

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

ENDÜSTRİ 4.0 VE BALIKESİR ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ
UYGULANABİLİRLİK ARAŞTIRMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NERİMAN DEMİRCAN

BALIKESİR, 2021

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI

ENDÜSTRİ 4.0 VE BALIKESİR ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ
UYGULANABİLİRLİK ARAŞTIRMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

NERİMAN DEMİRCAN

TEZ DANIŞMANI

PROF.DR. BÜLENT BAYRAKTAR

BALIKESİR, 2021

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün İktisat Anabilim Dalı'nda 201912505009 numaralı Neriman DEMİRCAN'ın hazırladığı "ENDÜSTRİ 4.0 ve BALIKESİR ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ UYGULANABİLİRLİK ARAŞTIRMASI" konulu YÜKSEK LİSANS tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 31/08/2021 tarihinde yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda tezin onayına OY BİRLİĞİ ile karar verilmiştir.

Üye (Başkan ve Danışman) Prof. Dr. Bülent BAYRAKTAR İmza

Üye Prof. Dr. Mehmet Emin ERÇAKAR İmza

Üye Doç. Dr. Ömer Faruk BİÇEN İmza

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduklarını onaylıyorum.

.../09/2021

Prof. Dr. Kenan ZİYA TAŞ

Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde ve ortaya çıkan sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

..../..../2021

İmza

Adı Soyadı

Neriman DEMİRCAN

ÖNSÖZ

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile beni yönlendiren ve bana yol gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Bülent BAYRAKTAR'a,

Çalışmadaki verilerin elde edilmesi için tüm desteklerini gösteren ve tecrübeleri ile yönlendirici olan Sayın Dr. Ersin AKYÜZ ve Balıkesir Sanayi Odası Genel Sekreteri Sayın Engin AKYÜZ'e,

Eğitim hayatımın başlangıcından sonuna kadar benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve bana hayatımın her anında destek olan sevgili aileme; babam İsa ÇOBANOĞLU, annem Fatma ÇOBANOĞLU ve abim İlker ÇOBANOĞLU'na,

Lisansüstü çalışmam için beni teşvik eden, her daim beni destekleyen ve yanımda olan yol arkadaşım canım eşim Batın DEMİRCAN'a teşekkürlerimi sunarım.

BALIKESİR, 2021

NERİMAN DEMİRCAN

ÖZET

ENDÜSTRİ 4.0 VE BALIKESİR ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ UYGULANABİLİRLİK ARAŞTIRMASI

DEMİRCAN, Neriman
Yüksek Lisans, İktisat Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bülent BAYRAKTAR
2021, 102 Sayfa

Tarım devriminden başlayarak günümüze kadar dört sanayi devrimi gerçekleşmiştir. En son gündeme gelen ve dijital dönüşüm olarak da adlandırılan Endüstri 4.0 devrimi olmuştur. Endüstri 4.0 kendisinden önce gerçekleştirilen devrimlerdeki teknolojik gelişmeleri özümseyen ve bütünleştiren bir atılım olmuştur. Bu devrim yapısı itibariyle robotik, otomasyon ve yeni teknolojiye dayalı yeni nesil bir üretim anlayışıdır. Sanayiler de gerçekleşmekte olan bu yeni nesil üretime dâhil olarak verimliliklerini, üretim kalitelerini, üretkenliklerini artırmayı hedeflemektedirler. Böylelikle ülkeler, dünyada ki rekabet yarışına dâhil olacak ve ekonomilerinde de olumlu gelişmeler yaşanacaktır. Çalışmanın ilk bölümünde sanayi devrimlerinin tarihçesinden bahsedilmiştir. Birinci sanayi devrimiyle birlikte su ve buhar gücüyle çalışan makinenin yarattığı gelişmeler, ikinci sanayi devrimi ile kömür yerine petrolün sanayiye dâhil olması ve seri üretime geçiş ile ortaya çıkan gelişmeler, devamında gerçekleşen üçüncü sanayi devrimi ile de teknolojik gelişmelerin başlayıp otomasyonun üretime dâhil olmasıyla ortaya çıkan gelişmeler anlatılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde Endüstri 4.0 yapısının ortaya çıkışı, genel özellikleri, prensipleri ve SWOT Analizi aktarılmıştır. Endüstri 4.0'ın katmanlarını oluşturan on üç adet bileşeni de geniş çerçevede aktarılmıştır. Çalışmanın son bölümünde ise bütünsel olarak ülkelerin üretim yapılarında değişme yaratacak olan Endüstri 4.0 teknolojilerinin; Türkiye de daha önce Balıkesir ili özelinde bir çalışma olmamasından kaynaklı olarak literatüre katkı sağlamak ve ileride gerçekleştirilebilecek uygulamalar için veri sağlanması açısından, Endüstri 4.0'ın uygulanabilirliği elektronik anket aracılığı ile araştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sanayi Devrimi, Endüstri 4.0, Ekonomi, Balıkesir.

ABSTRACT

INDUSTRY 4.0 AND BALIKESİR ORGANIZED INDUSTRIAL ZONE APPLICABILITY RESEARCH

DEMİRCAN, Neriman
Master Thesis, Department of Economics
Advisor: Prof. Dr. Bülent BAYRAKTAR
2021, 102 pages

Four industrial revolutions have taken place since the agricultural revolution until today. The Industry 4.0 revolution was the last to come to the agenda and is called digital transformation. Industry 4.0 has been a breakthrough that embraces and integrates technological developments in the revolutions before it. This revolution is a new generation understanding of production based on robotics, automation, and new technology. Industries aim to increase their productivity, production quality, and productivity by participating in this new generation of production. Thus, countries will be included in the competition in the world and positive developments will be experienced in their economies. In the first part of the study, the history of the industrial revolutions is mentioned. The developments created by the machine operating with water and steam power with the first industrial revolution, the inclusion of oil instead of coal in the industry, and the transition to mass production with the second industrial revolution, the developments that emerged with the third industrial revolution and the start of technological developments and the inclusion of automation in production were explained. In the second part of the study, the emergence of Industry 4.0 structure, general features, principles, and SWOT Analysis are explained. Thirteen components that make up the layers of Industry 4.0 are also broadly presented. In the last part of the study, which will cause a change in the production structure of the country as a holistic industrial for 4.0 technologies in Turkey to contribute to the literature as a source of not having worked in the private province earlier Balıkesir and to provide data for applications in the future that can be performed Industry 4.0 The applicability was investigated via electronic survey and evaluated.

Keywords: Industrial Revolution, Industry 4.0, Economy, Balıkesir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
KISALTMALAR LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Problem	2
1.2. Amaç	2
1.3. Önem	2
1.4. Varsayımlar	3
1.5. Sınırlılıklar.....	3
2. SANAYİ DEVRİMLERİ VE TARİHSEL GELİŞİMLERİ	4
2.1. Birinci Sanayi Devrimi.....	5
2.2. İkinci Sanayi Devrimi	10
2.3. Üçüncü Sanayi Devrimi	14
2.4. Dördüncü Sanayi Devrimi	17
3. ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI	20
3.1. Endüstri 4.0'ın Genel Özellikleri	23
3.2. Endüstri 4.0'ın Prensipleri	25
3.3. Endüstri 4.0, SWOT Analizi	28
3.4. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri	30
3.4.1. Bulut Bilişim.....	30
3.4.2. Nesnelerin İnterneti	32
3.4.3. Artırılmış Gerçeklik	35
3.4.4. Siber Güvenlik	35
3.4.5. Büyük Veri	36
3.4.6. Akıllı Fabrikalar	38
3.4.7. Eklemeli Üretim (3D Yazıcılar)	40

3.4.8. Otonom Robotlar.....	41
3.4.9. Siber-Fiziksel Sistemler	43
3.4.10. Simülasyon.....	45
3.4.11. Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	45
3.4.12. Yapay Zeka	46
3.4.13. Karanlık Fabrikalar	48
4. YÖNTEM	50
4.1. Araştırmanın Modeli	50
4.2. Evren ve Örneklem.....	53
4.3. Veri Toplama Süreci	54
5. BULGULAR VE YORUMLAR	55
5.1. Elektronik Anket Sorularının Analizi.....	55
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	77
6.1. Sonuçlar	77
6.2. Önerileri	79
KAYNAKÇA	81

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Endüstri 4.0'ın SWOT analizi.....	29
Çizelge 3.2. Nesnelerin İnterneti, Avantaj ve Dezavantajları.....	34
Çizelge 3.3. Geleneksel Fabrika Üretim Sistemlerinin Akıllı Fabrika Üretim Sistemleriyle Karşılaştırılması.....	39



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Sanayi Devrimlerinin Aşamaları.....	5
Şekil 2.2. James Watt Tarafından Geliştirilmiş Buharlı Makine Sistemi.....	7
Şekil 2.3. Ford T Seri Üretim Bandı.....	11
Şekil 3.1. Geleneksel Üretim Modellerinin Sanayi 4.0 ile Değişimi.....	25
Şekil 3.2. Endüstri 4.0 Uygulama Bileşenleri.....	30
Şekil 3.3. Bulut Bilişim Sisteminin Yapısı.....	31
Şekil 3.4. Nesnelerin İnterneti Uygulama Alanları.....	34
Şekil 3.5. Örnek Siber-Fiziksel Sistem Çalışma Şeması.....	44
Şekil 5.1. Katılımcıların Yaş Aralığı Dağılımı.....	56
Şekil 5.2. Katılımcıların Eğitim Seviyesi Dağılımı.....	57
Şekil 5.3. Katılımcıların Kurumlarındaki Görev Dağılımı.....	58

KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
BGS	: Bilgi Güvenliği Sistemi
BIM	: Yapı Bilgi Modellemesi
CAD	: Bilgisayar Eklemeli Dizayn
CAM	: Bilgisayar Eklemeli Üretim
ISO	: Uluslararası Standardizasyon Örgütü
IT	: Bilgi Teknolojileri
LAN	: Lokal Alan Bağlantısı
PLC	: Programlanabilir Lojik Denetleyici
RFID	: Radyo Frekans ile Tanımlama
SWOT	: Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler
YY	: Yüzyıl

1. GİRİŞ

Toplulukların yerleşik yaşama geçmesi ile başlayan tarım devrimi ile toprak ve kas gücü ön plana çıkmaya başlamıştır. İnsanlar yerleşik yaşama geçtikten sonra tüketim yerine üretime yönelmişlerdir. Zamanla gelişip değişen bilimsel ve teknolojik gelişmeler sonucunda geçmişten bugüne kadar üretim anlayışını kökten değiştiren olaylar meydana gelmiştir.

Birinci sanayi devriminde üretim beden ve el gücünden makineye geçmiş, ikinci sanayi devriminde kayan bant sistemiyle seri üretim gerçekleştirilmiş, üçüncü sanayi devrimiyle de otonom sistemler üretimi farklı boyutlara taşımıştır. Bunların hepsi de tarihsel süreç içinde birbirinden önemli dönüm noktalarını işaret eden sanayi devrimleri olmuştur. Bu devrimlerden ilk sanayi devriminden başlayarak yaşanan teknolojik gelişmeler ile sürekli olarak bir dönüşüm gerçekleşmeye başlamıştır. Bu dönüşüm zaman içerisinde üretim odaklı olan anlayışın bilgi teknolojileri etrafında şekillenmesi ile devam etmektedir. Günümüzde sıkça konuşmakta olduğumuz Endüstri 4.0 dönüşümü bu ilerlemenin en somut örneklerinden biridir.

Ülkelerin ekonomilerini güçlendirmek, rekabet güçlerini artırmak, mevcut konumlarını ileride daha iyi bir konuma getirmek veya lider konumda söz sahibi olabilmek adına Endüstri 4.0 ve teknolojileri bir araç olarak önem arz etmektedir. Bu nedenle ülkeler gelişmekte olan süreçlere uyum sağlamak durumundadır. Ancak her ülkenin gelişmişlik düzeyi farklı olduğundan Endüstri 4.0'a uyum sağlaması da farklı zamanlarda olacaktır. Yeni nesil akıllı fabrikalara geçiş için teknolojik alt yapının kurulması, örgüt yapısının yeniden yapılanması, eğitimlerin alınması, görev ve iş bölümlerinin yeniden tanımlanması, yasal mevzuatın uygulanması gibi aşamalar Endüstri 4.0 için gereklidir.

Endüstri 4.0 bileşenlerini bir bütün olarak uygulayabilen firmalarda makineler, ürünler ve insanlar arasında bağlantı ve iletişim eş zamanlı gerçekleştiriliyor olması hataların önceden görülerek düzeltilmesine, stok

takibinin rahatlıkla yapılabilmesine, enerji tasarrufuna, kalite ve verimlilikte artışa, maliyetlerde düşüğe neden olur. Bu sayede yerel ve küresel pazarlarda üreticiler artan tüketici beklentilerine kısa sürede, hızlı, esnekliği artırılmış, kitlesel ve kişileştirilmiş ürünlerle dahil olabilecekler.

1.1. Problem

Almanya'nın Hannover şehrinde şekillenmeye başlayan Endüstri 4.0 devriminin ülkemizde Balıkesir Organize Sanayi Bölgesi nezdinde tanınmasının, bilinmesinin ve uygulanmasının hangi aşamasında olduğunun tespiti yapılmamıştır. Firmalarda uygulanabilirliği konusunda herhangi bir çalışma yapılmamıştır.

1.2. Amaç

Balıkesir Organize Sanayi Bölgesinde faaliyette olan firmaların Endüstri 4.0'a karşı yaklaşımları, bilgi düzeyleri, hazırlık aşamaları hakkında bilgi sahibi olmaktır. Firmalarında Endüstri 4.0 bileşenlerinden hangisini ya da hangilerini uygulayabileceklerini ve firmalarının gelecek beklentileri hakkında araştırma yapmaktır.

1.3. Önem

Yeni bir kavram olarak hayatımıza giren Endüstri 4.0 devrimini ve bileşenlerini tanımlayarak bunların ışığında firmaların hazırlık aşamalarındaki durumlarını ortaya koymak. Balıkesir ilini kapsamı bakımından tek kaynak olması aydınlatıcı ve yol gösterici olması adına da önem arz etmektedir.

1.4. Varsayımlar

Araştırmada düzenlenmiş olan elektronik ankete katılan gönüllü katılımcıların sorulan sorulara objektif bir şekilde cevap verdiği varsayılmaktadır.

1.5. Sınırlılıklar

Endüstri 4.0 devrimi günümüzde halen devam eden bir süreç olduğu için kesin bir sonuç elde edilememiştir. Bundan dolayı araştırmanın çerçevesi dar tutulmuş ve sadece Balıkesir Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren firmalar dikkate alınmıştır.

2. SANAYİ DEVRİMLERİ VE TARİHSEL GELİŞİMLERİ

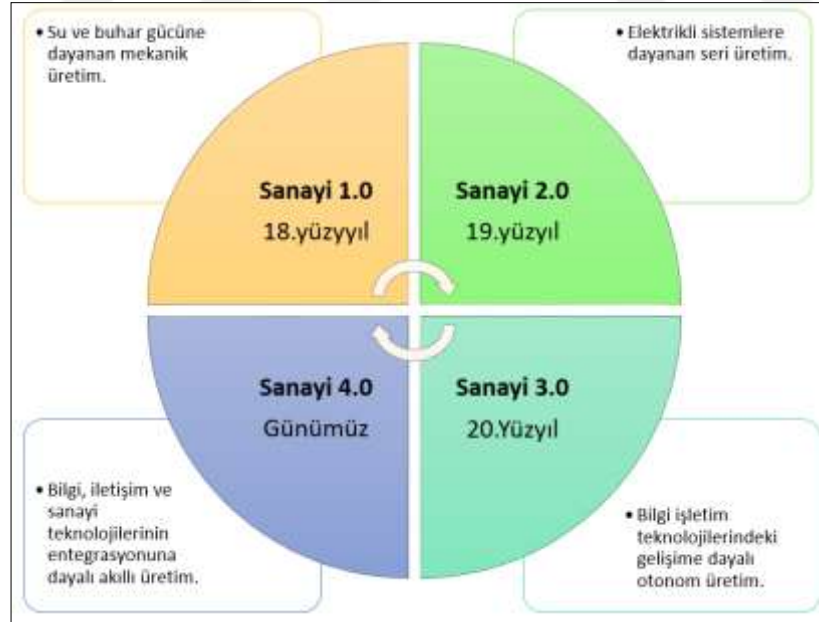
Geçmişten günümüze kadar ülkelerin yaşamış oldukları zorluklar, ekonomik ve sosyal ihtiyaçlar, sahip oldukları konum, ülkelerdeki hukuksal, teknolojik ve diğer çeşitli olanaklar ülkeleri değişimlere zorlamıştır. Bu değişimlerin bazıları büyük çapta köklü değişiklikler olarak karşımıza çıkmıştır. Köklü değişiklikler tüm dünyayı etkilemiş ve devrimleri beraberinde getirmiştir (Soyöz, 2019, s. 10).

İnsanlık tarihine bakıldığında, ilk gelişmenin Tarım Devrimi döneminde olduğu görülmüştür. Bu dönemde insanlar göçebelik hayatını, avcılık ve toplayıcılığı bırakarak yerleşik yaşama geçmişlerdir. Yerleşik yaşamla birlikte tarım ile uğraşmaya başlamışlardır. Yerleşik yaşam dönemine kadar, insanlar tüketici rolüne sahipken tarım ile ilgilenmeye başlayınca insan artık üretici konuma geçmiştir (Eğilmez, 2017).

İngiltere de 19. yüzyılın başlarından itibaren başlayan sanayileşme dönemleri, batı Avrupa devletlerinin ve Amerika Birleşik Devletleri'nin katkılarıyla gelişme göstermiştir. Japonya ise 20. yüzyılın başından itibaren gelişmelere katkı sağlamıştır. Endüstri Devrimleri, tarihsel gelişmelerdeki çeşitliliklerden dolayı farklı isimler almıştır. Endüstri 1.0 olarak adlandırılan ve ilk devrim olan Birinci Endüstri Devrimi 1765 yılı ile 1840 yılları arasında kapsamaktadır. Ardından Endüstri 2.0 olarak adlandırılan İkinci Endüstri Devrimi ise 1840 yılı ile 1970 yılları arasında ve Endüstri 3.0 olarak adlandırılan Üçüncü Endüstri Devrimi ise 1970 yılları ile 2000 yıllarını, son olarak da 2011 yılından sonrası ise Dördüncü Endüstri Devrimi olarak adlandırılan Endüstri 4.0'ı kapsamaktadır (Günay, 2002, s. 14).

