Birincisi gelişmekte olan Doğu Avrupa ekonomisi ve Alman Endüstrisi, devamlı bir büyüme göstermektedir. İkincisi ise Fransa ve İngiltere gibi son 30 yılda endüstriyel pazar pastasındaki payları düşme eğiliminde olan Batı Avrupa ülkeleridir. Son 30 yılda Avrupa

endüstrisi, endüstriyel pazardaki mevcut payının yaklaşık yüzde %10'unu kaybetmişken bu durum pazar paylarını iki katına çıkaran, mevcut pazar içerisinde paylarını %40'a çıkaran ülkeler için tam tersi bir durumu addetmektedir (Hoffman ve Rüsch, 2017).

Aron'un 1997 yılında tanımını yaptığı, üretim faktörlerinin seyyaliyeti olgusu, sermaye sahiplerinin sermayelerini daha düşük maliyetlerle üretimlerini gerçekleştirebilecekleri, daha ucuz hammadde ve emek yoğun üretimin gerçekleştirilebileceği gelişmekte olan ülkelere yatırım yapma düşüncesidir. Böylece gelişmiş ülkeler sahip oldukları finansal ve bilgi sermayelerini geliştirmekte olan ülkelere aktarırken, geliştirmekte olan ülkelere ellerindeki hammaddeyi ve potansiyel iş güçlerini yatırımcılara sunmuş oldular. Böylece kapitalizmin ana mottosu olan daha çok sayıda ürünü daha az maliyetle üretme isteği gerçekleşmiş ve küreselleşmenin tetikleyicisi olmuştur. Brezilya, Arjantin, Tayland, Endonezya, Türkiye, Tayvan, Hindistan ve özellikle de Çin gibi geliştirmekte olan ülkeler elde ettikleri ekonomik güç ve öğrendikleri bilgi ile kendi endüstriyel atılımlarını yapmak için? endüstriyel pazarda rol almaya başlamışlardır. Bu durum sonucunda Çin, Brezilya ve Hindistan gibi ülkeler gelişmiş finansal güce sahip olan ülkelerin endüstri pazarındaki üstünlüklerini ellerinden alacak kadar uzmanlaşmışlardır (Yazıcı ve Düzgaya, 2016).

Teknolojik, finansal ve bilgi seviyesindeki yükseklik ne kadar önemli ise, ülkelerin aktif iş gücüne katılım sağlayan genç nüfus oranının yüksek olması da üretim oranlarında önemli bir yere sahiptir. Dünya nüfusunun büyük bir bölümünü bünyelerinde barındıran Çin ve Hindistan'da üretim maliyetleri düşük iş gücü maliyeti sebebi ile minimum seviyelerde oluşmaktadır. Yaşlı nüfus oranı her geçen gün artan gelişmiş Avrupa ülkeleri ise bu sebepten dolayı geliştirmekte olan ekonomilerle baş etmekte zorlanmaktadırlar. Bu nedenle de insan gücü yerine yüksek teknoloji otomasyon sistemleri geliştirmek ve geliştirmekte olan ülkelerle tekrar rekabet edebilmek adına adımlar atmaya başlamışlardır (Gabaçlı ve Uzunöz, 2017).

Üretim teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler, geliştirmekte olan ülkelerin, küresel rekabet ortamında yakaladıkları fırsatları ve sahip oldukları ucuz

iş gücünü kullanarak küresel pazarda sahip oldukları konumu günden güne daha iyi hale getirmekte olan ülkeleri yeni arayışlara itmektedir. Almanya'nın Endüstri 4.0'a geçişte ana etken olarak belirlediği yüksek rekabet gücü esnek üretim, özel üretim, inovatif iş modelleri ve esnek çalışma bu ihtiyaçları karşılamayı hedeflemektedir. Almanya her yıl Endüstri 4.0 altyapı çalışmaları için 20 milyar dolar bütçe ayırarak rekabetçi sanayi yapısını tekrar kazanmayı amaçlamaktadır (Yazıcı ve Düzkaya, 2016).

Çalışmanın bu kısmında Endüstri 4.0 teknolojilerinin içinde barındırdığı bileşenlerin ne olduğu açıklanarak Endüstri 4.0'ın daha iyi anlaşılmasına yardımcı olunacaktır.

3D YAZICILAR

3D (üç boyutlu) baskı veya eklemeli imalat bir nesnenin dijital bir ortamda üç boyutlu olarak çizilmesi ya da elde edilen modelin tabakalar halinde basılarak nihai bir ürün elde edilmesidir, bütün bir ekmegin dilimler halinde kat kat meydana getirilmesi gibi. 3D yazıcılar basit donanımlarla çok karmaşık yapıya sahip ürünler elde edebilme imkân sağlamaktadır. 3D yazıcılar plastik alüminyum, paslanmaz çelik, seramik gibi birçok değişik malzeme grubu kullanılabilecek ve 3D yazıcılar sayesinde daha önce üretiminde bütün bir fabrikanın kullanıldığı ürünleri üretebileceklerdir (Schwab, 2017:172).

3D teknolojisinin kullanılması, üretim operasyonlarının fiziksel aşamasının kişiselleştirilmiş bir şekilde ön plana çıkartılması imkânı sağlayacaktır. 3D teknolojisi kişisel düşüncelerin tasarım olarak hazırlanıp, sınırsız tasarım yapma olanağı sağlamaktadır (Korkmaz, 2014)

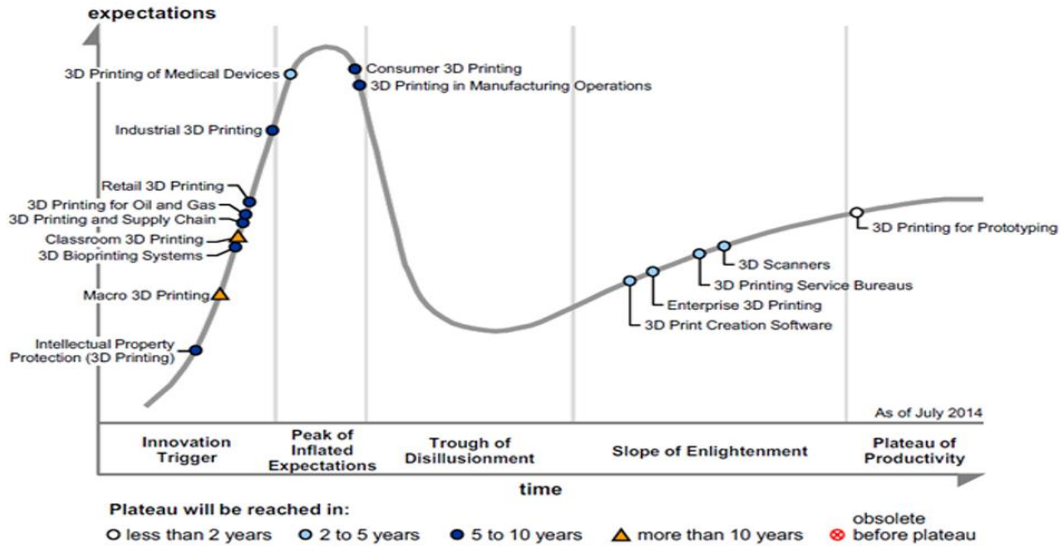
3D teknolojisi ile yaptırılacak yazdırma işleminin nesnelerin interneti (IoT) ile entegrasyonunun sağlanması ile bu teknolojiye faydalanan herkes bir üretici hüviyetine sahip olabilecek ve kullanılacak açık kaynak kodlu yazılımlar sayesinde şahsi ihtiyaçları için kişiye özel olarak tasarlanabilecek ürünler ile üçüncü kişilerin

kullanımına sunulacak ürünler yapabilme imkânına sahip olunabilecektir. Mamül üretim aşamasında, klasik üretim sürecinde kullanılan malzemenin %10'u kullanılarak ve daha az insan gücü kullanılarak tamamlanacağından hem malzeme hem de emek-sermaye tasarrufu sağlanacak maliyet minimizasyonu da elde edilebilecektir. 3D teknolojisi kullanarak faaliyetlerini devam ettiren Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeler (KOBİ) operasyonel faaliyetlerinde 3D teknolojisinin kullanımında uzmanlaştıkça, daha gelişmiş ürünler tasarlayarak yeni ürünler geliştirebilmektedirler (Öztuna, 2017: 63).

3D yazıcı teknolojisi ilk kez 1914 yılında kullanılmaya başlansa da yaklaşık 20 yıllık bir süreçte hızlı prototipleme alanı dışında 3D uygulamaları neredeyse hiç rağbet görmemiştir. Reprap isimli proje ile 2006 yılında tekrar gündeme gelmiştir ve 3D teknoloji kullanımı daha geniş kitlelerde yaygınlaşmıştır. 3D baskı teknolojisinin Fütüristler tarafından insanlık adına bir dönüm noktası olacağı ve insanlık için atılacak yenilikçi adımlarda önemli bir role sahip olacağı dile getirilmiştir (Akçacı ve Bulut: 2017).

Rifkin 2015 yılında yapmış olduğu çalışmada “produce” ve “consumer” kelimelerinden “Prosumer” kelimesini türetmiştir. Akçacı ve Bulut (2017) yaptıkları çalışmada bu kelimeyi “üretüketici” olarak literatüre kazandırmıştır. Üreticilerin, 3D teknolojileri ile ürettikleri ürünün kendi ihtiyacını karşılayabileceği kısmını değerlendirdikten sonra ihtiyaç fazlası olan, kalan kısmı pazarlayarak üreten bir tüketici pozisyonuna gelebileceği belirtilmiştir. Bu durumda marjinal maliyetin neredeyse sıfıra yakın bir tutarda oluşacağı ve kapitalizm olgusuna yeni bir yön vereceği belirtilmiştir (Akçacı ve Bulut, 2017).

3D yazıcılar zaman geçtikçe hız, maliyet ve boyut engellerini aşacak ve daha yaygın bir şekilde kullanılacaktır. Gartner tarafından 2014 yılında geliştirilen 3D baskı teknolojilerinin değişik aşamalarını ve bu aşamaların pazara olan etkisini gösteren “ilgi çevrimi” tablosu (Şekil 2.2) aynı zamanda bu teknolojinin en yaygın iş kullanımlarının “aydınlanma eğimine” giriş yaptığı noktaları işaret etmektedir (Schwab, 2017:172).



Şekil 2.2 3D yazıcılar için ilgi çevrimi (Schwab, 2017)

Teknolojik gelişmelerin hızlı bir şekilde artması ile bu amaç doğrultusunda yapılan ve devam eden çalışmaların neticesinde yakın gelecekte 4D yazıcıların da üretimde kullanılması öngörülmektedir. 4D yazıcılar elde edilen üç boyutlu ürünlerin bulundukları çevreye uyum sağlayarak şekil değiştirmelerinin mümkün olabileceği öngörülmektedir. Örneğin su altına girdiğinde boru şeklini alabilecek bir metal parçasının veya yağmurlu havada bota, güneşli havada ise sandalete dönüşebilecek ayakkabıların üretilebilmesi, 4D teknolojiye yazıcılar sayesinde karşılaşılabileceğimiz inovasyonların göstergesidir (EBSO, 2015).

3D teknolojisi kullanılarak tıp alanında da önümüzdeki yıllarda önemli gelişmeler yaşanabileceği öngörülmektedir. Biyo-baskı adı verilen süreç ile fiziki nesnelerin dışında insan vücudundaki organların ve uzuvların da 3D teknolojisi ile meydana getirilebilecektir. Fiziki bir nesneyi tabakalar halinde basabilen 3D teknolojiye yazıcılar organları da tabakalar halinde üretebileceklerdir. Bu süreçte kullanılan malzemenin niteliği tekne gövdesi üretiminde kullanılan malzemedan tabii ki farklı olacaktır. Örneğin kemik yapmak için kullanılabilecek malzemenin belirlenmesi için farklı malzemeler ile deneyler yapılabilecektir (Schwab, 2017: 175).

Şüphesiz 3D teknolojisinin olumlu ve olumsuz birtakım etkileri olacaktır (Schwab, 2017: 173-174):

Olumlu Etkiler:

- Ürün geliştirmenin hızlanması
- Tasarımdan imalata çevrim süresinin azalması
- Çapraşık parçaların kolay imal edilmesi
- Ürün tasarımcılarına olan talebin artması
- Eğitim kuramlarının öğrenme ve anlamayı hızlandırmak üzere 3D yazıcılar kullanması
- İmalat gücünün demokratikleşmesi
- Geleneksel seri imalatın maliyetleri ve asgari üretim miktarlarını azaltmanın yollarını bularak tehdide yanıt vermesi
- Birtakım nesneleri basmak için açık kaynak planlarının artması
- Baskı malzemelerini tedarik eden yeni bir sektörün doğması
- Uzayda yeni girişim fırsatlarının ortaya çıkması
- Ulaşım ihtiyaçlarının azalmasıyla çevresel yararlar sağlanması.

Olumsuz Etkiler:

- Atık miktarının artması ve çevre üzerindeki yükün artması
- Tabaka sürecinde izotropik olmayan parçaların işlevselliğini kısıtlaması
- Bozulmaya uğrayan sektörlerde çalışma yeri kayıpları
- Üretkenlikte değer kaynağı olarak fikri mülkiyetin öne çıkması
- Korsanlık
- Marka ve ürün kalitesi.

2.2 Siber Fiziksel Sistemler

“Akıllı Motor” adı verilen ilk bilgisayar, 1837 yılında Cambridge Üniversitesi’nden Charles Babbage tarafından geliştirildiğinde bugün teknolojik olarak geline noktanın bu kadar ileri seviyelere ulaşabileceği şüphesiz öngörülmemiştir. Siber Güvenlik ve Siber Saldırı kelimelerinin her geçen gün daha fazla telaffuz edilmesi gerek kişiler gerekse kurumların kullanımında olan siber dünyanın her geçen gün daha tehlikeli bir hal aldığı gerçeğini bizlere göstermektedir (Yılmaz ve Sağıroğlu, 2013).

Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin (BİT), her geçen gün daha da artan hızla yaygınlaşması, kamu ve özel sektörde faaliyet gösteren kurum ve kuruluşların tüm işlemlerini ve verilerini elektronik ortama kaydetmeleri nedeniyle BİT'lere olan bağımlılık artmıştır. BİT'lerdeki gelişmelere paralel olarak insanlığa daha kolay bir hayat standardı sağlanırken, siber güvenlik tehdidi gibi bir takım olumsuz durumlarla da karşı karşıya kalınmaktadır (Öztuna, 2017: 66).

Endüstri 4.0 teknolojisinin temel bileşenlerinden birisi olan Siber Fiziksel Sistemler (CPS), fiziki dünya ile sanal dünyayı internet aracılığıyla entegre eden sensörler vasıtasıyla fiziki dünyadan elde ettiği verileri internet ortamında toplayarak fiziki dünyadaki nesnelerin hareketlerini sanal ortama aktaran sistemlerdir (Alçın, 2016).

Ulusal Bilim Vakfı (The National Science Foundation) Siber Fiziksel Sistemleri şu şekilde tanımlamıştır: Üretim süreçlerinin temelini oluşturan ana unsurların hesaplama ve iletişim bileşenlerinden oluşan karma teknolojiler aracılığıyla yönetildiği sistemlerdir. Bahsi geçen karma teknoloji daha açık şekilde ifade edilecek olursa; fiziki makinelerle sanal ortamı birbirine entegre edip makinelerin daha akıllı bir formata bürünmesi sağlanmıştır. Sanal ortamla bütünleşerek daha akıllı hale gelen makineler bizleri nano teknoloji kavramı ile tanıştırmıştır (EBSO, 2015). Tablo 2.1'de Siber Fiziksel Sistemlerin Tarihi Gelişimi gösterilmiştir (Alçın,2016).

Tablo 2.1 Siber Fiziksel Sistemlerin Tarihi Gelişimi

Tarih	Olay/Olgu
1932	Nyquist, kontrol sistemleri konusunda frekans teknikleri geliştirmiştir.
1940-1945	Örneklenmiş Veri Sistemleri Teorisi ortaya atılmıştır.
1945	İlk amplifikatör tasarımı yapılmıştır.
1946	İlk taşınabilir hücreli telefon geliştirilmiştir.
1946	İlk bilgisayar (ENIAC) bulunmuştur.
1950	Root Locus metodu geliştirilmiştir.
1954	Dijital Kontrol Sistemleri geliştirilmiştir.
1969	ARPANET geliştirilmiştir
1973	Gerçek zamanlı işleme sistemleri geliştirilmiştir.
1973	Optimal, adaptif, non-lineer kontrol sistemleri ile stokastik sistemler geliştirilmiştir.
1990	Hibrit sistemler geliştirilmiştir.
1997	IEEE 802.11 Wifi standardı geliştirilmiştir.
2000	Ağ önceliği sistemi (QoS) başlatılmıştır.
2006	Siber Fiziksel Sistem (CPS) kavramı ilk kez kullanılmıştır.

Kaynak: Alçın (2016)

Siber kavramı 1940’lı yıllarda genel olarak; bilgisayarlar, bilgi teknolojileri ve internete dayalı süreçleri adlandırmak için kullanılmıştır. CPS kavramı 2006 yılında ilk kez ABD’ de Lee tarafından kullanılmıştır (Alçın, 2016).

2015 yılında Bradley ve Atkins Siber Fiziksel Sistemlerin (CPS) tarihsel gelişimini Tablo 2.1’deki haliyle vermişlerdir.

Siber Fiziksel Sistemlerden bahsederken, “siber” ve “fiziksel” olarak farklı şekillerde değerlendirilmesi gerekmektedir. Tablo 2.2’de Siber Fiziksel Sistemlerin fiziksel ve siber boyutları karşılaştırılmıştır (Alçın, 2016).

Tablo 2.2 Siber Fiziksel Sistemlerin Siber ve Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılması

	Siber	Fiziksel
Uygun düzenin sağlanması yöntemi	Seri	Gerçek zamanlı
Konu senkronizasyonu	Senkronize	Asenkron
Zaman özellikleri	Kopuk	Devamlı
Yapı	Bilgisayar sistemleri	Fiziksel kanunlar

Kaynak: Alçın, (2016)

2.3 Siber Güvenlik

Siber güvenlik kavramını önde tutan ana olgu bilgidir. Bu sebepten dolayı siber ortamın güvenli olduğunun kabul edilebilmesi için bilginin gizliliği, bütünlüğü, erişilebilirliği kavramlarının bir arada bulunması gerekmektedir (Aslay, 2017: 25).

Endüstriyel üretimde, üretim sistemlerinin kesintisiz bir şekilde üretime devam etmeleri ve her zaman üretimde kullanıma hazır olması esastır. Bu nedenle siber fiziksel üretim sistemlerine yapılacak “hizmet erişimini engelleme” (DOS) saldırılarına karşı korunması gerekmektedir. Bu durum hem üretimin sürdürülebilir

olması hem de firma ve portföyünüze ait özel bilgilerin mahremiyetinin korunabilmesi için siber güvenlik önlemleri gerektirmektedir. Bu da her türlü olumsuz duruma ve maddi zarara yol açabilecek siber tehditlerin yeni ve özel mekanizmalarla korunması talebi oluşturmaktadır (Banger, 2017: 141).

Gelecekte siber güvenliğe etki edecek en önemli iki unsur olan insan ve teknolojinin her geçen gün daha iç içe olmasıdır. Siber dünyanın sağladığı avantajların günden güne artmasının beraberinde getirdiği güvenlik sorunu ile siber tehdit, siber terörizm, siber savaş, siber suç, siber çeteler gibi yeni kavramlar türemiştir (Bıçakçı, 2014: 128).

Siber güvenlik ile ilgili olarak üzerinde durulması gereken unsurlardan bir tanesi de siber tehdittir. Siber tehdit BİT’ni kullanarak bilinen suçların siber ortama göre yeniden tasarlanmış halidir (Ünver vd, 2009: 8)

Siber tehditler esasen altı gruba ayrılmaktadır:

- Hizmetlerin engellenmesi (DOS)
- Kötücül kullanımlar
- Veri engelleme
- Yemleme
- İstem dışı e-posta
- Şebeke trafiğinin dinlenmesi.

2004 yılında Avrupa Konseyi tarafından yürürlüğe konulan Avrupa Siber Suç Sözleşmesi’nde beş ana siber suç tanımlanmıştır. (Şentürk vd, 2013: 47).

- Yetkisiz erişim
- Yetkisiz müdahale
- Veri engelleme
- Cihazların amacı dışında kullanılması.

2.4 Nesnelerin İnterneti (IoT)

Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden bir tanesi olan Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) kavramı ilk olarak 1999 yılında Kevin Ashton tarafından ortaya atılmıştır. Nesnelerin İnterneti (IoT) endüstri alanında faaliyet gösteren fabrikaların akıllı okuyucular ile donatılarak üretim aşamasında bu okuyucuların ürettiği birçok verinin anlık analiz edilebilmesi imkânı sağlayacaktır. Nesnelerin interneti ile makineler aralarındaki bağlantı sayesinde birbirleriyle iletişime geçebilecek ve kablosuz mobil ağlar vasıtası ile elde edilen verileri bulut tabanlı bilişim sistemlerine aktarmaları mümkün olacaktır. Nesnelerin interneti üretim süreçlerinde kullanılan makine ve teçhizatların teknolojik özelliklerinin geliştirilerek daha teknoloji yoğun özellikler ile donanmasına imkân sağlayacak ve bu durum üretim süreçlerinin mevcut yeni duruma göre yeniden şekillendirilmesine neden olacaktır (Öztuna, 2017: 69).

Kopetz Nesnelerin İnterneti (IoT) kavramını, endüstriyel işletmelerde farklı birimlerden elde edilen verilerin bulut tabanlı sistemlerde bir araya toplanıp yönetilmesi şeklinde ifade etmektedir (Kopetz, 2011).

Nesnelerin interneti, üretim süreçlerine kontrollerin internet bağlantısı daha hızlı bir veri yönetimi imkânı sağlamaktadır. Nesnelerin interneti, büyük veriden (big data) yararlanılarak elde edilen verilerin Siber Fiziksel Sistemlere (CPS) aktarılarak süreçlere dahil edilip kullanılmasında etkilidir (Alçın, 2016).

2013 yılında, internet teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak sosyal medya, sosyal ağ ve web 2.0 teknolojilerindeki inovasyonların, internet vasıtasıyla evlerimize gelmesi gibi üretim süreçlerine de nesnelerin interneti ile dahil olacaktır (Bartodziej, 2017).

Bilgi işlem teknolojilerinin her geçen gün daha çok güçlenmesi, donanım teçhizatlarının ise fiyatlarındaki düşüş her şeyin sanal ortama bağlanılabilir olmasını ekonomik açıdan olanaklı kılacaktır. Akıllı sensörleri elde etmenin maliyeti bugünlerde bile piyasa rekabeti dolayısı ile daha kolay elde edilebilir düzeylerde. Tüm fiziki nesneler akıllı ve internete bağlanılabilir formda olacak,

bu sayede veri kaynaklı birçok yeni hizmeti mümkün kılacaktır (Schwab, 2016: 148-149).

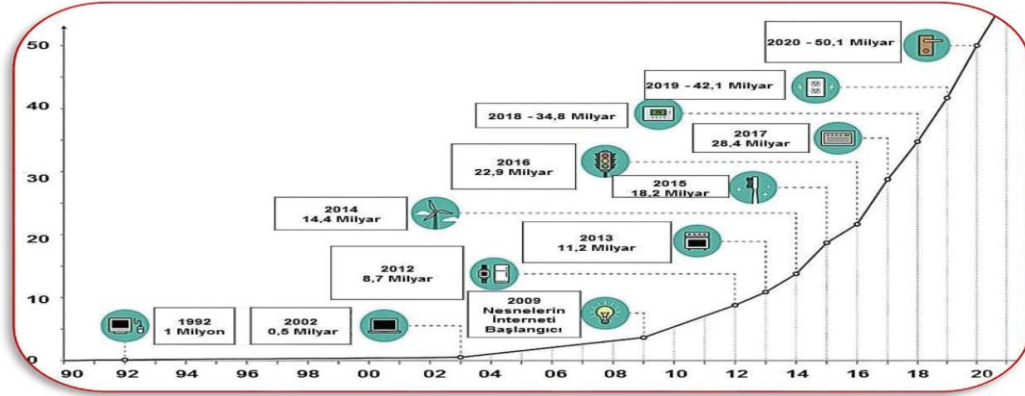
Nesnelerin interneti, e-sağlık, akıllı evler, akıllı şehirler, enerji üretimi, tarım, hayvancılık, lojistik, ulaşım gibi birçok alanda uygulanmaktadır. Bahsi geçen tüm alanlarda hizmet kalitesini, verimliliğin ve çalışma durumunun daha iyileştirilebilmesi için toplanan veriler bulut tabanlı sistemlere aktarılarak büyük veri elde edilmektedir. Mevcut veriler ışığında yapılan analizler sonucunda optimizasyon çalışmalarının yapılmasında nesnelerin interneti ön plana çıkmaktadır (Görkem ve Bozuklu, 2016).

Nesnelerin interneti üretim süreçlerindeki her şeyin RFID sistemler, sensörler, işletim sistemleri, mobil cihazlar gibi iletişim için kullanılan cihazlarla iletişim kurmaları birlikte entegre oldukları üretim süreçlerinde ortak bir üretim hedefinin gerçekleşebilmesi için tepki vermelerini sağlamaktadır (Herman vd., 2016).

Kablosuz iletişimin son yıllardaki hızlı gelişimi, Endüstriyel IoT sektörünün bu konuya daha çok ilgi göstermelerini sağlamıştır. IoT teknolojili sistemlerin sahip oldukları yüksek kapasite nedeniyle fazla veri toplayabilme potansiyelleri mevcuttur. Elde edeceğimiz nihai ürünlerin istenilen düzeyde iyi olabilmeleri için oldukça fazla veriye sahip olmamız gerekmektedir. Çünkü bu durum işlerin maksimum düzeyde verimli yürütülebilmeleri olanağı sağlamaktadır. Elde edilen veriler sonucunda dikkate alınacak faktörler ve ölçüm yapılabilecek noktaların fazlalığı verimlilik, kalite veya güvenliğe etki edebilecek farklılıklar ortaya konulabilecektir (Endüstri 4.0.com, 2020).

Söz konusu veriler elde edilirken katlanılması gereken maliyetlere neden olacaktır. Bu maliyetlerin bir kısmı ölçüm yapabilmek için, bir kısmı da verileri yorumlayabilmek için kullanılan sensörler ve edge cihazların maliyeti, bir kısmı ise geri kazanılan verilerin daha kapsamlı bir şekilde sisteme aktarma maliyetleri olarak karşımıza çıkacaktır (Endüstri 4.0.com, 2020).

Bu maliyetleri minimum seviyede tutabilmek için kablosuz teknolojilerin doğru seçilmesi maksimum verimlilik olarak doğru bir şekilde kullanılması, ekipman kurulumunda ve ölçümlerin online hale getirilmesinde katlanılan maliyetleri azaltıp zamandan da tasarruf yapılmasını sağlayacaktır (Endüstri 4.0.com,15 Mayıs 2020).



Şekil 2.3 Nesnelerin İnternetinin Gelişimi (EBSO, 2015)

Şekil 2.3'te de görüldüğü üzere internete bağlı nesnelerin sayısı her geçen gün hızla artmaktadır. İnternete bağlanan nesnelerin sayısındaki artış hızı imalat sektöründe benimsenen üretim anlayışının sürekli değişimine ve firmaların kendilerini güncellemelerine sebep olmaktadır.

Nesnelerin takibinin yapılabilmesi, nesnelerin birbirleriyle olan iletişimlerinin devamlı kılınabilmesi için çip teknolojisi de önemlidir. Boyut olarak küçülen, git gide ucuzlayan çipler yerleştirildikleri nesnelerin takibini kolaylaştırmaktadırlar. Sensör ve çipler Endüstri 4.0 teknolojisinde üretim süreçlerine dahil olan her şeyi birbiri ile bağlantılı hale getirebilmektedirler (Kamber, 2019).

Uzmanlar gelecek yıllarda tüm fiziksel nesnelerin her yerde iletişim ağlarına bağlanabileceğini ve sensörlerin insanlara içinde bulundukları çevreyi doğru bir şekilde algılama olanağı sunacağını öngörmektedirler (Schwab, 2016: 149).

Schwab kitabında nesnelerin internetinin olumlu ve olumsuz yönlerini belirtmiştir (Schwab 2016: 149-150).

Olumlu Etkileri:

- Kaynak kullanımında artan verimlilik
- Üretkenlik artışı
- Yaşam kalitesinin iyileşmesi
- Çevre üzerindeki etkiler
- Hizmet sunumunda maliyet azalması
- Kaynakların kullanım ve durumuna ilişkin daha büyük şeffaflık
- Güvenlik
- Verimlilik
- Depolama ve bant genişliği talebinin artması
- İşgücü piyasalarında ve becerilerde değişimler
- Yeni işlerin yaratılması
- Gerçek zamanlı, hatta zor uygulamaların standart iletişim ağlarında mümkün hale gelmesi
- Dijital olarak bağlanabilir ürünlerin tasarımı
- Ürünlerin üzerine dijital hizmetler eklenmesi
- Dijital ikizin izleme, kontrol etme ve öngörmede daha kesin veriler sunması
- Dijital ikizin iş, bilgi ve sosyal süreçlerde daha aktif bir katılımcı haline gelmesi
- Nesnelerin çevrelerini daha tam algılama ve özerk olarak tepki ve eylem gösterme olanakları kazanması
- Bağlantılı akıllı nesnelere dayalı ek bilgi ve yeni değer yaratılması.

Olumsuz Etkileri:

- Mahremiyet
- Düşük becerili işgücü için çalışma yeri kayıpları
- Hack'lenme, güvenlik tehditleri
- Artan karmaşıklık ve kontrol kaybı.

2.5 Büyük Veri (Big Data)

Endüstri 4.0 kavramının temeli ve yapısı tamamen internet sistemleri üzerine kurgulanmıştır. Bu yapıdaki her şey birbirleri ile ağ ortamı oluşturacakları şekilde bağlantılıdır. Kullanılan binadan, üretim yapan makinelere, lojistikten,

bilgi/veri güvenliğine, iş ortamından -sosyal ağlara kadar tüm yapılan işlemler ve nesneler akıllı sistemlerin etki alanındadır (Fırat ve Fırat, 2017).

Endüstri 4.0 uygulamaları bünyesindeki tüm araç ve gereçlerin birbirleri ile iletişim halinde olmaları gerekmektedir. Bu iletişimin gerçekleşebilmesi için gerekli olan ana unsur internettir. İnternet aracılığıyla gerçekleşecek iletişim ile çok büyük miktarlarda veri akışı gerçekleşeceğinden büyük sunuculara (server) ihtiyaç duyulmaktadır. Sunucu ihtiyaçlarının karşılanabilmesi probleminin çözümü için kurulacak olan benzer sistemlerin kontrol ve yönlendirilmelerinin yapılabilmesi için Büyük Veri (Big Data)’nın önemini arttırmaktadır (Alçın, 2016).

Büyük veri geleneksel bilgi sistemleri tarafından işlenemeyecek genişlikte ve kompleks yapıda olan veri kümelerinin adıdır. Bir başka ifade ile mevcut veri tabanı yönetim sistemleri ve yazılım araçlarının topladıkları, sakladıkları, yönettikleri ve çözümleyebildikleri verilerin boyutunu aşacak büyüklükteki veriler “büyük veri” olarak adlandırılmaktadır. Büyük veri kullanıcıların internet ortamında yaptıkları “her şeyi” içinde barındırmaktadır. Girilen her site, bu sitede yapılan her tıklama bir veri kimliği taşımaktadır (Özsoylu, 2017).

Büyük veri kavramı ilk olarak Meta Group tarafından geliştirilmiştir. Meta Group büyük veriyi tanımlarken üç ana bileşen kullanmıştır.

- Hız (velocity)
- Çeşitlilik (variety)
- Hacim (völüm)

Meta Group tarafından belirlenen bu üç ana bileşene IBM ve Oracle şirketleri sırasıyla gerçeklik (veracity) ve değer (value) bileşenlerini eklemişlerdir. Bu beş bileşenin ilk harflerinden dolayı 5V olarak adlandırılmış ve büyük verinin çerçevesini oluşturmuştur (Baaziz ve Quoniam, 2018).

Birçok farklı kaynaktan, oldukça fazla miktarda elde edilen bilgi ve veri akışı anlık olarak ve seri şekilde gerçekleşmektedir. Bilgi akışının bu denli hızlı ve

yoğun olması büyük verinin yönetimi sorununu ortaya çıkartmaktadır (Fırat ve Fırat, 2017).

Büyük veri kurum ve kuruluşlar için gerek değer yaratmak gerekse rekabet ortamında önemli etkiler yapabilir. Müşteriler ile etkileşim veya yeni ürün tasarımı ve geliştirmekte firmalara avantaj sağlayabilir (Akben ve Avşar,2018).

Karlılığı arttırmaya yönelik olarak, büyük veri kullanımı geliştirilecek yeni ürünler, stratejiler ve sunulacak hizmetler için müşterilerle daha sık etkileşim halinde bulunarak, firmalar adına rekabet avantajı sağlayacaktır (Santos vd., 2017).

Büyük verinin kaldıraç olarak kullanılması sayesinde çeşitli sektörlerde ve yapılan uygulamalarda en iyi kararı en hızlı sürede alma olanağı sağlayacaktır. Otomatik karar alma mümkün olduğunda kişiler meydana gelebilecek karmaşıklıkları minimize edebilecek ve firmalara ve devlet yönetimlerine hizmetlerin gerçek zamanlı bir şekilde sunulabilmelerine, müşterilerle olan etkileşimden otomatik veri beyanlarından ödemelere kadar birçok alanda kolaylık sunabilme imkânı sağlayabilecektir (Schwab 2016: 156).

Schwab’a göre karar alma sürecinde bir kaldıraç gibi kullanılan büyük veri riskleri ve fırsatları barındırmaktadır. Büyük veri kullanmanın olumlu ve olumsuz yönleri ise şöyledir (Schwab, 2016: 156);

Olumlu Etkiler:

- Daha iyi ve daha çabuk kararlar
- Daha çık gerçek zamanlı karar alma
- İnovasyon için açık veri
- Hukukçular için yeni işler
- Toplum için azalan karmaşıklık ve artan verimlilik
- Maliyet tasarrufları
- Yeni iş kategorileri.

Olumsuz Etkiler:

- Çalışma yeri kayıpları
- Mahremiyet kaygıları

- Hesap verilebilirlik
- Güven
- Algoritma savaşları.

Büyük veri kullanımı hem kamu kuruluşları açısından hem de özel şirketler açısından önem arz etmektedir. Büyük verinin kullanımı neticesinde elde edilen bilgilerle geleceğe yönelik çıkarımlar yapılabilmekte ve yapılan bu çıkarımlardan yola çıkılarak stratejik önemde planlamalar ve değerlendirmeler yapılarak oluşabilecek tehditlere ve tehlikelere karşı önlem alınabilmesi mümkün olacaktır (Aksoy vd., 2017).

Büyük veri birçok fırsat sağlamaktadır. En başta elde edilebilecek çok önemli üç kazanım vardır: Maliyetlerin minimum seviyelere çekilmesi, hızlı karar alabilme imkânı sağlama, ürün ve sunulacak hizmetleri en iyileştirme olanağı sağlama. Büyük veri doğru analiz yöntemleri ile yorumlanıp karar alındığında firmaların daha isabetli kararlar alabilmelerine, risk yönetimini daha iyi yapabilmelerine ve yenilikçi girişimlere daha cesaretli bir şekilde atılabilmelerine imkân sağlayacaktır (Özsoylu, 2017)

Doğru stratejiler yürütebilmek için, doğru bilgiler ışığında ilerlemek gerektiği dikkate alındığında, büyük veri bileşeninin Endüstri 4.0 için önemi ortadadır. Firmaları rekabet ortamında öne geçirecek, yüksek verim elde etmelerini sağlayacak, maliyetlerini minimize edecek, tedarik yöntemlerini geliştirecek, müşteri ilişkilerinde ve pazarlama faaliyetlerinde öne geçirecek olan büyük veriyi doğru ve amaçlarına uygun şekilde kullanmalarıdır (EBSO, 2015).

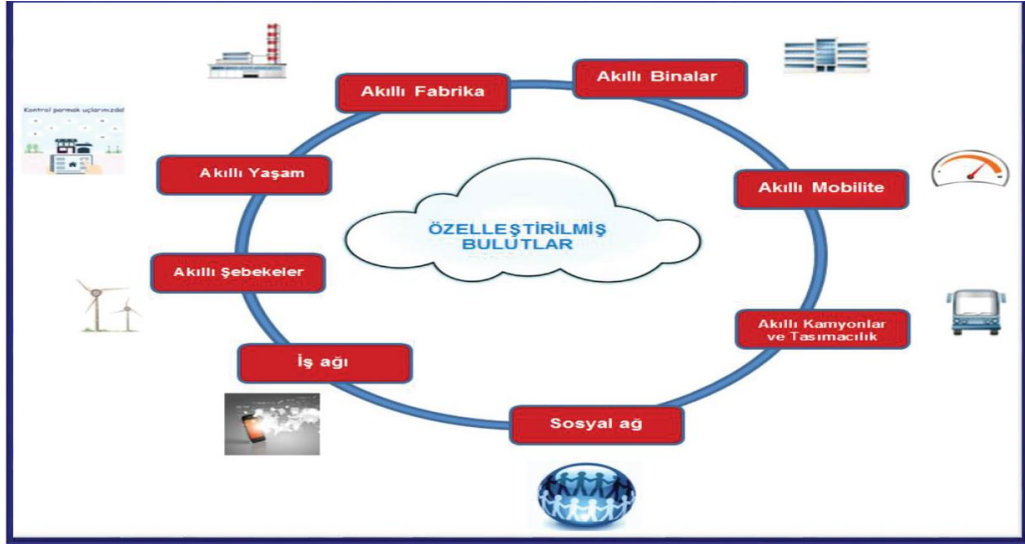
2.6 Bulut Bilişim Sistemi

Bulut bilişim (Cloud computing) veya fonksiyonel anlamı ile çevrim içi bilgi dağıtımı; bilişim ekipmanları arasındaki ortak bilgi paylaşımını sağlayan hizmetlerin genel adıdır ve bu özelliği ile bir ürün olarak değil hizmet statüsünde değerlendirilmektedir. Ana kaynağımızda yer alan yazılım ve mevcut bilgilerin paylaşımı sağlanarak bilişim hizmetlerinin bilgisayar ve diğer cihazlardan internet üzerinden kullanılmasıdır (EBSO, 2015).

İnternet kullanımının 90'lı yıllardan itibaren yaygınlaşması ile günümüzde 4,5 milyardan fazla kişinin interneti aktif olarak kullanması bilgisayar ücretlerinin ucuzlaması hemen her kişinin cebinde taşıyabileceği boyutlara inmesi bulut tabanlı bilişim sistemlerinin kullanımının yaygınlaşmasına neden olmuştur. Bulut tabanlı sistemler üretim endüstrisinde önemli bir destekleyici rol üstlenmektedir (Xu, 2012). Firmaların talep etmeleri halinde sunucu sağlama, depolama, ağ hizmetleri, yazılım desteği gibi çeşitli bilgi teknolojileri desteği sağlamaktadır (Zhang vd., 2012).

Bulut bilişim en yalın haliyle tanımlanacak olursa; bilişim sistemlerine ait hizmetlerin üçüncü kişiler tarafından sağlanmasıdır. Bulut bilişim sanal ortama bağlı uzak bir sunucu tarafından çalıştırılması veya kişisel verilerin bulunduğu uzak sunucu üzerinde istenildiği an ulaşılabilmesi olarak da tanımlanabilir (Özsoylu, 2017). Bulut bilişim sistemi kullanan firmalar, bu sayede yazılım ve donanım ücreti gibi maliyetlerden kurtulmaktadır. Alınan hizmet karşılığında aboneliğin devamlılığını sağlayabilmek için çeşitli ücretler ödenmektedir (Banger, 2017).

Bulut sistemin internetin geleceği olduğuna dair görüşler hakimdir. Bu görüşe göre gelecekte bilgisayarların hard disklerinin yerini çevrim içi bulutların alacağı öngörülmektedir. Sektördeki gelişmeler bilişim teknolojilerini yoğun olarak kullanan toplumlarda bilgi dağıtımını sağlayan firmaların önemli bir konuma geleceği bununla birlikte sektörel rekabet doğuracağından firmalar arasında hukuki problemler yaratabileceği vurgulanmaktadır. Bilgi işlem uygulamalarının tümünün bu çevrim içi ortama yönlendirilmesi ile çevrim içi ortamda bulunan bilgilere ve verilere olacak izinsiz erişim olasılığı riskini taşımaktadır. Şekil 2.4'de Bulut Bilişim Sisteminin yapısı görülmektedir.



Şekil 2.4 Bulut Bilişim Sistemi (EBSO, 2015)

Bulut Bilişim Sistemleri'nin endüstride kullanılması büyük firmalara karlılıklarını arttırma fırsatı sunarken, daha küçük ölçekli işletmelere de piyasa ortamında rekabet edebilme imkânı sağlamıştır. Firmaların ekstra maliyetlere katlanmasına neden olan yerel sunuculara harcanan iş gücü maliyeti, yazılım güncellemelerine ödenen ücretler, bakım onarım için ödenen ücretler ve enerji tüketimi gibi gider kalemlerinin parasal yükleri daha düşük seviyelere gerilemiştir. Ayrıca firmalar için oldukça önemli olan, elde ettikleri verilerin meydana gelecek bir arıza sonucu kaybolma riskini azaltırken maruz kalınacak siber saldırılara karşı da daha güvenilir bir korumaya sağlamaktadır. Üretimde esnekliği sağlamak adına da mevcut verilere istenilen zaman zarfı içinde ulaşılarak daha yüksek verimlilik sağlamaktadır (Kalkan, 2018: 19-20).

Bulut sisteme olan talebin artmasında yeni teknolojilerle birlikte artan veri hacminin de etkisi vardır. Bilgi teknolojileri bakımından duruma bakılacak olursa, bulut sistemi işletmelerde uygulayacak olan nitelikli ve uzman personellere ihtiyaç artacaktır, bulut sistem mühendisleri ile entegrasyonu sağlayacak olan kalifiye personeller işletme kadrolarında kendilerine yer bulabileceklerdir (Kamber, 2019).

Bulut bilişim teknolojileri, Endüstri 4.0'ın başarılı olmasında önemli role sahip olan bir bileşendir. Bulut bilişim teknolojisi işletmelerde verilerin depolanması, saklanması ve bu verilerin yönetilmesi için kullanılmaktadır. Üretim süreçlerinde de bulut bilişim teknolojisinden faydalanılmaktadır ve yapılan bu

üretimin adı bulut tabanlı üretimdir. Bulut tabanlı üretim talebe dayalı olarak üretim yapma imkânı sağlamaktadır. Bulut tabanlı üretim ile kaynak verimliliğinin artması, ürün yaşam döngüsünün azalması, maliyetlerin minimize edilmesi, müşterilerden gelen farklı taleplere cevap verebilmek adına optimum kaynak tahsisine izin veren avantajlı bir yapıya sahip olunmaktadır (Duman, 2020).

İşletmelerde bulut teknolojisinin kurulması veya kullanılabilmesi için, bulut bilişime ait olan üç öge topluluğu (3-4-5 Kuralı) 'nın bulunması gerekmektedir. Bunlar aşağıdaki gibi sıralanıp, Tablo 2.3'deki gibi gösterilebilir.

- Bulut bilişim hizmet modelleri (yazılım, platform, altyapı)
- Bulut bilişim kurulum modelleri (özel, kamu, topluluk ve karma)
- Bulut bilişimin karakteristikleri.

Tablo 2.3 Bulut Bilişim Temel 3-4-5 Kuralı

Hizmet Modeli	Hizmet İçeriği	Kurulum Modelleri	Karakteristik Yapısı
Hizmet Olarak Yazılım	Bulut Bilişim Uygulamaları Sosyal ağ hizmetleri. Video işleme. Müşteri ilişkisi yönetimi. Uygulama yazılımları. E-posta vb.	<i>Özel Bulut</i> Bir bulut özel olarak bir işletme tarafından kullanılıyorsa bu özel buluttur.	1. İstek üzerine kendine hizmet eden bir yapı kurulur. Kullanıcı, tek taraflı olarak, ihtiyaç duyulduğunda herhangi bir hizmet sağlayıcısına insan müdahalesi olmadan otomatik olarak ulaşır.
Hizmet Olarak Platform (PaaS)	Bulut Bilişim Platformu Programlama dilleri; Yapısal veriler. Google, Apps Engine, Microsoft, Azure vb.	<i>Topluluk Bulutu</i> Birden fazla işletmenin ortak kullanılan hizmetlerini barındıran buluttur. Topluluk üyeleri uygulama ve verilere erişebilmektedir.	2. Geniş ağ erişimi imkanı sağlar. Yetenekler ağ üzerinden kullanılabilir. Bu yeteneklere, telefonlar, tabletler, bilgisayarlar gibi cihazlarla erişilebilir.
Hizmet Olarak Altyapı (IaaS)	Bulut Bilişim Altyapısı Hesaplama sunucuları. Veri depolama ortamı. Yük dengeleme. Güvenlik duvarı vb.	<i>Kamu Bulutu</i> Genel bulut. Bulut bilişim altyapısı genel kamunun açık kullanımına tahsis edilmektedir. KOBİ'lere uygundur; elektronik posta gibi, ne kadar kullanırsan o kadar ödeme yapacağın bir modeldir.	3. Kaynakların birleştirilmesi/kaynak havuzu imkanı sunar. Kullanıcının talebine göre dinamik olarak farklı fiziksel ve sanal kaynakları paylaşılan ve tekrar tahsis edilen çoklu kiracı modeli kullanan birçok kullanıcı bir araya gelir.
		<i>Karma/Hibrit Bulut</i> Özel ve kamu bulutlarının birleşimi ile oluşan buluttur. İşletmelerin büyüklüklerine göre birleşim oranları farklılaşmaktadır.	4. Hızlı ve güvenilir esneklik sağlar. Yetenekler, dışa ve iç talebe orantılı olarak hızlıca ayarlanmak için bazı durumlarda otomatik olmak üzere, esnek şekilde sağlanabilmekte ve serbest bırakılabilmektedir.
			5. Ölçüme dayalı hizmet sağlar. Bulut bilişim, kullanılan hizmetin sağlayıcısı için, izlenilebilir, kontrol edilebilir, denetlenebilir ve raporlanabilir işlevlerini sağlar.