Birbiri ardına yaşanan köklü devrimler, ülkeler arasındaki dengeleri etkilemiş, ülkelerin üretim yapısı kalkınmışlık düzeyleri gibi pek çok alanda değişimler yaşatmıştır. 1. Endüstri devriminde ve endüstri devrimlerinde ilk olarak ele alınan sektörler demir-çelik sektörü ve tekstil sektörüdür. Daha

sonrasında diğer sektörlerde de etkisini göstermiştir. Gerçekleşen devrimler sadece ülkelerin üretim yapılarında değişim yaratmamış bununla birlikte ekonomik seviyeleri değişmiş, toplumların yaşam şekillerinde de büyük değişimler yaşatmıştır. Birinci Sanayi Devriminin doğuşu olarak bilinen buharlı makinelerin icat edilmesi ile Avrupa ülkelerindeki nüfus artmış ve sömürgecilik yaygınlaşmıştır. Endüstri 2.0 devriminde ise bu devrimin başlamasına öncülük eden teknolojinin ve bununla birlikte otomasyon sistemleri olmuştur. Böylece üretim teknikleri açısından ilerlemeler yaşanmış, bu ilerlemeler girişimciliğin artmasına ve ticaret hukukuna gereken önemin verilmesine ortam hazırlamıştır. Endüstri 3.0 ise programlanabilen sistemlerin üretimde kullanılması ile endüstriyel yatırımların artmasına ve kapitalizmin gelişmesine kaynak teşkil etmiştir (Jensen, 1993, s. 834). Günümüzde var olan Endüstri 4.0 ile bilgi, iletişim ve sanayi teknolojilerinin entegrasyonu ile sisteme dayalı akıllı üretim gerçekleştirilmektedir (Salğar, 2018, s. 3). Şekil 2.1’de sanayi devrimlerinin dönüş noktaları ve bir sonraki sürece geçiş için elde edilen avantajlar aktarılmıştır.



Şekil 2.1. Sanayi Devrimlerinin Aşamaları

Kaynak: (Öztuna, 2017, s.51)

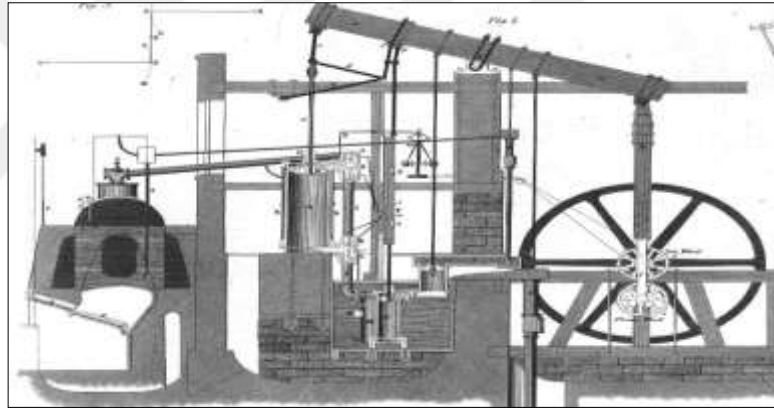
2.1. Birinci Sanayi Devrimi

İlk defa İngiltere’de ortaya çıkan 1.Sanayi Devrimi, modern çağın başlangıcı için dönüm noktası olarak kabul edilmiştir. Ortaya çıkan sanayileşme hareketi çoğunlukla pamuk, demir ve buhar olmak üzere üç ana öge etrafında toplanmış gibi olsa da teknolojik ilerlemeye sunduğu katkıları açısından da önem arz etmektedir (Harley, 1982, s. 267-268).

Endüstri 1.0 döneminde, su ve buhar gücünün makinelerde kullanılmasıyla üretim gerçekleştirilmeye başlanmıştır. İlk olarak 1733’ te “uçan mekik” olarak bilinen üretim sistemini John Kay icat etmiştir. Uçan mekik sayesinde birim zamanlı olarak makinelerin dokuduğu iplik miktarında artış olmuştur ve üretimde verim artışı sağlanmıştır. Dokuma tezgâhlarının hızlarının artması ise üretim maddesi olan ipliğe duyulan ihtiyacı artırmıştır. Hargreaves ise 1766 yılında, aynı anda birden çok ipliği eğirebilmek için iplik eğirme aletini icat etmiştir. 1769 yılına gelindiğinde de Richard Arkwright, suyun gücünü kullanarak iş yapan ip eğirme tezgâhını icat etmiştir. “Eğirme Katırı” olarak isimlendirilen ip eğirme makinesini ise Samuel Crompton icat etmiştir. İngiltere’de yaşanan bu gelişmeler sayesinde dokuma sanayisinde büyük ilerlemeler yaşanmış ve İngiltere de bu sektörü lider konumuna getirmiştir (Günay, 2002, s. 5-6).

Demir sanayisinde ise ürün kalitesinin ve üretim kapasitesinin artırılmasında bazı önemli buluşlar katkı sağlamıştır. Bu sanayi içerisindeki ilk gelişme, demir ustası olan Abraham Darby tarafından 1709 yılında gerçekleştirilmiştir. Makinelerin ve aletlerin yapımı için kullanılan demir malzemesinin, üretiminde ana madde olan demir cevheri için odun kömürü yerine kok kömürünü eriterek demiri üretmesi olmuştur. İkinci gelişme Henry Cort tarafından 1780 yıllarında icat edilmiş olan demiri tavlama ve demiri şekillendirmeye yarayan haddelemenin keşfedilmesi olmuştur. Diğer bir başka gelişme ise 1829 yılından itibaren kullanılan James Neilson’un keşfettiği yüksek fırın yapısının demir sanayinin kapasitesinin artmasına etkisi olmuştur. Bu buluşlar nedeni ile kömür cevherlerinin olduğu yerler sanayi sektörünün yerleşim alanları haline gelmiştir (Ermiş, 2018, s. 12).

Avrupa’da gerçekleştirilen icatlar ve gelişmeler ile paralel olarak Mısırlı bir mühendis olan Heron, ilk buhar makinasını icat etmiştir ancak yapılan bu icat döneminde toplumsal anlamda bir etki yaratamamıştır. İngiliz bir mühendis olan Thomas Savery ise 1698 yıllarında ticari olarak nitelendirilebilen ilk buhar makinasını gerçekleştirmiş ve su tahliyesi için kullanılmaya başlanmıştır. Bu dönemde James Watt kendisine tamir için getirilen bir buhar makinasını detaylı bir şekilde inceleyip revize ederek, makinanın enerji kaybını azaltmış ve daha sonrasında 1769 yılında kendi adıyla ve patentini alarak bir buhar makinası üretmiştir. İcat edilen bu buhar makinası bir değirmeni ya da bir dokuma tezgâhını rahatlıkla çalıştırılabilecek güçte olduğu bilinmektedir (Kutyak, 2018). Şekil 2.2’de aktarılan buharlı makine sisteminin görseli verilmiştir.



Şekil 2.2. James Watt Tarafından Geliştirilmiş Buharlı Makine Sistemi
Kaynak: (http-1)

James Watt, aktarılan buharlı makine sistemi üzerinde 1781 yıllarına kadar birçok iyileştirmeler gerçekleştirmiş, yaptığı iyileştirmeler sayesinde buhar gücünü pistonlar ile lineer harekete ve biyel kolunun kullanımı ile de dairesel hareketlere çevirebilen mekanizmalar geliştirmiştir. Mühendislik alanına yapmış olduğu katkıları sayesinde uluslararası güç biriminin ismi “Watt(W)” olarak kabul edilmiştir (http-2).

James Watt’ın yaptığı geliştirmeler sonrasında makineler üzerine yapılan çalışmalar sürdürülmüştür. 1787 yılına kadar buharlı makine sistemleri sadece tekstil makinelerini su pompalarını kullanmak suretiyle çalıştırmışlardır. Ancak 1787 yılında ise sadece tekstil de kullanılan buhar

makineleri, John Fitch tarafından geliştirilerek bir vapurun nehrin yüzeyine indirilmesini sağlayacak güce ulaştırılmaya çalışılmıştır. Bahsedilen bu olay tarihte ilk kez hareket eden bir vapur özelliğinin buharlı makine sistemi ile kullanılması bakımından önemlidir. Vapurun nehre indirilmesinde ki amaç; hammaddelerin ve kömürün diğer taşıma yollarına göre denizden taşınmasını sağlayarak daha az güç harcamaktır ve deniz yoluyla kara yoluna göre daha fazla ağırlık taşınabilmektedir. İngiliz bir mühendis olan Charles Algernon Parsons'de buharlı makineler üzerine yenileme çalışmaları gerçekleştirmiştir. Charles, 1884 yılında buhar makineleri üzerine yaptığı yenileme çalışmaları ile tarihteki başarılı ilk buhar türbinini icat etmiştir. Bu sayede yüksek hızda giden gemilerin ve yüksek hızla çalışabilen jeneratörlerin yapımına imkân sağlanmıştır (Parsons, 1911, s.4).

Avrupa'da gelişen demiryolu ve denizyolu taşımacılığı sayesinde ticari faaliyetler alanında gelişmeler olmuş, bunun sayesinde yüksek karlar karşılığında önceden bilinmeyen pek çok ürün ve hammaddenin satışı gerçekleşmeye başlamıştır. Üretim gerçekleşirken kullanılan malzemeler deniz aşırı ülkelerden elde edilmesi, eskiye göre daha ekonomik ve kolay olmuştur. Böylece üretim gerçekleştirilirken tedarik maliyetlerinde azalma olmuştur. Hammaddenin tedarik maliyetlerini azaltmak isteyen Avrupalı sanayiciler uzak coğrafyalardaki yerel halkı düşük ücretlerle çalıştırmışlardır. Avrupalıların keşfettiği ucuz işgücü ile çalışan yerel halkı köleleştirme süreci başlamıştır. Köleleştirilen insanlar ticari bir mal gibi bu dönemde alınıp satılmaya başlamıştır (Yalpa, 2020, s. 8).

Ekonomik faaliyetlerde yaşanan gelişmeler ile üretim ve tüketim yapılarında, ürün tedariki ve taşıma süreçlerinde değişimler olmuştur. Talepte meydana gelen artışlar nedeniyle üretimde süreklilik ihtiyacı doğmuştur. Önemli gelişmelerden biri olan gaz lambasının bulunmasıyla da yalnızca gündüz yapılabilen üretime gece de devam edilmiştir. Bu durumda vardiya sistemi doğmuş ve makineler hiç durmadan çalıştırılmaya başlanmıştır. Fabrikalarda çalışan işçilere ödenen ücretler temel gereksinimleri karşılayabilir düzeyde değildir. Fakat buna karşılık işveren grubu ise yüksek ücret verildiğini düşünmektedir. İşverenlerin bu olaya bulmuş oldukları çözüm ise makineleri üretimde etkin kullanmaktır. Makinelerin üretimde etkin kullanılması ile hem

düşük maliyetlerle işgücünden yararlanılmış hem de üretim kalitesinde artış yaşanarak üretim yapılmıştır. Ancak bu durumun olumsuz tarafı ise işsizliğin büyük ölçüde artması olmuştur (Humbert, 2007).

Makinelerin yaygın bir şekilde sanayi sektörüne girmesiyle zanaatkârlar işlerinden olmuş, düşük ücretlere razı gelmişlerdir. Ancak bir süreden sonra oluşan bu duruma karşı çıkmaya başlamışlardır. 18.yy da Luddit hareketi başlamıştır. Bu hareket adını zanaatkârları tezgâhlarının kırılmasına liderlik etmiş olan Ned Ludd'den almıştır. 1811'de bu hareket ilk önce İngiltere'nin Nottingham bölgesindeki dokuma fabrikasında ortaya çıkmaya başlamış ve diğer endüstri kollarına yayılmıştır. Hareket sert bir şekilde şiddet kullanılarak bastırılmış, birçok lider idam edilmiştir. 19.yy da bu gibi olumsuz durumlarla ve işçilerin direnişleriyle mücadele edebilmek adına yeni yasalar geliştirilmiştir (Çavdar, 2019, s. 11).

İngiliz Tarım Devrim'i sayesinde yeni üretim sistemleri gelişmiş ve kıtlığın ortadan kalkmasını sağlamıştır. Ancak kırsalda eski üretim teknikleriyle üretim yapmaya devam eden insanlar kendilerine yetememeye başlamış ve iş bulabilmek için insanlar kentlere göç etmeye başlamıştır. Birinci Sanayi Devriminin etkisiyle kırdan kente doğru olan göç ve kentleşme artmıştır (Wyatt III, 2009, s. 47). Yaygınlaşmaya başlayan kırdan kente göç sanayinin ihtiyacı olan işgücünü karşılamış ve bununla da kalmayıp üretimi artmış olan ürünleri tüketecek topluluklara dönüşmüştür. Üretimin, işgücünün ve tüketicinin birbirini beslemesiyle ortaya çıkan artış sanayi alanında iktisadi olarak değişimi ve büyümeyi destekler etki yapmıştır (Deane, 2000, s. 31).

Üretimin referans noktası olarak kullanıldığı bu gelişmeler devam ederken, Birinci Sanayi Devrimi ya da diğer bir adıyla Sanayi 1.0; ekonomik, sosyolojik ve politik açıdan yarattığı sonuçlar nedeni ile tarihsel bir dönüm noktası olmuştur. Ekonomik, siyasal ve toplumsal ilişkilerde köklü değişikliklere yol açmış, aynı zamanda teknolojik yeniliklerin doğmasına ve bilimsel bilginin gelişmesine destek olmuştur (Görçün, 2017, s.11-12). Aktarılanlardan hariç olarak da üretim niceliksel olarak artırılmış ve buna bağlı bir biçimde mekanik güç kullanımını artırılmıştır. Ürün miktarı arttığı için daha çok girdiye de ihtiyaç duyulmuştur. Aynı zamanda ulaştırma da geliştiği için üretilmiş olan malları satacak satıcılar ve tüketecek tüketiciler ortaya çıkmıştır.

Sermaye artışı yaşandıkça yeni fabrikalar kurulmuş ve çalıştırılan işçi sayıları da artmıştır. Geleneksel üretim yöntemlerin yerini yüksek kaliteli ve ucuza üretim yapabilen fabrikalar almıştır (Öcal ve Altıntaş, 2018, s. 2071).

2.2. İkinci Sanayi Devrimi

İkinci Sanayi Devrimi, küreselleşmeye gidilen yolda ikinci adım olarak nitelendirilen petrolün 1870’li yıllardan itibaren endüstride kullanılabilmesinin keşfedilmesiyle başlamıştır. Endüstri 2.0 olarak da nitelendirilen süreçte, endüstriyel üretimin enerji kaynağı Endüstri 1.0’da kullanılan kömür yerine petrol olmuştur. Kömürün tedarikinin, nakliyesinin ve depolamasının yaşattığı zorluklar, yarattığı maliyetler nedeniyle endüstrinin artan ihtiyaçlarını karşılayamaz hale gelmiştir. Buna bağlı olarak, endüstriyel faaliyetlerde kömürün yerini alarak maliyeti düşürecek ve verimliliği artıracak yeni bir enerji kaynağının arayışına başlanmıştır. Kömüre oranla inanılmaz fırsatlar ve faydalar sunan petrol, yeni dönemde sanayinin enerji kaynağını oluşturmuştur. Farklı bir enerji kaynağı arayışı aynı zamanda yeni makinelerin üretilmesi yönünde çalışmaların başlamasına neden olmuştur (Salğar,2018,s.7)

Bu dönemde endüstride hammadde olarak kömür yerine petrol kullanılarak buhar makinelerinin çalışmasında düzenlemeler gerçekleştirilmiş ve yakıt olarak kömür yerine petrol kullanılmaya başlanmıştır. Bu sayede petrol ile suyun ısıtılarak buhar gücünün elde edilmesi sağlanmıştır. Ancak var olan makinelerin sistemleri ve makinelerin motor yapıları üretimde petrolün verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayamamıştır. 1892 yılında ise bu duruma çözüm üreten Alman mühendis Rudolf Diesel olmuştur. Rudolf Diesel, petrol ile çalışabilen içten yanmalı motoru icat etmiştir. Bu icat sayesinde endüstri tarihinde buhar gücü ile çalışan makinelerin yerini hacim olarak daha ufak olan içten yanmalı motorlar almıştır (Mokyr, 1998, s.7).

İçten yanmalı motorların kullanımının yaygınlaşmasıyla ve petrolün kömür yerine kullanılmaya başlanmasıyla demirin yapısından kaynaklı oluşan üretim sorunlarına çözüm olarak çelik kullanılmaya başlanmıştır. Bu devrim sürecinde çelik en etkili madde olmuştur. Gelişen demir yolları ağlarıyla taşınan sanayi malları sayesinde çeliğin hayatımıza girmesi kolaylaşmıştır.

Pamuk Birinci Sanayi Devrimi'nin en büyük refah kaynağı olurken, çelik İkinci Sanayi Devrimi'nin en büyük refah kaynağı haline gelmiştir (Sarıkulak, 2018, s. 24).

İkinci Sanayi Devrimi döneminde içten yanmalı motorun etkin halde kullanılması ve kömürün yerine petrolün kullanılmaya başlanmasıyla, ulaşım olanakları bu güne kadar hiç olmayan derecede gelişim göstermiştir. Ulaştırma sisteminde demir yolu taşımacılığı ile birlikte bu dönemde deniz yolu taşımacılığında ciddi gelişmeler yaşanmıştır. Yine bu dönemde karayolu taşımacılığı da ulaşım sistemleri içerisinde kendini göstermeye başlamıştır. Karayolu taşımacılığı sadece ticari olarak yük taşımacılığında değil bireysel kullanımda da öne çıkmaya başlamıştır (Görçün, 2017, s.15).

Endüstri 2.0 dönemi aynı zamanda makine mühendisliğinden endüstri mühendisliğine geçiş dönemini de belirtmektedir. Seri üretim bantları bu dönemin önemli ürünlerinden biri olmuştur. Seri üretim bantlarının gelişimi ile askeri amaç bakımından ilk defa orduya silah üretimi yapan bir fabrikada 1798 yılında kullanılması sağlanmıştır. 1870 yılında ise mezbahalarda kullanılmaya başlanmıştır. Malların kitlesel üretimini esas alan seri üretim bantlarında aynı zamanda montaj hatları da kullanılmıştır. İkinci Endüstriyel Devrimin odaklandığı alanlardan biri iş bölümü diğeri ise uzmanlaşmaya dayanan üretim yöntemleri olmuştur. Bununla birlikte Henry Ford'un 1914 yılında kendi adını verdiği "Ford T" seri üretim bantlarının da yaygın bir şekilde kullanılmasıyla, ilk etapta otomotiv sektörü olmak üzere hem üretim miktarında artış hem de maliyet düşüşleri sağlanmıştır (Derya, 2018, s. 1-20).



Şekil 2.3. Ford T Seri Üretim Bandı
Kaynak: (http-3)

Kitlesel üretimin gerçekleştirildiği üretim yapısında da seri üretim bantları kullanılmaktadır. Bu üretimin gerçekleşmesi için talep edilen miktarın çok olması ve süreklilik taşıması gerekmektedir. Ayrıca üretimi gerçekleştirilecek ürünün yapısı da bu üretim tipine uygun olmalıdır. Seri üretim bantlarında kitle üretimi gerçekleştirilirken hat üzerinde iş yükü de eşit şekilde istasyonlar arasında dağıtılmalıdır. Önceleri üretimin gerçekleştiği hatlar arasında malzemeler ya da ürünler işçiler yardımıyla iş gücüyle gerçekleştirilirken, seri üretim bantlarının kullanılmaya başlanmasıyla ürünlere ait farklı parçalar sırasıyla ürünlere monte edilmektedir. Hatta ürünün farklı özellikteki modelleri partiler halinde aynı seri üretim hattı üzerinde üretilmektedir (Karaca, 1996, s.120-122).

Sanayi devrimlerinden önce sanayi, küçük atölyelerde zanaatkârlar tarafından yapılırdı. Zanaatkârlar sektörün ortak çatısı sayılan loncalara bağlı çalışırlardı. Loncalarda iş ahlakı ve manevi eğitim teşvik edilirdi. İşçiler çiraklıktan ustabaşılığına kadar yükselirdi. Ustabaşıları lonca teşkilatının aracılığıyla iş yeri açma yetkisine sahip olurlardı. Sanayi devrimleri sayesinde fabrika adı verilen büyük ölçekli üretim yerleri açılarak eski tarz üretimler ortadan kaldırıldı ve ikinci sanayi devrimiyle üretim ve işgücü makineleşti. (Yülek, 2019, s. 228). İşgücünün makineleşmesi ile toplam üretimde artış olmuştur ve verimlilik olumlu yönde etkilenmiştir. Bu gelişmeler ile birlikte işçiler düşük ücretler ile uzun saatler çalıştırılmıştır. Bu dönemde çalışanların iş sağlığı ve güvenliği göz ardı edilmiştir. Diğer yandan oluşan bu durumlar karşısında işçiler arasında sendikalaşma hızlanmıştır. Bilgi toplumunun öneminin giderek artmasından kaynaklı beyaz yakalı çalışanların sayısında artış olmuştur (Çevik, 2018, s. 5).

Üretim sisteminde değişiklikler yaşanırken, Amerikalı bir makine mühendisi olan Fredick Taylor, iş yerleri üzerinde ve işçiler üzerinde bazı çalışmalarda bulunmuştur. Yaptığı bu çalışmalarda kullandığı yöntemleri en uygun şekilde kullanarak Bilimsel Yönetim Yaklaşımını öne sürmüştür. Taylor'un bulmuş olduğu yaklaşım ile fabrikalarda gerçekleştirilen işlerin analizinin yapılabileceği anlatılmaktadır. Yapılacak analizler sayesinde maksimum verimle nasıl çalışılabileceği saptanmaktadır. Bilimsel Yönetim

Yaklaşımı aynı zamanda “Taylorizm” olarak da bilinmektedir. Taylorizm, üretim sürecinde işçinin emeğini kullanarak işlerin işleyiş metodu en verimli nasıl olacağına ve nasıl standartlaştırılarak, süreklilik sağlanabileceğine odaklanmaktadır. Bu yaklaşım metodu ile her işçi aynı işi kolaylıkla yapabilecektir. Bilimsel Yaklaşım Yöntemi ileriki yıllarda araştırmacılara kaynaklık etmiştir. 1910 yılında Louis Brandeis, Taylor’un yaklaşımını akademik dünyada Bilimsel Yönetim Teorisi olarak terimleştirmiştir. Taylor’un da Brandeis’ inde amaçları üretim gerçekleştirilirken yaptıkları her hareketi yöneticiler için ayrıntılı hale getirerek üretimin planlaması, örgütlenmesi ve kontrolünün sağlanması olmuştur (Özer, 2014, s. 9).

Endüstri 2.0 Devrimi’ndeki bir diğer önemli buluş ise elektriğin icadıdır. Thomas Edison’un 1882 yılında ampülü icat etmesi ile elektrik kullanımı yaygınlaşmıştır. Fabrikalarda ve kentlerde elektrik enerjisi etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Akbulut, 2011 s. 3). Buhar gücünün yerine kullanılmaya başlanan ve daha üstün bir teknoloji olan elektrik enerjisi, üretim hatlarında kullanılmış ve makinelerin gelişmesine önemli katkılar sağlayarak üretimin artırılmasını sağlamıştır (EBSO, 2015, s.5).

Yeniliklerin ve icatların arka arkaya gerçekleşmesiyle verimlilik artmış, üretim maliyetleri aşağı çekilmiştir. Böylece malların fiyatları da kayda değer oranda azalmıştır. Bu durumun böyle devam etmesi ileriki zamanlarda tüketim toplumunun oluşmasına zemin hazırlamıştır. Adam Smith’ in bir önceki dönemde dile getirdiği ekonomik görüşü özellikle piyasaların “görünmez el” ile düzeleceği 1929 buhranı ile sarsılmış, bunun yerine Keynes’ in “devlet gerek duyarsa piyasayı denetleyebileceği, düzeltebileceği” teorisi ortaya atılmıştır. Sosyal devlet kavramı; sağlık sigortası, iş güvencesi, çalışma koşullarını yaş ve saate göre düzenleyen kısıtlamalar ve iyileştirmeler, emekli ve yaşlı maaşları gibi kavramlar ile hayata yerleşmiştir (Yalpa, 2020, s. 14).

Genel olarak İkinci Sanayi Devrimi Döneminde icat edilen telefon, radyo ve telgraf gibi iletişimi sağlayan araçlar sayesinde bilgiye ulaşım kolaylaşmış, dünyada meydana gelen gelişmelerden kolaylıkla haberdar olunmuş, ticaretteki trendler ve moda anlayışı yaygınlaşmıştır. İkinci Sanayi Devrimi’nin yarattığı önemli gelişme çelik, petrol ve elektrik üretimi sayesinde gerçekleşen teknolojik dönüşümdür. Endüstride kullanılan çelik sayesinde

demir yolları gelişme göstermiş, ulaşım kolaylaşmış, haberleşme ve taşımacılık olanakları artmıştır. Bu iyileştirmeler sayesinde hem ticarete hem ulaştırmada gelişmeler yaşanmıştır. Ağır sanayi sektörü, demir-çelik hammaddeleri ile elektrik enerjisine ulaşımın yaygınlaşması sayesinde gelişimini tamamlamıştır. İkinci Sanayi Devrimi ile gerçekleşen gelişmelerde İngiltere, Amerika Birleşik Devletleri, Almanya ve Japonya dünyada öne çıkan ülkeler olmuştur (Görçün, 2017, s.87).

2.3. Üçüncü Sanayi Devrimi

Üçüncü Sanayi Devriminin başlamasına neden olan faktörler ise seri üretim yapılan yerlerde elektriğin kullanılması ve seri üretim hatlarının geliştirilmesidir. Bu dönemin en önemli özelliklerinden biri üretim süreçlerinin otomatik gerçekleşmesi ile birlikte tedarik zincirinde otomasyon teknolojilerinin kullanılması olmuştur. Böylece Üçüncü Sanayi Devriminin meydana gelişi, üretimde kullanılan mekanik teknolojilerin ve elektronik teknolojilerin yerlerine artık dijital teknolojik makinelerin kullanılmaya başlanmasıyla gerçekleşmiştir. Üçüncü Sanayi Devriminin, diğer sanayi devrimlerinden farklı olmasının diğer nedeni ise temel bileşenlerinin; bilgi işlem uygulamaları, internet kullanım alanının genişlemesi ile ortaya çıkan iletişim teknikleri ve bunların ortak gerçekleştirme aracı olan mikro elektroniklerdir. Yani, Üçüncü Sanayi Devrimi dijital devrim çağıdır (Çelikaş vd., 2015, s. 24-34).

Endüstri 3.0 olarak da bilinen Üçüncü Sanayi Devrimi, üretimin bilgisayar teknolojilerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilen dönem olmuştur ve 1970 yılı ile 2000 yılı arasındaki süre bu dönemi kapsamaktadır. Otomasyon teknolojileri açısından ise Modicon firması 1969 yılında ilk defa üretimde elektronik ve bilgi teknolojisiyle birlikte işlem yapabilen programlanabilen sistemleri kullanmıştır. 1969 yılında Modicon firmasının geliştirdiği PLC (Programmable Logic Controller) adındaki sistem ile günümüzde endüstriyel üretimde kullandığımız mekatronik, telekomünikasyon, biyotarım, mikro elektronik, nükleer enerji, biyogenetik, akıllı üretim tesisleri ve lazer teknolojileri gibi bilimlerinin temelleri atılmıştır. Teknolojik girdilerin üretimde kullanılmaya başlanması ile lojistik ve iletişim olanaklarının hızla

gelişmesi sağlanarak ticaret gelişmiş ve küreselleşme artmıştır (Aksoy, 2017, s.37).

Gerçekleşen dijital devrim ile işçilerden kaynaklı olan masraflar azalmış ve iş yaşantısındaki insan figürüne olan ihtiyaçta azalma yaşanmıştır. Bazı işletmelerde iş yükünün çoğu insanlar tarafından karşılanır. Ancak tatil zamanlarında veya işletmede bir bakım olacağı zaman işçiler işletmede olamayacağından işlere ara vermek durumunda kalınır. Otomasyon sisteminin kullanıldığı bir işletmede ise üretim hiç aksamadan yıl boyunca devam etmektedir. Kesintisiz üretim sayesinde verimlilik ve kalite artışı yaşanır. İnsana ihtiyaç duyulan işlerde işçiler aynı hızda ve kalitede işe devam edemezler. Bir süre sonra yorulurlar ve dinlenmek zorunda kalırlar. Ancak otomasyon sisteminin kullanıldığı işlerde aynı hızda ve aynı kalitede hiç durmadan üretim yapmaya devam ederler (Ayan, 2020, s. 18).

Teknoloji üreten firmaların kurulduğu ve çoğaldığı bu dönemde, Robert Noyce ve Gordon Moore, Electronics Co ismiyle teknolojik ürünlerin üretildiği fabrikalarını kurmuşlardır. Şimdilerde Intel adıyla bildiğimiz bu firma silikon bazlı mikroçipler üreterek teknolojiyi nano boyuta indirgemiş, üretim maliyetlerini azaltarak kullanıcı açısından erişebilir hale getirmiştir. Amerika'da yaşanan bu teknolojik ilerlemeler özellikle Silikon Vadisi adı verilen ve Amerika'da bulunan bir alanı, teknoloji üretim bölgesi haline getirmiştir. Silikon Vadisi, günümüz itibariyle de teknolojik ilerlemelere yön vermektedir. Üçüncü Sanayi Devrimi döneminde gerçekleşen bir diğer önemli teknolojik atılım ise internetin geniş alanda kullanılmaya başlanması olmuştur. Bu devrimden önce internet yalnızca askeri amaçlarda kullanılmaktaydı. Ancak 1980'li yılların başında "Yerel Alan Şebekeleri" LAN (Local Area Network) ismiyle nitelendirilen teknolojinin geliştirilmesiyle internet sivil kullanıma açılmış oldu (Oflaz, 2019, s 17).

Bu dönemi üretimde rol alan iş gücü açısından incelediğimizde, diğer iki sanayi devrimlerindeki işgücünden farklı olduğunu görmekteyiz. Üçüncü Sanayi Devriminde çalışan işçiler aynı zamanda bilgi işçisi olarak da adlandırılmaktadır. Bunun sonucunda ise vasıflı işgücüne olan talepte artış olmuştur. Kitle üretimi sisteminde var olan işbölümü çokluğu yerine işçinin çalışma faaliyet alanları geniş tutulmuştur. Bu dönemde, üretimdeki

standartlaşmadan kaçınılmaya başlanarak işçinin yaratıcılığı desteklenmiştir. Sonuç olarak da dikey örgütlenme yapısı yavaş yavaş terk edilmeye başlanmıştır (Bozkurt, 2014, s.186-190).

Üçüncü Sanayi Devriminde gerçekleştirilen üretimin odağında otomasyon sisteminin olması, haberleşmenin ve iletişimin teknolojik olarak gelişmesi ile müşteri beklentileri ve talepleri de artmıştır. Alıcı tarafında bulunan müşterilerin, çok seçenekli olan, ucuz ve kaliteli ürünlere karşı beklentileri artmıştır. İkinci Sanayi Devriminden sonra müşterilerin talepleri önemsenmeye başlanmıştır ve firmalarda müşterilerin taleplerini karşılayabilmek için farklı alternatifler denemeye yönelmişlerdir. Firmalar müşteri taleplerini karşılayabilmek için bu dönemde dış ülke kaynaklarını tercih etmişlerdir. Yani eskiden endüstriyel fabrikaların içinde gerçekleştirilen taşıma, üretim, depolama, tedarik, pazarlama gibi üretim süreçleri artık üretim hariç dış kaynakların bu sürece dahil olmasıyla gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Dış kaynakların sürece dahil olmasıyla fabrika içlerindeki yapılar küçülmüş, dış ticaret, lojistik, depo, gümrük gibi yeni departmanlara bölünmüştür. Sadece ulusal değil uluslararası tedarik zincirleri de oluşturulmuştur. Oluşan bu tedarik zincirleri eski dönemlere göre kontrollü ve izlenebilir duruma getirilmiştir (Görçün, 2017, s.104).

Yine bu dönemin sağladığı yeniliklerden olan haberleşme teknolojilerinde fiber optik ağların kullanımı sayesinde internetteki gelişmeler, tedarik zincirine aktarılarak yaygınlaştırılmıştır. Bu internet ağları yapısal olarak dünyamızın etrafını sarmış haldedir ve bu durum sayesinde haberleşme ve iletişim sırasında aktarmış olduğumuz veriler etkili bir şekilde kayba uğramaksızın hızlıca kullanıcılara ulaştırılabilmektedir. Fiber optik ağlarının etkinliği, işletim sistemlerinin ve bilgisayarların kullanımı sayesinde birbirlerinden çok uzaklarda olan tüketim, üretim, tedarik noktalarında ve süreçlerinde koordinasyon ve uyum sağlanmıştır. Tüketim, üretim, tedarik noktalarının birbirinden uzak ülkelerde olmasının nedeni ise; işgücünün ucuz ve çok olması, kaynakların varlığı ve ulaşım maliyetlerinin ucuz oluşundandır (Oflaz, 2019, s. 18).

İşletmeler ve tüketiciler, teknolojilerin ve internetin gelişmesiyle aralarındaki işbirliği daha hızlı ve yakın hale gelmesine imkan sağlamıştır.

Fakat aralarındaki ilişki interaktif olmadığı için yetersiz verilerle tüketicilerin isteklerine, tercihlerine göre üretim yapmak mümkün olmamaktadır. Bu durumu çözmek için e-ticaret platformu oluşturulmuştur. Böylece üreticiler ile tüketiciler arasındaki ilişki daha da yakınlaşmıştır (Görçün, 2017, s.119).

Üretilen ürünlerin standartlardan farklı olarak tüketicilerin zevk ve tercihlerine uygun olarak üretilmeye başlanması, üretim teknikleri açısından talebi üst sınırlara çıkarmıştır. Bu durum tüketicilerdeki alışkanlıkları da etkileyerek değişimleri tetiklemiştir. Firmalar ürünlerini şımartıcı reklamlar ile tüketicilerin taleplerini canlandırarak ürettikleri ürünleri satın almalarını teşvik etmiştir. Reklam yapılmasındaki amaç reklamlar sayesinde tanıtılan ürünlerin tüketicinin ihtiyacı olduğuna inandırmaktır. İhtiyacı olduğuna inanan tüketiciler çareyi daha çok ürün satın alarak tüketmekte aramışlardır. Toplumlar bu durumlardan dolayı “tüketim toplumu” haline gelmiştir (Yıldırım, 2019, s. 39).

Teknolojideki gelişmeler tüketicilerin kendi aralarında kurdukları ilişkilerinde doğrudan etkili olduğu bilinmektedir. Bu ilişkiye örnek vermek gerekirse günümüzde de aktif şekilde kullandığımız kuruculuğunu 2004 yılında Mark Zuckerberg’in yaptığı Facebook ve devamında Instagram ve Twitter gibi diğer sosyal medya platformlarıdır. Bu tarz sosyal medya kanallarında tüketiciler kullandıkları ürünler hakkında olumlu olumsuz görüşlerini, düşüncelerini paylaşmaya başlamıştır. Üreticilerinde bu sosyal medya platformları sayesinde tüketicilerle ilişkileri artmıştır. Geliştirilen kullanıcı ara yüzleri sayesinde tüketicinin en çok baktığı internet sitelerine ve ürünlere yönelik tahminler üretilerek tüketicinin kolaylıkla ulaşması için reklamlar, fırsatlar, indirimler gibi seçenekler tüketicilere sunulmaktadır (Grossman, 2010, s.2)

2.4. Dördüncü Sanayi Devrimi

2011 yılında Almanya'nın Hannover Fuar'ında yüksek teknolojilerin var olduğu yeni düzenin tartışılıp konuşulduğu bir ortamda Endüstri 4.0 kavramı ortaya çıkmıştır. İlerleyen zamanlarda başka ülkeler de Sanayi 4.0 kavramını gündemlerine almışlardır. Sanayisi gelişmiş ülkeler üretimdeki

rekabet güçlerini Çin gibi Uzakdoğu ülkelerine kaptırmaya başlayınca ortaya atılan bu yeni kavram aracılığıyla oluşacak yeni fırsatları kendi lehlerinde değerlendirme çabalarına girmişlerdir (Öcal, 2018, s.2073).

Dördüncü Sanayi Devrimi ile ortaya çıkan yeni düşünceler bu şekilde kısaca aktarılabilir (Öcal, 2018, s.2074);

- Akıllı Fabrikalar: İmalat tamamen otonom sistemler, sensörler, uygulama modülleri ile yapılacaktır. Akıllı teknolojiler kullanarak, kendini otomatik olarak idare edebilecek akıllı ve dijital fabrikalar kurulacaktır.

- Siber-Fiziksel Sistemler: Fiziksel dünyayı, sensörler ve aktüatörler (bir enerji kaynağı ile çalıştırılan böylece mekanizmanın hareket etmesini sağlayan bir tür motor) sayesinde sanal bilgi işlem dünyasına bağlanabilecektir.

- Tedarik ve Dağıtım Yönetiminde Yeni Sistemler: Tedarik sistemi ve dağıtım bireyselleştirilip, farklı ve çeşitli bağlantılar ile bunları oluşturan süreçleri birbirlerine bağlanacaktır.

- Kendini Örgütlenme: Günümüzdeki üretim sistemlerinde, yetkiler merkezi sistemden çevreye doğru yavaş yavaş aktarılmaktadır. Bu durumdan dolayı merkezin sahip olduğu klasik yetki örgütlenmesi biçimindeki örgütlenme azalmaya başlamıştır.

- Ürün ve Servisleri Geliştirmede Yeni Sistemler: Ürün ve servisler tamamen bireylerin istediği yönde geliştirilmesi sağlanarak, özel uygulamalar geliştirilecektir.

- Kurumsal Sosyal Sorumluluk: Kaynakların etkin kullanımı ve sürdürülebilirlik endüstriyel imalat süreçlerinin odak noktasını oluşturacaktır.

- İnsan İhtiyaçlarına Uyum: Üretimde kullanılan yeni sistemler artık insanların ihtiyaçlarına kolaylıkla çözüm üretebilecek şekilde tasarımı yapılacaktır.