Kaynak: (Duman, 2020)

2.7 Akıllı Fabrikalar

Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden bir tanesi olan Akıllı Fabrikalar; Endüstri 4.0'ın tüm bileşenlerini bünyesinde barındıran, geleneksel üretim

sistemlerinin yerine yeni nesil akıllı üretim sistemleri kullanılarak üretim süreçlerinin gerçekleştirildiği yaşayan tesislerdir.

Gelişen teknoloji ile sensör teknolojisinde meydana gelen gelişmeler data transfer sistemlerinde bilgisayar ağlarında geline nokta ve piyasadaki artan rekabet koşulları endüstri sektörünü yüksek teknolojik donanıma sahip uygulamaları kullanma eğilimine itmiştir (Alçın, 2016).

Endüstri 4.0 teknolojisinin öncüsü olan Almanya'nın Kaiserslautern şehrinde 2005 yılında faaliyete geçen Yapay Zekâ Araştırma Merkezinde kurulan ve faaliyet gösteren Smart Factory KL, modern teknolojik alt yapı ile donatılmış Avrupa kıtasındaki ilk teşhir fabrikasıdır. Ana faaliyetlerden tüm pazarlanabilir nitelikte olan nihai ürünlerin Ar-Ge faaliyetleri bu tesiste yürütülebilmektedir. Endüstri 4.0 teknolojisi ile meydana gelen tüm inovasyonların uygulanabilmesi için gerekli olan teknoloji transferleri için de başat bir rol üstlenmektedir (T.C Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2017: 53).

Global endüstri firmalarını kullandıkları geleneksel üretim yöntemleri ile üretimlerini arttırmaları global rekabet ortamında yeterli değildir. Bütüncül çözüm odaklı, müşteriden tedarikçiye kadar tüm üretim sistemini değiştirecek yeni stratejiler geliştirmek gerekmektedir. Modern teknolojinin getirdiği inovasyonlarla üretim sürecinin birbirine entegre edilmesi Endüstri 4.0 devrimini meydana getirmektedir. Büyük veri, robot teknolojisi, nesnelerin interneti gibi Endüstri 4.0 teknolojisinin bileşenlerini oluşturan bu yeni endüstriyel kavramlar firmaların üretim sistemlerine entegre edilince akıllı fabrikalar oluşmaktadır. Maliyet avantajı, tüketicilerin kişisel taleplerine cevap verebilme ve tercihlerin değişmesi gibi etkenler her geçen gün teknoloji seviyesinin artması firmaları akıllı fabrika sistemlerine geçmeye mecbur kılacaktır. Endüstri 4.0 teknolojisinin getirdiği yeni üretim süreçleri müşterilerden gelen talepler ve tedarikçilerden elde edilen verilerin hızla analiz edilmesi sonucunda, robot teknolojisinin de yardımı ile daha hızlı nihai ürün elde edilebilme imkânı sunacaktır. Gelişmiş sensör teknolojisi ve otonom robotlar banttaki ürünün ne olduğunu tanıyarak aynı bant sistemi üzerinde farklı ürünlerin üretilmesini mümkün kılacaktır (Akçacı ve Bulut, 2017).

Akıllı fabrikalar, Endüstri 4.0 devriminin ana bileşenlerinden bir tanesidir ve geleneksel üretim yöntemlerinden farklı ilkelerle üretim süreçlerinde yeni çözümler içermektedir. Yüksek karmaşıklığa sahip piyasa gereksinimleri ve müşteri beklentilerine hızlı çözümler üretebilmektedir. Akıllı fabrikalar üretim süreçlerindeki karmaşıklığı yönetebilir ve üretimde verimliliği arttırabilir. Akıllı fabrika ortamı bir ağdaki iç iletişim ile karakterizedir. İnsan kaynakları, makine ve akıllı ürünler gibi nesneler arasındaki bağıntıdan meydana gelmektedir (Nunes vd., 2017).

Akıllı fabrika, entegrasyon, sayısallaştırma ve esnek yapıların ve akıllı çözümlerin kullanımından oluşur. Endüstri 4.0 devriminin ana unsurlarından bir tanesidir. Endüstri 4.0 ile oluşan üretim çözümleri esnek ve uyarlanabilir süreçlerin performansını iyileştirmektedir. Akıllı fabrika ortamları her bir üretim kaynağı (senörler, robotlar, aktüatörler, makineler, konveyörler, bantlar vs.) arasında meydana gelen bütüncül bir gerçek zamanlı iletişim sisteminden ibarettir. Bu sayede artan üretim verimliliği ile birlikte karmaşık pazar gereksinimlerinin karşılanmasına imkân sağlamaktadır (Pereira ve Romero, 2017).

Akıllı fabrikaların içinde IoT ve CPS kavramlarını gösteren akıllı cihazlar bulunmaktadır. Akıllı cihazlarda; yerleşik işleme, veri depolama, iletişim teknolojisi, sensörler ve aktüatörler bulunmaktadır. Akıllı ürünler kendilerini tanımlayabilir, durumlarını ve geçmişlerini, gelecekteki süreçlerini tanımlayabilecek yetkinliktedirler. Bu nedenlerden dolayı akıllı fabrikalarda daha esnek ve akıllı üretim yapılabilir. Bu da müşteriden gelen talebe göre kişiselleştirilmiş ürünler üretilebilmesine olanak sağlamaktadır ve fabrikalarda daha parçalı bir yapıya müsaade etmektedir (Mehami vd., 2018).

Akıllı fabrikalar yapılacak olan işi sensörler aracılığıyla algılayıp, internet aracılığıyla üretim sürecinde yer alan diğer üretim elemanları ile iletişime geçip gerekli olan üretim bilgisini büyük veriden alan akıllı makineler ve akıllı sistemleri bünyesinde barındırmaktadır (Yıldız, 2018).

Endüstri 4.0 teknolojisinde nesnelerin birbirleriyle iletişim halinde oldukları en önemli yerlerden bir tanesi; kas ve sinir sisteminden ve duygulardan oluşan insan

faktöründen arındırılmış, yüksek teknolojik donanıma sahip olan insansız üretimi yapıldığı, “Karanlık Fabrika” olarak da adlandırılmış olan Akıllı Fabrikalardır. Çin Halk Cumhuriyeti’nde cep telefonu üretimi yapmak için kurulan ilk akıllı fabrikada, üretimde kullanılan robotlar nedeniyle çalışan işçi sayısında %90’lık bir azalma üretilen nihai ürünlerde ise hata oranı %25’lerden %5’e düşmüştür (Yıldız,2018).

Geleceğin fabrikalarında tüm üretim kaynakları (sensörler, aktüatörler, makineler, robotlar, konveyörler vb.) sadece otomatik bilgi alışverişinde bulunmayacak, aynı zamanda fabrika, makine tahmininde bulunacak, gereken makinelerin bakımını yapacak, üretim süreçlerini kontrol edecek ve fabrika sistemini yönetecek kadar akıllı hale gelecektir. Ek olarak ürün tasarımı gibi birçok üretim sürecini üretim planlama üretim, üretim mühendisliği, üretim ve hizmetler gibi birçok üretim süreci simüle edilecektir (Jian vd., 2016).

Akıllı fabrikalar temel olarak üç farklı bileşenden meydana gelmektedir. Birincisi; fabrikanın mevcut sisteminin bilgisayar, makine, cihaz ve teçhizatları birbiri ile bağlantılı yapan dikey entegrasyondur. İkincisi; fabrika dışındaki tedarikçilerle ve endüstriyel internet ağları vasıtasıyla entegrasyonun sağlanmasıdır. Üçüncüsü ise; fabrikanın mevcut sistemlerinin süreçlerinin tamamının dijital mühendislik sistemleri ile entegre edilmesidir (Banger, 2018: 169).

Akıllı fabrikaların beraberinde getireceği birçok avantaj vardır. Maaş ortalamalarının düşmesi, personelin işe devamsızlığının azalması, işletmelerin maliyet kalemlerinin azalması (yemek, ulaşım, sağlık harcamaları, işçi tazminatları vb.) bina ısıtma-aydınlatma giderleri ve CO2 emisyon salınımı gibi, iş sağlığı ve giderleri gibi birçok konuda işletmelere birçok avantaj sağlamaktadır (Fırat ve Fırat, 2017).

Endüstri 4.0 teknolojileri ile beraberinde akıllı üretim ekonomisi kavramı da ortaya çıkmaktadır. Yeni nesil teknolojilere cevap verip pazarda lider firma olabilme imkanını değerlendirmek isteyen firmalar, operasyon süreçlerinde, dağıtım süreçlerinde otonom robotları aktif kullanarak, pazarlama ve satış faaliyetlerinde YZ teknolojilerinden faydalanarak ve bu inovasyonların entegre

olduğu bilgi akışını sağlayacak IoT teknolojisi gibi yeni nesil teknolojileri yönetebilecek yetkinlikte olan tasarım, yazılım, uygulayıcı gibi uzmanlardan oluşan kalifiye insan iş gücü kaynağına sahip olmaları gerekecektir (Şuman, 2018).

2.8.Yapay Zekâ

Edward Fredkin “Tarihte üç büyük olay vardır: Bunlardan birincisi evreninin oluşumudur. İkincisi yaşamın başlangıcıdır. İkincisi ile aynı derecede öneme sahip olan üçüncüsü ise Yapay Zekâ’nın ortaya çıkışıdır” demiştir (İyigün, 2021: 2).

Yapay Zekâ (YZ) zeki olan veya olmayan doğal sistemlerin eyleme dönüştürülebilecekleri bilişsel faaliyetleri yapay sisteme, en üst başarı seviyesinde nasıl yaptırılacağına incelenildiği bilim dalıdır. Yazında yapay zekâ ile ilgili yapılmış birçok tanım mevcuttur. John McCarthy tarafından yapılan ilk tanımda YZ, “insan zekâsı tezahürlerine benzer makinelerin yapılışı” olarak tanımlanmıştır. YZ ilerleyen dönemlerde kompleks soruları ve problemleri çözmek için tasarlanmış bir varlığın sunulan zekâsı olarak tanımlanmış ve bu varlığın bir bilgisayar ya da makine olduğu belirtilmiştir (Görener ve Toker, 2020).

İnsanlığın geleceğinin şekillenmesinde YZ başat bir role sahiptir. Yaşadığımız dönemde de global manada oldukça fazla ilgi çekmektedir. Endüstrinin tamamında köklü değişikliklere sebebiyet vermektedir. Teknolojideki gelişme ile bilgisayar bilimi alanında meydana gelen yenilikler ve gelişmeler ile gelişim kaydeden YZ, birçok farklı alanda da sorunlara etkili çözümler üretmiş, bilimsel alanda aktif bir rol üstlenmesi ise gerçek dünyaya dayalı problemleri çözmedeki potansiyel verimliliği ile olmuştur (İyigün, 2021).

1940’larda sorulan “Makineler düşünebilir mi?” sorusu ile başlayan süreç bugün hemen hemen tüm fonksiyonları ile insanı andıran bir yapıya bürünen YZ ve uygulamaları gelişimini devam ettirmektedir (Ülgen ve Yavuz, 2021: 15).

Akıllı teknolojilerin gelişimi tüm dünyada yeni bir dönemin başlamasına neden olmuştur. YZ, IoT, öğrenen makineler, otonom robotlar hayatın olağan akışı içinde konuşulan konular haline gelmişlerdir. Alan Turing’in 18. yy. ortalarında

kaleme aldığı makalesinde “makinelere düşünebilir mi?” sorusuna aradığı cevap ile literatüre girmiştir. “Yapay Zekâ” ifadesi ilk kez 1956 yılında düzenlenen “Darmouth Konferansı”nda konu başlığı olarak kullanılmıştır. Ünlü Türk Matematik bilim insanı Cahit Arf da 1959 yılında yayımlanan makalesinde “Makineler Düşünebilir mi ve Nasıl Düşünebilir” sorusunu sormuştur (Duran, 2021: 32).

YZ’nın tarihsel art alan içerisindeki gelişimine ilişkin bilgiler Tablo 2.4’teki gibi sınıflandırılmıştır (Ülgen ve Yavuz, 2021: 15-16).

Tablo 2.4 Yapay Zekâ’nın Gelişimi

1939	Yürüyen ve konuşabilen robot Elektro’nun ortaya çıkışı
1940	İlk bilgisayarların ortaya çıkışı, yapay sinir ağlarının temelini oluşturacak olan ilk yapay nöronların keşfedilmesi, Asimov’un insan-robot etkileşim temalı “I, Robot” eseri ve üç robot yasasının işlenmesi
1950	Alen Turing’in düşünen makineler fikri hakkında yazdığı makale ve Turing Testi’nin oluşturulması
1955	Mantık teorisinin yaratılması
1956	İlk “yapay zekâ” teriminin kullanılmaya başlanması
1963	Karar Teorisi, robotik, makine öğrenmesi, gibi temel yapay zekâ teknolojilerine katkı sağlayacak ve sonrasında MIT Yapay Zekâ Laboratuvarı olacak Proje MAC’in başlatılması
1965	Denklem çözebilme gibi amaçlarla kullanılabilecek algoritmaların oluşturulması, iletişim kurabilen ELIZA’nın geliştirilmesi
1972	Yürüyen, objeleri tutabilen, konuşabilen ilk tam ölçekli akıllı insansı robotun yapımı
1980	Yapay zekanın endüstride kullanılmaya başlanması ile kararları insan gibi alabilen bilgisayarların oluşturulması
1981	IBM’in ilk kişisel bilgisayarları üretmeye başlaması
1997	Satranç oynayabilen bilgisayar Deep Blue’nun dünya şampiyonunu yenmesi
1998-2005	Bu yıllar arasında robot formu oyuncakların piyasaya sürülmesi
2002	İlk otonom ev robotu olan elektrikli süpürgeğin üretilmesi
2011	Apple SIRI’nın tanıtımının yapılması
2015	AlphaGO yazılımının go maçında Avrupa şampiyonunu yenmesi
2016	Yarı-otonom tır Tesla Semi’nin yapılması
2017	Tesla tarafından otonom arabaların üretilmesi
2018	Google’ın yapay zekâ AlphaStar’ı, StarCraft II’de oyuncuları mağlup etmesi
2019	Google Gana’daki ilk Afrika Yapay Zekâ laboratuvarının açılması

Kaynak:(Ülgen ve Yavuz, 2021)

YZ'yı doğru bir şekilde tanımlayabilmek için sahip olduğu birden çok formu anlamak gerekmektedir. YZ üç formdan meydana gelmektedir. Birincisi “Zayıf Yapay Zekâ”, ikincisi “Genel Yapay Zekâ”, üçüncüsü ise “Güçlü Yapay Zekâ” dır (Duran, 2021: 33).

Tarihsel gelişim süreci incelendiğinde, YZ'nın farklı içeriklere sahip olan gelişmişlik düzeyi farklı tekniklerinin olduğu görülmektedir, bunlar (Görener ve Toker, 2020: 7):

- Uzman Sistemler
- Yapay Sinir Ağları
- Bulanık Sistemler
- Genetik Algoritmalar
- Makine Öğrenmesi
- Robotik ve Hibrit Sistemler ‘dir

Akıllı asistanlar, otonom otomobiller, hastaların tedavisinde kullanılan robotlar, daha verimli bir üretim sürecine kolaylık sağlayan yazılımlar; bunların hepsinin bulunduğu ortak nokta YZ'dır. Her geçen gün artan bir hızla devam eden dijitalleşme dönemiyle, YZ teknolojisi gündelik yaşama etki etmektedir. Yazılımlar ve algoritmalar karar verme mekanizmasında insanın yerini almaktadır ve bu noktada son söz YZ'nın olmaktadır (Can, 2017: 6).

YZ ile ilgili geleceğe dair olan öngörülerden birisi de YZ'nın gelecekte robotları ve makineleri; karar verme, iletişim kurma gibi insana özgü olan bu olguları azami derecede yerine getirebilme yeteneğine sahip hale getireceğine dairdir. Yapay Zekaların gelecekte kendi aralarında iletişim kurabilme yetisine sahip olacakları da YZ ile ilgili olarak geleceğe dair öngörülerden bir tanesidir (Öztuna, 2017: 77).

2.9 Robot Teknolojisi

Çek yazar Karel Capek'in 1921 yılında yazdığı Rossum's Universal Robots isimli tiyatro oyununda, “hizmet eden” anlamında kullandığı “robota” kelimesinden ilk kez robot kelimesi ortaya çıkmıştır. Robotlar, insanlar gibi yemek yemek,

yorulmak gibi fizyolojik gereksinimleri, mutlu ve mutsuz olmak gibi duygusal yetileri olmadığından, uzun süreler boyunca herhangi bir verimlilik kaybı olmadan çalışabilmektedirler aynı zamanda da işçi maliyeti gibi önemli bir maliyet kaleminin ortadan kalkmasına neden olmaktadır (Duman, 2020).

Robot kelimesi genel olarak tanımlanırken “önceden programlanmış görevleri yerine getirebilen elektro mekanik cihaz” olarak tanımlanmaktadır. Robotlar çalışırken ya bir operatör kontrolünde ya da bilgisayar programları vasıtası ile çalışmaktadırlar. Robotların en yaygın kullanım alanları endüstriyel üretim alanıdır. Özellikle otomotiv üretim endüstrisinde robot kullanımı oldukça yaygındır (EBSO, 2015).

Robot, bilgisayar programları destekli yazılımlarla programlanabilen, karmaşık işlemleri yerine getirebilecek yetkinlikte bir makinedir. Robotların akıllı ve birbirleri ile ve etkileşim içinde olması gereken diğer cihazlarla iletişim kurabilen makineler oldukları kabul edilmektedir (Banger, 2017: 71). Otonom robot ise, kendisinden yapılması istenen işi, davranışları veya görevleri akıllı ve iletişim kurabilen bir makine olması nedeniyle, kendi kendisine karar alabilerek aldığı kararları eyleme dönüştürebilen robotlardır. Otonom robotların bir diğer adı ise öğrenen robotlardır. Otonom robotlar kendisi ve çevresi hakkında veri toplayabilme yeteneğine sahiptir, topladıkları bu verileri işleyip ağ bağlantıları aracılığıyla iletebilir, elde ettiği bu veriler ile kararlar alabilir ve aldığı kararları fiilen gerçekleştirebilir. Öğrendiği işleri gerçekleştirirken herhangi bir operatör müdahalesi olmadan uzun süreler boyunca çalışabilmektedirler. Kendilerine ve aynı ortamda çalıştıkları insanlara herhangi bir zarar vermezler. Kendi kendilerini denetleyebilme, yapması tanımlanan işi hangi süre zarfı içinde bitirebileceğini hesaplama ve tanımlanan işi bitirme özelliklerine sahip olan akıllı makinelerdir (Banger, 2018: 74-76).

Endüstri 4.0 ilk olarak 2011 yılında Hannover Fuarı’nda IoT kavramı ile duyurulmuştu. Başlangıçta birbirleri ile dijital bir iletişim halinde olan makineler ve fabrikalar ekseninde daha çok ön plana çıkmışsa da artık insan ile birlikte çalışabilen iş birlikçi ‘robotlar’ daha fazla konuşulmaktadır (Böhmen, 2017). İngilizce colloboration kelimesinden türetilen Türkçe’de kolaboratif robot olarak

adlandırılan iş birlikçi robotlar; üretim hatlarında insanlarla birlikte, hatasız çalışabilen robotlar olarak tanımlanmaktadır. Kobotlar insanlar birlikte çalıştıkları üretim hatlarında üretim süreçlerinin daha esnek hale gelmesinde önemli katkı sağlamaktadırlar. İleri robot teknolojisi ve kobotların Türkiye’de Endüstri 4.0 teknolojisine en çok katma değeri katacağı öngörülmektedir. İnsan-Robot iş birliğinin yaratacağı katma değer üretim kalitesini arttıran ve üretim hacminin güvenli bir şekilde genişlemesini sağlayacak bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. İnsan-Robot iş birliği sürecinde üretim süreçlerinin planlanması ve kontrol edilmesi insana tarafından yapılacaktır, robotlar ise bu planlama doğrultusunda gerekli olan fiziksel aktiviteleri gerçekleştirirler (Erdoğan ve Feyzullahoğlu,2021).

Robotların üretimde kullanılması 1960’lı yıllara dayanmaktadır. General Motors firması 1961 yılında ultimate adını verdikleri robotlarına baskı işlerini yaptırmaktaydılar. Robot teknolojisinin sürekli olarak ve hızlı bir şekilde gelişme göstermiştir. Son yıllarda endüstriyel robot teknolojisinin göstermiş olduğu gelişim özellikle robot kolların kullanımının yaygınlaşması endüstriyel anlamda birçok ihtiyacı karşılamada önemli görevler yerini getirmişlerdir. Bu gelişmeler sayesinde üretimde istenen hız, doğruluk ve kullanım kolaylığı sağlamaktadır (Özsoylu, 2017).

Robot teknolojisinin üretim sistemlerinde ürün tasarımında, üretim aşamasında ve montaj hatlarında oldukça faydalı ve kullanışlı oldukları görülmektedir (Kamber, 2019). Bugün gelinen noktada robotların hemen hemen bütün sektörlerde kullanıldıkları görülmektedir. Robot teknolojisinde meydana gelen hızlı gelişimin bir sonucu olarak makineler ile insanlar arasında günlük bir ilişki bir ağı kurulacaktır. Teknolojinin hemen her alanında meydana gelen gelişmeler robotların da daha uyarlanabilir ve esnek hale gelmelerine imkân sağlamaktadır. Robotların işlevsel ve yapısal tasarımlarında karmaşık biyolojik sistemlerden esinlenilmektedir. Sensör teknolojisinin gelişmesi robotların işlevsel çevrelerini daha iyi tanıma ve tepki verme gibi yetenekler kazandırmaktadır. Eski robot teknolojisinde manuel olarak programlanan robotlar artık bulut teknolojisi sayesinde uzaktan bilgiye ulaşabiliyor ve başka robotların bulunduğu ağlara bağlanabiliyor (Schwab, 2016: 25-26).

Robot teknolojisinde meydana gelecek olan gelişmeler sayesinde üretimde esneklik sağlanacak ve akıllı üretim sistemlerinin kullanımı ve akıllı üretim sistemlerine geçiş daha da kolay hale gelecektir. Endüstriyel robot teknolojisinin gelişmesine paralel olarak endüstride kullanımının artması, beraberinde robotların esnek çalışma ortamlarına daha kolay ayak uydurmalarının yanı sıra robotların kalibrasyonlarının ve kullanımlarının daha kolay hale gelmesi ve daha basit olan endüstriyel gereksinimleri karşılayacak şekilde robotların boyutlarının çeşitlenmesini ve fiyatlarının daha makul seviyelere gelmesini mümkün kılacaktır (Özsoylu, 2017).