Bu sürece küresel dünyada ekonomiler hızlıca adapte olmaya başlamışlardır. Endüstri 4.0'a "Dördüncü Sanayi Devrimi", "Dijital Endüstri", "Dijital Dönüşüm" de denilmektedir. Bu dönemde de diğer dönemlerde yer alan devrimler gibi olgun bir kurumsallaşma ile tam zamanlı hareket etmek

gerekmektedir. Endüstri 4.0 ile hayatımıza girmeye başlayan yaşanan hızlı dönüşümle birlikte, yapay zekaların ortaya çıkması, siber-fiziksel sistemlerin üretimde kullanımı ile oluşturulan bağlantılar ülkeleri bazı arayışlara sürüklemiştir. Ülkeler, Endüstri 4.0 sürecinde etkin bir yönetimin nasıl olacağını araştırmaya başlamışlardır. Uluslararası firmalarda bu konu üzerine Ar-Ge çalışmaları hız kazanmıştır. Gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkeler bu değişimlere, dönüşmelere ayak uydurmayı hedeflemiş ve çalışmalara başlamışlardır. Yaratıcı iş fikirlerine, modellerine olan ihtiyaç artmış, üretilen ürünler dijitalleşmiş, hizmetlerin sunuluşu gelişmiştir (Arslan, 2018, s. 25-27).



3. ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMI

Endüstri 4.0 kavramının nasıl ortaya çıktığını tam olarak anlayabilmek için, Avrupa'daki makine sanayisinin önemli ülkesi olan Almanya'da gerçekleştirilen endüstriyel değişimlere ait süreçleri ve aşamaları yakından incelemek gerekmektedir. 2011 yılında bu konuyla alakalı olarak; Almanya Eğitim ve Araştırma Bakanlığı, bugünün şartlarını dikkate alarak gelecekte kuvvetlenmesi öngörülen, uygulamaya geçirilebilecek ve sürdürülebilecek çalışmaları bir araya getirmiştir. Bu kapsamda 10 adet ana proje, eylem planı olarak tanıtılmıştır ve "Gelecek-Projesi" adıyla anılan bu programlar "Yüksek-Teknoloji Stratejisi 2020'nin Gelecek Projeleri" adıyla yayınlanmıştır (Özdoğan, 2017, s.54) .

Bu projeler içerisinde, 2011 yılında Almanya'da bulunan Hannover Fuarında ilk defa konuşulan ve tanıtılan en önemli proje ise; Alman dilinde "Industrie 4.0" olarak tanıtımının yapıldığı "Endüstri 4.0" projesi olmuştur. Bu projenin tanıtım içeriği; çevreci-akıllı şehirlere geçiş, mevcut olan karbon emisyon oranlarının düşürülmesi, akıllı şebekelerin yaygın kullanılmaya başlanması ile birlikte şu an kullanmakta olduğumuz fosil yakıtların yerine çevreye dost yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanım miktarının artmasını sağlamak şeklinde tanıtılmıştır. Alman hükümeti bahsettiği proje çalışmalarına zemin hazırlamak için ilk olarak projeye başlangıç aşamasında 200 milyon Euro bütçe ayırmıştır. 2013 yılında Almanya Ulusal Bilim ve Araştırma Akademisi öncülüğünde hazırlanan "Endüstri 4.0 Strateji Belgesi" yine Hannover Fuarında duyurulmuştur. Duyurulan bu belge Almanya göz önünde bulundurularak hazırlanmış gibi gözüktüğü de dönüşümün nitelikleri ve çizdiği önemli sınırlar açısından dünyaya yeni bir endüstriyel çağın ışığını yansıtmaktadır. Endüstri 4.0'ın temel olarak; üretim tesislerinde var olan bölümlerin kendi aralarında iletişim kurması, kurulan iletişimin başlangıç anından son anına kadar verilerin gerçek zaman ile aynı sürede elde edilmesi

ve bu veriler yardımıyla en yüksek katma değeri elde etmeyi hedeflemektedir (Tandfonline, 2017).

Aktarılan hedeflerin de katkısı ile Endüstri 4.0 yeniden 2016 yılında Dünya Ekonomik Forumu'nun Davos Zirvesinde ana gündem konusu haline gelmiştir. Bu forumun 2016 yılında yayınlanan raporuna göre ise Endüstri 4.0 gelecek on yıl içinde; enerji, ulaştırma, imalat, tarım gibi birçok ekonomik sektörde önemli gelişmeler ve değişimler yaratacağı belirtilmiştir (Ansal, 2016, s12-17).

Endüstri 4.0 olarak adlandırılan Dördüncü Sanayi Devrimi, geçmişte kalan diğer üç sanayi devriminin kazandırmış olduğu mekanik aletler, elektriğin kullanımı ve bilgi teknolojileri alanlarından elde edilen bilgi birikimleri üzerine inşa edilmeye başlanmıştır. Su ve buhar gücünden yararlanarak ortaya çıkan fiziksel sistemlerin sonucunda Birinci Sanayi Devrimi meydana gelmiş, elektriğin sanayide kullanılmaya başlanmasıyla kitleler halinde üretim sistemi ile İkinci Sanayi Devrimi ortaya çıkmış, bilişim ve iletişim teknolojilerinin kazandırdığı farklılıklar sayesinde ise üretimi otomatikleştiren sistemler aracılığıyla da Üçüncü Sanayi Devriminin ortaya çıktığı bilinmektedir. Ancak bu üç sanayi devrimi arasında geçen süre içerisinde özellikle üretim sektöründe köklü değişimler yaşanmıştır. Sanayi, bugün geldiğimiz noktada Avrupa'daki ülkeler başta olmak üzere bütün dünyada önemli role sahiptir. Fakat Avrupa sanayisi son yıllarda gelişmekte olan bazı ülkeler ile rekabet edebilme noktasında sorunlar ile karşılaşmaktadır. Avrupa sanayisini karşılaşılan bu sorunlar noktasında güçlendirebilmek adına emek gücünün azaltılması, etkin kaynak kullanımı ve üretimin süresinin kısaltılması amacı ile endüstriyel teknolojileri geliştirecek çalışmalar yapılmıştır, bunun sonucu olarak da Endüstri 4.0 süreci başlamıştır (Salğar, 2018, s.4-5).

Endüstri 4.0 kavramı öne sürüldüğü ilk günden bu güne kadar birçok yazar tarafından farklı şekilde tanımlanmıştır. "Platform Endüstri 4.0" ve "Endüstri 4.0 Çalışma Grubu" gibi bu fikri savunan ana destekleyici gruplar bile sadece seçilen belirlenen senaryoları, vizyonunu, ortaya konulan fikrin hedefinde olan temel teknolojileri tanımlayabilmiş net bir tanım sunamamıştır. Bu nedenle de Endüstri 4.0'ı tanımlayan herkes tarafından genel kabul görmüş

bir tanım henüz belirlenememiştir. Endüstri 4.0 kavramı ve kapsamını anlatan akademik yayınlarda veya fiziksel çalışmalarda geçen tanımlardan bazıları şunlardır (Oflaz, 2019, s. 25);

Kagermann vd. (2013): Endüstri 4.0'ı imalat sanayisindeki gelişimleri artırmak için güçlü iletişim teknolojilerinden ve yenilikçi düşüncelerden faydalanmak olarak tanımlamıştır.

Hermann, Pentek ve Otto (2015): Teknoloji ve değer zinciri organizasyonu kavramları için Endüstri 4.0 ortak terimdir. Endüstri 4.0'ın modüler yapıya sahip Akıllı Fabrikaların içerisinde Siber Fiziksel Sistemler fiziksel süreçleri izleyebilir, aynı anda da fiziksel dünyanın sanal olarak kopyasını oluşturabilir. Merkeze bağlı olmadan da kararlar alabilir. Yine, Siber Fiziksel Sistemler ve nesnelerin interneti yardımıyla gerçek zamanlı olarak insanlar ve makineler birbirleriyle iletişim kurabilir, eş zamanlı olarak işbirliği yapabilirler.

Schumacher, Erol ve Sihm (2016): Endüstri 4.0'ı değer zincirinde var olan büyük teknoloji ağı ile çevrilmiş olarak tanımlamaktadır. Nesnelerin interneti, otomasyon, hizmet, yapay zekâ, ek üretim ve robotik yeni bir üretim süreci çağını oluşturmaktadır. Siber-fiziksel sistem denilen olgu sayesinde gerçek dünya ile sanal gerçeklik arasındaki çizgilerin kaybolmaya başladığı aktarılmaktadır.

Oktay Fırat (2016): Endüstri 4.0'ın önemi, gerçek zamanlı olarak makineler, ürünler ve insanlar arasında bağlantıyı, iletişimi gerçekleştiriyor olabilmesi ve çok yüksek esneklik sayesinde müşterilerin isteklerine, taleplerine göre özel ve dijitalleşmiş bir akıllı imalat modeli geliştirmektir. Akıllı imalat modeli ile asıl yapılmak istenilen; merkezileşmiş olan üretim modelinden çıkarılıp yerelleştirmeye dönüştürmek, ürünleri standart şekilde üretmektense kişiye özel ürüne dönüştürmek, kullanıcıların üretime kısmi şekilde değil de tümüyle katılabilmelerini sağlamaktır.

Shafiq (2016): Üretimin geleneksel tesislerinde ve bütün sistemlerinin birbirlerine bağlı olarak 7 gün 24 saat mevcut şekilde kaynakları işleyip bilgisayar sistemine kaydetmesini destekleyen güçlü konseptin adı Endüstri 4.0'dır. Amacı ise; müşteri ve iş ortaklarının, iş ve diğer süreçler ile

entegrasyonunu uyarlanabilir kılmaktır. Mevcut kaynakları verimli kullanarak elverişli olan akıllı fabrikaları oluşturabilmektir.

TÜSİAD (2016) ise; Siber Fiziksel Sistemler ile dinamik veri işleme sayesinde değer zincirlerini uçtan uca birbiriyle bağlanması mümkün olan sanayi devriminin bir evresi olarak Endüstri 4.0'ı adlandırmıştır. Aktarıldığı üzere Endüstri 4.0'ın tanımı noktası incelendiğinde bu tanım üzerine çalışmayı gerçekleştiren kişi ve kurum gözetmeden, yalın olarak odaklanılan teknoloji alanı üzerinden ilgili tanımlar aktarılmıştır. Dolayısıyla bu noktada tam tanım yapılamayan bir sistemden farklı ihtiyaçları karşılayabilmek adına farklı birçok özelliğinin bulunması kaçınılmazdır.

3.1. Endüstri 4.0'ın Genel Özellikleri

Endüstri 4.0 ile üretimdeki işlem hareketlerinde gerçekleştirilecek büyük değişiklikler sayesinde geleneksel üretim tabanlı tahmin planlamasının tersine, gerçek zamanlı olarak ve en dinamik şekilde üretim planlaması sağlayacaktır (Sanders, Elangeswaran ve Wulfsberg, 2016, s. 816). Büyük ölçekli üretim yapan firmaların üretim miktarlarını artırabilmek için kullandıkları geleneksel üretim yöntemleri günümüz itibariyle yeterli olmamaktadır. Yeni oluşturacak stratejiler ile müşterilerden başlayarak tedarikçilere kadarki bütün sistemi kapsayacak çözümler üretebilecek üretim yöntemine ihtiyaç vardır. Bu yöntem Endüstri 4.0 sayesinde gerçekleşecek olan bilişim teknolojisi ve endüstri süreçlerinin uyumu ile oluşacaktır. Merkezileşmiş üretim sisteminin yerine esnek üretimlerin yapılabildiği, üretim aşamasındaki tedarik zincirlerinin her bir parçasının uyumlu şekilde çalıştığı, makinelerin kendi aralarında, müşterilerle ve tedarikçilerle iletişim kurabildiği sistem Endüstri 4.0'ın sağladığı kazanımlar olarak açıklanabilmektedir. Ayrıca Endüstri 4.0, üretim sanayisinde işlerin yapılış biçimlerinde değişikliğe gidilerek geleneksel yapının terk edildiği, sanayide otomasyonun yoğun biçimde kullanıldığı, üretimdeki her parçanın ve makinenin kendi aralarında iletişim sağlayabildikleri akıllı fabrikalar olarak da aktarılabilmektedir. Sanayi 4.0 devrimindeki amaç; hızlı, esnek ve kişileştirilebilen üretim sisteminin sağlanması ve kaynakların verimli şekilde kullanılmasıdır. Bunların üretimde

uygulanabilmesi sayesinde, maliyetlerin azalacağı üretimin miktarı ve kalitesinde artış olacağı, üretim süresinin azalacağı beklenmektedir (Sercan, 2019, s. 22).

Öte yandan Dünya Ekonomik Forumu'nun kurucusu olan ve başkanlığını yapan Klaus Schwab, Endüstri 4.0 devriminin ortaya çıkışını üç temel nedene bağlamıştır (Schwab, 2017, s.11):

Hız: Endüstri 4.0 öncesindeki sanayi devrimlerinin aksine, bu devrim doğrusal yönlü değil, üstsel yönlü hızla gelişme göstermektedir. Bu devrim, çok yönlü ve birbirleri ile bağlantılı, sürekliliği olan yeni teknolojilerin önünü açmasının sonucudur.

Genişlik ve derinlik: Bu devrim, dijital sistemlerin üzerine gelişmektedir ve bu gelişmeler sadece üretim sektöründe olmamış bununla birlikte bireylerin yaşantılarında, iş dünyasındaki şartlarda ve toplumda hızlı değişmelere yol açmaktadır.

Sistem etkisi: Endüstri 4.0 sadece firmaların ve üretim sektörlerinin yapısını değiştirmemiş, bununla birlikte ülkelerin yapısı ile birlikte sistemlerin de bütünsel değişimini ve dönüşümünü içermektedir. Son sanayi devriminin bu üç ayırıştırıcı özelliği, ileriki dönemlerde çok belirleyici olacaktır. Bu dönüşüme uyum sağlayamayan ülkelerin ve firmaların büyük kayıplara uğramalarının kaçınılmaz olacağı düşünülmektedir.

Endüstri 4.0 sanayi devrimi, Endüstri 3.0 sanayi devriminden birçok noktada ayırım göstermektedir. Ayrılan noktalardan bir tanesi dördüncü sanayi devriminde, dijitalleşme sürecinin üretimin her bir aşamasında gerçekleşmesidir. Kullanılan teknolojiler sayesinde üretimde tasarım yaparken, güçlü görselleştirmeler ve simülasyon yazılımları yardımıyla üretim süreçlerinde hızlanma ve gelişme sağlanmaktadır. Üretimin planlanması kısmında ise yine dijital ortamda ekipmanlar ve tüm fabrikanın tasarlanması yanı sıra fabrika simülasyonunun oluşturulmasıyla optimum şekilde verimlilik, kalite, maliyet, hız, enerji kullanımı ve makine kullanımı sağlanabilmekte, stok ve israf durumu ortadan kalkmaktadır. Mühendislik kısmındaki üretim süreçleri ise, birbirleriyle bağlantıda olan yüzlerce otomasyon bileşenleri ve oluşturulan yeni yazılımlar sayesinde bütün otomasyon sistemini tek bir

modülde programlayıp iş akışlarının optimizesi sağlanmaktadır. Son olarak da geliştirilen sistemler ile üretimin her sürecinde gerçek zamanlı olarak üretimin performansı ölçülebilmektedir. Böylece de üretim ve ürün kontrolü sağlanarak en uygun durumda üretimlerin verimli bir şekilde yapılması mümkün olabilmektedir (Duda, 2015).



Şekil 3.1. Geleneksel Üretim Modellerinin Sanayi 4.0 ile Değişimi

Kaynak: (TÜSİAD ve BCG, 2016, s.576).

Şekil 3.1’de mevcut üretim teknikleri ve anlayışının Endüstri 4.0 etrafında nasıl şekil aldığı ve süreç ilerleyişlerindeki değişiklik verilmiştir. Bu kullanım örneği ele alındığında üretim kısımlarında bulunan sensörlerden alınan veriler sayesinde genel durum hakkında bilgi alınabilen, birbiri ile haberleşebilen ve hataları öngörebilen sistemlerin oluşturulabileceği aktarılmıştır. Endüstri 4.0 dönüşümüne bu sistemlerin yaygınlaşarak, mevcut yapıdan çok daha hızlı, esnek ve verimli süreçlerin oluşturulması hedeflenmektedir. Bu sayede yüksek kalitede ürünlerin düşük maliyetli bir biçimde üretimi mümkün olacak ve aktarılan yapısal değişiklikler sayesinde ise üretim kısmında verimlilik atarken sanayide büyüme artacak ve beraberinde istihdam artışı sağlanacaktır (TÜSİAD ve BCG, 2016, s.576).

3.2. Endüstri 4.0’ın Prensipleri

Endüstri 4.0, teknolojinin ve teknolojiye dayalı öğelerin ortak çalışması olarak tanımlanabilmekle birlikte siber fiziksel sistemler yardımıyla akıllı

fabrikalardaki süreçleri izleyerek ve fiziksel dünyanın sanal bir kopyasını oluşturarak merkezden bağımsız olarak karar alabilme olanağı sunmaktadır. Siber fiziksel sistemler kendi aralarında nesnelere interneti yardımıyla gerçek zamanlı olarak iletişim kurabilmekte ve işbirliği yapabilmektedir. Endüstri 4.0 buna göre altı tasarımsal prensip üzerine kurgulanmıştır. Bunlar; birlikte işlerlik, merkezsizleşme, hizmet oryantasyonu, gerçek zamanlılık, sanallaştırma, modülerlik olarak aktarılabilmektedir (Hermann, Pentek ve Otto, 2015).

Birlikte İşlerlik: Bu kavram en yalın hali ile nesnelere interneti teknolojisi sayesinde birbirlerine bağlanan tüm robotların, makinelerin, kişilerin ve unsurların açık ağ yardımıyla iletişim halinde çalışmasını ifade etmektedir. Diğer bir tanımla birlikte işlerlik, birden fazla sistemin birbirlerini anlayarak birbirlerinin fonksiyonlarını kullanabilmesidir. Birlikte işlerlik, Endüstri 4.0'ın iş süreçlerini, yazılım bileşenlerini ve uygulama çözümlerini sentezlemektedir. Bu kavram teknik, sistematik, semantik ve operasyonel olarak dört düzeyde oluşturulmuştur. Teknik birlikte işlerlik, iletişim ve bilgi teknolojileriyle birlikte bunlara bağlı olan yazılımlara yönelik tüm platformları ve araçları açıklamaktadır. Sistematik birlikte işlerlik, modellerin, standartların, yöntemlerin, alanların genel çerçevede ilkelerini tanımlamaktadır. Semantik birlikte işlerlik, uygulamalar, kurumlar ve insanlar arasındaki bilgi alışverişini ifade eder. Operasyonel birlikte işlerlik ise; siber fiziksel sistemler sayesinde endüstri 4.0'a yönelik kavramların, ilişkilerin, dilin ve standardın genel yapısını ifade etmektedir (Salğar, 2018, s. 28).

Merkezsizleşme: Akıllı fabrikalarda halihazırda bulunan farklı sistemlerin, otonom karar alma yetenekleri merkezsizleşme olarak ifade edilmektedir ve endüstri 4.0'ın yeniliklerinden bir tanesidir. Belirli koşullar ile üretimin sürekliliğini sağlamak için daha hızlı karar alma usul ve yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla mümkün olabilmesi için organizasyonel hiyerarşi azaltılıp merkezsizleşmeye geçilmesi gerekmektedir (Lasi vd., 2014, s. 239).

Merkezsizleşme, RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama) etiketli okuyuculara sahip makinelerin üretim süreçlerinde kullanıldığında, makinelerin ihtiyaç duyduğu iş adımlarının bağımsız olarak

gerçekleştirilmesini ifade etmektedir. Merkezilik büyük veri analizlerinde bazılarına göre hala avantajlıymış gibi görünse de üretim süreçleri gibi gerçek zamanlı olan işlerde merkezsizleşmiş parçalı hesaplama yöntemlerinin daha faydalı olduğu görülmektedir. Merkezsizleşme unsurlarının işlerliğini gösterdiği en önemli sistem de siber-fiziksel sistemleridir. Merkezsizleştirilmenin de yardımıyla üretim süreçleri artık daha yalın ve hızlı olarak gerçekleştirilebilecektir (Oks, Fritzsche ve Möslein, 2016, s. 32).

Hizmet Oryantasyonu: Hizmet oryantasyonu, işletme teknolojileri, gelişmiş teçhizatlar, işbirliği sayesinde oluşan ileri üretim ağları ve birbirlerine bağlanabilirlik yoluyla akıllı makinelerin bilgisayar sistemleri tarafından kontrol edilmesi ile fiziksel-dijital ortama bağlanmasını sağlamaktadır. Hizmet oryantasyonu endüstri 4.0'ın diğer prensipleriyle bireysel modüllerin yeniden yapılandırılması yardımıyla gelişme göstermektedir. Hizmet oryantasyonu ile siber fiziksel sistemler şirketlerin ve insanların nesnelerin interneti üzerinde etkin olmasını sağlamaktadır. Bütün siber fiziksel sistemleri ise web hizmetlerini yoğunlaştırarak sunabilmektedir (Salğar, 2018, s. 31).

Gerçek Zamanlılık: Endüstri 4.0'ın hedeflerinden biri üretim süreçlerinde veriler toplanması, geri bildirimlerin alınması ve tüm süreç aşamalarının gerçek zamanlı olarak izlenebilmesidir. Akıllı fabrikaların karar süreçlerinde; anlık olarak verilerin toplanmasına, veri analizlerinin yapılmasına ve verilerin saklanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Karar mekanizması ile aktarılan adımlara göre çalışmaktadır. Bu sayede üretimin esnek olmasına ve iyileştirilmesine ortam hazırlanmaktadır. Otonom yapıya sahip olan siber-fiziksel sistemlerin daha etkin olabilmesi için gerçek zamanlılık unsurunun geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Çünkü nesnelerin interneti ile bilgi ve üretim sistemlerinin akıllı üretimin etrafında toplanmasıyla oluşacak çeşitliliğin gerçekleşebilmesi, gerçek zamanlılık sayesinde olabilmektedir (http-4).

Sanallaştırma: Endüstri 4.0, nesneler ve insanlar arasındaki etkileşim sayesinde en yüksek katma değeri yaratabilmek için senkronize şekilde organize olmuş sistemli bir yapıda makinelerin faaliyet gösterdiği süreçte birçok şeye ihtiyaç duymaktadır. Sanallaştırmada bu ihtiyaçlardan birini oluşturmaktadır. Sanallaştırma, lojistiğin, fabrikaların, tedarik zincirlerinin vb.

unsurların simülasyonunun oluşturulmasını ifade etmektedir (Görçün, 2017, s.207). Bu sayede siber-fiziksel sistemler ile fiziksel süreçler işlenmekte ve süreç içerisinde hatalar oluşursa kolayca hata tespiti yapılabilmektedir (Hermann, Pentek ve Otto, 2015).

Fiziksel dünyada makinelerin ve güncel işlemlerin takibi yapılarak sensör verilerine dönüştürülmekte ve sonrasında elde edilen veriler simüle edilerek bir model ortaya çıkarılmaktadır. Daha sonrasındaki işlem ise mühendislerin ve tasarımcıların sanal hale getirilen fiziksel süreçleri etkilemeden güncelleyip değiştirip özelleştirmesi ve bunları test etmeleridir. Sanallaştırma sayesinde üreticiler, akıllı fabrikaların sanal olarak aynısını oluşturarak bu sayede mevcut ürün ve süreçlerini geliştirerek yeni ürünlerin modelleme sürelerini kısaltabilmektedirler (Gilchrist, 2016, s.207).

Modülerlik: Modüler sistemler, bireylere ait tüm modüllerin genişletilerek veya dönüştürülerek değişim gösteren taleplere uyum sağlamasını olanaklı kılmaktadır. Akıllı makinelerin ürün sistemleri ve üretim sistemleri tasarlayarak ve inşa ederek esnek yapıya sahip olması modülerlik yapısı ile olmaktadır. Bu sayede üreticiler, üretim aşamalarında herhangi bir sorun ile karşılaşmamak için tek tek bütün üretim aşamalarını değiştirebilir, geliştirebilir veya genişletebilirler. Modülerlik ile ürünlerde, kullanıcıların talep ve tercihlerine göre de değişiklikler yapılabilmektedir (Salğar, 2018, s.31)

3.3. Endüstri 4.0, SWOT Analizi

Endüstri 4.0, Sanayi devriminin birçok faydası olduğu gibi önemli dezavantajları da bulunmaktadır. Çizelge 3.1’de Endüstri 4.0’ın güçlü ve zayıf yanları, barındırdığı fırsatlar ve tehditler aktarılmaktadır.

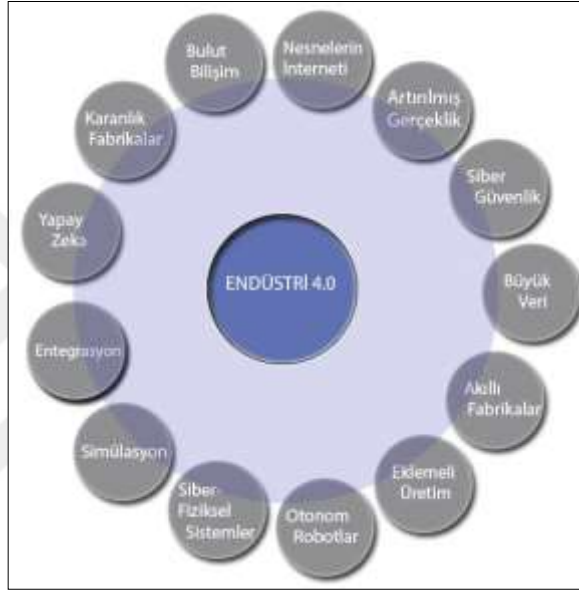
Çizelge 3.1. Endüstri 4.0'ın SWOT analizi

Güçlü Yanları	Zayıf Yanları
<ul style="list-style-type: none">• Verimin yüksek ve maliyetlerin düşük olmasıdır.• Üretimin çeşitlenmesi sağlanabilmektedir.• Enerjinin verimli kullanılması sağlanmaktadır.• Üretim yüksek hassasiyetle yapılabilmektedir.• Ürün kalitesinde süreklilik mevcuttur.• Daha hızlı bir şekilde oluşan tedarik zinciri ve lojistiği vardır.• Üretim yapılan alanlara duyulan ihtiyaçlar azalmaktadır.• İnsana ihtiyaç duyulmadan, imalata imkan tanınmasıdır.• Müşterilerin memnuniyetinin yüksek seviyede olmasıdır.• Süreçlerin yalın olması ve basit gözlenebilmesidir. İş sağlığı ve güvenliğinin yüksek derecede olmasıdır.	<ul style="list-style-type: none">• Kurulum maliyeti fazla ve kurulum süreci uzundur.• İleri düzeylerde veri güvenliği gerekmektedir.• Teknik anlamda öngörülemeyen sıkıntılar olabilmektedir.• Toplumsal olarak da yüksek derecede bilgi ve eğitim düzeyi gerektirmektedir.• Yüksek bilgi ve teknolojiye ihtiyaç vardır.• Bazı sektörler ile küçük işletmeler için oluşacak elverişli yapı kolaylık sağlamaktadır.• Orta nitelikli seviyelerde işsizliğin oluşabilmesidir.• Dünyada ilk defa kullanılan bir sistem olmasından dolayı kaynaklanabilecek başarısızlık riski mevcuttur.• Nitelik olarak daha yüksek düzeyli iş gücüne ihtiyaç vardır.
Fırsatlar	Tehditler
<ul style="list-style-type: none">• Endüstri 4.0 devrimi gerçekleşirken orta gelişmiş ülkeler bunun farkında olup doğru hamleler sayesinde gelişme düzeylerini yükseltme fırsatlarını elde edebilirler.• Esnek şekilde üretim yapabilme olanakları fazladır.• Büyüme hızı durağan olan sanayi ülkeleri için üretimde ve ekonomide büyüme fırsatı sunmaktadır.• Araştırma ve geliştirme faaliyetlerine yapılan yatırımların ve yatırımcıların artması fırsatı bulunmaktadır.• Ortaya çıkacak yeni iş kolları ve oluşacak ticari fırsatlar vardır. Türkiye gibi teknoparkların gelişmesine ağırlık veren ülkelerde yenilikçi teknopark işletmeleri için yeni fırsatlar oluşabilmektedir.	<ul style="list-style-type: none">• Gelişmiş batı ülkelerine üretimin tekrardan kayması tehlikesi mevcuttur.• Gelir dağılımında adaletsizliğin artması mümkündür.• Yapay zekânın gelişmesiyle oluşabilecek öngörülemeyen tehlikeler vardır.• Gelişmekte olan ülkelerin tüketici pazarlarını olumsuz etkileyebilir.• Global düzeyde oluşabilecek işsizlik tehlikesi bulunmaktadır.• Nesnelerin internetine dayalı oluşabilecek siber tehditler vardır.• Dışa bağımlılığın gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelere artacağı beklenmektedir.• Üretim artması sonucunda oluşacak atık ürün sorunu mümkündür.• Ekonomik farkların ülkeler arası artma riski bulunmaktadır.

Kaynak: (İnan, 2019, s. 24)

3.4. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri

Endüstri 4.0'ın tam tanımının olmadığı bilinmekle birlikte dördüncü sanayi devrimini tümüyle gerçekleştirebilmek için ülkelerin ve firmaların birçok teknolojiye sahip olması gerekmektedir. Bu teknolojiler ise karşımıza Endüstri 4.0'ın bileşenleri olarak çıkmaktadır. Şekil 3.2'de verilen bileşenlerin kısmi ya da bütünüyle kullanımı ile gerçekleştirilen sistemlerde rekabetin artırılması sağlanabilmektedir.



Şekil 3.2. Endüstri 4.0 Uygulama Bileşenleri

Kaynak: (Demircan, 2019, s. 1).

3.4.1. Bulut Bilişim

Bilginin yayılma hızındaki artışla birlikte, bilgiye ihtiyaç duyduğumuz anda ulaşabilmenin önemi de paralel olarak artmaktadır. Bulut bilişim sayesinde zaman ve mekândan bağımsız şekilde, veri paylaşımı, veriye erişim, verinin işleme süreçleri ve veriye erişim hızlı aynı zamanda da kolay hale gelmektedir (Saritaş ve Üner, 2013, s.192-201). Bulut bilişimi daha en temel şekliyle açıklarsak; bilgisayardaki sabit diskte bulunan verileri, depolama ve verilere yerel erişim yerine internet üzerinden bu verilerin depolanması ve verilere erişim sağlanması olarak bahsedilmektedir (Griffith, 2020).

İlk başlarda bulut bilişim, interneti belirtmek amacıyla ya da haberleşme ve iletişim sistemlerinde bulunan bağlantı ağları için kullanılmıştır. İnternet kullanımının artmasıyla bulut bilişim yapısının gelişiminde en önemli rol oynayan firma ise Amerika Birleşik Devletleri merkezli Amazon firması olmuştur. Amazon, 2006 yılında kurmuş olduğu sistem altyapısına Amazon web servisleri üzerinden erişim imkânı sağlamaya başlamıştır. 2008 yılında haberleşme ve iletişim teknolojileri, servis hizmeti alanlar ile servis hizmeti sağlayan ve servis kullanıcıları olarak ikiye ayrılmıştır. Bunun sonucu olarak da, firmalar kendi bünyelerinde var olan donanım ve yazılımlarını servis tabanlı modeller şeklinde sunma istemleri bulut bilişimi tam anlamıyla hayata geçirilmesinde dönüm noktası olmuştur (Sevli, 2011, s.13). Şekil 3.3’de yalnız haldeki bir bulut bilişim sistemi yapısı verilmiştir.



Şekil 3.3. Bulut Bilişim Sisteminin Yapısı
Kaynak: (İlhan, 2019, s.810-823)

Bulut bilişim hizmetleri, hizmet olarak yazılım (SaaS), hizmet olarak platform (PaaS) ve hizmet olarak altyapı (IaaS) olarak üç farklı servis modeli şeklinde kullanıcılara sunulmaktadır. Bu hizmetler, aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Öz, 2016, s.66-67):

Yazılım hizmeti (SaaS-Software as a Service): Temel seviyede bir elektronik posta hizmetinden başlayarak ofis uygulamaları ve finans uygulamaları kapsamında oluşturulan internet tabanlı kurumsal kullanıcı veya bireysel kullanıcıya hizmetlerin sunulması olarak aktarılmaktadır. Bu sisteme örnek olarak Google, Adobe ve Microsoft gibi yazılım firmaları projeler geliştirmektedir.

Platform hizmeti (PaaS-Platform as a Service): Servis sağlayıcı firma tarafından müşteri olan kullanıcının kendi uygulamasını geliştirerek bu uygulamayı aktif olarak kullanabileceği servisler için sunulan teknolojik altyapılardır. Kullanıcı yalnızca kendi oluşturduğu yazılım platformlarına erişebilmektedir ve servis sağlayıcının sunduğu hizmetlere müdahale etme durumu söz konusu değildir. Bu uygulama türüne örnek olarak ise Microsoft Azure, Amazon ve Google Apps işletim sistemleri belirtilebilmektedir.

Altyapı hizmeti (IaaS-Infrastructure as a Service): Bu hizmet modelinde ise servis sağlayıcı firmalar, kullanıcı konumundaki müşteri firmalar için sanal olarak donanımların kullanıma açılmasını sağlamaktadırlar. Örnek olarak işlemci, ram, depolama alanı gibi fiziksel özelliklere sahip birimler bulut bilişim tarafından sağlanacak olan hizmetler ile kullanıcı etkileşimine açık halde sunulmaktadır. Bu hizmet türü, bulut bilişim sistemlerinin en alt yapısı olarak tanımlanmaktadır.

Bulut bilişimi teknolojilerinin temel özellikleri ise geniş ağ erişimi, sistemlere kolay entegre olabilme, verilere her yerden birden fazla kullanıcılar tarafından erişimin mümkün olması ve güvenilirlik olarak aktarılabilmektedir (Bange, 2018, s.99-100).

Öte yandan bulut bilişimde kendi içerisinde genel bulut, özel bulut, karma bulut şeklinde en genelden özele kısıtlamalar olacak şekilde sınıflandırılmaktadır (Okutucu, 2012). Ayrıca bulut bilişim sistemlerinin güvenliğin belirli çerçeveler etrafında kısıtlanması noktasında Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO) tarafından ISO/IEC 27018:18 standardı bulut bilişim sistemlerinde ek güvenlik önlemleri amacı ile kabul edilmiştir. Genel anlamda bulut bilişim uygulamaları, hizmet sağlayıcılar tarafından verildiği gibi kişisel amaçlar doğrultusunda özel bulut yapılarının oluşturulması da mümkündür (Demircan, 2019, s.2).

3.4.2. Nesnelerin İnterneti

Fiziksel dünyada var olan nesnelerin içerisinde gömülü halde bulunan veya yanındaki sensörlerin kablolu veya kablosuz bağlantılar aracılığıyla

internete bağlanmasına imkân sağlayan sistemler nesnelerin interneti olarak karşımıza çıkmaktadır (Ayan, 2020, s. 26).

Nesnelerin interneti teknolojisinin bazı bileşenleri sistem işleyişini sağlamaktadır. Bunlardan ilki, tanımlanan durumlar ve hareketlerin bütünüdür. Sistemin çalışır hale gelebilmesi için ilk önce sistemin tanıyabileceği durumların içerisinde tanımlanmasının yapılması gerekmektedir. İkincisi, bu durumların ve hareketlerin tespit edilebilip okunması için barkod, radyo frekansı ve sensör uygulamaları sayesinde algılanması ve tanımlanması gerekmektedir. Üçüncüsü, tanımlama ve algılama sistemi yardımıyla elde edilen verilerin kablolu veya kablosuz bağlantı aracılığıyla bulut sisteme aktarılmasıdır. Sonuncusu ise, bulut bilişim sistemine aktarılan ve kullanılacak verilerin cep telefonu, bilgisayar ve tablet gibi taşınabilir cihazlar aracılığıyla görüntülenmesi için aktarılmasıdır (Görçün, 2016, s.43).

Nesnelerin interneti teknolojisinin gün geçtikçe kullanım alanı genişlemekte ve birçok sanayi alanlarında kullanımı yaygınlaşmaktadır. Özellikle nesnelerin interneti bileşeni sayesinde üretim sistemlerinde yer alan makineler kendi aralarında haberleşebilecektir. Nesneler, üzerinde var olan sensör teknolojileri, barkot sistemi, wi-fi, radyo frekansı ile tanımlamalar gibi sistemler sayesinde birbirlerine bağlanarak üretim merkezlerine ve birbirlerine basınç, oda sıcaklığı, nem gibi parametreleri paylaşabilmektedir. Nesnelerin interneti teknolojisine uyum sağlayan akıllı evlerde ve akıllı fabrikalarda meydana gelebilecek yangın, su baskını, patlama gibi riskler sensör teknolojileri sayesinde ev sahiplerine, fabrikaların merkezlerine ve sigorta şirketlerine çok kısa bir zamanda bildirilmektedir. Üstelik nesnelerin internete bağlanmasıyla ihtiyaç duyulan veriler yine internet bağlantısı olan aktif tablet, bilgisayar veya telefon yardımıyla hızlı şekilde iletilebilmektedir (Kabaklarlı ve Atasoy, 2016, s.9-10). Şekil 3.4’de Nesnelerin internetinin aktif olarak kullanılabileceği uygulama sektörleri aktarılmıştır.



Şekil 3.4. Nesnelerin İnterneti Uygulama Alanları
Kaynak: (http-5)

Birçok sektörde kullanım alanı bulunan nesnelerin internetinin doğrudan veya dolaylı şekilde üretim alanlarında kullanımının, sağlayabileceği avantajlar ve dezavantajlar Çizelge 3.2’de verilmiştir (Uzunöz, 2017; Dubash, 2016, s.3).

Çizelge 3.2. Nesnelerin İnterneti, Avantaj ve Dezavantajları

Avantajlar	Dezavantajlar
<ul style="list-style-type: none"> • Üretim alanlarında akıllı robotlar tarafından üretim ve yönetim süreçleri gerçekleştirilecektir. • Arıza veya hata ile karşılaşıldığında üretim otomatik olarak durdurulabilecektir. Bu sayede üretimde pratikleştirme sağlanmış olacaktır. • Akıllı fabrikalarda üretimin her aşamasında robot teknoloji kullanılmaya başlanması durumunda işgücüne olan ihtiyaç azalacaktır. • Tedarik zincirinin akıllı bir hale gelmesiyle zincir üzerine yerleştirilecek akıllı etiketlerin ve sensörlerin sayesinde ürünlerin zincirin tamamında kendilerini yönetebilecektir. • Akıllı ölçüm yapan araçlar sayesinde uygun değer belirlenerek boş yere fazladan enerji harcaması yapılmayacaktır. Altyapı maliyetlerin de bu sayede azaltılması sağlanabilecektir. 	<ul style="list-style-type: none"> • İşletmelerde nesnelerin interneti teknolojisi sistemini uygulayabilmek için maliyet yükü çok fazladır. • Denetimler yetersizdir. • Yasalar yetersiz kalmaktadır. • Sistemi kullanan kurumlar ve kişiler tarafından gizlilik ve bilgi güvenliği endişesi hissedilmektedir. • Sabit protokollerin oluşturulmamasından kaynaklı protokol uyumsuzluğu mevcuttur.