İnsanın sahip olduğu fiziki ve psikolojik yapısının bir sonucu olarak üretim aşamasında hata yapılabilirliğinin yüksek olması endüstride gerekli olan güveni tam olarak karşılayamamaktadır. Robotlar ise üretim süreçlerine dahil olduklarında, robot kaynaklı bir üretim hatası olmamaktadır. Oluşan hatalar daha çok teknik bir arıza veya sistemsal sorunlar nedeniyle meydana gelmektedirler, bu da daha çok nesnel nedenlerden kaynaklanmaktadır (Görçün, 2017: 188). Akıllı robotların kullanımının yaygınlaşması sayesinde üretim hatlarında meydana gelen insan orijinli hatalar minimize olacak, hata ve benzeri durumlar hemen hemen tamamen ortadan kalkacaktır. Robotların akıllanması sayesinde otomasyon sistemlerinin kullanımı daha yaygın bir hal alacaktır (Özsoylu, 2017).

2.10 Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış Gerçeklik (AR-Augmented Reality) dünyadaki fiziki içeriklerin bilgisayar ortamında üretilen ses, görüntü, grafik ve GPS gibi verilerle donatılarak oluşturulan, gerçek dünyanın sanal ortama entegre edilerek yeniden oluşturulduğu simülasyondur. Sanal gerçeklik uygulamalarında oluşturulan dünya tamamen sanal bir ortamdan oluşmaktadır. Artırılmış gerçeklikte ise tıpkı anime filmlerde olduğu gibi gerçek ve sanal ortamın bir arada olduğu ortamlardır (Banger, 2018: 158). AR ortamında birleştirilen fiziksel ve gerçek ortamlar sayesinde kullanıcılara yeni bir algılama ortamı meydana getirilmektedir. Oluşturulan bu yeni algılama ortamında görseller doğrudan veya dolaylı olarak canlı bir şekilde yansıtılmaktadır (Akçacı ve Bulut, 2017).

Genelde AR uygulamaları ile sanal gerçeklik birbirlerine karıştırılmaktadır. Sanal gerçeklik, gerçek dünya modellenerek oluşturulan üç boyutlu sanal ortamlardır. AR ise gerçek zamanlı ve etkileşimli olarak fiziki dünyanın sanal girdiler ile zenginleştirilmesidir (Öztuna, 2017: 78).

AR teknolojinin temeli sanal gerçekliğe dayalıdır. Fakat sadece sanal dünya ile etkileşim halinde değildir ve gerçek dünya ile de bağlantılıdır. Sanal gerçeklik ile AR arasındaki fark da bu noktada ortaya çıkmaktadır. Sanal gerçeklik, fiziki ortamın üç boyutlu şekilde bilgisayarlar tarafından bire bir taklit edilmesidir. AR uygulamaları ise sanal gerçeklikten daha kapsamlıdır ve fiziki dünyadaki ortamın duyuşal girdiler ile zenginleştirilmesiyle meydana gelmiştir (Duman, 2020).

Sanal gerçeklik ve AR teknolojileri sanal ortamda bizlere gerçek fiziki dünya ile benzer özelliklere sahip olan sanal ortamlar sunmaktadırlar. AR teknolojilerinde üç boyutlu nesneler; soyut, matematiksel veya iki boyutlu nesnelere göre daha kolay bir şekilde algılanabilmektedirler. AR teknolojileri sanal gerçeklikle oluşturulan sanal ortamdaki görüntüleri gerçek dünya ile entegre ederek karşımıza çıkan yeni nesil bir teknolojidir. Bu duruma binaen sanal ve artırılmış gerçeklik kavramları potansiyel olarak;

- Gerçekliği gerçek deneyimle daha yakından ilişkilendirerek yansıtmaya
- Soyut tecrübeyi daha iyi yansıtacak şekilde bilgisayar tabanlı teknolojinin gücünü genişletmeye hizmet edebilir (Banger, 2018: 158).

Şekil 2.5’de görüldüğü üzere Paul Milgram, gerçek ve sanal dünyaların birbirlerine entegre olduğu AR teknolojisini bir düzlem olarak göstermiştir. Meydana gelen bu sistem ile fiziki ve dijital objelerin bir arada bulunduğu ve

birlikte etkileşime girdikleri gerçek ve sanal dünyaların bir arada oldukları bir ortam oluşturmaktadır (Duman, 2020).



Şekil 2.5 Milgram'ın Gerçeklik Sanallık Sürekliliği (Banger, 2018)

Azuma'ya göre AR üç özellikle tanımlanabilen bir teknolojidir (Duman, 2020):

- AR, gerçek ve sanalın birleşimidir.
- AR, gerçek zamanda etkileşimlidir.
- AR, üç boyutlu olarak tasarlanmıştır.

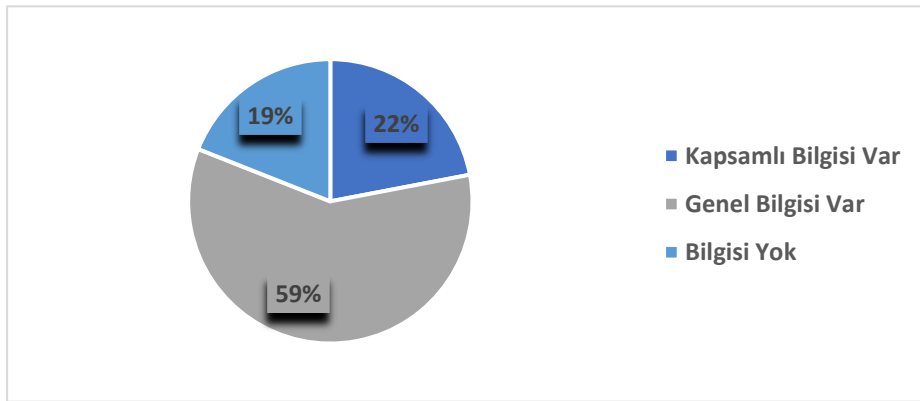
2.11 Türkiye ve Endüstri 4.0

Endüstri 4,0 teknolojilerine yönelik olarak Türkiye'nin mevcut teknolojik durumu, bu yeni nesil teknolojilerin günlük hayata ve imalat sanayine ne gibi etkilerinin olacağı merak uyandırmaktadır.

Türkiye dünyanın 20 büyük ekonomisi içerisindeki yerini her ne kadar korusa da maalesef küresel rekabet ortamından, yenilikçi yaklaşımlara, eğitimin niteliğinden, iş kolaylığına gibi kriterler ölçeğinde hiç de olmaması gereken uluslararası sıralamalarda yer almaktadır (EBSO, 2015). Türkiye genç ve dinamik bir nüfusa sahip olması bakımından endüstriyel üretim alanında bunu lehine kullanmayı başarmış ve oldukça da başarılı olmuştur (Duman, 2020). Lakin 90'lı yılların başlarında başlayan bu uzmanlaşma Endüstri 4.0 ve beraberinde getirdiği yeniliklerle birlikte büyük bir tehdit altına girmiştir. Eğer Endüstri 4.0 devrimini bir fırsat olarak görüp bu teknoloji ile ilgili doğru adımları atabilirsek, ilk üç endüstri devriminde yaşadığımız handikaplardan ve üretimde dışa bağımlı olmaktan kurtulup, katma değeri yüksek ürünler imal ederek, küresel rekabet ortamında

Türkiye'nin çok daha iyi bir pozisyonda görülmesi mümkün olacaktır. Tüketen konumunu terk edip üreten konumuna geçilmesi, GSYİH oranlarında da daha iyi seviyelere çıkılmasında önemli bir faktör olacaktır. Nitekim hem devlet politikası olarak hem de özel sektör bazında atılan adımlar ilk üç endüstri devrimindeki tepkisizlikten farklı olarak, bu endüstri devrimine kayıtsız kalınmadığını göstermektedir.

2016 yılı haziran ayında TÜBİTAK tarafından “Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası” isimli çalışma ile daha önce TÜBİTAK’tan Ar-Ge yatırımları için teşvik almış yaklaşık 1000 firmaya ve yöneticilerine “Mevcut Durum Analizi Anket Çalışması” ile kapsamlı anket uygulaması yapılmıştır. Beş bölümden oluşan anket çalışması ile özel sektörde faaliyet gösteren firmaların yeni devrime ilişkin görüşleri ve cevapları toplanmıştır. Çalışmada firmaların Ar-Ge ve akıllı üretimle alakalı ilgi ve entegrasyon seviyelerini ölçmeyi hedefleyen soruların bulunduğu bölümlerle birlikte Ar-Ge ve uluslararası iş birliği ihtiyaçları, Endüstri 4.0 devriminin beraberinde getirdiği yeni nesil teknolojiler bazında ulusal yetkinlik, etki potansiyelinin ulusal ve firma seviyelerinde ne durumda olduğuna dair değerlendirmeler mevcuttur (TÜBİTAK, 2016). Şekil 2.6’da Türkiye’de firmaların Endüstri 4.0’a yönelik olarak farkındalık eğilimleri görülmektedir.

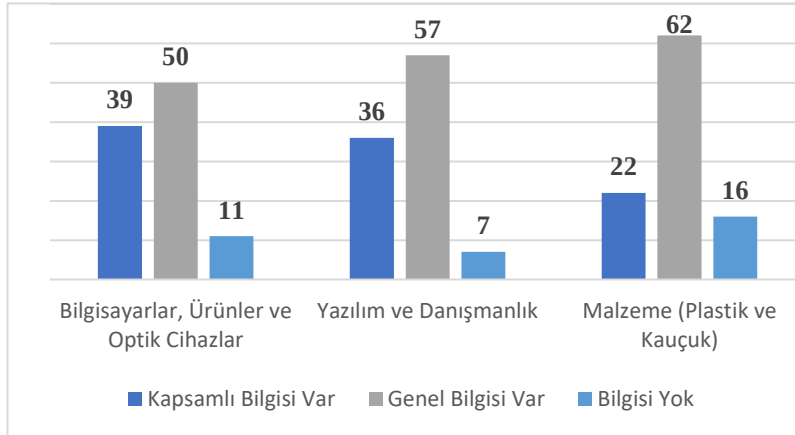


Şekil 2.6 Fimaların Farkındalık Eğilimleri (TÜBİTAK, 2016)

Yapılan anket çalışması sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde Şekil 2.6’da görüldüğü üzere, cevaplayıcı firmaların %22’sinin Endüstri 4.0 ile ilgili kapsamlı bir bilgiye sahip oldukları görülmektedir. Katılımcıların %59’unun ise genel bir bilgiye sahip oldukları görülmektedir. Katılımcıların %19’u ise konu ile

ilgili olarak herhangi bir bilgiye sahip olmadıklarını belirtmişlerdir (TÜBİTAK, 2016).

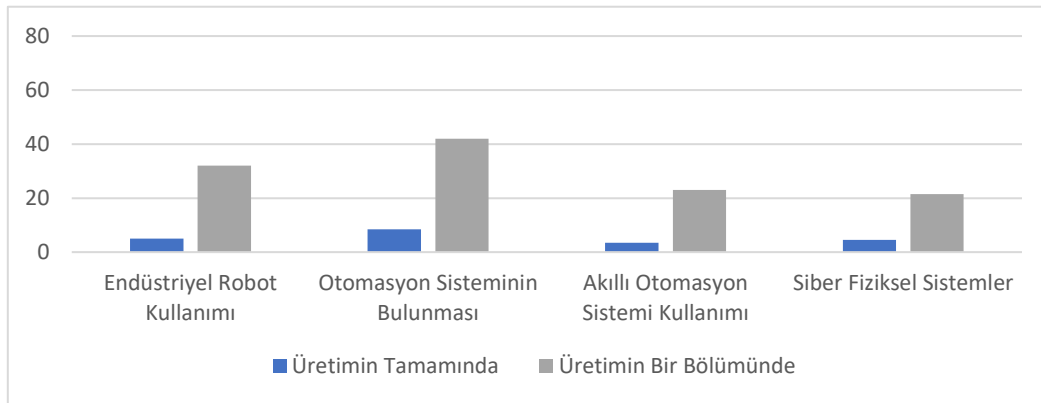
Yapılan çalışma sonucunda elde edilen verilerden Endüstri 4.0 teknolojilerine dair farkındalığı en yüksek üç sektör; Elektronik, Yazılım ve Malzeme (Plastik ve Kauçuk) sektörleri olarak belirlenmiştir. Farkındalığın yüksek olduğu sektörlerden bir tanesi olan, ürünler ve optik cihazlar sektörünün %50'lik kısmı Endüstri 4.0 ile ilgili olarak genel bilgiye sahip olduklarını belirtirken, %39'luk kısmı ilgili teknoloji hakkında kapsamlı bilgiye sahip olduklarını, %11'lik kısmı ise ilgili teknoloji hakkında bir bilgiye sahip olmadıklarını belirtmişlerdir. Farkındalığın yüksek olduğu bir diğer sektör olan yazılım ve danışmanlık sektöründeki firmaların ise; %57'si Endüstri 4.0 ile ilgili olarak genel bir bilgiye sahip olduklarını, %36'lık kısmı ilgili teknolojiler ile ilgili olarak kapsamlı bir bilgiye sahip olduklarını, %7'lik kısmı ise ilgili teknoloji ile ilgili bir bilgiye sahip olmadıklarını belirtmişlerdir. Farkındalığın yüksek olduğu üçüncü sektör olan malzeme (plastik ve kauçuk) sektöründeki firmaların ise %62'si Endüstri 4.0 teknolojisi ile ilgili olarak genel bir bilgiye sahip olduklarını, %22'lik kısmı ilgili teknoloji ile ilgili kapsamlı bir bilgiye sahip olduklarını, %16'lık kısmı ise ilgili teknoloji ile alakalı bilgi sahibi olmadıklarını belirtmişlerdir. Çalışmadan elde edilen bir diğer veride ise firmaların %50'den fazlası 3-5 yıl içerisinde Endüstri 4.0 teknolojileri ile entegre olmak istediklerini belirtmişlerdir (TÜBİTAK, 2016). Şekil 2.7'de Türkiye'de Endüstri 4.0 teknolojilerine yönelik farkındalığın en yüksek olduğu üç sektör görülmektedir.



Şekil 2.7 Farkındalığın En Yüksek Olduğu Üç Sektör (TÜBİTAK, 2016)

Yapılan çalışmada, dijital olgunluk seviyesinin ölçüldüğü ve firmaların ilgili teknolojiye akıllı otomasyon sistemlerinin entegre olma durumlarına dair verilerin elde edildiği görülmektedir. Elde edilen bulgular, dijital olgunluk seviyesinin Endüstri 2.0 ile Endüstri 3.0 arasında bir yerde oluştuğunu göstermektedir. Dijital olgunluk seviyesinde en yüksek farkındalığa sahip sektörler malzeme (kauçuk ve plastik), bilgisayarlar, elektronik ve optik ürünler, otomotiv ve beyaz eşya yan sanayi olarak görülmektedir (TÜBİTAK, 2016).

Yapılan çalışmada elde edilen veriler akıllı otomasyon sistemlerinin üretim hatlarına dahil edilmesi hususunda henüz yeteri kadar bir aşama kaydedilemediği sonucunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca aynı çalışma içerisinde elde edilen bir diğer bulguda da ilgili teknolojide en yüksek katma değeri sağlayacağı öngörülen teknolojilerin; ileri robotik sistemler, eklemeli imalat, otomasyon ve kontrol sistemleri olduğu sonucuna rastlanmaktadır. İlgili çalışmada katma değer en yüksek olacağı değerlendirilen üç sektör ise makine ve ekipman, bilgisayarlar, elektronik ve optik ürünler ve otomotiv, beyaz eşya yan sanayi olmuşlardır (TÜBİTAK, 2016). Şekil 2.8’de Türkiye’de Akıllı Otomasyon Sistemlerinin Endüstri 4.0 Teknolojilerine Entegrasyonu gösterilmektedir.



Şekil 2.8 Firmaların Akıllı Otomasyon Sistemlerinin Endüstri 4.0 Teknolojilerine Entegrasyonu (TÜBİTAK, 2016)

TÜSİAD’ın 2016 yılında yaptığı çalışmadan elde edilen verilere göre, Endüstri 4.0’ın Türkiye’de üretim endüstrisine yaklaşık 50 milyar TL gibi bir katkı sunacağı öngörülmektedir. Toplam verimlilikte öngörülen artışın %4-7 bandında, dönüşün maliyetlerinde meydana gelecek artışların %5-15 bandında olacağı

öngörülürken, Endüstri 4.0 ile GSYİH’da öngörülen büyümenin 150-200 milyar TL bandında gerçekleşmesi beklenmektedir (TÜSİAD,2016).

Endüstri 4.0 teknolojilerine yatırım yapılıp, üretime entegre edilebilmesi için Türkiye’de önümüzdeki 10 yıllık süre zarfında yaklaşık olarak 10-15 milyar TL civarında bir maliyet öngörülmektedir. Fakat bu yatırımların istihdam açısından etkisi negatif yönlü olacaktır. Uzun vadede Endüstri 4.0 teknolojilerine yapılacak olan yatırımın toplam istihdam üzerinde %20-30 düzeyinde azaltıcı bir etkisi olması öngörülmektedir (TÜSİAD, 2016).

Endüstri 4.0’ın Türkiye ekonomisinde meydana getirmesi öngörülen bu olumlu faydaların farkına varan Türkiye, geçmiş dönemlerde yaşanan endüstri devrimlerine nazaran çok daha erken, fakat küresel rekabet içinde bulunduğu diğer ülkelere nazaran biraz gecikmeli olarak bu yeni teknolojinin potansiyel faydalarının farkına varıp çalışmalara başlamıştır. Türkiye’de hükümet tarafından Endüstri 4.0 ile ilgili ilk çalışma 2016 yılında yapılmıştır. Buna göre Bilim ve Teknoloji Yüksek kurulunun 29. toplantısında alınan kararda “Akıllı Üretim Sistemlerine Yönelik Çalışmalar Yapılması” kararı alınmıştır. “Bu karara göre, ülkemiz sanayisinin yüksek teknoloji üretiminden uluslararası rekabet gücünün artırılmasını sağlayacak akıllı üretim sistemlerine geçiş amacıyla; ülkemizin mevcut durumunun ortaya konması, gerekli analizlerin yapılması ve kritik ve öncü teknolojilerde (öncelikle siber fiziksel sistemler, yapay zekâ/sensör/ robot teknolojileri, nesnelerin interneti, büyük veri, siber güvenlik, bulut bilişim vb.) yetkinlik kazanılmasını sağlayacak hedef odaklı Ar-Ge çalışmalarının artırılması ve bunun için gerekli birimlerin oluşturulması” kararları alınmıştır.

Kararların alınmasının akabinde izleyen dönemde Endüstri 4.0 ile ilgili olarak yapılan çalışmalar artırılmış, konferanslar düzenlenmiş ve Türkiye’de Sanayi’nin Dijital Platformu kurulma çalışmaları başlatılmıştır. Platformun İcra Kurulu Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanı Başkanlığında, MÜSİAD, TÜSİAD, TTGV, TOBB ve YASED Başkanlarından oluşmaktadır. Platform yüksek teknolojili ve katma değerli ürünlerin tasarlanabilip üretiminin gerçekleştirilebildiği bir imalat sektörü meydana getirmek hedefi üzerine inşa edilmiştir. 2017 yılında, Türk imalat sanayinin dijital dönüşümünün sağlanabilmesi

için strateji oluşturma, kredi ve hibe desteği sağlama olanaklarının yerine getirilebilmesi için Sanayide Dijital Dönüşüm platformunun sekretarya faaliyetlerine başlanmıştır (Özlu, 2017: 4-5).

MÜSİAD Endüstri 4.0 teknolojilerinin SWOT analizini çıkartmış ve yeni nesil teknolojinin Türkiye için güçlü ve zayıf yönlerini, fırsatları ve tehditleri aşağıdaki Tablo 2.5’deki gibi açıklamıştır (Türkiye Bilişim Derneği, 2016).

Tablo 2.5 Endüstri 4.0 Swot Analizi

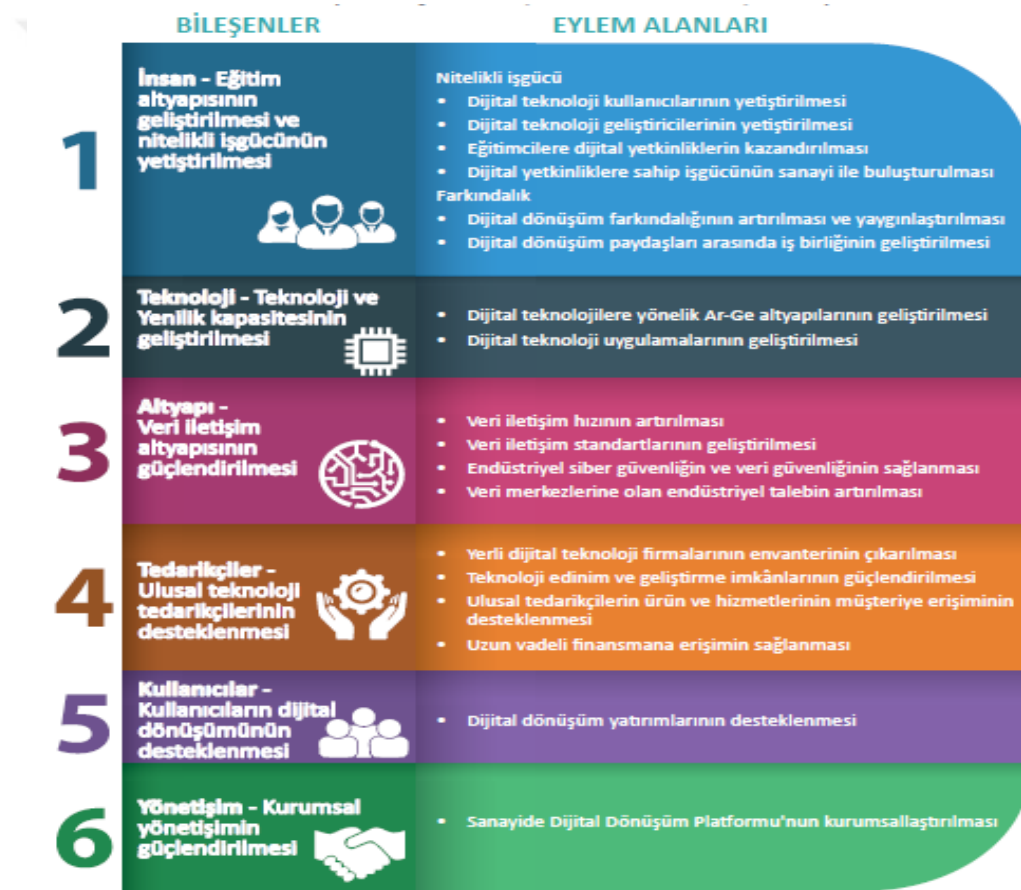
Güçlü	Zayıf
• Büyüyen ekonomi • Genç nüfus • Taleplere açık bir iç pazar • Dış pazarlara erişim kolaylığı • Yurt içi ulaşım kolaylığı • Çoklu kültüre yatkınlık • Teknolojiye yatkınlık • Yaygın mühendislik eğitimi • Sektörel yaygınlık	• Sektörün kamuda tek bir muhatabının olmayışı • Yetersiz iç pazar büyüklüğü • Proje finansman ihtiyacı • Teknoloji geliştirme kültürü • İş hukuku • Nitelikli iş gücü • Akademik yapı • Bürokratik yaklaşım • Ortak hareket planı
Fırsatlar	Tehditler
• Ekonomik büyüme potansiyeli • Yatırımın ortamının devamı • Teşvikler • Artan teknoloji ve ARGE merkezi sayısı • 20.000’e yakın bilişim işletmesi ve sektörün canlılığı • Başlangıç sermayesinin düşük olması • Büyük projeler • Birçok yabancı işletmelerin bulunduğu bir pazar • Yazılım geliştirme potansiyeli	• Yabancı üreticilerin pazarda egemen olması • İhalelerde risk ve sektöre uygun ihale kanunu eksikliği • Kamunun sektörde üretici olarak yer alması • Bürokrasinin sektöre yaklaşımı • İstihdam baskısı • Akademik eğitim kalitesi • Düşük kârlılık ve haksız rekabet • Kamu sektörünün özel sektör ile rekabet etmesi • Hukuki sorunlar

Kaynak: Türkiye Bilişim Derneği (2016), Bimy’23 “Bilişimle Kalkınmada Sanayi 4.0” Etkinlik Sonuç Raporu, 23. Bilgi İşlem Merkezi Yöneticileri Semineri, Ankara, s.11.

Türkiye Bilişim Derneği ve MÜSİAD tarafından oluşturulan SWOT analizi, Türkiye’nin Endüstri 4.0 kapsamında başarılı olabilmesi için başarının temel maddesinin “özgüven” olduğunu vurgulamıştır. Endüstri 4.0 ile ilgili olarak belirledikleri çözüm önerilerinde ise, inovasyona açık, eğitim vizyonu, Ar-Ge ve yatırım teşvikleri, finansman modelleri ve girişim sermayesi, verimli üretim ve iyi

ürünler, markalaşma, ticarileşme ve global pazarlama konularına dikkat edilmesi ve geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (Türkiye Bilişim Derneği, 2016: 11).

2018 yılında devlet ile Endüstri 4.0 platformları ortaklaşa hareket edip birlikte adımlar atmaya başlamışlardır. Akabinde yine 2018 yılı içerisinde “Dijital Türkiye Yol Haritası” yayınlanmıştır. Yayınlanan haritada Türkiye’nin altı bileşenin üzerine yoğunlaşması gerektiği, bu altı bileşenle ilgili çalışmaların yapılıp, güçlendirilip, desteklenmesi yönünde kararlar verilmiştir. Bu bileşenler; insan, teknoloji, altyapı, tedarikçiler, kullanıcılar ve yönetim olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu adımlara yönelik hazırlanan eylem planı Şekil 2.9’da açıklanmıştır.



Şekil 2.9 Dijital Türkiye Yol Haritası Bileşenleri ve Eylem Alanları
(Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2018:122)

2.12 Literatür Taraması

Ülkemiz teknolojik altyapı olarak her ne kadar Endüstri 2.0 ile Endüstri 3.0 aralığında konumlanmış, yüksek katma değere sahip ürünler üretmek konusunda

yetersiz olsa da son beş yıllık periyotta bu yeni teknolojik gelişmelere daha önceki endüstri devrimleri baz alındığında, çok daha erken bir refleks göstermiştir. Gerekli yatırımlar ve çalışmalar hem kamu nezdinde hem de özel sermaye nezdinde atılmaya başlanmıştır. Gerekli teknolojik altyapı için yatırımlar yapıldığında, ülkemiz bu teknolojiye öncü olan ülkelerle birlikte bu sürece yön veren ülkeler arasında yer alabilecektir.

Ülkemizde Endüstri 4.0 ile ilgili yapılmış ulusal düzeyde birçok çalışma mevcuttur. Yapılan çalışmaların çoğunluğunun uygulamalı çalışmalar olduğu gözlemlenmektedir. Verilerin yüz yüze yapılan görüşmelerle veya çevrim içi olarak elde edildiği anlaşılmaktadır. Bunun haricinde yüz yüze yapılan mülakat görüşmeleri ile de veri elde edildiği görülmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, çalışmaların incelemelerini hem ülke genelini kapsayacak şekilde hem de bölgesel veya bir ili kapsayacak şekilde yapıldıkları görülmektedir. Yapılan çalışmalarda örneklem olarak büyük ölçekli firmaların yanı sıra KOBİ olarak nitelendirilen küçük ve orta ölçekli firmalara yönelik de çalışmalar mevcuttur. Yapılan çalışmalarda hemen her sektörden firmanın yanı sıra, bu firmaların üst ve orta düzey yöneticileri ile ve üniversitelerde görev yapan akademisyenlerle de görüşmeler yapıp görüşlerinin alındığı gözlemlenmiştir. Özellikle son üç yıllık zaman dilimi içerisinde hem mühendislik alanlarında hem sosyal bilimler ve sağlık bilimleri alanlarında Endüstri 4.0 ile ilgili yapılmış olan çalışmalar, akademik anlamda Endüstri 4.0 teknolojilerinin anlaşılması konusunda oldukça önemlidir.

Özkurt (2016), çalışmasında Sakarya Makine İmalatçılar Birliği Üyesi beş firma ile anket çalışması yapmış ve Endüstri 4.0'ın Sakarya ilinde makine imalatı sektörünce anlaşılmadığı sonucuna varmıştır.

Kahraman (2017), Sivas ilinde ihracat yapan, 50'den fazla sayıda çalışanı bulunan farklı sektörlerde faaliyet gösteren 17 firma ile yapılan farkındalık çalışması sonucunda Endüstri 4.0 farkındalığının ülke düzeyi ile kıyaslandığında daha az olduğu anlaşılmaktadır. Katılımcıların verdikleri cevaplarda Endüstri 4.0 farkındalığının özel sektörün kendi çabası ile oluşturulamayacağını belirtmişlerdir.

Çevik (2018), AGT, GARTNER, SIEMENS, BOSCH, INTEL, BİLGE ADAM şirketlerinin yöneticilerine 7 sorudan oluşan yüz yüze görüşme tekniği ile mülakat yapılmıştır. Çalışmada Türkiye'deki şirketlerin yöneticilerinin, uygulama ve yönetim şekillerini nitelik ve nicelik bakımından analiz etmek amaçlanmıştır. Yapılan mülakat görüşmelerinin sonucunda ülkemizde Endüstri 4.0 teknolojilerinin ve beraberinde getireceği yeniliklerin farkındalığının oluştuğunun, bunun için hala kat edilmesi gereken bir yol olduğu, yeni nesil teknolojiler sayesinde enerji tasarruf oranının %70'e ulaşacağını ve endüstri 4.0 için en önemli unsurun nitelikli insan olduğu sonucu çıkmıştır.

Çıkdın, (2018), Antalya Organize Sanayi Bölgesi'nde bulunan enerji sektöründe faaliyet gösteren 2 firma ile yaptığı çalışmada, firmaların Endüstri 4.0 teknolojilerine yönelik olarak algılarını, organizasyon yapısı ve kaynaklarını araştırmıştır. Çalışma toplamda 21 sorudan oluşan yüz yüze mülakat görüşmesi şeklinde yapılmıştır. Yapılan mülakat görüşmeleri sonunda firmaların Endüstri 4.0'a yönelik dönüşüm için katlanmaları gereken yüksek maliyetlere razı oldukları ve makine kontrolünden daha çok nitelikli insan gücüne ihtiyaç duyulacağını ve bu yönde yatırımlar yapılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Günaydın, (2018), Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi'nde yaptığı çalışmada Endüstri 4.0 devriminin beraberinde getirdiği yeni nesil teknolojilerin üretim faaliyetlerine ve istihdam yapısına nasıl etkiler yapacağını araştırmıştır. Çalışma Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi'nde yer alan 18 firma ile yüz yüze görüşme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda Türkiye gibi ucuz iş gücü maliyeti ile küresel rekabet ortamında yer almaya çalışan ülkelerin Endüstri 4.0 teknolojilerinden olumsuz etkileneceği vurgulanmıştır. Ayrıca yatırımların tekrar yatırım yapan firmaların merkezlerine geri döneceği hatta katılımcılar tarafından sıklıkla dile getirildiği üzere bu yatırımların Asya'ya kayma ihtimalinin olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucunda çıkan bir diğer sonuçta ise Endüstri 4.0 teknolojilerinin uzun ve kısa vadede istihdam krizine neden olacağı belirtilmiştir.

Türkoğlu (2018), Bursa ilinde faaliyet gösteren 20 farklı sektörden, 70 farklı firmanın Endüstri 4.0 teknolojilerini nasıl uyguladıklarını, hazırlık durumlarının

hangi aşamada olduklarını anket aracılığıyla hazırlık modeli üzerinden ele alarak yazına katkıda bulunması amaçlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP) kullanımı ile Endüstri 4.0 farkındalığı arasında güçlü bir ilişki olduğu saptanmıştır. Çalışma sonucunda ortaya çıkan bir başka sonuçta ise Endüstri 4.0 farkındalığının otomotiv sektörü, otomotiv yan sanayi sektörü ve bu sektörlerin tedarikinin gerçekleştiren hammadde sektörlerinde oldukça fazla olduğu belirlenmiştir.

Yılmaz (2018), çalışmasında İzmir ve Manisa’da faaliyet gösteren firmaların Endüstri 4.0 farkındalıklarının ölçülmesini amaçlamıştır. Endüstri 4.0 ile gelecek avantaj ve dezavantajların neler olacağı ve sağlayacağı katma değer neler olabileceğine dair soruların cevaplarını bulmak amacıyla anket çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda firmaların büyük veri, nesnelerin interneti ve fabrika düzeni konusunda farkındalıklarının oldukça yüksek olduğu, bu farkındalığa sahip olan firmaların Endüstri 4.0 teknolojilerini uygulamakta veya uygulamaya hazırlık aşamasında oldukları saptanmıştır. Yapılan çalışma neticesinde elde edilen bir başka sonuç ise Endüstri 4.0 devriminin ana zorlukları standardizasyon, büyük verinin yönetilmesi ve yeni becerilerin kazanılması, Endüstri 4.0’ın sağladığı maliyet tasarrufu ve yeniliklere hızlı ve çevik bir şekilde cevap verebilmesi bu devrimin kolaylıkları olarak görülmektedir.

Akkuşçu (2019), yapılan çalışmada Bursa ilinde Endüstri 4.0 teknolojilerine öncülük edebileceği amacıyla tespit edilen 10 firma ile yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgularda Endüstri 4.0’ın tüm bileşenlerini bünyesinde barındıran herhangi bir firma olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca firma çalışanlarının Endüstri 4.0’a dair olumlu bir yaklaşımı olmadığı sonucuna varılmıştır. Endüstri 4.0 ile orta sınıf kavramının ortadan kalkacağı ve bir alta itileceği, vasıfsız çalışanların istihdam sorunu yaşayacağı ve vasıflı çalışanların da düşük ücretler karşılığında istihdam edileceği görüşü çalışanlar ile yapılan görüşmelerden çıkarılan bir başka sonuçtur.

Barutçu (2019), çalışmasında Bursa ilinde faaliyet gösteren firmalara Endüstri 4.0 noktasında lider konumda bulunan BOSCH San. ve Tic. A.Ş.’de Endüstri 4.0 teknolojilerinin üretim proseslerinde ne gibi etkileri olduğunu

incelemiştir. Çalışma yüz yüze mülakat tekniği ile yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda Endüstri 4.0 teknolojileri ve bu teknolojilerin uygulamaları ile iş geliştirme, verimlilikte artış, kaynak kullanımını en uygun seviyede tutulması, süreç akışlarında hızlanma, maliyet minimizasyonu gibi konularda olumlu etkilere neden olduğu bulguları elde edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen bir başka sonuç ise Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımı ile çalışan insan sayısında bir azalma olmadığı fakat insan kaynaklı hatalarda belirgin bir düşüş olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Baçoğlu (2019), çalışmasında Endüstri 4.0'a geçiş yapmak isteyen bir yönetim mantalitesinin nasıl bir bakış açısına sahip olması gerektiği ve bu minvalde neler yapabileceğini ortaya koymayı amaçlamıştır. Çalışma İzmir'de faaliyet gösteren Endüstri 4.0'a geçiş yapmayı planlayan ya da bu işletmelere çözüm ortaklığı yapmakta olan 15 işletmenin üst düzey yöneticileriyle derinlemesine görüşme tekniği ile yüz yüze görüşmeler yapılarak, betimsel analiz yöntemi ile yapılmıştır. Yapılan çalışma sonunda Endüstri 4.0'ın işletmelere rekabet gücünü arttırıcı bir avantaj sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Yöneticilerin gelecekle ilgili beklentilerinin yüksek olması çalışmada ulaşılan bir diğer sonuçtur. Endüstri 4.0'ın etkisi ile yönetim anlayışlarında, geleneksel iş bölümünde, iş tanımlarında da değişiklikler meydana getirdiği ve gelecekte de değişiklikler meydana getireceği sonucuna ulaşılmıştır.

Bolat (2019), çalışması ile Endüstri 4.0 teknolojilerinin günümüzde ve gelecekte lojistik sektörüne ne gibi etkileri olacağı araştırmış ve sektör yöneticilerinin bu durum ile ilgili görüşlerinin ne olduğunun ortaya çıkarılmasını amaçlamıştır. Araştırma kapsamında Antalya ilinde lojistik sektöründe faaliyet gösteren firmaların yöneticileri ile mülakat görüşmeleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda firmaların Endüstri 4.0 'a yönelik bir çalışma içinde olmadıkları fakat gelecekte meydana getireceği yeniliklerden umutlu oldukları bulgusu elde edilmiştir.

Ekincioglu (2019), çalışmada Bursa ilinde lojistik sektöründe faaliyet gösteren firmaların yöneticileri ile yarı yapılandırılmış mülakat soruları ile yüz yüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Nitel bir araştırmadır. Görüşmeler neticesinde elde

edilen veriler nitel betimsel analiz yöntemi kullanılarak elde edilen bulguların anlamları çözümlenerek tümevarım yöntemi kullanılarak literatürle ilişkilendirilmiştir. Yapılan araştırma sonucunda lojistik sektörünün hizmet kalitesi Endüstri 4.0 teknolojilerinin beraberinde getireceği avantajlar ile artış göstereceği belirtilmiştir. Bunun sonucunda da maliyetlerde azalış, müşteri memnuniyetinde artış, satışların artışıyla beraber kâr oranında artışlar meydana gelecektir. Lojistik faaliyetlerinde ürün teslimat süreleri gözle görülür bir şekilde kısılacaktır. İnsan bazlı hatalar (gözden kaçırma, ihmal, kaza vb.) yerlerini alacak robotlar sayesinde azalacaktır. Nitelikli insan gücü ihtiyacı artacağından, eğitimin öneminin artacağı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Kamber (2019), çalışmada Türkiye imalat sanayinin mevcut teknolojik seviyesinin durumu ve Endüstri 4.0'a olan bakış açısının ne olduğu incelenmiştir. Ülke çapında üretim sektöründe faaliyet gösteren firmalarda çalışan 202 katılımcıya ulaşılarak 5'li likert ölçeğinin kullanıldığı 41 sorudan oluşan farkındalık anketi yapılmıştır. Hazırlanan anket sorularına paralel olarak 13 hipotez oluşturulmuş ve hipotezler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda Endüstri 4.0'a olan bakış açılarındaki farklılıklar sektörel bazda belirlenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bir başka sonuçta ise Endüstri 4.0 farkındalığının katılımcıların mevcut bilgi seviyelerine ve firmalarında bu konu ile ilgili olarak yapılan bir çalışmanın olup olmamasına göre değiştiği bulgusuna erişilmiştir. Katılımcıların Endüstri 4.0'a geçiş konusunda olumlu bir bakış açısına sahip oldukları, fakat işletmelerin mevcut bilgi seviyelerini ve teknolojik alt yapılarının bu geçiş için uygun olmadığı görüşü saptanmıştır.

Soyöz (2019), çalışmada hem firmalara hem de akademisyenlere yapılan iki adet anket çalışması mevcuttur. İşletmelere yapılan çalışmada Endüstri 4.0 farkındalığının boyutunu ölçmek amacıyla 23 sorudan oluşan çevrimiçi anket uygulaması yapılmıştır. Akademisyenlere yönelik yapılan çalışma ise üniversitelerin mühendislik ve işletme bölümlerinde bulunan akademisyenlerin Endüstri 4.0 farkındalıklarının ne seviyede olduğunu ölçmek amacıyla çevrim içi olarak 14 sorudan oluşan bir anket formu hazırlanıp gönderilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda firmalara yapılan anket çalışmasından elde edilen bulgularda KOBİ'lerde Endüstri 4.0 farkındalığı %73,35 gibi yüksek bir oranda çıkmıştır.

Fakat Endüstri 4.0 uygulamalarının çok düşük düzeyde gerçekleştiği görülmüştür. Akademisyenlere yapılan çalışmanın sonucunda ise farkındalık %100 çıkmış fakat Endüstri 4.0 alanında yapılan çalışmaların istenen düzeyde olmadığı gözlemlenmiştir.

Ulusoy (2019), çalışmada lojistik sektöründe faaliyet gösteren firmaların Endüstri 4.0'ın bileşenlerini kullanması durumunda operasyonel verimliliklerinin nasıl etkilendiğini belirlemek hedeflenmiştir. Çalışmada lojistik firmalarının operasyonel verimlilikleri, sevkiyat, depolama, sipariş yönetimi ve müşteri hizmetleri açılarından yapılan inceleme ile maliyet verimliliğine olan etkileri değerlendirilmiştir. Çalışmada İstanbul'da faaliyet gösteren ve Endüstri 4.0 uygulamalarını etkin bir şekilde kullanan 8 lojistik firması ile yarı yapılandırılmış ve derinlemesine mülakat, gözlem ve doküman yöntemleri kullanılarak veri toplanmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde çıkan sonuç firmaların Endüstri 4.0 ile ilgili vizyonlarını geliştirmeleri gerektiği, Ar-Ge ve teknoloji yatırımlarına önem vermeleri, mevcut kaynak kullanımını optimum seviyede gerçekleştirmeleri ve işletmenin rutin işlerini ve işleyişin dijitalleştirerek daha şeffaf bir şekilde yürütülmesini ve hataların minimize edilerek verimin artması sağlamalıdır.

Yeldan (2019), yapılan çalışma ile İzmir ili ve çevre illerde faaliyet gösteren yaklaşık 1500 işletmenin Endüstri 4.0 teknolojilerine yönelik farkındalık düzeylerinin ölçülmesi ve Endüstri 4.0 teknolojilerine yönelik hazırlık durumlarının hangi düzeyde olduğunu belirlemek hedeflenmiştir. Firmalara bilgi teknolojileri yöneticilerinin veya bilgi teknolojileri birimi çalışanlarının cevaplamaları için anket formu gönderilmiştir. Çalışmanın sonucunda dünyada ve ülkemizde ki mevcut durumun benzeri bir sonuç İzmir ilinde ve çevre illerde faaliyet gösteren işletmeler açısından da aynı paralellikte bulgular elde edilmiştir.

Akyüz (2020), çalışmanın amacı TR52 bölgesinde faaliyet gösteren imalat işletmelerinin Endüstri 4.0 farkındalığını incelemektir. Firmaların Endüstri 4.0'a yönelik hedeflerinin neler olduğu ve Endüstri 4.0 teknolojisine hazırlık sürecinde teknolojik alt yapılarının yeterli olup olmadığının incelenmesi de amaçlanmaktadır. Bu amaçlar doğrultusunda TR52 bölgesini meydana getiren Karaman ve Konya

illerinde faaliyet göstermekte olan 180 firma ile çevrim içi anketler aracılığıyla elde edilen bir veri seti kullanılmıştır. Anket formu 3 bölüm ve 44 sorudan meydana gelmektedir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgular firmaların Endüstri 4.0 teknolojilerinin beraberinde getirdiği teknolojik gelişmelere yönelik farkındalıklarının yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Firmalar hem ulusal hem de küresel bazda gelecekte Endüstri 4.0 teknolojileri ile rekabet avantajı elde edileceğini ve gelecekte bu rekabet ortamında yer alabilmek için Endüstri 4.0 teknolojilerine uygun alt yapı çalışmalarının yapılmasının gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Endüstri 4.0 teknolojileri ile hem verimlilik artışının hem de müşteri portföyünün gelişmesinin mümkün olduğu da çalışmada elde edilen bir başka sonuçtur. Endüstri 4.0 teknolojilerinin istihdama olumlu bir etkisinin olacağına dair bir bulgu elde edilmezken, Endüstri 4.0 devrimi ile birlikte yeni iş kolları oluşacağı sonucuna ulaşılmaktadır. Endüstri 4.0 için gerekli olan değişim maliyetlerinin firmaların tek başlarına karşılayamayacağı bunun için devlet desteği gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Arslanalp (2020), yapılan araştırmanın amacı; Zonguldak ili ve ilçelerinde faaliyet gösteren üretim işletmelerinin Endüstri 4.0 teknolojilerine yönelik farkındalıklarının hangi boyutta olduğunu öğrenmek, Endüstri 4.0'a geçiş aşamasında var olan eksikliklerini tespit etmek ve bu tespitler ışığında çözüm önerileri sunmaktır. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen bulgular ışığında firma büyüklükleri baz alınarak yapılan analizlerden elde edilen veriler işletmelerin Endüstri 4.0 farkındalıklarına dair bir farklılık göstermemiştir. Farklı sektörler arasında yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular kapsamında mevcut teknolojik alt yapı yeterliliğinin ve sahip olunan kaynakların sektörler arasında farklılıklar gösterdiği ve mevcut kaynakların ve kabiliyetlerin eşit düzeyde olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çelik (2020), yapılan çalışma ile Gaziantep ilinde faaliyet gösteren makine halısı üreticilerinin, Endüstri 4.0 teknolojileri ile birlikte öğrenme yönelimleri, pazar yönelimleri, rekabet stratejileri arasındaki ilişkinin hangi boyutta olduğunu öğrenmek ve tüm bu kavramların firma-pazar kavramı üzerindeki etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Araştırma örneklemini oluşturan ilgili sektörde faaliyet gösteren işletmelerin bu bölgede kümелendikleri bilinmektedir. İlgili sektörde

faaliyet gösteren firmaların mevcut rekabet ortamında ellerinde bulundurdıkları rekabet avantajını koruyabilmeleri için Endüstri 4.0 teknolojilerine adapte olmaları gerekmektedir. Bölge özelinde faaliyet gösteren firma sayısı 135'tir. 102 firma ile görüşülerek elde edilen veriler yapısal eşitlik modeli ile analiz edilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bulgular Endüstri 4.0 teknolojileri ve farklılaştırma stratejilerinin pazar performansını etkiledikleri ayrıca Endüstri 4.0 teknolojilerinin farklılaştırma stratejisi ile pazar performansı ilişkisi üzerinde ve öğrenme yönelimi ile pazar performansı ilişkisi üzerinde aracı bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Gerekli (2020), yapılan çalışmanın amacı Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletme performanslarını ve verimliliklerini ne yönde etkilendiğini belirlemektir. Çalışmanın amacı doğrultusunda Kahramanmaraş ilinde hazır giyim sektöründe faaliyet göstermekte olan bir üretim işletmesinin 30 aylık dönemi kapsayan faaliyetlerinin günlük verileri toplanarak teknolojik alt yapı ve sistem yatırımı öncesi ve sonrasına dair işletme verimliliğinin ne yönde etkilendiğine dair vaka analizi çalışması yapılmıştır. Teknolojik alt yapı ve sistem yatırımları sonrası ilgili yatırımların üretim süreçlerine entegre edilmesi ile işletmenin mevcut performansı ile ilgili veriler elde edebilmek için ilgili yıllara ait finansal verileri incelenerek işletmenin kârlılığı, satılan mamül maliyeti ve depolama maliyetleri incelenerek yapılan teknolojik yatırımın işletme performansına olan etkisinin ne yönde olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır. 2018 ve 2019 faaliyet yılları içerisinde elde edilmiş veriler incelendiğinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin işletmenin verimliliğini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. İşletme performansının ne yönde etkilendiğini belirlemek üzere karşılaştırmaları yapılan kârlılık, satılan mamül ve depolama maliyetleri incelendiğinde de Endüstri 4.0 teknolojileri ile pozitif yönde etkilendiği sonucuna ulaşılmıştır.