Kaynak: (Uzunöz, 2017; Dubash, 2016, s.3).

Yukarıda sıralanan bütün maddelerin sonucunda da, harcamalarda ve maliyetlerde meydana gelen azalışlar sayesinde kârlılıkta artış sağlanacağı öngörülmektedir.

3.4.3. Artırılmış Gerçeklik

Gerçek dünyadaki ortamın içerisine sanal ortamdaki görüntülerin, şekillerin, seslerin, grafiklerin, videoların eklenmesi ile ortaya çıkan görüntü artırılmış gerçeklik olarak ifade edilmektedir (Simonis, Gloy ve Gries, 2016, s.4). Artırılmış gerçekliğe dair ilk örnekler kafaya takılabilen görüntüleyici cihaz gibi temel seviyede giyilebilen araçlardan oluşmaktadır. Şimdiler de ise mobil programlar, akıllı gözlükler, hologramlar gibi uygulamaların gelişim evreleri devam etmektedir (Öztuna, 2017, s. 78-79). Bu teknolojinin kullanımında özellikle reklam sektörü en önemli kullanım alanına sahip olmaktadır. Bununla birlikte, sanayide bakım ve onarım hizmetlerinde, endüstride, tıbbi görüntüleme cihazlarında, sağlık alanında, askeri uçak navigasyonu sistemlerinde ve hedeflemede, bilişimde, eğlence sektöründe, en önemlisi ise eğitim alanında kullanılmaktadır. Adından sıklıkla bahsettiğimiz artırılmış gerçeklik; gerçek dünyanın içerisine sanal dünyanın imgelerinin birleştirildiği ve nesnelar arasında eş zamanlı olarak etkileşimin olduğu bir teknoloji olarak ifade edilebilmektedir (Azuma, 1997, s. 355-385).

3.4.4. Siber Güvenlik

Endüstri 4.0; içerisinde siber-fiziksel sistemlerin olduğu, işlemlerin, aygıtların ve makinelerin zeki hale geldiği, otomasyonun otonom hale geldiği, iş bazında insanların ve makinelerin arasındaki etkileşimin azaldığı, tasarım aşamalarında daha dikkatli olunması gereken birçok unsuru barındırmaktadır. Ancak bu sistemler otomatik olarak karar vermesi ve harekete geçmesi, kaynakların kullanımının daha da iyileştirilmesi, yeni zeki çözüm önerilerinin üretilmesi, hizmet kalitesinde artış yaşanması, verimliliğin artması gibi birçok özelliğe sahip olsa da gizlilik ve güvenlik ihlallerine dikkat edilmesi gerekmektedir. Başka bir şekilde ifade etmek gerekirse; insan-insan, insan-makine, makine-makine ilişkilerinin kolayca kayıt altına alınması, gerçek

zamanlı izlenmesi, takip edilmesi, analiz edilmesi, değerlendirilip bir değere dönüştürülmesi, sistemlerin zeki ve otonom olması gibi özellikler kullanılmaya başlandıkça siber ortamların önemi artmaktadır. Bunun sonucunda siber ortamlarda yeni tehlikeler, tehditler ve açıklıklar kaçınılmaz olarak oluşmaktadır (Sağiroğlu, 2018).

Siber güvenlik, aktarılan bu gibi ortamlarda veya ötesinde oluşabilecek siber güvenliğin ve gizliliğin ihlal edilmesi, açıklıkların, saldırıların ve tehditlerin önlenmesi amacıyla alınması gereken tüm önlemler ve politikalar, uygulanması gerekli olan standartlar, dikkat edilmesini gerektiren prosedürler, yapılması gerekli olan tasarımların tamamını içerir. Siber güvenlik sistemi, gizliliğin ve savunmanın sağlanabilmesi için ihtiyaç duyulan ulusal, kişisel ve kurumsal olarak uluslararası çözümlerin geliştirilmesi, yeni teknolojileri üretilmesi, bu bakış açısında olan nitelikli, kaliteli ve yetenekli insanların yetiştirilmesi, yeni gizlilik ve güvenlik araçlarının oluşturulması, yeni teorilerin üretilmesi, yeni strateji planlarının ve politikaların hayata geçirilmesini gerektirmektedir (Sağiroğlu, 2018).

3.4.5. Büyük Veri

Amerikan bilişim firması olan Silicon Graphics'te çalışan John Mashey tarafından ilk kez, 1998 yılında 'Büyük Veri ve Altyapı Gerilimi Dalgası' adlı sunumda büyük veri kavramının kullanıldığı belirtilmektedir (Doğan ve Arslantekin, 2016, s. 15-36). Büyük veri, birçok farklı kaynaktan alınan yüksek boyuta sahip verilerin anlamlı bir şekilde dönüştürülmüş halidir. Bu kaynaklara videolar, medya paylaşımları, dosyalar, ağ günlükleri gibi basit olan kaynaklarda eklenebilir. Sosyal medya yayınları, iklim algılayıcılarda alınan veriler, web sunucularının istatistikleri, hat operatörlerinden alınan arama kayıtları, bloglar büyük boyutta bilgidir oluşmaktadır (Davutoğlu, Akgül ve Yıldız, 2017, s. 552).

Büyük veriler yardımıyla organizasyonların sahip olduğu bilgiler artırılıp çalışanların bu verilerden yararlanması sağlanabilir, üretim süreçlerinde yaşanan sorunların, yetersizliklerin ve kusurların eş zamanlı olarak tespiti ve algılanması kolaylaştırılabilir. Başka bir ifade ile birçok farklı

kaynaktan elde edilen yüksek boyuta sahip verilerin çeşitli şekillerde değerlendirilmesi sağlanarak, kurumsal müşteriye sahip yönetim sistemlerinde eş zamanlı karar alabilme süreçlerinin standart hale getirilmesi ile geleceğin planlanması yapılabilmektedir (Davutoğlu, Akgül ve Yıldız, 2017, s. 552).

Büyük veriler petabyte, exabyte ve zettabyte gibi birimler ile ifade edilen yüksek hacimli verilerdir. Örnek verecek olursak, bir petabyte yaklaşık olarak 20 milyon dosya dolabının metnine eşdeğerdir ve bir exabyte bu miktarın 1000 katına eşittir (McAfee ve Brynjolfsson, 2012, s. 64).

Büyük veri kavramı, volume (hacim), velocity (hız), variety (çeşitlilik) ve value (değer)'den oluşan '4V modeli' olarak da ifade edilebilmektedir. Bu durumda;

Hacim (Volume): İlgili verinin kapladığı bellek alanı olarak ifade edilmektedir. Günümüzde akıllı olarak adlandırılan cihaz sayılarının artışı da paralel olarak üretilen verilerin boyutunun artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte veri depolama birimlerinin fiyatlarındaki hızlı düşüş, depolanan verilerin oranının hızlanarak artmasını sağlamaktadır (Doğan ve Arslantekin, 2016, s. 15-36).

Hız (Velocity): Verinin hızı, elde edilen veri ile gerçek zamanlı harekete geçilebilmesini ifade etmektedir. Gerçek veri analizinin, verinin elde edildiği zaman ile aynı anda eş zamanlı olarak yapılması ve tamamlanabilmesi ile sistem verimi artmakta ve optimal kararların hızlı şekilde alınmasını sağlamaktadır. Sağlanan bu imkân, firmalara hızla akan veriye en hızlı tepkiyi verip, daha veri akarken müdahale etmeyi, işlemeyi ve analiz etmeyi olanaklı hale getirmiştir (Doğan ve Arslantekin, 2016, s. 15-36).

Çeşitlilik (Variety): Büyük verinin çeşitliliği, elde edilen verilerin türlerinin belirlenerek verideki homojen yapının eksik kısımlarını ifade etmektedir. Veri söz konusu olduğunda geçmişten günümüze kadar olan süreçte verinin sadece hacmi artmamıştır bununla birlikte veri çeşitliliğinde de artış meydana gelmiştir. Özellikle günümüzde cep telefonları, tablet bilgisayarlar, taşınabilir bilgisayarlar, kameralar gibi elektronik ekipmanların da sürekli olarak depolama birimlerine veri göndermesi, günlük aktivitelerin sosyal internet platformlarında paylaşılması gibi nedenlerden dolayı oluşan

veri de sürekli olarak artmaktadır. Artan bu verilerin farklı dillerde ve farklı alanlarda kodlanmış olmasından dolayı verilerin ilgili sistemlere entegre edilmesi kaçınılmaz olacaktır (Sercan, 2019, s. 50).

Değer (Value): Büyük verinin, veri üretim ve işleme aşamalarından filtrelenmesinin ardından, firma içerisinde katma değer oluşturabilmesi için nitelikli veri olarak kullanılabilmesi gerekmektedir. Nitelikli veri elde edilebilmesi için işlenen verilerin firma içerisinde bulunan karar alma mekanizmalarına doğru kararların alınması amacı ile sürekli olarak güncel tutulması ve canlı veri akışının sağlanması yapılmalıdır. Günümüz firmalarının güncel stratejileri arasında çok fazla boyuttaki verilerin sürekli olarak depolanması değil bir rekabet avantajı oluşturması açısından bu verilerin gerçek zamanlı olarak analiz edilebilmesi hedeflenmektedir (Özdoğan, 2016, s.18). Büyük verinin bahsedilen şekilde kullanımı ile ana hedef olan maliyetlerin azaltılması, rekabet gücünün artırılması, tedarik süreçlerinde gelişmeler ile verimliliğin artırılması sağlanabilmektedir (Özsoylu, 2017, s. 41-46).

3.4.6. Akıllı Fabrikalar

Akıllı fabrikalar; karmaşık yapıdaki üretim aşamalarını hatasız ve hızlı bir şekilde yönetebilen, ürünlerin kaliteli, hatasız ve uzun ömürlü olduğu, gelişmiş teknolojilerin bir araya geldiği, üretimin otonom robotlar ile yapıldığı fabrikalardır. Bu fabrikalarda otonom robotlar, birbirleriyle sürekli iletişimde olan makineler, emek ve diğer tüm üretim araçları birbirleriyle sürekli etkileşim kurmaktadır. Akıllı fabrikalarda üretimi gerçekleştirirken birbiriyle iletişim halinde olan makineler siber güvenlik aracılığıyla güvenliklerini sağlarlar. Böylece ortaya çıkabilecek sorunlarda üretim otomatik olarak durabilmekte ve sorunları çözebilmek adına çözümler üretebilmektedirler. Sonuç olarak akıllı fabrikalarda tam zamanında üretimin yapılmasıyla ve makinelerin kendi üretim kaynaklarını planlayabilmesiyle üretim meydana gelmektedir (Davutoğlu, Akgül ve Yıldız, 2017, s. 554). Çizelge 3.3'de geleneksel üretim sistemleri ve akıllı üretim sistemlerinin karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 3.3. Geleneksel Fabrika Üretim Sistemlerinin Akıllı Fabrika Üretim Sistemleriyle Karşılaştırılması

Geleneksel Üretim Sistemi	Akıllı Üretim Sistemi
Üretim kontrol ağı: Üretimdeki her makinenin belirli bir görevi vardır. Makineler arasında bir iletişim söz konusu değildir.	Kapsamlı bağlantılar: Üretim öncesinde ve sonrasında yapılan bütün işlemler ve kullanılan kaynaklar birbirine yüksek hıza sahip olan bağlantı ağıyla bağlıdır.
Ayrı katmanlaşma: Sahada kullanılan cihazlar üst bilgi sistemlerine bağlı olarak çalışmazlar.	Derin işlem: Fabrikanın iç dinamikleri siber fiziksel sistemler ile birleşirler ve nesnelerin internetiyle birlikte hizmetlerin internetini meydana getirirler.
Bağımsız kontrol: Her bir makine sabit bir görevi olacak şekilde programlanmıştır ve bu makinelerden herhangi biri arızalandığında tüm üretimin durmasına neden olabilmektedir.	Kendi kendini örgütleme: Her cihazın kendisini ve bağlantılı olduğu diğer cihazları kontrol edebilme yetkisi vardır. Bu akıllı cihazlar sistemsiz sorunlar ile başa çıkmak için birbirleriyle iletişim halindedirler.
Sınırlı ve önceden belirlenmiş kaynaklar: Özel bir ürünün seri üretimini yapabilmek için kaynakların yeterliliği ve uygulanabilirliği dikkatle hesaplanarak sabit bir hat oluşturulur.	Kaynak çeşitliliği: Birden fazla türde küçük ürünü üretmek amacıyla, farklı türden daha fazla kaynak bir araya getirilmektedir.
İzole bilgi: Makine içerisine kaydedilen öz verilerdir. Makineden başka bir makineye aktarımı ve kullanımı çokta mümkün olmayan bilgidir.	Büyük veri: Makinelerin ürettikleri büyük miktarda veriler bulutlara aktarılarak orada toplanmaktadır. Veri analizi yapıp tekrar kullanılmak için hazır beklemektedir.

Kaynak: (Wang, Wan ve Zhang, 2016)

İleri teknolojilerle donatılmış olan akıllı fabrikalar, hem üretim alanlarında hem de üretim aşamalarında büyük fayda ve avantaj sağlamaktadır. Bu faydalar aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir (Şekkeli ve Bakan, 2018, s. 17-36):

- Üretkenliğin yüksek olması,
- Rekabet gücünün yüksek olması,
- Üretimde yüksek kalite bulunması,
- Yüksek derecede güvenlik barındırması,
- Maliyetlerin daha düşük olması,
- Yenilikçi iş modellerinin bulunması,
- Esnekliğin daha çok olması gibi sıralanabilmektedir.

3.4.7. Eklemeli Üretim (3D Yazıcılar)

Eklemeli üretim teknolojisi ya da katmanlı üretim sistemi, bilgisayar yardımıyla tasarımı yapılan sanal nesnelere, katmanlar şeklinde basılarak fiziksel nesnelere dönüştürülebilmesi işlemine imkân sağlayan teknoloji olarak aktarılabilir. Ayrıca üç boyutlu yazıcı teknolojisinde son dönemlerde yaşanan gelişmeler sayesinde yazıcılardan elde edilen çıktılarının kalitesini de artırmıştır. Üç boyutlu yazıcılar önceden sadece üretim öncesinde model ve prototip oluşturma sürecinde kullanılırken şimdilerde savunma sektöründe, otomotiv sektöründe, havacılık sektöründe ve sağlık sektörü gibi bir çok alanda yerini almaya başlamıştır (OECD, 2018, s.3).

Üç boyutlu yazıcılar sayesinde kalıp ve model üretimine ihtiyaç duyulmadan, tasarım programlarında hazırlanan veriler ile ürün üretimi yapabilmeyi önü açılmıştır. Bu sayede de ürün üretilmeden önce tasarlanan ürün modeli görülebilmektedir. Üretim süreçleri dijital ortama yansıtılmasıyla birlikte planlı bir üretim maliyeti oluşturulur, net rakamlar görülür, ürünün satış fiyatlandırılması doğru şekilde yapılabilmektedir.

Günümüzde rekabet şartları çok hızlı değiştiği için bu planları yapmak daha da önem taşımaktadır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi üretim, satış, tedarik, pazarlama, lojistik gibi tedarik zincirindeki bütün süreçleri etkilemektedir. Eklemeli üretimin kullanılmasıyla alınan siparişler kadar üretim yapılarak stok yapma durumu ortadan kalkarak basit bir üretim şekline dönüşmektedir. Bu teknolojinin aktif kullanılması sayesinde dijital ve modern üretim süreçleri, hızlı prototip üretiminin önünü açmaktadır (Ayan, 2020, s. 41).

Öte yandan eklemeli üretim yapısının birçok faydası da bulunmaktadır. Bu faydalar (http-6) :

- Eklemeli üretim sayesinde verimli çalışmalar elde edilebilmesi,
- Karmaşık geometriler ve yapımı güç parçaların eklemeli üretim sayesinde üretilebilmesi,
- Eklemeli üretim ile hızlı prototipleme yapılabilmesi,

- Tasarım sürecindeki zamanın azalması ve karmaşık parçaların üretiminin kolaylaşması,
- Ürünün optimizasyonunun hızlandırılması,
- Tasarım ve imalat arasındaki bütünleşmeyi sağlaması,
- Modülerliğe destek olması,
- İmalat yapan makinaların sayısında azalmanın sağlanması,
- Medikal amaçlı teşhis ve tedavi araçları üretilmesi,
- Üretim süreçlerinde ve maliyetlerde azalmaya neden olması,
- Fonksiyonel ürünlerin üretilmesinin sağlanması,
- Yapı bilgi modellemesine (BIM) olanak sağlaması olarak aktarılabilmektedir.

3.4.8. Otonom Robotlar

Geçmişte insan gücüyle yapılan ancak insan kullanımından dolayı yeteri kadar katma değer yaratmayan faaliyetler şimdilerde robotlar tarafından yapılmaya başlanmıştır. Robotların gün geçtikçe daha akıllı nitelikler kazanması ile birlikte üretim faaliyetlerinin de otonom olması sağlanmıştır. Akıllı robotların içerisinde gömülü olan bilişim donanımı ve yazılımı ile yapay zekâ uygulamalarını gerçekleştirebilmektedirler. Akıllı robotlar çevreden veri toplayıp sürekli olarak karar seçenekleri üretebilir, uygun olan kararları uygulamaya dönüştürebilirler (Ermiş, 2018, s. 22).

Otonom robotların sahip oldukları birkaç özellik ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Banger, 2017, s.74):

- Operatör desteğine ihtiyaç duymadan kendi yapılandırmalarını ve parçalarını, yapılacak olan işe uygun olarak değiştirebilirler.
- Çalışma ortamına, insanlara, diğer makinelere zarar verecek eylemlerden kaçınabilirler.

- Kendisi ve çevresi ile alakalı veri toplayabilir, verileri işleyebilir, bu verileri karara ve eyleme dönüştürebilir ve verileri ağ üzerinden iletebilirler.
- Operatör müdahalesine gerek duymadan uzun süre boyunca kendi başına çalışabilirler.
- Operatörler ile veya diğer makinelerle yerel ağlar ve internet üzerinden iletişim kurabilirler.

Aktarılan özelliklere ek olarak, makineler ve süreçler arası işbirliği giderek daha da önem kazanmaya başlamıştır ve insanın müdahale etmesiyle değişken bir işleyiş söz konusudur. Makine ile insan arasında ortaya çıkan uyumlu çalışma, İşbirlikçi robotların “cobot” (Collaborative Robots) kullanımı sayesinde ön plana çıkmıştır. Bu işbirlikçi sistemde insanlar kendiliğinden fikir, süreç, bilgi değişimi için yöntem sunarken, robotlar tekrar edilen görevlerde insan gücünden üstün olarak dayanıklılık ve süreklilik sunmaktadırlar. Dünya'nın ilk işbirlikçi otomasyon robotu örneği ise 13 Nisan 2015 tarihinde Almanya'nın Hannover şehrinde sergilenen, ABB firması tarafından üretilen, çift kollu yapıda olan “YuMi” isimli robottur (Demircan, 2019, s. 5).