Gürsoy (2020), çalışmanın amacı yalın üretim sistemlerinde üretim süreçlerinin ve hatlarının dijitalleştirilmesi ve Endüstri 4.0 ile bu süreçlerin tamamının optimize edilmesidir. Benimsenen bu görüş doğrultusunda küresel üretim ve satışta rekabet gücünün daha iyi seviyelere getirilmesi amaçlanmıştır. Kendi kendisini optimize edebilen ve “Üretim Veri Toplama ve Barkodlu Ürün Takip Otomasyonu” olarak adlandırılan projede, üretim süreçlerinde meydana

gelen olumsuzlukların nedeninin ne olduğu tespit edilmiş ve üretim hatlarından toplanan ve hedeflenen verimlilik değerlerini üretim süreçlerine entegre olan diğer iş merkezlerinden elde edilen anlık veriler ile karşılaştırmıştır. Bunlara ek olarak üretim süreleri, hurda, duruş ve üretim elemanlarında meydana gelen arızalarla ve süreçlerle ilgili veriler de takip edilmiştir. Elde edilen verilerin tamamı anlık olarak ERP sistemine aktarılarak ürün ve stok takibinin gerçek zamanlı olarak yapılması, ulaşılan veriler ile verimliliği artırıcı, maliyetleri azaltan çalışmalar yapılması, üretim süreçlerinin optimize edilmesi, üretimin tüm safhalarında sistemin anlık takip edilmesi ve elde edilen veri girdilerinin raporlanması sayesinde süreçlerde meydana gelen ve gelebilecek tüm sorunların engellenmesi hedeflenmiştir. Yapılan çalışmada Aydın ilinde otomotiv yan sanayi sektöründe faaliyet gösteren, yalın üretim anlayışı ile üretim yapan işletmedeki yalın üretim istasyonlarının dijital dönüşüm süreçleri araştırılmıştır. MES (Manufacturing Execution System) olarak adlandırılan dijital üretim yönetimi sistemi kullanılmıştır. MES sisteminden elde edilen verilerin girişleri, analizleri, takibi ve verilerin doğru yorumlanması aracılığı ile Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) yöntemi uygulanmıştır. OEE değerlerinin artırılması ve süreçlerin optimizasyonlarının daha sağlıklı bir şekilde yapılması hedefli uygulamalar yapılmıştır. Hedeflenen uygulamaların yapılabilmesi için pilot hat olarak seçilen örnek uygulama istasyonunda; geçmişteki sistemden elde edilen veriler ile pilot uygulama hattına manuel olarak girişleri yapılan verilerin 2019 yılı Ağustos-Eylül-Ekim aylarının OEE ortalamaları, MES'ten elde edilen anlık veriler aracılığıyla elde edilen ve sistemin kendisi tarafından hesaplanan 2019 yılı Kasım-Aralık ve 2020 yılı Ocak ayına ait OEE ortalamaları birbirleriyle ve dünya genelindeki ideal OEE ortalamaları ile kıyaslanmıştır. Yapılan çalışma sonunda elde edilen sayısal veriler tek başına dijitalleşmenin verimlilik üzerinde nasıl bir etki yaptığını göstermez. Tasarlanan düşünceleri hedef faaliyetlere yönelik fiiliyata dökülebilmeleri için güçlü bir üniversite-sanayi-devlet iş birliği ile hareket edilerek sağlıklı ve sürdürülebilirliği olan bir tablo göz önüne serilebilir. Firmaların güçlü bir dijital dönüşüm gerçekleştirebilmeleri için tüm işletme içi organizasyonlarının birbirleri ile entegre olmaları sayesinde uygulayacakları Endüstri 4.0 uygulamaları ile işletme verimliliğini arttırmaları mümkün olacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. GÜBRE ÜRETİM TESİSİ’NİN TEKNOLOJİK ALT YAPISININ ENDÜSTRİ 4.0 TEKNOLOJİLERİNE UYGUN OLUP OLMADIĞININ ÖLÇÜLMESİ

3.1 GÜBRE TESİSİNİN TEKNOLOJİK ALT YAPISININ ENDÜSTRİ 4.0’A YAKINLIĞINI VE YATKINLIĞINI ÖLÇEN BİR VAKA ANALİZİ

3.1.1 Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışma ile; amonyum sülfat gübresi üreten kimyasal bir üretim tesisinin süreçlerini hangi boyutta bu yeni nesil teknolojilere uyarlayabileceği ve mevcut teknolojik alt yapılarının yeni nesil teknolojilere ne kadar yakın ve olası bir değişime ne kadar yatkın olduğu sorusunun cevabını alabilmek amaçlanmaktadır.

Çalışma, Samsun ilinde faaliyet gösteren, firmanın Samsun üretim tesisi içinde bulunan, birbirleri ile entegre halde çalışan 3 farklı tesisten teknolojik alt yapı olarak daha yeni sistemlerle donatılmış olan, 2014 yılında faaliyete geçen gübre tesisinde yapılmıştır.

Çalışmada firma yöneticilerine sorulan soruların bir kısmı Çıkdın’ın (2018) İşletmelerin Organizasyon Yapısı ve Kaynakları Açısından Endüstri 4.0 Eğiliminin Değerlendirilmesi: Antalya İli Örneği isimli çalışmasından ve Barutçu’nun (2019) Endüstri 4.0 Uygulamalarının Üretim Süreçlerine Etkisi: Bosch Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi Örneği isimli çalışmalarından alıntılanmıştır.

3.1.2 Araştırmanın Önemi

Bu araştırma; daha çok yeni bir kavram olan Endüstri 4.0 kavramının daha kolay anlaşılması, bir üretim tesisinin alt yapısının Endüstri 4.0’a teknolojik alt yapı

olarak ne kadar yakın ve işletme yöneticilerinin Endüstri 4.0 ile ilgili farkındalıklarının hangi boyutta olduğunu anlamak açısından önem arz etmektedir.

Yapılan çalışma ile bir kimyasal üretim tesisinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanıp uygulanamayağı, uygulanabilirse hangi boyutta uygulanabileceği araştırılmıştır. Kimyasal tesislerin teknolojik alt yapıları göz önüne alındığında Endüstri 4.0 teknolojilerine ne kadar yakın oldukları incelenmiştir.

Çalışma yazında çok fazla tercih edilmemiş olan nitel araştırma yöntemleri ile yapılmış olması ve elde edilen verilerin betimsel analiz ile yapılmış olması açısından da önem arz etmektedir.

3.1.3 Araştırmanın Yöntemi

Araştırma nitel araştırma yöntemlerinden bir tanesi olan görüşme (mülakat) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Görüşme yöntemi kendi içinde yapılandırılmış, yarı yapılandırılmış ve yapılandırılmamış olarak üçe ayrılmaktadır. Bu çalışmada yarı yapılandırılmış mülakat yöntemi kullanılmış, daha önceden hazırlanan sorular paralelinde, gerek görülen yerlerde firma gübre tesisi baş mühendisi, üretim müdürü, otomasyon sistemleri baş mühendisi ve bilgi işlem sorumlusuna daha derinlemesine sorular sorularak mülakat tamamlanmıştır. Yapılan görüşmeler esnasında yetkililerin müsaadeleri alınarak ses kayıt cihazı kullanılmıştır. Görüşmede cevaplayıcılara yöneltilen sorular Ek-1’ de gösterilmiştir.

Görüşme yöntemi sosyal bilimlerde kullanılan en yaygın veri toplama yöntemidir çünkü kişilerin tecrübelerine, tutum ve davranışlarına, görüşlerine, şikayetçi olduğu şeylere, duygu ve inançlarına dair bilgi edinmekte son derece etkili bir yöntemdir. Nitel araştırma ile yapılan çalışmalar ile anket çalışmaları kıyaslandığında nitel araştırmaların birçok artısı vardır. Nitel araştırmalar; esneklik sağlaması, cevaplayıcıların yanıt verme oranları, gözlemlenebilen sözel olmayan davranışlar, görüşmeyi istediğiniz yöne çekebilmek adına ortam kontrolünün sağlanabilmesi, sorduğunuz soruların sırası, cevaplayıcının anlık tepkisi, veri kaynağını teyit edebilme, derinlemesine bilgi elde edebilme gibi birçok avantaj sağlamaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2004: 105).

3.1.4 Araştırmanın Sınırları

Başlangıçta araştırmanın Samsun ilinin İmalat İşletmelerinin Endüstri 4.0'a yatkınlığını ankete dayalı şekilde ölçmek şeklinde tasarlanmıştı, ancak Covid-19 sürecinde yüz yüze anket yapmanın mümkün olmadığı, online anketlere ise dönüş oranının çok düşük olması nedeniyle çalışma mülakata dayalı bir çalışmaya çevrilmiştir, personel dışı ziyaretçi kabul edilmemesi nedeniyle de birden çok işletme yerine tek bir işletme ile görüşme yapılmıştır. Daha çok firmaya yönelik olarak yapılamaması nedeni ile çalışmanın yapıldığı Samsun ilinin Endüstri 4.0'a yönelik olarak alt yapısının Endüstri 4.0 'a uygunluğunun ve yatkınlığının ölçülememesi çalışmanın kısıtlarındandır.

Endüstri 4.0'ın yazında henüz yeni bir konu olması ve daha çok mühendislik alanında yapılmış çalışmalarda daha çok ele alınması bir kısıttır. Üretim teknolojilerinin Endüstri 4.0'a uygunluğunu ölçen tek bir firmaya yönelik vaka analizi çalışmasının yapılmamış olması nedeni ile hazır bir ölçek bulunmaması araştırmanın kısıtlarındandır.

3.1.5 Araştırma Yapılan Firmaya Yönelik Bilgiler

Firma devlet politikaları kapsamında madencilik ve metalurjik olarak 1970'lerde kurulan Karadeniz bakır işletmesinin özelleştirilmesi ile beraber Samsun Tekkeköy bölgesinde kalko pirit cevherinden bakır üretimi yapılmaktadır. 2004 yılında devlet politikaları gereği kamuya ait işletmelerin özelleştirilmesi kapsamında özel sektör faaliyetinde bulunun bir gruba satışı gerçekleştirilmiş ve özelleştirilmiştir. Tesisin ana faaliyet kapsamı bakır üretimidir. Bakır üretimi sırasında elde edilen sülfür gazından tesis içerisinde kurulu olan özel bir sistem aracılığıyla sülfürik asit üretimi yapılmaktadır. Bakır konsantresinden kazanılan sülfür gazının sülfürik asite dönüştürülmesi akabinde de bunu amonyak gazı ile nötralizasyonu sonucunda amonyum sülfat gübresi üretilmektedir. Amonyum sülfat içerisindeki %21 azot ihtiva eden özel bir gübre çeşididir. Birçok kompoze gübrenin hammadde olarak kullanılabilinmektedir, bunun dışında toprağın azot ihtiyacını karşılamaktadır. Firma gübre sektöründe faaliyet göstermektedir. Birçok gübre çeşidinin üretiminde ham madde olarak kullanılan ve ülkemizde tarım alanında yaygın olarak kullanılan Amonyum sülfat gübresi üretmektedir. Firma şu

an ülke çapında 800.000 ton olan yıllık Amonyum sülfat gübresi ihtiyacının hemen hemen tamamını karşılayabilmektedir. Yıllık 600.000 tonluk üretim kapasitesi ile pazarda lider firma pozisyonunda yer almaktadır. Firmanın satışları sadece yurt içi bazlı değildir. Dünyanın birçok ülkesine deniz yolu ile gübre ihracatı yapabilmektedir. Hem ulusal çapta hem de global çapta yaptığı satışlarla hem yurt içi piyasada sıcak para akışını, hem de yaptığı ihracatlar ile döviz girdisi sağlayarak ülkenin ekonomik kalkınmasına katkı sağlamaktadır. Tesiste çalışan personel sayısı 2 adet üretim mühendisi, 5 adet vardiya formeni, 13 adet üretim operatörü ve 10 adet saha personeli olmak üzere beyaz ve mavi yaka toplam 30 personel çalışmaktadır. 24 saat 365 gün çalışma düzeni ile 7/24 bir çalışma düzeni mevcuttur, Firmanın günlük üretim kapasitesi 1.810 tondur.

3.1.5 Endüstri 4.0'a Yönelik Görüşme Değerlendirmeleri

Cevaplayıcılardan ilk olarak tesisin üretim süreçlerinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanılabilirliğinin olup olmadığı ve Endüstri 4.0 teknolojisi ile üretim süreçlerine eklenmiş bir inovasyonun mevcut olup olmadığının öğrenilmesi amaçlanmıştır. Üretim hattında Endüstri 4.0 teknolojilerine yönelik olarak sorulan bazı soruların cevapları birbirleri ile benzerlik gösterdiğinden, analizin bu kısmında soruların içeriği birbirlerine eklenmiş ve analiz edilmiştir. Sorular hem Amonyum Sülfat Gübre Tesisi baş mühendisi hem de firma üretim müdürüne yöneltilmiştir. Yöneticilerin Endüstri 4.0 kavramı ile ilgili vermiş oldukları cevaplar bu analizin içine dahil edilmiştir. Endüstri 4.0'ın bileşenlerinden olan 3D Yazıcılar, Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri, Robotik Sistemler, Akıllı Fabrikalar, Yapay Zekâ, Artırılmış Gerçeklik bu işletme ile ilgili teknolojiler olmadığından sorularda bu teknolojilerin mevcut olup olmadığı sorulmamıştır.

Tercih edilen üretim yaklaşımında Endüstri 4.0 uygulamasına yönelik yönetici görüşü nedir?

Tercih edilen üretim yaklaşımında Endüstri 4.0 uygulamasına yönelik, ilgili yöneticilerin görüşleri alınmıştır. Bu süreçte tesisteki çalışanları yarı otomasyon sistemiyle sürdürdüklerini aynı zamanda entegre tesislerde etkileşim sonucu olumlu veya olumsuz dönüşlerden ötürü Endüstri 4.0 uygulamasına

geçilemediğini bildirmektedir. Bunun yanı sıra kullanılan sistem ve makinelerden ötürü kontrol açısından insan faktörünün süreç içerisinde önemli olduğunu ancak ileriki dönemlerde insan gücü faktörünü azaltacak araştırmalar yaptıklarını ve teknolojik gelişmeleri takip ettiklerini ifade etmektedir. Buna ek olarak süreç içerisinde insan faktörünün tam olarak sıfırlanamayacağını ancak azaltılacağı yönünde gelişmelere dikkat ettikleri şeklinde görüşlerini belirtmektedir.

Cevaplayıcı üretim baş mühendisi bu durumu şöyle özetlemektedir:

Kısaca bahsedecek olursak yeni yaklaşımlar ve uygulamalar üzerinde çalışmalar ve araştırmalar yapıyoruz. Endüstri 4.0 uygulaması biliyorsunuz insansız tamamen birbirleri ile haberleşen makine sistemleri ile daha az risk alınan daha kaliteli ürün elde etmek ve daha stabil halde çalışmayı öngörüyor. Bizim sistemimiz sürekli bir sistem. Hedef bazlı yarı otomasyon ile çalışıyoruz tesisimiz Entegre olduğu için diğer tesislerin çalışmasıyla da bağlantılı. Baktığımız zaman otomasyon sistemleri ile çalışıyoruz otomasyonun ihtiyaçlarını karşılayacak belli parametreler var. Bu parametreleri devamlı sağlamamız gerekiyor. Entegre tesislerde maalesef bazen etkileşimden dolayı olumlu ve olumsuz dönüşler olabiliyor bu yüzden Endüstri 4.0'a geçemiyoruz. Biz kimyasal bir tesis olduğumuz için kimyasal tesislerde kontrolün tamamen elden çıkarılıp inisiyatif alınması gereken durumlar olduğundan mevcut sistemde devam etmek zorundayız, Tabii ki uyarı sistemlerimiz mevcut birçok işi işlemi makinelere ve sistemlere yaptırmamıza rağmen bunun kontrolü için insan faktörünü ihtiyacımız var bu insan faktöründen dolayı ve şu an kullandığımız sistem dolayısı ile endüstri 4.0 uygulaması yapamıyoruz, fakat ilerleyen dönemlerde bu insan gücü faktörünü azaltacak araştırmalar içindeyiz.

Cevaplayıcı üretim müdürü ise tesisin mevcut teknolojik altyapısı ile Endüstri 4.0 teknolojilerine geçilip geçilemeyeceği veya ileride bir yatırım yapıp yapılamayacağı ile ilgili soruyu şöyle özetlemiştir:

Öncelikle şunu belirtmekte fayda olduğunu görüyorum. Tabii ki bu kadar büyük yatırımlar yapılarak hizmete sunulan ve ülkemizin bu alandaki ihtiyacının neredeyse tamamına yakınına karşılama kapasitesine sahip böyle büyük bir tesisin

teknolojik alt yapısını iyileştirmek için gerekli olan inovasyonları tesisimize kazandırmak adına çalışmalar yapıyor ve bu konu ile ilgili olarak ciddi mesai harcıyoruz. Şu anda yarı otomasyon sistemleri kullanıyoruz, tesisin daha yoğun otomasyon ile çalışmasını sağlamak için yukarıda da belirttiğim gibi çalışmalarımız mevcut. Fakat bu tesis bir kimyasal tesis olduğundan bazı noktalarda maalesef tıkanıyoruz ve bu yüzden Endüstri 4.0 ile ilgili uygulamaları net bir şekilde hayata geçirme fırsatımız olmuyor. Lakin mevcut üretim süreçlerimiz için yapılabilecek olan bir iyileştirme varsa bunu hayata geçirmek için gerekli çalışmaları hemen başlatıyoruz. İnsan faktörüne olan ihtiyacı azaltmak adına yaptığımız çalışmalar mevcut lakin tamamen Endüstri 4.0 ile ilgili bir geliştirme yapamıyoruz.

Endüstri 4.0'a geçiş için firmanızın mevcut bilgi seviyesi yeterliliği nedir?

Firmanın endüstri 4.0'a yönelik bilgi düzeyine ilişkin yönetici görüşü alınmıştır. İlgili yöneticiler üretilen ürünün niteliğini ve ülke ihtiyacına cevap verebilecek yetkin bir marka olduklarını, teknik ve bilgi işlem teknolojileri açısından güçlü bir alt yapıya sahip olduklarını, teknolojik gelişmelerin takip edildiğini belirtmektedir. Buna ilaveten tam anlamıyla Endüstri 4.0 uygulamaları mümkün olmasa da akıllı sistemler ile çalışabilme, teknolojik dönüşüm ve dijitalleşme hususunda Endüstri 4.0'a yönelik yeterli bilgi sahibi oldukları şeklinde görüş belirtmektedir.

Cevaplayıcı üretim müdürü tesisin Endüstri 4.0'a geçiş için firmanın bilgi seviyesinin yeterli olup olmadığı veya ileride bir yatırım yapıp yapılamayacağı ile ilgili soruyu şöyle cevaplamıştır:

Firmamız ürettiği ürün niteliği ve ülke ihtiyacına cevap verebilme adına oldukça yetkin ve üretim alanında çok tecrübeli ve büyük bir marka. Gerek

teknolojik gerekse teknik ve bilgi işlem teknolojileri adına oldukça yeterli ve güçlü bir altyapıya sahibiz. Mühendis kadromuzda yer alan personellerimiz sürekli olarak teknolojik gelişmeleri takip ederek bu teknolojik gelişmelerin üretim hatlarımıza ve üretim süreçlerimize ne gibi katkı ve kolaylık sağlayabileceği konusunda, mevcut üretim süreçlerimizin optimizasyonu konusunda AR-GE faaliyetleri sürdürmektedirler. Tamamen Endüstri 4,0'a geçiş, faaliyet gösterdiğimiz sektör dolayısıyla mümkün olmasa da daha akıllı sistemler ile çalışabilme adına, insan faktörünü yapabileceğimizin maksimum düzeyinde azaltmak adına yapmış olduğumuz çalışmalar teknolojik dönüşüm ve dijitalleşme adına Endüstri 4.0 için yeterli bilgi seviyesinde olduğumuzu göstermektedir.

Firmanız Endüstri 4.0 kavramı ile ilgili bir yatırım planlaması yapıyor mu?

Endüstri 4.0 kavramına ilişkin yatırım planlaması konusuna yönelik yöneticilerin görüşleri alınmıştır. İlgili yöneticiler yatırım planlamalarının olduğunu, bu hususta insan faktöründen uzaklaşarak iş yükünü azaltmak aynı zamanda zihinsel ve fiziksel yoğunluğu azaltmak amacıyla çeşitli çalışmalar yaptıklarını belirtmektedir. Bunun yanı sıra diğer firmaların kullandıkları teknolojileri incelemek ve kullanılabilirliğini araştırmak, daha kolay ve basit yöntemleri içeren sistemlere geçilmesi konusunda çeşitli yatırım planlamalarının olduğu şeklinde görüşlerini ifade etmektedirler.

Cevaplayıcı üretim baş mühendisi bu durumu şöyle özetlemektedir:

Yatırım planlamalarımız var tabii. Endüstri 4.0'a uygun hale getirme adına ve insan faktöründen ne kadar uzaklaşıp veya insan faktöründeki iş yükünü zihinsel ve fiziksel yoğunluğu minimize etme ve buradaki örnekleri yaşatma adına çalışmalar yapıyor. Bununla ilgili sürekli çalışmalar yapıyoruz daha kolay daha basit hangi yöntemlere geçirebilir hangi sistemler kurulabilir bu doğrultuda çalışmalar var bazı firmaların yeni yapmış olduğu teknolojileri kullanabilir miyiz feasible mı bu konuda da çalışan bir ekibimiz var. Bu ekip sürekli bu konu üzerine çalışıyor buradaki iş yükünün nasıl düşürebiliriz zihinsel yoğunluk ve fiziksel yoğunluğu nasıl azaltabiliriz sürekli bununla ilgili bir çalışma var.

Cevaplayıcı üretim müdürü ise Firmalarının gelecekte Endüstri 4.0 ile ilgili bir planlamalarının olup olmadığına dair soruya dair görüşlerini şu şekilde özetlemektedir:

Gelecek adına bu konu ile ilgili ciddi çalışmalarımız var. Planlaması yapılmış ve hayata geçirilecek olan yeni yatırımlarımızda, bu teknolojik seviyeyi yakalamak adına çok ciddi şekilde adımlar atıyoruz. Fakat bir önceki soruda da belirttiğim gibi bu konu ile ilgili tamamen akıllı sistemler ile donatılmış bir tesis kurmamız pek mümkün değil. Ancak Endüstri 4.0 ile gelen inovasyonları mümkün olduğu kadarı ile tesisimizde uygulayacağız

Yeni bir tesis yatırımınız var mı? Eğer varsa Endüstri 4.0 teknolojilerinin yer aldığı bir uygulama düşünüyor musunuz?