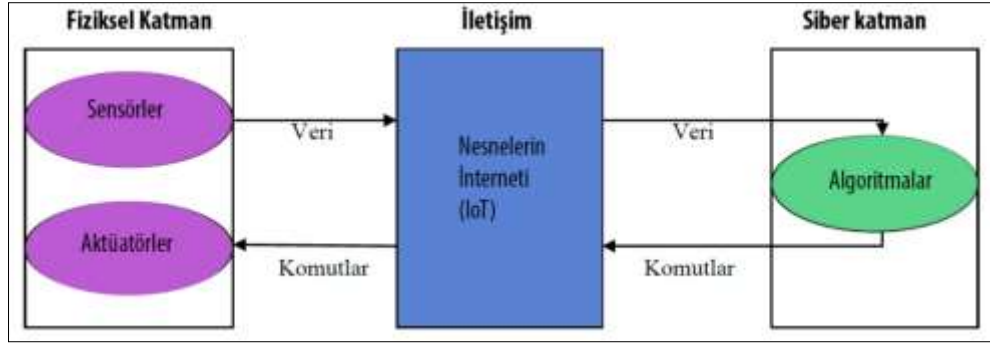
Endüstri 4.0'ın dile getirilmesi ve literatüre katılması sayesinde otonom robotlar arasındaki etkileşim her geçen gün daha da fazla artmaktadır. Bu nedenle bütün kontrollerin tek bir robotik anlayışta toplandığı ve robotik birim tarafından tümüyle gerçekleştirilen eylemleri içeren sistemler ortaya çıkmıştır. Bu sistemler sayesinde fabrikadaki her üretim hattında yerine getirilen işlemler sorunsuz ve kusursuz şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Özellikle ön plana çıkan en önemli gelişmelerden biri otonom robotlar açısından yazılım güncellemesi olmuştur. Örneğin, üretimin herhangi bir hattında üretim işlemi gerçekleştirilirken, robot yazılım güncellemesi yapılarak aynı şekilde bir başka hatta farklı işlemler yapabilmektedir. Yazılım güncellemesi ile otonom robotlar ihtiyaç duyulan alanlarda yüksek hız ve aynı analiz ile hata olasılığı olmadan rahatlıkla başka hatta kullanılabilirler. Bu gelişmeyle otonom robotların birçok değişik noktalarda kullanılmasıyla birlikte maliyetlerde azaltılabilmektedir (Prowmes, 2018).

Akıllı robotlar sayesinde üretim süreçlerinde verimlilik arttığından, işgücünün ikamesi olarak robotlar tercih edilmesinin sonucu olarak emeğe olan talebin ortadan kalkacağı düşünülmektedir. Fakat yakın gelecekte üretim yerlerinde eğitim durumlarına göre işçilerin niteliklerinin ayrıca farklı iş alanları için değerlendirileceği düşünülmektedir. Akıllı robot sistemlerinin imkân sağladığı donanım yapısına sahip olan üretim yerlerinde 24 saat kayıttan olan ve çözüm önerisi sunan kameralar ile oluşabilecek bir sorunda yetkili personel, işgücünün elektronik araçları sayesinde aynı anda haberdar olacaktır. Bununla birlikte yetkili personel ilgili probleme ait tüm parametrelere erişebilir olacaktır (King, 2015, s.2).

3.4.9. Siber-Fiziksel Sistemler

Siber-Fiziksel Sistemler kavramı ilk olarak, ABD’de 2006 yılında, fiziksel dünya ile bağlantısı artmakta olan bilgisayar sistemlerine vurgu yapmak için kullanılmıştır (Alçın, 2019, s.19-30). Doğal ve insan yapımı sistemlerin oluşturduğu fiziksel alan ile kontrol, hesaplama ve iletişim sistemlerinin oluşturduğu siber alanların birbirleriyle bütünleştiği sistemler siber fiziksel sistemler olarak tanımlanmaktadır (Mourtzin ve Vlachou, 2018, s.180).

Siber fiziksel sistemlerin fiziki dünya ile sanal dünyayı birbiriyle bütünleştiren iki temel unsuru vardır. Bu unsurlardan birincisi, sistemlerin ve nesnelerin, internet üzerinden birbirleriyle etkileşime girdiği ağ tabanlı nesnelerin interneti teknolojisidir. İkinci unsur ise, fiziki bilgilerin bilgisayar ortamına aktarımıyla ortaya çıkan sanal ortamdır. Siber-fiziki sistemler nesnelerin interneti teknolojisine dayanarak devasa bir iletişim ağı oluşturur ve sanal dünya ile gerçek dünya arasındaki sınırı ortadan kaldırarak dijital dönüşümün temelini oluşturur (Özsoylu, 2017, s.41-46; Yetiş, 2017). Şekil 3.5’de, siber-fiziksel sistemlerin en temel hali ile çalışma şekli gösterilmektedir.



Şekil 3.5. Örnek Siber-Fiziksel Sistem Çalışma Şeması

Kaynak: (Özsoylu, 2017, s.41-46; Yetiş, 2017)

Şekil 3.5'deki fiziksel katmanda bulunan sensörler tarafından alınan veriler, nesnelerin interneti aracılığı ile siber katmana iletilmektedir. Siber katmana ulaşan veriler, bu katmanda var olan algoritmalar aracılığıyla işlenmekte, bu sayede fiziksel hareket kabiliyetine sahip elektronik kontrollü motorların (aktüatör) hareketi için komutlar oluşturulmaktadır. Nesnelerin interneti vasıtasıyla oluşturulan bu komutlar, fiziksel katmandaki aktüatörlere iletilmekte bu sayede makinelerin hareketi sağlanmaktadır. Dolayısı ile siber-fiziksel bir uygulama yapısı oluşturulmaktadır.

Siber-fiziksel sistemler, nesnelere ve sistemleri birbirlerine bağlayan nesnelerin interneti teknolojisi sayesinde, gelişmiş bir iletişim ağı meydana getirerek siber dünya ile gerçek dünya arasındaki sınırları ortadan kaldırmışlardır. Siber-fiziksel sistemler sayesinde, dijital olarak geliştirilmiş ve tedarik aşamasından üretime, üretim aşamasından pazarlamaya ve sevkiyata kadar uzanan, uçtan uca bilişim tabanlı üretimi mümkün hale getirmiştir. Bu sistem, üretimin daha esnek şekilde yapılmasına imkân vermekle kalmayıp, aynı zamanda üretimde çok daha farklılaştırılmış yönetim ve kontrol süreçlerinin sunduğu fırsatlardan faydalanabilmeyi sağlamıştır (Sercan, 2019, s. 43).

Bahsedilen sistemler sadece fabrikalarda üretimde kullanılmamaktadır. Aynı zamanda günlük hayatımızda enerji, imalat, havacılık, sağlık, otomotiv mühendisliği, tüketici cihazlarında ve bu cihazlardaki uygulamalar sayesinde birçok mühendislik alanında da kullanılmaktadır. Ayrıca bunların dışında siber fiziksel sistemlerinden akıllı şehirlerde, akıllı evlerde ve akıllı ofislerde de faydalanılmaktadır (Toker, 2018, s.51-64).

3.4.10. Simülasyon

Gerçek dünyada var olan bir fiziksel sisteme ait verilerin sanal bir ortama taşınmasıyla gerçek sisteme ait özelliklerin izlenmesine altyapı oluşturan modelleme tekniğine simülasyon adı verilmektedir. Simülasyonlar sayesinde üretim süreçleri takip edilebilirken maliyet, risk yönetimi ve zaman yönlerinden de avantaj sağlamaktadır. Simülasyon, sanal dünyada olasılıkların önceden gözlenebilmesini ve öncesinde gerekli olan hazırlıkların planlanmasını amaçlamaktadır. Fiziksel sistemdeki tüm veriler dijital ortamda modellenenirse başarılı bir simülasyon gerçekleşebilmektedir. Simülasyon sayesinde hazırlanan planlar ile karşı karşıya kalınan yeni durumlara gerekli tepkilerin verilebilmesi, günümüzde simülasyonu imalat alanında, işletmecilikte, eğitim alanında, sağlık alanında ve birçok alanda kullanılabilen yöntem haline getirmiştir (Çelen, 2017, s.10).

Endüstriyel tasarımın 1970'li yıllardan önce pek çok alanda testlere dayalı olduğu görüşü hâkimdir. Modeli üretilip denemesi yapılmadan sonuçlarının gözlenebilmesinin mümkün olamayacağına inanılmıştır. Bilgisayar sistemler sayesinde 1980'lerde değişim olmuştur. Günümüzde ise bilgisayar destekli simülasyon ortamları sayesinde endüstriyel tasarım, optimizasyon, tersine mühendislik, analiz gelişmiş, hızlı prototiplemenin öncesinde ve firma endüstriyel dinamiklerinin belirlenmesinde ekonomik olarak büyük fayda sağlanmıştır (Garavaglia, 2010, s.258-275). Simülasyon teknolojisi devrim niteliğinde bir potansiyele sahiptir ve çok büyük ölçekte seri üretim yapan firmalar için çok önemli bir gelişmedir. Çünkü üretilecek ürünün üretimi tamamlanmadan sanal ortamda testlerin yapılabilmesine olanak tanınmaktadır. Bu sayede zamandan ve maliyetlerden tasarruf sağlanabilmektedir. Simülasyon uygulama yazılımlarının artması ve katma değer firmalar tarafından fark edilmesiyle kullanım alanlarının giderek yaygınlaşabileceği düşünülmektedir (Elitok, 2019, s 15).

3.4.11. Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu

İşletmelerin büyümesine katkı yaratan en önemli faktör verimliliklerdir. Şirketler büyüme hızlarını arttırmak, riskleri düşük tutmak, piyasa değerlerini

en yüksekte tutmak ve varlıklarını korumak isterler. Bu istekleri gerçekleştirebilmek için şirketler birleşerek temelde iki çeşidi olan yatay ve dikey entegrasyon kavramını ortaya koymuşlardır (Çavdar, 2019, s. 32).

Yatay entegrasyon; işletmedeki üretim ve organize aşamasında gerçekleşen her bir adımın birbiri ile aynı zamanda kesintiye uğramadan, farklı firmaların üretim ve organizasyon aşamasındaki her bir adımın bağlantısını ifade etmektedir. Şirket içerisinde birçok noktada ve üretimin farklı aşamalarında bu entegrasyon yer almaktadır. Baştan sona oluşan bütünleşmiş bu sistem sayesinde, ham maddenin tedarik edilmesinden tasarımına kadar, üretiminden pazarlanmasına ve lojistiğine kadar her aşama eş zamanlı olarak kontrol edilebilmektedir. Dikey entegrasyon ise, yatay entegrasyonda olduğu gibi süreçler arasında değil süreçlerin tamamını kapsayarak altyapıda kesintiye uğramadan bilginin ve iletişim akışının sağlanmasıdır. Dikey entegrasyon birimlerine örnek vermek gerekirse; fabrikalardaki kontrol panelleri, kurumsal olan kaynak planlama yazılımları, asansörler, üretim ve yönetim sistemleri, vanalar vb. şekilde yapılan uygulamalardır (Soylu, 2018, s.48).

Yatay ve dikey entegrasyon sayesinde üretim süreçlerinde meydana gelebilecek hatalara ve değişimlere anlık tepkiler verilebilmektedir. Endüstri 4.0 ile gerçekleştirilen teknoloji ile müşterilerin istekleri doğrultusunda kişiselleştirilmiş üretim kolaylıkla gerçekleştirilmekte, şirketler daha esnek yapıya dönüşmekte ve kullanılan kaynakların verimliliğinde de artış olmaktadır. Aynı zamanda küresel çapta tedarik zincirinde optimizasyona ulaşması kolaylaşmaktadır. Üretimde istenilen değişimler basit bir şekilde ara yüzde yapılan yenilemelerle dahi gerçekleştirilebilmektedir (Çavdar, 2019, s. 33).

3.4.12. Yapay Zekâ

Yapay zekâ, 20. yüzyılın ikinci yarısında oluşturulmuş ancak endüstri 4.0 devrimi ile üretim alanlarına girmiş ve günümüzde de gelişimini devam ettiren bir kavramdır. Gelecekte cihazların veya sistemlerin yapay zekâ ile diyalog kurma, karşılaştırma yapma, kavrama ile öğrenme, cisimlerin yerlerini değiştirme, önceki bilgilerden yararlanma gibi yetileri kazandırılması amaçlanmaktadır. Bu sayede daha verimli ve daha zeki makinelerin üretimi

mümkün olacaktır. Bu alanda özellikle makine öğrenmesi algoritması büyük önem taşımaktadır. Makine öğrenmesi algoritması sayesinde makineler, ilk defa karşılaştıkları sorunlar için geçmişteki tecrübelerine göre bir çözüme varabilmektedirler (Pirim, 2006, s.84).

Ayrıca makine öğrenimi de yapay zekâ teknolojileri, olayları otomatikleştiren, yorumlayabilen, kararları destekleyebilen, harekete geçirebilen, ileri düzeyde mantık ve analiz temeline dayanan teknik olan dijital dönüşüm aşamalarının en önemli teknolojilerinden biridir. Yapay zekâ teknolojilerinde makineler ve sistemler, bulut bilişimi, büyük veriyi ve nesnelerin interneti teknolojilerinden yararlanarak sözlü dilin algılanabilmesini, bilginin işlenip karar verilmesi gibi birçok bilişsel olan görevleri gerçekleştirme yeteneği uygulayabilmektedirler. Daha önceleri yapay zekâ, tekdüze işler için kullanılan robotların el becerilerini artırarak robotları daha işlevsel ve bağımsız yapılara dönüştürmekteydi. Ancak özellikle lojistik süreçlerinde ve üretim gibi süreçlerde robotlar giderek merkezi konuma gelmeye başlamıştır. Bu dönüşümün özellikle tarım alanından güvenlik alanına, inşaat sektöründen kimyasallara, kömür, petrol, plastik, kauçuk, ayakkabı, tekstil sektörlerine, savunma ve ulaşım gibi birçok sektöre yayılması öngörülmektedir (Gözüküçük, 2020, s. 16).

Yapay zekânın genel kullanım amacı insanlara hizmet etmek ve günlük rutin işlerimizi kolaylaştırmaktır. Bu sebepten dolayı yapay zekâyı robotlar ile birleştirerek robotlara yetenek kazandırma çalışmaları da devam etmektedir. ABD Hanson Robotics firmasında geliştirilen Sophia, Suudi Arabistan vatandaşı, Little Sophia, Han, Bina, Alice vs., Danimarkalı Geminoidk, Çinli Jia Jia, Japon Erica ve son olarak Akınsoft Robotics'in geliştirdiği Türk robot Ada ve Akıncı bugün en çok bilinen yapay zekâyı sahip robotların modelleridir. Bugün yapay zekâ yazılımları son kullanıcı noktasında bulunan cep telefonları için Iphone tarafından geliştirilen Siri, Samsung tarafından geliştirilen Assistan Bixby ve yerli yapay zekâ asistanı Ceyd-A8 en çok bilinen ve kullanılan yapay zekâ yazılımlarıdır (Bulut, 2019, s. 30).

3.4.13. Karanlık Fabrikalar

Üretimin tamamının insan müdahalesine gerek duymadan otomatik olarak robotlar tarafından gerçekleştirildiği üretim biçiminde karanlık fabrikalar kullanılmaktadır. Diğer bir ifadeyle karanlık fabrikalar; ısıtma, aydınlatma, havalandırma gibi bir insanın üretim alanında çalışırken ihtiyaç duyduğu özelliklerden arındırılmış insan odaklı sistemden oluşan yalın üretim biçimidir. Diğer fabrikaların aksine karanlık fabrikalar bütün üretim süreçlerini baştan sona kendi kendine organize edebilen makinelerden oluşmaktadır. Ortaya çıkan bu yeni üretim modeliyle üretimin çeşitli bölümlerinde var olan insan faktörünün mevcut rolü, nihai ürünü tüketen müşteriler ve ürünün üretildiği alanlarda değiştirecektir (Ayan, 2020, s. 44).

Karanlık fabrika, değer zinciri unsurlarının dijital olarak birbirine bağlı olabilmesine dayandırılarak tasarlanan iş modelinde üretimin gerçekleştiği aşamadır. Bu aşama siber fiziksel sistemler tarafından oluşturulmaktadır. Karanlık fabrikalardaki otonom olan süreçler, makineler ve cihazlar değer zincirinde var olan diğer unsurlarla ve birbirleri ile iletişim kurabilmektedirler. Örneğin; üretim gerçekleştirilirken üretimin herhangi bir aşamasında kaynak sıkıntısı yaşanması durumunda fabrikada var olan siber fiziksel sistemler, eksik olan kaynak ürünün siparişini otomatik olarak vermekte veya diğer ürünlerin satış hacimleriyle alakalı bilgileri analiz edip talebinde artış olan mamulün anlık olarak üretimini artırabilmektedir. Bu durumdan da anlaşılacağı üzere direk işçilik giderine neden olan insan gücü bu tür fabrikalarda olmadığından, fabrikaları aydınlatmaya dahi ihtiyaç duyulmadığı için bu türdeki akıllı fabrikalar karanlık fabrikalar olarak nitelendirilmişlerdir (Gökten, 2018, s.880-897).

Öte yandan dünyada inşa edilen gerçek anlamdaki ilk karanlık fabrika Çin'in Dongguan şehrinde yer alan Changying Precision Technology Company olmuştur. Bu fabrikada cep telefonu üretimi ile birlikte hassas teknolojiler üzerine çalışma yapılmaktadır. İlk yıllarda bu firmada 650 kişi çalışmaktayken üretim sadece akıllı fabrikalar tarafından yapılmaya başlanmıştır. İnsan gücünün % 90'ı makinelerle değiştirilmiş ve çalışan sayısı 60 kişiye düşürülmüştür. Fabrikada çalışan bu kişilerin görevi de bilgisayar başında sadece süreç takibini gerçekleştirmek olmuştur. Bu sayede fabrikada

meydana gelen arızalarda ve aksaklıklarda % 80 oranında azalma yaşanmış ve firmanın üretkenliğinde de % 250 artış gözlenmiştir (Javelosa, 2017,s.831-880)

Farklı bir açıdan ise karanlık fabrikaların avantajları ve dezavantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Alkan, 2018; Akben ve Avşar, 2018, s.32):

- İnsanlara göre robotların hata yapma oranları çok daha azdır ve daha fazla çalışma güçlerine sahiptirler,
- İşletme bünyesindeki beyin takımı olarak adlandırılan kişilerin (AR-GE ve yönetici grubu) üretimdeki farklı süreçlerle ilgilenmeleri gerekmeyeceği için kendi görevlerine odaklanacaklar, dolayısı ile toplam insan verimi artacaktır,
- Doğru şekilde planlanmış üretim programıyla 24 saat boyunca robotlar üretim yapmaya devam ettirilebilir ve bu sayede enerji maliyetleri de azaltılabilmektedir,
- Fabrikada işgücüne olan ihtiyaç azalacağı için işçi maliyetlerinde de azalma olacaktır,
- Daha üretime başlamadan önce yüksek doğruluğa sahip planlamaların yapılabilmesi mümkündür,
- Üretimde gerçekleşen verimlilik artışı nedeniyle üreticiler rekabet avantajı elde edebileceklerdir,
- Üretim sürecindeki olması muhtemel risklerin oranları da en aza indirgenecektir,
- Öte yandan bu sisteme sahip fabrikaların kurulması ve yükseltilmesi oldukça maliyetlidir,
- Üretim sürecinde aksamalarla karşılaşmamak için yüksek maliyetli sistemlerin düzenli olarak bakımlarının yapılması gerekmektedir.