Yapılacak olan yeni tesiste Endüstri 4.0 uygulamalarının olup olmayacağına dair yöneticilerin görüşleri alınmıştır. İlgili yöneticiler bu konuda oldukça olumlu adımlar atıldığını firma bünyesinde Mardin ili Mazıdağı ilçesinde bulunan DAP tesisinde pilot uygulamalar yapıldığını, yurt dışı menşeli bir firmadan teknolojik destek alınmakta olduğunu belirtmektedir. Yapılan pilot uygulamalardan olumlu sonuçlar alınması halinde devam eden AR-GE faaliyetleri kapsamında firmanın merkezi durumunda bulunan Samsun ilinde bulunan işletme içerisinde yapımına başlanan DAP tesisinde Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanacağını belirtmektedirler.

Cevaplayıcı üretim baş mühendisi bu durumu şöyle özetlemektedir:

Şöyle söyleyeyim isim vermek istemiyorum ama dünyanın önde gelen firmalarından biri olan İspanyol bir firma ile bu konu hakkında sürekli iletişim halindeyiz. Bunun dışında Türkiye'deki en büyük DAP tesisi Mardin Mazıdağı'nda bulunan ETİ gübre firmamızın diğer bir kolu aynı şirket bünyesinde farklı bir tesis, burada bir test aşaması var bazı ekipmanlar ve sistemler burada test ediliyor. Eğer

test sonucunda bu AR-GE çalışması olumlu sonuçlanırsa Samsun'da yapılacak tesislerde de bu yeni nesil teknolojik sistemlerin kullanımı olacak fakat burada da net bir şekilde endüstri 4.0'ı uyguluyoruz diyemeyiz ama Endüstri 4.0'a uygun olarak insan faktörünün azaltılıp daha çok otomasyonla ve sistematik olarak çalışılabilecek bir yatırım yapıldı, testleri devam ediyor AR-GE çalışması sonuçlandığında iyileştirmelere firmamız devam edecek.

Endüstri 4.0 veya benzeri teknolojik yaklaşımların firmanıza katkısı olacağını düşünüyor musunuz?

Endüstri 4.0 veya benzeri teknolojik yaklaşımların katkısına ilişkin yönetici görüşleri alınmıştır. İlgili yöneticiler ileri teknoloji ile birçok avantaj elde edilebileceklerini, çağın getirdiği yeniliklere uyum sağlamak ve rekabet ortamında avantaj yakalama konusunda katkı sağlayacağı şeklinde görüş belirtmektedirler. Aynı zamanda bu hususta Ar-Ge çalışmaları yaptıklarını ve insan gücünü minimize edecek teknolojik gelişmeleri en kısa sürede kazandırmayı hedeflediklerini bildirmektedirler.

Cevaplayıcı üretim baş mühendisi bu durumu şöyle özetlemektedir:

Yüksek teknoloji ile çağa uyum sağlamak tabii ki her firmaya birçok avantaj sağlamaktadır ve sağlayacaktır da. Çağın getirdiği yeniliklere ve inovasyonlara uyum sağlamak ve cevap vermek firmaları rekabet ortamında her zaman avantajlı kılacaktır. Biz de firma olarak daha önceki cevaplarda da belirttiğim üzere üretim tesisimizde ürettiğimiz ürün grubunun sahip olduğu tesis yapısında Ar-ge çalışmaları yapmaktayız, mevcut iyileştirmelerimizden elde ettiğimiz verimi gördükten sonra elimizden geldiğince insan gücünü minimize edecek teknolojik gelişmeleri işletmemize en kısa sürede kazandırarak bu teknolojik gelişmenin bizlere katacağı avantajlardan bir an evvel faydalanmak istiyoruz.

Cevaplayıcı üretim müdürü ise Endüstri 4.0 veya benzeri teknolojik yaklaşımların firmanıza katkısı olacağını düşünüyor musunuz sorusuna dair görüşlerini şu şekilde özetlemektedir:

Teknoloji yoğun olarak üretim yapmak her firmaya artı bir değer katacaktır çünkü yüksek teknoloji ile donatılmış bir tesiste üretim makine yoğun bir şekilde yapılacağı için üretimin daha az sorunlu bir şekilde sürdürülebilirliği söz konusu olacaktır. Şimdi bizim gübre tesisimizde hatlardan bazı verileri personelimiz bizzat sahadan kendisi almak zorunda kalıyor. Mesela bunun için hemen bir örnek vereyim asit hattından numune almak zorunda kalıyor saha personellerimiz. Bizim bu işleri insan gücünden arındırmak için yaptığımız çalışmalar var. Daha önceki sorularda insan unsurunu minimize etmek amacımız derken bu tarz işlemlerin artık insan faktörü olmadan yapılmasını kastediyordum. Bu konu ile ilgili olarak çok ciddi mesafeler kat ettik. Hem yüksek teknoloji, bizi global rekabet ortamında da daha ileri götürecektir. Çağın gerektirdiği şekilde yüksek teknolojiyi tesisimize kazandırmak ve yakın gelecekte inşa edeceğimiz yeni tesislerimizi elverdiği kadarı ile bu yüksek teknolojiler ile donatmak istiyoruz.

Firmanız bünyesinde mevcut bir AR-GE merkezi bulunmakta mıdır?

Firma bünyesinde mevcut AR-GE merkezi olup olmadığına yönelik yönetici görüşleri alınmıştır. İlgili yönetici firma içerisinde mevcut AR-GE merkezinin bulunmadığını ancak firmanın bir grup bünyesinde faaliyet gösterdiğini ve grup bünyesinde mevcut olan AR-GE merkezinden faydalandıklarını belirtmektedir. Bunun yanı sıra işletme bünyesinde yapımı devam eden bir AR-GE merkezi inşaatının olduğunu ve tamamlandığında merkezin kurulacağını ifade etmektedir.

Cevaplayıcı üretim baş mühendisi bu durumu şöyle özetlemektedir:

Firmamızın mevcut bir AR-GE merkezi bulunmamaktadır. Fakat firmamız bir gruba bağlı bir şirket olduğundan grup bünyesinde yer alan AR-GE merkezinden faydalanmaktayız. Şu an işletmemiz bünyesinde yapımı devam eden

bir AR-GE merkezi inşaatımız mevcuttur. İnşaatın tamamlanması ile AR-GE merkezimizin kurulumu da tamamlanacaktır,

Amonyum Sülfat Gübre Tesisinin üretim hatlarında sahip olduğu mevcut teknolojik durum hakkında üretim yöneticileri ile yapılan görüşmelerden sonra, Endüstri 4.0 teknolojisinin bileşenlerinin işletmede kullanılıp kullanılmadığı ile ilgili sorular Otomasyon Sistemleri ve Elektrik baş mühendisi ve Bilgi İşlem Birimi sorumlusu ile görüşülmüştür. Yapılan görüşmeler neticesinde mevcut olan bileşenler ve dijital dönüşümde önemli bir yere sahip olan ERP (Enterprise Resource Planning-Kurumsal Kaynak Planlaması) programlarının işletmede kullanılıp kullanılmadığı ile ilgili olan sorular ilgili birim yetkililerine sorulmuş olup, alınan cevaplar neticesinde gerekli analizler yapılmıştır.

Bulut tabanlı bilişim sistemleri Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerindendir, firmanız mevcut verileri saklamak için bulut tabanlı sistemler kullanmakta mıdır?

Firmanın mevcut verileri saklamak için bulut tabanlı sistemleri kullanımına ilişkin yönetici görüşleri alınmıştır. Yöneticiler 2014 yılı itibariyle üretim hatlarından elde ettikleri verilerin tamamını bulut sistemde depoladıklarını ve bilgi sistemleri alt yapılarının Endüstri 4.0 teknolojileri ile uyumlu olduğu şeklinde görüş bildirmektedir.

Cevaplayıcı bilgi işlem sorumlusu bu durumu şöyle özetlemektedir:

*Günümüzün karmaşık iş dünyasında, anında küresel iletişimin ve bilginin elimizin altında olduğu bir dönemde, değişen ve gelişen teknolojiye ayak uydurmak, hızlı, bilgili ve güvenli şekilde iş ve işlemlerimizi yapmak, güçlü analizler yürütebilmek adına **Dynamics CRM** yazılımının bulut sistemi ve tüm modülleri işletmemizde kullanılmaktadır.*

Firmanız Siber güvenlik sistemlerine yapılacak bir saldırı tehdidine karşı Siber güvenlikle ilgili yeterli tedbirler almakta mıdır?

Firmanın SİBER güvenlik tehditlerine ilişkin almış oldukları tedbirlere yönelik yönetici görüşleri alınmıştır. İlgili yönetici süreklilik hizmeti ile kurum içi ve dışından gelebilecek tehditleri engellemek aynı zamanda SOME (Siber Olaylara Müdahale Ekibi) tarafından gerekli görülen güvenlik ekip ve ekipmanlarını kullandıklarını belirtmektedir.

Cevaplayıcı bilgi işlem sorumlusu bu durumu şöyle özetlemektedir:

Kuruluşumuz, bilginin her an ulaşılabilir ve kullanılabilir olmasını amaçlamakta olup, bilişim sistemleri kapsamında bizden beklenen işlerin sürekli bir şekilde tam ve eksiksiz olarak yapılması amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda süreklilik hizmeti, bilişim sistemlerini kurumumuz içinden ve dışından gelebilecek başarımlı düşürücü tehditlere karşı korumayı hedeflemektedir. Süreklilik hizmeti sayesinde kullanıcılar erişim yetkileri dahilinde olan verilere veri tazeliğini yitirmeden zamanında ve güvenilir bir şekilde ulaşabilmektedir.

*Bu bağlamda; sağlıklı, güvenli ve kesintisiz bilgi alışverişinin sürdürülebilmesi için şirketimiz **SOME** (Siber Olaylara Müdahale Ekibi) platformunun gerekli gördüğü güvenlik ekip ve ekipmanları kullanılmaktadır.*

Sistem sürekliliğinin sadece bir saldırı sonucu zedelenmediği bilinci ile; yanlış, bilinçsiz ve dikkatsiz kullanım gibi kullanıcı hataları, yazılım hataları sonucu, yazılımların çökmesi gibi yazılım hataları veya donanım sorunları, yangın, su basması, yıldırım düşmesi gibi ortam şartlarındaki olumsuz değişiklikler bu prensip kapsamında irdelenmekte ve önlem alınmaktadır.

Firmanızda herhangi bir ERP programı kullanılmakta mıdır?

Firmanın ERP programı kullanıp kullanmadığına dair yönetici görüşleri alınmıştır. İlgili yönetici firma bünyesinde mevcut olan muhasebe ve finans, insan kaynakları, satın alma, stok yönetimi, iş sağlığı ve güvenliği (isg) ve üretim birimlerinde kullanılan D365 isimli Microsoft tabanlı ERP programı kullanıldığını belirtmektedir. Firmalarının yeni nesil teknolojik gelişmeleri yakından takip ettiğini

belirtmektedir. Firmanın hem şirket içi işleyişinde hem de üretim faaliyetlerinde inovasyonlara gereken tepkiyi verdiğini belirtmiştir. Dijital dönüşümlere ayak uydurmanın, firmanın kurumsal yapısının bir gereği olduğunu ve firmanın kurumsal yapısının daha güçlü hale gelmesinde önemli bir etken olduğunu belirtmektedir.

Cevaplayıcı bilgi işlem sorumlusu bu durumu şöyle özetlemektedir:

Kurumumuz çağın gereklerine yönelik olarak mevcut gelişmeleri yakından takip etmektedir ve mevcut teknolojik gelişmelere anında uyum sağlamaktadır. Firmamız bu konularda gereken her adımı atmaktan kaçınmamaktadır. Çünkü yönetsel ve üretimsel faaliyetlerde yeni nesil teknolojilerin sağladığı kolaylıkların ve avantajların farkındalığı kurumsal kimliğimizin de gelişmesine yardımcı olmaktadır. ERP programları da mevcut dijital gelişmelerden önemli bir tanesi olarak bugün birçok şirket yönetiminde karşımıza çıkmaktadır. Biz de bu farkındalığa sahip olan bir firma olarak şirketimizin tüm birimlerinde D365 isimli ERP programını kullanmaktayız.

Siber Fiziksel Sistemler internet üzerinden ve atanmış bir internet adresi ile haberleşen nesne ve sistemlerin oluşturduğu ağ olarak tanımlanmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojisinin temel bileşenlerinden bir tanesi olan Siber Fiziksel Sistemler işletmenizde kullanılmakta mıdır?

Siber Fiziksel Sistemlerin yararlarına yönelik yönetici görüşleri alınmıştır. İlgili yönetici üretimin herhangi bir aşamasında oluşan arıza durumlarını takip etmek ve süreçlerin değerlendirilmesinde Siber Fiziksel Sistemlerin yardımcı olduğunu belirtmektedir.

Cevaplayıcı elektrik ve otomasyon sistemleri baş mühendisi bu durumu şöyle özetlemektedir:

Fabrikamızda genel olarak birbiri ile haberleşen otomasyon sistemleri ve bunları izlemek için kullandığımız bilgisayarlar var. Tam anlamıyla bir Siber

Güvenlik Sistemine sahip olduğumuzu söylemek çok da mümkün değil lakin tesisimizde oluşan bir arıza durumunda sahip olduğumuz sistem bize direk bunu haber vermektedir. Direk sensörlerin birbiri ile haberleştiği bir sistemimiz yok.

Üretimin herhangi bir aşamasında kaynak sıkıntısı olması durumunda gerekli kaynak siparişi otomatik olarak verilip, oluşan arızaların anında tespit edilip giderilmesinde Siber Fiziksel Sistemler size yardımcı olmakta mıdır?

Üretim safhasının herhangi bir aşamasında yaşanan/yaşanabilecek olan kaynak ihtiyacı durumunda ihtiyaç duyulan gereksinimlerin sistem tarafından otomatik olarak siparişinin verilip verilmediği ile ilgili yönetici görüşü alınmıştır. Oluşan arızaların anında Siber Fiziksel Sistemler aracılığı ile tespit edilip edilmediğine dair otomasyon sistemleri baş mühendisinin görüşleri alınmıştır, Kaynak ihtiyacının oluşması durumunda bu durumda sistem tarafından ihtiyaç duyulan gereksinimin sistem tarafından tedarik edilemediği, böyle bir sistemin stok yönetimi biriminde mevcut olduğunu, azalan malzemelerin yenisinin tedarikinin sistem tarafından otomatik olarak sağlandığını belirtmektedir. Arıza tespitinin ise, arıza meydana geldiğinde sistem tarafından otomatik olarak oluşan arızanın anında tespit edilebildiğini ve mevcut süreçlerde yardımcı olduğunu belirtmektedirler.

Cevaplayıcı elektrik ve otomasyon sistemleri baş mühendisi bu durumu şöyle özetlemektedir:

Genel olarak bizde kontrol personel tarafından yapılıyor. Bildiğim kadarı ile sadece ambarda stok takip sistemi var yani bazı malzemelerin stokunun azalması durumunda otomatik olarak sipariş ediliyor. Kullandığımız otomasyon sistemleri arıza durumlarını takip etmekte ve süreçleri değerlendirmemizde yardımcı olmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Endüstri 4.0 devrimi, ilk olarak literatüre girdiği 2011 yılındaki Hannover Fuarı'ndan bugüne gelinceye kadar geçen süre zarfında hiç şüphe yok ki oldukça hızlı bir şekilde iş dünyasını, üretim sistemlerini ve toplum hayatını etkilemiştir. Endüstri 4.0 devrimi beraberinde getirdikleri ile firmaları iş yapış yöntemlerinde köklü değişiklikler yapma yönünde zorlamıştır. Gerek firma yönetimi gerekse üretim süreçleri olarak Endüstri 4.0 teknolojilerine ayak uydurmak isteyen firmalar geleneksel yöntemleri terk edip yeni nesil teknolojileri tüm süreçlerinin içine dahil etmeye başlamışlardır. Büyük ekonomilere sahip ülkelerde ilk olarak uygulanmaya başlanan bu yeni teknolojik devrime ülkemizde de hem devlet nezdinde hem de özel sektör nezdinde ilgi oluşmuştur. 2016 yılında TÜBİTAK ve Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'nın ortak yaptıkları çalışma ile ilk adım atılmıştır. 2018 yılında Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı 2018 yılında Türkiye'nin Dijital yol haritasını çizdiği çalışma ile işletmelerin Ar-Ge ve teknolojik dönüşüm anlamında yapmaları gereken hazırlıkları anlatmıştır. TÜSİAD ve MÜSİAD gibi Türkiye'nin güçlü sanayicilerinin meydana getirdiği sivil toplum kuruluşları da Endüstri 4.0'a yönelik çalışmalar yaparak bu yeni devrime karşı farkındalıklarının olduğunu göstermişlerdir.

Bu çalışmada da bahsedildiği üzere Endüstri 4.0 devriminin ortaya çıkmasındaki ana etken internet teknolojilerinin kullanımının dünyada oldukça hızlı bir şekilde yaygınlaşmasıdır. Akıllı teknolojiler olarak da anılan bu yeni teknolojik devrimin ana kaynağı internettir. Birbirleri ile olan iletişimlerini internet ortamında sağlayacak olması nedeni ile bu yeni devrimin en kilit noktada bulunan bileşenleri siber fiziksel sistemler ve bu siber fiziksel sistemleri dışarıdan ve içeriden oluşacak her türlü siber saldırıya karşı koruyacak olan siber güvenlidir. İşletmelerin gerçekleştirebilecek siber tehditlere ve siber saldırılara karşı güçlü bir siber güvenlik alt yapısına sahip olmaları gerekmektedir.

Tez çalışması boyunca incelenme fırsatı bulunan birçok ikincil kaynaktan ülkemizde firma bazında Endüstri 4.0 devrimi adına farkındalığın oluştuğu saptanmıştır. Firmaların yöneticilerinin bu farkındalığa sahip olması ülkemizin imalat sanayisinin geleceği adına oldukça ümit vericidir. Lakin bu yeni nesil

teknolojilere geçiş için gerekli maliyetlerin yüksek olması, firmaların birçoğunun öngörülebilir gelecekte kendi imkanlarıyla bu dönüşümü sağlayamayacakları bunun için gerekli devlet desteğinin sağlanması gerektiği vurgulanmaktadır. Özellikle KOBİ'ler gelecekte rekabet ortamında var olabilmeleri için bu dönüşüm için gerekli devlet desteği sağlanmadığı takdirde zorlanacaklarını belirtmektedirler.

Yapılan bu çalışmada Samsun ilinde gübre sektöründe faaliyet gösteren bir imalat işletmesinin Endüstri 4.0'a teknolojik alt yapısının yakınlığının ve yatkınlığının hangi düzeyde olduğunu ölçmek amacıyla, işletme yöneticileri ile nitel araştırma yöntemlerinden yüz yüze mülakat görüşmeleri yapılmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda elde edilen bulgular; çalışmanın yapıldığı firmanın özelinde de farkındalığın yüksek olduğu anlaşılmaktadır, kimyasal bir tesis olduğu için Endüstri 4.0 teknolojilerini tam olarak uygulayamayacaklarını belirtmişlerdir. Fakat mevcut üretim süreçlerinde gerekli iyileştirmeleri yapma ve kurulacak yeni tesislerinde de tam olmasa da Endüstri 4.0 teknolojilerinden faydalanmak istedikleri bunun için gerekli çalışmaları ve yatırımları yaptıklarını ve yapımı devam eden bir Ar-Ge merkezi çalışmaları olduğunu, bu merkezin tamamlanması ile yeni gelişmeleri daha yakından ve daha sağlıklı bir şekilde takip edebileceklerini belirtmişlerdir. Firma yöneticileri insan faktörünün azaltılmasının da ana hedefleri arasında olduğunu belirtmişlerdir. Firmanın Endüstri 4.0'ın bileşenlerinden bulut tabanlı teknolojileri kullanmakta ve verilerinin güvenli bir şekilde saklanması sağlamaktadır, siber güvenlik sistemlerine de sahip olan ve siber saldırılara karşı önlem alan firma Endüstri 4.0 devriminin bahsedilen bileşenlerini işletme bünyesinde aktif bir şekilde kullanmaktadır. Ayrıca işletme içinde faaliyet gösteren tüm birimlerde ERP programı da kullanılan firma dijital dönüşüme kayıtsız kalmamıştır.

Genel bir değerlendirme yapıldığında firmanın Endüstri 4.0 ile ilgili farkındalığının yeterli düzeyde olduğu görülmektedir. Ancak Endüstri 4.0'ın birçok bileşeninin kullanılmamasından dolayı henüz Endüstri 4.0 seviyesine yakın olmadığı ifade edilebilir. Yöneticilerin Endüstri 4.0'a olan bakış aıllarının dar olması ve genellikle Endüstri 4.0 denilince yöneticiler nezdinde insan gücünden arındırılmış üretim yapısına sahip olduğu algısının oluşması ve Endüstri 4.0'ı genel olarak bu yönüyle değerlendirmeleri hem firma özelinde hem de yazında inceleme

fırsatı bulunan ikincil kaynaklardan elde edilen bulgular ışığında Endüstri 4.0'ın daha iyi anlaşılması açısından çalışmaların yoğunlaştırılması gerekmektedir.

Endüstri 4.0 devrimi ve akıllı üretim konsepti imalat sanayisinde verim alabilmek adına oldukça önemli bir fırsattır. Fakat ülkemizin mevcut teknolojik gelişmişliğinin yetersizliği bu fırsat için önümüzdeki en büyük engel olarak karşımıza çıkmaktadır. Mevcut internet alt yapımızın da güçlendirilmesi her şeyin birbirleri ile bağlantılı olacağı bu yeni devrimde şüphesiz daha verimli sonuçlar elde etmek adına önemlidir. İkincil kaynaklar tarandığından elde edilen veriler ışığında Endüstri 4.0 devrimine yönelik olarak firma yöneticilerinin farkındalığı yüksek olsa da bu devrime ayak uydurmak için gerekli olan mali külfet firmaların bu devrime bakışını kısıtlamaktadır. Devletin kalkınma ajansları vasıtasıyla bu dönüşüm için gerekli ve yeterli teşvikleri vermesi, üniversitelerin bu konuda daha çok bilinçlenerek firmalara danışmanlık hizmeti vermeleri, özel sektörün bu dönüşümü daha güçlü bir şekilde gerçekleştirebilmesi için önemli bir adım olacaktır. Endüstri 4.0 teknolojisi ile eğitimin önemi de daha fazla artacaktır. Hem mühendis hem de teknik personel olarak kalifiye iş gücü oluşturmak için Endüstri 4.0'a yönelik eğitim müfredatı oluşturulmasında fayda vardır. Endüstri 4.0'a yönelik farkındalığın artması için akademik çalışmaların sayısının da artması, hemen her alanda kendisini gösterecek olan bu teknolojik gelişmenin sektörlere etkilerinin ne düzeyde olacağının anlaşılmasında faydalı olacaktır. Ayrıca yapılacak olan akademik çalışmalar ile Endüstri 4.0'a yönelik yapılacak olan yatırımların fizibilitelerine ilişkin çalışmalarına ihtiyaç duyulacaktır. Yapılacak olan bu yatırımlar sonrasında istihdamdaki azalışa karşı kamu kurumlarının ne gibi önlemler almaları gerektiğinin belirlenmesi açısından da yapılacak olan akademik çalışmalar önemli bir yer tutacaktır.

KAYNAKÇA

- AKBEN, İ., & AVŞAR, İ. İ., (2018). Endüstri 4.0 ve Karanlık Üretim: Genel Bir Bakış. *Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 27-37.
- AKÇACI T ve BULUT E., (2017). “Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi, ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi 4(7), 55-77, 2017
- AKKUŞÇU, H. İ., (2019). “Endüstri 4.0’ın Çalışma Hayatına Etkisi: Bursa Örneği”, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), *Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.
- AKSOY B., BAYRAKÇI H. C., BAYRAKÇI E., UĞUZ S., Büyük Verinin Kurumlarda Kullanımı, *Süleyman Demirel Üniversitesi İİBF Dergisi*, 2017
- AKYÜZ, K. (2020). *İmalat sanayinde endüstri 4.0 farkındalığı: TR52 bölgesi üzerine bir inceleme* (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Necmettin Erbakan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- ALÇIN, S. (2016). Üretim için yeni bir izlek: Sanayi 4.0. *Yaşam Ekonomisi Dergisi* 3 (2), 19-30.
- ALPER, Y. (2013). Sosyal Günelik. Abdurrahman İlhan Oral ve Yener Şişman (Edt), Sosyal Politika II. Eskişehir: T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını
- ARSLAN Ü. Ç., *Sanayi Devrimi: Sonuçları ve Uluslararası Sisteme Yansımaları* 2017
https://www.academia.edu/35814711/Sanayi_Devrimi_Sonu%C3%A7lar%C4%B1_ve_Uluslararası%C4%B1_Sisteme_Yans%C4%B1malar%C4%B1?auto=download (Erişim Tarihi: 01.02.2020)
- ARSLANALP, H (2020). *İmalat sanayisinde faaliyet gösteren işletmelerin endüstri 4.0 farkındalığı: Zonguldak ili örneği* (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

- ASLAY, F. (2017). Siber saldırı yöntemleri ve Türkiye'nin siber güvenlik mevcut durum analizi. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 1(1), 24-28.
- BAAZİZ A. ve QUONIAM L. (2018)., How to Use Big Data Technologies to Optimize Operations in Upstream Petroleum Industry, *International Journal of Innovation*, Sao Paulo, 2018
- BAKMAY, Ö., F. (2008). *Tam Zamanında Üretim Sisteminin Üretim Maliyetleri-Maliyet Muhasebesi Üzerindeki Etkileri Teknik Masura Ambalaj Sanayi ve Ticaret A.Ş.'de Bir Uygulama*. (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), Çağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Mersin.
- BANGER, G. (2016). *Endüstri 4.0 ve akıllı işletme*. Ankara: Dorlion Yayınları.
- BANGER, G. (2017). *Endüstri 4.0 Ekstra*. Ankara: Dorlion Yayınları.
- BANGER, G. (2018). *Endüstri 4.0 Ekstra*, 2. Baskı, Dorlion Yayınları, Ankara.
- BARTODZIEJ, C. J. (2017). *The Concept Industry 4.0 An Empirical Analysis of Technologies and Applications in Production Logistics*. <http://www.springer.com/gp/book/9783658165017> (Erişim tarihi: 12.12.2019)
- BARUTÇU, H. C. (2019). “*Endüstri 4.0 Uygulamalarının Üretim Süreçlerine Etkisi: Bosch Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi Örneği*”, (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- BAŞER N. E. (2011). *I. Sanayi Devriminde Teknolojik Gelişmenin Rolü* (Yayınlanmış Doktora Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- BAŞOĞLU, M. (2019). “*Endüstri 4.0 ve Yönetimsel Stratejilere Etkileri*”, (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), Celal Bayar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü
- BENESOVA, A. and TUPA, J. (2017). *Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. Procedia Manufacturing*, pp. 2195 – 2202.
- BIÇAKÇI, S. (2014). NATO'nun Gelişen Tehdit Algısı: 21. Yüzyılda Siber Güvenlik. *Uluslararası İlişkiler Dergisi*, 10(40), s. 101-130.
- BOLAT, S. (2019). “*Dördüncü Sanayi Devriminin Lojistik Sektörüne Etkileri: Antalya Bölgesinde Lojistik Faaliyette Bulunan İşletmelerde Bir Araştırma*”, (Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü
- BOHMEN H. (2017). *Hannoverde robotların gövde gösterisi*. <https://www.dw.com/tr/hannoverde-robotlar%C4%B1n-g%C3%B6vde-g%C3%B6sterisi/a-38561435> adresinden alındı (Erişim Tarihi: 10.01.2020).
- BRETTEL, M., FRIEDERICHSEN, N., KELLER, M. and ROSENBERG, M. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. *World Acad. Sci. Eng. Technol. Int. J. Mech. Aerospace, Ind. Mechatron, Manuf. Engineering*, 8(1), pp. 37–44.
- BRYNJOLFSSON E. ve MCAFEE A., (2014). *The Second Machine Age: Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, W.W Norton & Company, New York, 2016
- CAN, A. (2017). *Robotlar işgücüne karşı*. <http://www.hurriyet.com.tr/ik-yeni-ekonomi/robotlar-isgucune-karsi-40415634> adresinden alındı (Erişim Tarihi: 10.01.2020).

- ÇELİK, T. Z. (2020) *Endüstri 4.0'ın rekabet stratejileri ve pazar performansı ilişkisindeki aracı rolü: Gaziantep makine halısı üreticileri örneği* (Yayımlanmış Doktora Tezi) Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- ÇEVİK, G. Z. (2018). *Endüstri 4.0 Bağlamında Türkiye'nin Yerine İlişkin Güncel ve Gelecek Eksenli Bir Analiz*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Nişantaşı Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- ÇIKDIN, M. B. (2018). *İşletmelerin organizasyon yapısı ve kaynakları açısından Endüstri 4.0 eğiliminin değerlendirilmesi: Antalya ili örneği*. (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Antalya,
- DUMAN M. Ç., (2020). *Endüstri 4.0 Teknoloji Bileşenlerinin Örgütsel Performansa Etkilerini Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma*, (Yayımlanmış Doktora Tezi). Malatya İnönü Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya
- DURAN C., (2021), *Yapay Zekâ Temelli Pazarlama: Geleneksel Pazarlamanın Sonu mu? Yapay Zekâ: Güncel Yaklaşımlar ve Uygulamalar*, 1.Baskı Mart 2021, Beta Kitap.
- EBSO. (2015). *Endüstri 4.0 Uyum Sağlamayan Kaybedecek*. Ege Bölgesi Sanayi Odası, http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi40_81017283.pdf
- EĞİLMEZ, M. (2017), Endüstri 4.0, 08.05.2017, <https://www.mahfiegilmez.com/2017/05/endustri-40.html> Erişim Tarihi (09.01.2020)
- EKİNCİOĞLU, Oral (2019). *“Lojistik Yöneticilerinin Endüstri 4.0'ın İşletme Düzeyindeki Etkilerine İlişkin Görüşleri Üzerine Nitel Bir Araştırma: Bursa Örneği”*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Celal Bayar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

ERDOĞAN, A. A., & FEYZULLAHOĞLU, E. OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KULLANILAN YENİ TREND HATASIZLAŞTIRMA VE ALTERNATİF KONTROL YÖNTEMLERİ. In *International Marmara Sciences Congress (AUTUMN 2020)* (p. 278).

FIRAT, S. Ü. ve FIRAT, O. Z. (2017). Sanayi 4.0 Devrimi Üzerine Karşılaştırmalı Bir İnceleme: Kavramlar, Küresel Gelişmeler ve Türkiye. *Toprak İşveren Dergisi, Sayı. 114, ss. 10-23.*

GABAÇLI, N., & UZUNÖZ, M. (2017). IV. Sanayi devrimi: Endüstri 4.0 ve otomotiv sektörü. In *ICPESS (International Congress on Politic, Economic and Social Studies)(No. 3).*

GEREKLİ, İ (2020), *Endüstri 4.0 teknolojilerinin iş gücü verimliliği ve işletme performansına etkileri tekstil sektöründe bir uygulama.* (Yayımlanmış Doktora Tezi) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

GÖRÇÜN, Ö. F. (2016). *Dördüncü endüstri devrimi endüstri 4.0* Beta Yayıncılık, İstanbul.

GÖRENER A. ve TOKER K. (2020), *Yapay Zekâda Evrimsel Algoritmalar: Lojistik Sektöründe Bir Genetik Algoritma Uygulaması*, Oyun Değiştiren Güç: Yapay Zekâ 1.Baskı Haziran 2020, Beta Kitap.

GÖRKEM L. ve BOZUKLU M. (2016), Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar ve Ülkemizdeki Mevcut Durum, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (13)*, 47-68.

GÜNAYDIN, D. (2018). “Türkiye’ de Dördüncü Sanayi Devrimini Beklerken: Çerkezköy Organize Sanayi Bölgesi’ nde Bir Araştırma.” *İstanbul Üniversitesi Yayınevi/ Istanbul Management Journal*, 29 (85), 73- 106.

GÜRSOY, Ö.,2020 *Yalın üretim sisteminde dijitalleşme ve endüstri 4.0 uygulamaları ile süreç iyileştirme analizi: Bir imalat işletmesinde*

uygulama. (Yayımlanmış Doktora Tezi) Aydın Adnan Menderes Üniversitesi / Sosyal Bilimler Enstitüsü

HERMANN, M., PENTEK, T. and OTTO B. (2016). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. *System Sciences (HICSS), 49th Hawaii International Conference*

HOFMANN, E. and RUSCH, M. (2017). *Industry 4.0 And The Current Status As Well As Future Prospects On Logistics. Computers in Industry*, pp. 23–34, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>

<https://www.endustri40.com/> Erişim Tarihi: (15 Mayıs 2020)

İYİGÜN N. Ö., *Yapay Zekâ ve Gelecek: İnsan ve Teknoloji Arasındaki İlişki*, Yapay Zekâ: Güncel Yaklaşımlar ve Uygulamalar, 1.Baskı Mart 2021, Beta Kitap.

JIAN, Q. L. YING and R. GROSVENOR, “A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond”, *Procedia CIRP*, vol. 52, pp. 173-178, 2016.

KABAKLARLI, E. (2016). *Endüstri 4.0 ve Dijital Ekonomi – Dünya ve Türkiye ekonomisi için fırsatlar, etkiler ve tehditler*. Nobel Bilimsel Eserler, 1. Basım, Ankara

KAĞNICIOĞLU, C. H. ve ÖZDEMİR, E. (2017). Endüstri 4.0 Bağlamında Eskişehir İlindeki Kobi’lerin Değerlendirilmesi. *PressAcademia Procedia (PAP)*, sayı. 3, ss. 900-908

KAHRAMAN, F. (2017). *Çalışma ilişkileri bakımından dördüncü sanayi devrimi ve sivas ilinde farkındalık üzerine alan araştırması*. (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi) Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sivas.

KALKAN, K. (2018). “*Endüstri 4.0: Sektörel Bazda İncelenmesi ve Patent Sistemi Üzerindeki Etkisi*”, Uzmanlık Tezi, TÜRK PATENT KURUMU, Patent Dairesi Başkanlığı.

- KAMBER, E. (2019). “Türkiye’de Endüstri 4.0 Farkındalığı”, Yüksek Lisans Tezi, Alaaddin Keykubat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- KOPETZ, H. (2011). *Internet of Things Systems*, pp. 307-323, [Adobe Acrobat Reader sürümü], Erişim adresi: <https://www.springer.com/us/book/9783319697147>
- KORKMAZ, B. (2014). 3B Yazıcı: Atlantik ve Avrasya Rekabetinde Yeni Bir Faktör. U.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7(2), s. 17-30. <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/285665>
- MEHAMI, J., NAWI, M. and ZHONG, R. Y. (2018). Smart automated guided vehicles for manufacturing in the context of Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 26, pp. 10077-1086.
- MORGAN, J. (2017). *Does The Next Industrial Revolution Spell The End Of Manufacturing Jobs?* <https://theconversation.com/does-the-next-industrial-revolution-spell-the-end-of-manufacturing-jobs-80779>
- NUNES, M. L., PEREIRA, A.C. and ALVES, A.C. (2017). Smart products development approaches for Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 1215–1222.
- ORTAŞ, İ. (2005): “Bilim Tarihi içinde Tarım Tarihinin Yeri ve Önemi”, *Üniversite ve Toplum, Cilt 5/1*, <http://www.universite-toplum.org/text.php3?id=214>
- ÖZDEMİR, Ş (2014). *Sanayi Devriminin Bilim Tarihi Üzerindeki Etkisi: Bilim ve Teknoloji İç İçe*. 1. Üretim Ekonomisi Kongresi 21-22 Mart, İstanbul. [http://www.iku.edu.tr/upp/8562/files/%C5%9Eelale-%C3%96zdemir\(1\).pdf](http://www.iku.edu.tr/upp/8562/files/%C5%9Eelale-%C3%96zdemir(1).pdf)
- ÖZDOĞAN, O. (2017). *Endüstri 4.0 Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarları*. Pusula 20 Teknoloji ve Yayıncılık.

- ÖZKAN, M., ALİ, A. ve YAVUZ, S. (2018). Uluslararası Politik Ekonomi Açısından Dördüncü Sanayi-Endüstri Devrimi'nin Etkileri ve Türkiye. *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 6(2): 126-156.
- ÖZKURT, C. (2016). *Endüstri 4.0 perspektifinden Türkiye'de imalat sanayinin durumu: Sakarya imalat sanayi üzerine bir anket çalışması* (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi) Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Sakarya 2016
- ÖZLÜ, F. (2017) “Dördüncü Sanayi Devrimi Kamu Perspektifi” *Türkiye Toprak Seramik Çimento ve Cam Sanayi İşverenleri Sendikası Dergisi*, ss. 4-8.
- ÖZSOYLU, A. F. (2017). “Endüstri 4.0” *Dergipark Çukurova Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21 (1), 41-64.
- ÖZTUNA, B. (2017). *Endüstri 4.0 (Dördüncü Sanayi Devrimi) İle Çalışma Yaşamının Geleceği*, 1. Basım, Ankara: Gece Kitaplığı.
- PAMUK N. S. ve SOYSAL M, (2018) Yeni Sanayi Devrimi Endüstri 4.0 Üzerine Bir İnceleme, *Verimlilik Dergisi*, (1), 41-66.
- PEREIRA, A.C. and ROMERO, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, pp. 1206–1214.
- RIFKIN, J. (2015). *Nesnelerin İnterneti ve İş birliği Çağı*, Çev. Levent Göktem, İstanbul: Optimist Yayıncılık
- SANTOS, M.Y., SA, J. O., ANDRADE, C., LIMA, F. V., COSTA, E., COSTA, C., MARTINHO, B. and GALVAO, J. (2017). A Big Data system supporting Bosch Braga Industry 4.0 strategy. *International Journal of Information Management*, 37, pp. 750–760.
- SCHWAB, K. (2017). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. Çeviren: Zülfü Dicleli. İstanbul: Optimist.

SOYÖZ, B. (2019). “Kobilerde ve Üniversitelerde Endüstri 4.0 Farkındalığı Üzerine Bir Çalışma”, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

STOCK T. ve SELIGER G (2015)., Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0, XIII. Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth from Resource Use, 16-18 Eylül 2015, Elsevier B.V, Ho Chi Minh, 2015

SUNG, T.K. (2017). *Technological Forecasting & Social Change*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2017.11.005> (Erişim tarihi: 15.12.2019)

ŞAHİN, C. (2019). *Ülkelerin endüstri 4.0 düzeylerinin COPRAS yöntemi ile analizi: G-20 ülkeleri ve Türkiye*, (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi) Bartın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü

ŞENER, S. ve ELEVLİ, B. (2017). Endüstri 4.0’da Yeni İş Kolları ve Yüksek Öğrenim. *Mühendis Beyinler Dergisi*, 2(1), ss. 1-13.

ŞENTÜRK, H., ÇİL, Z., C., SAĞIROĞLU, Ş. (2013). Siber Güvenliğin Taarruzi Boyutu ve Uluslararası Hukuk Kurallarının Uygulanabilirliği. 6. Uluslararası Bilgi Güvenliği ve Kriptoloji Konferansı Bildiri Kitabı, 20-21 Eylül 2013, Ankara. <http://www.iscturkey.org/assets/files/2016/03/2013-paper35.pdf>

SUMAN, N. (2017). *Akıllı üretim çağı: Endüstri 4.0*. Mart, 18, 2018.

T.C. BİLİM SANAYİ VE TEKNOLOJİ BAKANLIĞI (2018), “*Dijital Türkiye Yol Haritası*”

TÜBİTAK (2016). *Yeni Sanayi Devrimi: Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası*.

- TÜRKİYE BİLİŞİM DERNEĞİ (2016), *Bimy'23 "Bilişimle Kalkınmada Sanayi 4.0" Etkinlik Sonuç Raporu*, 23. Bilgi İşlem Merkezi Yöneticileri Semineri.
- TÜRKOĞLU, E. (2018). "*Firmaların Endüstri 4.0'a Hazırlık Çalışmalarının Değerlendirilmesi: Bursa İlindeki Uygulaması*", (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Bahçeşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- ULUSOY, G. (2019). "*Endüstri 4.0 Uygulamalarının Lojistik Sektöründe Operasyonel Verimlilikle İlişkisi Üzerine Bir Araştırma*", (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- URAL, Ş. (1998). *Bilim Tarihi*, İstanbul: Kırkambar Yayınları
- ÜLGEN B., YAVUZ N., (2021), *Yapay Zekâ ile Liderliğin Dönüşümü, Yapay Zekâ: Güncel Yaklaşımlar ve Uygulamalar*, 1.Baskı Mart 2021, Beta Kitap.
- ÜNVER, M., CANBAY, C., MİRZAOĞLU, Gül, A. (2009). *Siber Güvenliğin Sağlanması: Türkiye'deki Mevcut Durum ve Alınması Gereken Tedbirler*. Ankara: Bilgi Teknolojileri ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı.
- XU, X. (2012). *From cloud computing to cloud manufacturing*. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, 28(1), 75-86.
- YAZICI, E. ve DÜZKAYA, H. (2016). Endüstri devriminde dördüncü dalga ve eğitim: Türkiye dördüncü dalga endüstri devrimine hazır mı? Eğitim ve İnsani Bilimler Dergisi: Teori ve Uygulama [Journal of Education and Humanities: Theory and Practice], 7 (13), ss. 49-88
- YELDAN, Y. (2019). "*Implementing Real-Time Data Analytics Methods For Predictive Manufacturing In Oil And Gas Industry: From The Perspective Of Industry 4.0*", A Thesis Submitted To The Graduate, Middle East Technical University School of Social Sciences.
- YILDIRIM, A. ve ŞİMŞEK, H. (2008). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayınları.

YILDIZ, A. (2018). Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22 (2), 546-556.

YILMAZ, K. (2018). “Awareness Analysis of Industry 4.0” (Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi,) Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

YILMAZ, S, SAĞIROĞLU, Ş (2013). Siber Güvenlik Risk Analizi, Tehdit ve Hazırlık Seviyeleri. 6. Uluslararası Bilgi Güvenliği ve Kriptoloji Konferansı, Bildiri Kitabı, 20-21 Eylül 2013, Ankara. <http://www.iscturkey.org/asets/files/2016/03/2013-paper81.pdf>

ZENCİRKİRAN, M. (2017), *Sosyal Politika Kavramı, Tarihsel Gelişim ve Türkiye’de Sosyal Politika*. Aysen Tokol, Yusuf Alper, Sosyal Politika , Bursa Dora Basım Yayın

ZHANG, L., LUO, Y., TAO, F., ve LIU, Y. (2012). Cloud manufacturing: A new manufacturing paradigm. *Enterprise Information Systems* 8 (2), 167-187.

EKLER

EK-1: GÖRÜŞME SORULARI

1. Hangi üretim yaklaşımını kullanıyorsunuz? Bu üretim yaklaşımı içerisinde Endüstri 4.0 uygulamalarının yeri nedir?
2. Endüstri 4.0 kavramı, internet, elektronik, yazılım ve sensör gibi fiziksel nesnelerin bir araya gelerek bir çeşit bütünlük oluşturması ve oluşan bu bütünlüğün üreticilerle sürekli olarak bilgi değişimi içerisinde olması olarak adlandırılmaktadır. Bu tanıma dayanarak firmanız sorumluluğu altında Endüstri 4.0 teknolojileri uygulamakta mıdır?
3. Endüstri 4.0 kavramı ilk kez 2012 yılında Almanya’da düzenlenen Hannover fuarında ortaya atıldı. Firmanız global bir yatırımcı olarak Endüstri 4.0 kavramı ile ilgili bir yatırım planlaması yapıyor mu?
4. Son yıllarda üretim süreçlerinize ne gibi yeni nesil teknolojiler eklediniz? Açıklar mısınız?
5. Endüstrinin dijital dönüşümünde şirketinizin ve üretim yönetiminizin başarısı için ne gibi gereksinimlere ihtiyaç duymaktasınız? Açıklar mısınız?
6. Tamamen Endüstri 4.0’a uygun bir Üretim Yönetimi süreci için yaptığınız bir çalışma bulunmakta mıdır? Eğer geçmişte böyle bir çalışmanız var ise, uygulama yaptığınız birimde personel sayısını azaltma gereksinimi duydunuz mu?
7. Mevcut bilgi sistemleri altyapısının Endüstri 4,0 ile uygunluğu nedir? Açıklar mısınız?
8. Bulut tabanlı bilişim sistemleri Endüstri 4.0’ın temel bileşenlerindendir, firmanız mevcut verileri saklamak için bulut tabanlı sistemler kullanmakta mıdır?
9. Bilindiği üzere Siber Fiziksel Sistemler (CPS) Endüstri 4.0’ın temel bileşenlerinden bir tanesidir. Firmanız Siber güvenlik sistemlerine yapılacak bir saldırı tehdidine karşı Siber güvenlikle ilgili yeterli tedbirler almakta mıdır?
10. Firmanızın üretim, bilgi yapısı ve organizasyonel yapısı düşünüldüğünde mevcut kabiliyetleriniz ve kaynaklarınız Endüstri 4.0 için yeterli midir? Açıklar mısınız

11. Endüstri 4.0 veya benzeri teknolojik yaklaşımların firmanıza katkısı olacağını düşünüyor musunuz? Açıklar mısınız?

12. Siber Fiziksel Sistemler internet üzerinden ve atanmış bir internet adresi ile haberleşen nesne ve sistemlerin oluşturduğu ağ olarak tanımlanmaktadır. Endüstri 4.0 teknolojisinin temel bileşenlerinden bir tanesi olan Siber Fiziksel Sistemler işletmenizde kullanılmakta mıdır?

13. Üretimin herhangi bir aşamasında kaynak sıkıntısı olması durumunda gerekli kaynak siparişi otomatik olarak verilip, oluşan arızaların anında tespit edilip giderilmesinde Siber Fiziksel Sistemler size yardımcı olmakta mıdır?

14. Firmanızda herhangi ERP gibi yazılımlar kullanmakta mısınız?

15. Firmanız bünyesinde mevcut bir Ar-Ge merkezi bulunmakta mıdır?

16. Tesis Hakkında bilgi verebilir misiniz