4. YÖNTEM

Endüstri 4.0'ın hayatımıza girmesiyle birçok alanda teknolojik gelişmeler yaşanmıştır. Bu gelişmeler sadece ekonomik alanda değil sosyal, kültürel, yönetsel ve toplumsal alanların tamamında küresel etkiler şeklinde olacaktır. Endüstri 4.0'a tam anlamıyla geçişte ülkeler birçok sorun ile karşılaşılacaktır. Çalışmada da Balıkesir ili nezdinde Organize Sanayi Bölgesinde faaliyette bulunan bazı firmaların yaşadığı sorunlar, Endüstri 4.0'a karşı tutumları değerlendirilmiştir

4.1. Araştırmanın Modeli

Bu araştırmadaki temel amaç; teori bölümünde anlatılan Endüstri 4.0 süreçlerinin ve bileşenlerinin Balıkesir Organize Sanayi bölgesinde bulunan büyük, orta ve küçük ölçekli firmaların hangilerinde uygulanabileceğini tespit etmek, bu firmaların uygulama yöntemlerini, uygulama süreçlerini ve Endüstri 4.0 ile ilgili gelecek planlarını ortaya koymaktır.

Teori kısmında anlatılanlar ışığında ve Schumacher vd. (2016), PWC (2016), Leineweber vd. (2018) çalışmalarından yararlanılarak araştırmanın amacına uygun birtakım sorular hazırlanmıştır. Yapılan bu araştırma için aşağıda verilen soruların sorulabileceği değerlendirilmiştir.

1. Kaç yaşındasınız?
2. Eğitim seviyeniz nedir?
3. Çalışmakta olduğunuz kurumdaki görev tanımınız hakkında bilgi verebilir misiniz?
4. Kurumunuzda istihdam edilen personel sayısı kaçtır?
5. Endüstri devrimlerini değerlendirdiğinizde firmanızın hangi endüstri devrimi veya devrimleri aşamasında çalışmakta olduğunu düşünmektesiniz?

6. Kurumunuz, Endüstri 4.0 konusunda hazırlıklar yapmış mıdır? Bu konuda ne gibi hazırlıklarınız bulunmaktadır?
7. Kurumunuzda Endüstri 4.0'a geçiş sürecinin ve Endüstri 4.0 aşamalarının başlangıç ve devamı için bir yol haritası planlanmış durumda mıdır?
8. Bilgi ve bilişim teknolojilerinin, Endüstri 4.0'a geçiş aşamalarında oynayacağı rol hakkındaki düşüncelerinizi aktarabilir misiniz?
9. Kurumunuzdaki çalışanların bilgi ve bilişim teknolojileri donanımı Endüstri 4.0 için yeterli olarak değerlendirilebilir mi?
10. Kurumunuzda görev yapan beyaz yaka personeli ve özellikle yönetim kademesi çalışanları göz önüne alındığında ilgili personelin Endüstri 4.0 hakkında bilgi sahibi olmasını ne şekilde yorumluyorsunuz?
11. Kurumunuz, Endüstri 4.0 için gerekli olan teknolojik standartlara sahip mi?
12. Kurumunuzda çalışanlar için bir Endüstri 4.0 eğitim programınız var mı?
13. Önümüzdeki 5 yıl içerisinde Endüstri 4.0'ın kurumunuz için ne gibi olumlu etkiler sağlayacağını öngörüyorsunuz?
14. Mevcut üretim yapınızdan veri toplamasının, veri analizinin ve bu verilerin karar verme süreçlerine etkisinin nasıl olacağını değerlendiriyorsunuz?
15. Kurumunuz açısından Endüstri 4.0 sürecinde en büyük zorluk nedir?
16. Kurumunuzda üretim verilerinin direkt olarak sanal sistemler tarafından kontrol edilmesi söz konusu olduğu zaman bilişim teknolojileri bileşenlerinden olan siber güvenlik konusunda bir endişeniz var mı?
17. Endüstri 4.0'ın üretim çıktısı mamul ile üretim süreçlerini yürüten sistemler arasında bilgi entegrasyonu sağlanabileceğini düşünüyor musunuz? Evet, ise nasıl?
18. Kurumunuz içerisinde nihai üretim haricinde ürünün prototipinin oluşturulması noktasında modelleme ve simülasyon teknolojileri kullanılacak mı? Kullanılacaksa nasıl yapılabilir?

19. Kurumunuzda makineler arası iletişimi sağlayan (makineler arası iletişim, nesnelerin interneti vb.) bir haberleşme sistemi mevcut mu?
20. Kurumunuzda ileri bir tarihte otomasyon sistemlerinin mümkün olan tüm üretim hatlarının kullanılması durumunda personel istihdamının ne şekilde etkilenebileceğini düşünmektесiniz?
21. Firmanız uygulama gerçekleştirme alanlarının, aşağıda verilmiş olan Endüstri 4.0 bileşenlerinden hangilerine dahil olabileceğini düşünmektесiniz?
- Bulut Bilişim
 - Nesnelerin İnterneti
 - Artırılmış Gerçeklik
 - Siber Güvenlik
 - Akıllı Fabrikalar
 - Büyük Veri
 - Eklemeli Üretim (3 Boyutlu Yazıcılar)
 - Otonom Robotlar
 - Siber-Fiziksel Sistemler
 - Simülasyon Teknolojileri
 - Entegrasyon Yapıları (Yatay ve/veya Dikey Entegrasyon)
 - Yapay Zeka Uygulamaları
 - Karanlık Fabrikalar
22. Kurumunuzun Endüstri 4.0 entegrasyonunun tamamlanması aşamalarında kısa ve uzun vadede üretim maliyetlerinizin yüzde kaç azaltılabileceğini öngörüyorsunuz?
- %90 ve üzeri
 - %80 ve üzeri
 - %70 ve üzeri
 - %60 ve üzeri
 - %50 ve üzeri
 - %40 ve üzeri

- %30 ve üzeri
- %20 ve üzeri
- %10 ve üzeri
- %1 ve üzeri

23. Balıkesir Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gerçekleştirilen firmalar göz önüne alındığı zaman firmanızın Endüstri 4.0'a geçiş aşamalarında öncü firmalar içerisinde bulunacağını düşünüyor musunuz?

4.2. Evren ve Örneklem

Günümüzde küreselleşen piyasalar sayesinde rekabet yarışında ülkeler sanayilerini geliştirmeye ve dijitalleştirmeye yönelmiştir. Ülkeler sanayileri için gerekli olan hammaddelere ve kaynaklara gelişen teknolojinin de yardımıyla daha kolay ulaşabildiği için aralarındaki rekabet daha da artmıştır. Bu noktada daha rekabetçi bir üretim anlayışını benimseyen Endüstri 4.0 Sanayi Devrimii önceki gerçekleştirilmiş durumda olan sanayi devrimlerinden gerek uygulama ölçeği ve süreci, gerekse gerçekleştirme kapsamı bakımından farklılık göstermektedir. Endüstri 4.0 bileşenlerinden olan otonom robotlar, nesnelerin interneti, eklemeli üretim (3D yazıcılar), bulut bilişim vb. gibi bileşenler sanayide hammaddenin taşınmasından firmaya gelişine, üretim süreçlerinden malın fabrikadan çıkışına ve lojistik sürecinden ürünün teslimine kadar her aşamasında iç içe geçen ve birbirini tamamlayan süreçlerin bütünüdür. Sanayisine Endüstri 4.0 bileşenlerini entegre edebilen firmaların, üretim, tüketim, dağıtım süreçlerinde değişimler olacak, yeni iş modelleri oluşacağı, hatasız ve hızlı üretim yapabileceği ayrıca diğer ülkelerle güçlü bir şekilde rekabet etmeye devam edebileceği vurgulanmaktadır.

Balıkesir Organize Sanayi Bölgesindeki firmaların Endüstri 4.0 süreçlerine uyum sağlamaları ülkemizin ve ülkemizdeki firmaların gelişmeleri açısından diğer ülkelerle rekabet edilebilmesi bakımından önemlidir.

4.3. Veri Toplama Süreci

Araştırma çalışmasının uygulanmasında zaman, maliyet ve en önemlisi dünyayı etkileyen Pandemi (COVID-19) nedeniyle elektronik web ortamı üzerinden hızlı ve güvenilir şekilde bilgi aktarımı sağlanmıştır. Araştırma için gerçekleştirmiş olduğumuz veri toplama aşamasında Endüstri 4.0 uygulama katmanlarından olan bulut bilişim hizmeti kullanılmıştır. Bu noktada Microsoft firmasının bulut tabanlı bir iletişim sistemi içerisinde çalışan “Microsoft Forms” tabloları tercih edilmiştir. Toplanılacak verilere ait sorular “elektronik anket” metodu ile Balıkesir Organize Sanayi Bölgesi firmalarına gönderilmiş ve gönüllü olarak sağlanan katılım ile sonuçlar elde edilmiştir.

Bir aylık bir süreçte (22.01.2021 – 26.02.2021) ilgili anket, 100’ ün üzerinde firmaya gönderilmiştir. Ancak 12 firma yetkilisi ankete gönüllü olarak katılım sağlamıştır. Elektronik anket, firmaların idari işler, üretim ve yönetim kategorilerinde görevli çalışanlara gönderilmiştir. Anketin başında kişisel bilgilerinin talep edilmeyerek üçüncü kişi ve kuruluşlarla bu bilgilerin paylaşılmayacağı katılımcılara aktarılmıştır. Ayrıca bu ankete kimlerin katılım sağladığı, hangi kurum için hazırlandığı, araştırmanın neyi amaçladığı şeklinde aydınlatma metni düzenlenmiştir.

Araştırma anketinin ilk sorusu, katılımcının verdiği bilgilerin bilimsel amaçlarla kullanılacağını kendi rızasıyla kabul edip etmediğiyle ilgilidir. İkinci ve üçüncü sorular gönüllü katılımcının kişisel özellikleriyle alakalı sorulardır. Geriye kalan sorular ise araştırmanın konusuyla alakalı hazırlanan sorulardan oluşmaktadır.

5. BULGULAR VE YORUMLAR

Kullanıcılara gönderilen elektronik anket sorularına verilen cevaplar doğrultusunda ilgili soruların analizleri gerçekleştirilmiştir.

5.1. Elektronik Anket Sorularının Analizi

Microsoft firmasının bulut tabanlı bir iletişim sistemi içerisinde çalışan “Microsoft Forms” yazılımı vasıtasıyla hazırlanan 23 soru ve her soruya 12 katılımcının verdiği cevaplar listelenmiştir. Her bir sorunun altına gönüllü katılımcıların verdiği cevaplar doğrultusunda genel olarak verilen bilgiler değerlendirilmiştir. Elektronik anket ile sorulan sorular ve katılımcıların verdiği cevaplar şöyledir;

1.Kaç yaşındasınız?

K1: 29.

K2: 41.

K3: 54.

K4: 35.

K5: 48.

K6: 40.

K7: 31.

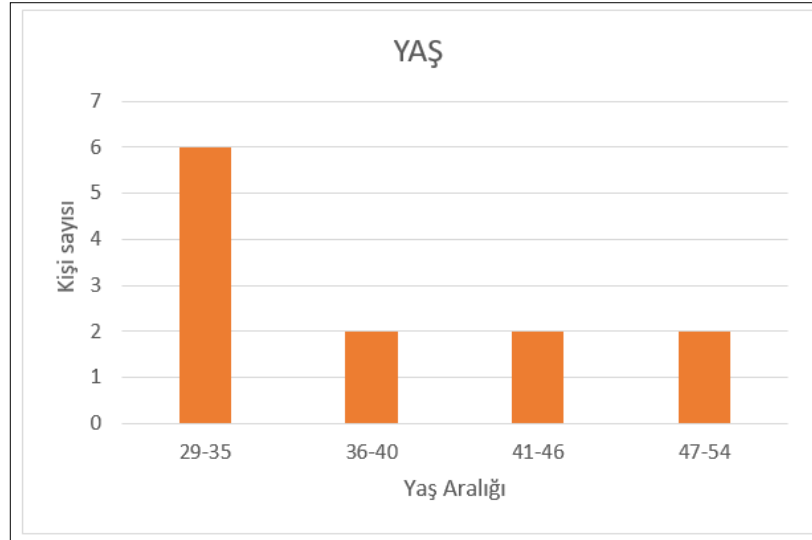
K8: 38.

K9: 41.

K10: 29.

K11: 33.

K12: 32.



Şekil 5.1. Katılımcıların Yaş Aralığı Dağılımı

Şekil 5.1'e göre katılımcıların yaş aralığı dağılımına bakıldığında, elektronik ankete katılan gönüllü katılımcılar 29-54 yaş aralığında yer almaktadır. Genel yaş dağılımında ise 29-35 aralığında bulunan 6 katılımcı olduğu anlaşılmıştır.

2.Eğitim seviyeniz nedir?

- K1:** Lisans.
- K2:** Yüksek Lisans.
- K3:** Yüksek Lisans.
- K4:** Lise.
- K5:** Yüksek Lisans.
- K6:** Lisans.
- K7:** Lisans.
- K8:** Lisans.
- K9:** Lisans.
- K10:** Lisans.
- K11:** Lisans.
- K12:** Yüksek Lisans.

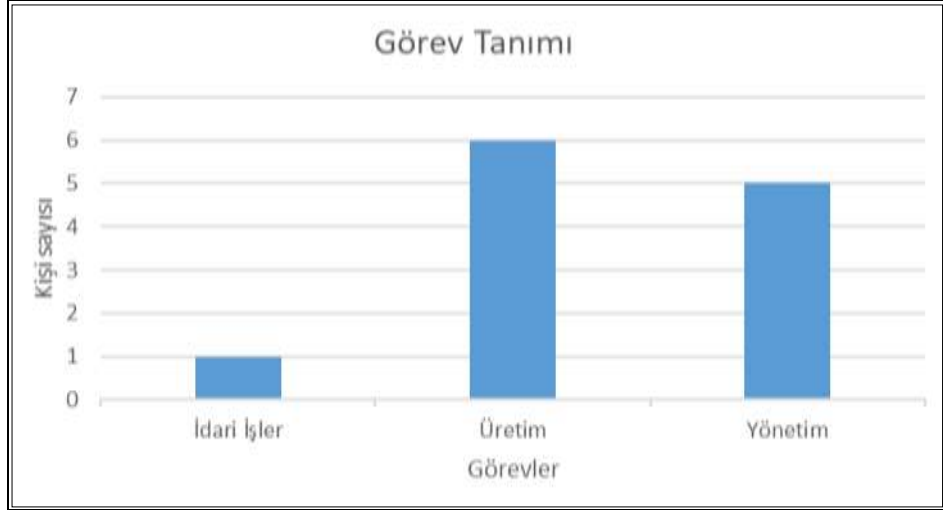


Şekil 5.2. Katılımcıların Eğitim Seviyesi Dağılımı

Katılımcıların eğitim seviyesi Şekilde 5.2’de verilmiştir. İlgili eğitim seviyesi dağılımına bakıldığında elektronik ankete katılan gönüllü katılımcılara eğitim seviyeleri sorulduğunda; dört tanesinin (K2, K3, K5, K 12) Yüksek Lisans, yedi tanesini (K1, K6, K7, K8, K9, K10, K11) Lisans ve bir tanesinin (K4) Lise seviyesinde eğitimlere sahip oldukları görülmüştür.

3.Çalışmakta olduğunuz kurumdaki görev tanımınız hakkında bilgi verebilir misiniz?

- K1:** Üretim.
- K2:** Yönetim.
- K3:** Yönetim.
- K4:** İdari İşler.
- K5:** Yönetim.
- K6:** Üretim.
- K7:** Üretim.
- K8:** Üretim.
- K9:** Yönetim.
- K10:** Üretim.
- K11:** Üretim.
- K12:** Yönetim.



Şekil 5.3. Katılımcıların Kurumlarındaki Görev Tanımları

Katılımcılara çalışmakta oldukları kurumdaki görev tanımları sorulduğunda; altı katılımcının (K1, K6, K7, K8, K10, K11) fabrikalarında üretim bölümünde görev aldığı, beş katılımcının (K2, K3, K5, K9, K12) fabrikalarında yönetim kademesinde görev yaptığı ve bir katılımcının (K4) idari işler bölümünde görevli olduğu görülmektedir. Böylelikle Endüstri 4.0 ile ilgili araştırma soruları her kademe çalışan katılımcıya ulaştırıldığı değerlendirilmektedir. Şekil 5.3’de verilen cevapları içeren grafik verilmiştir.

4.Kurumunuzda istihdam edilen personel sayısı kaçtır?

- K1:** 196.
- K2:** 130.
- K3:** 150.
- K4:** 51.
- K5:** 150.
- K6:** 100.
- K7:** 1100.
- K8:** 900.
- K9:** 200.
- K10:** 98.
- K11:** 50.
- K12:** 150.

Katılımcılara kurumlarındaki istihdam edilen personel sayıları sorulduğunda ise; 50-1100 aralığında dağılım gösteren personel sayılarına sahip oldukları görülmektedir. Endüstri 4.0 uygulanabilirlik araştırmasıyla ilgili soruların Balıkesir Organize Sanayi Bölgesinde yer alan küçük, orta ve büyük ölçekli her firmaya ulaşılabilirdiği görülmektedir. En çok personel istihdam eden fabrikanın üretim kademesinde çalışan gönüllü katılımcının (K7) 1100 kişilik personele sahip bir firmada çalıştığı belirtilmektedir. En az personel istihdam eden fabrikanın ise üretim kademesinde çalışan gönüllü katılımcının (K11) 50 kişilik personele sahip bir firmada çalıştığı görülmüştür.

5.Endüstri devrimlerini değerlendirdiğinizde firmanızın hangi endüstri devrimi veya devrimleri aşamasında çalışmakta olduğunu düşünmektесiniz?

- K1:** Endüstri 3.0 aşaması.
- K2:** Endüstri 0.
- K3:** Endüstri 3.0 aşaması.
- K4:** Endüstri 3.0 ve Endüstri 4.0 arasında.
- K5:** Endüstri 2.0 ve Endüstri 3.0 arasında.
- K6:** Endüstri 2.0 aşaması.
- K7:** Endüstri 3.0 ve Endüstri 4.0 arasında.
- K8:** Endüstri 3.0 ve Endüstri 4.0 arasında.
- K9:** Endüstri 2.0 ve Endüstri 3.0 arasında.
- K10:** Endüstri 4.0 aşaması.
- K11:** Endüstri 3.0 aşaması.
- K12:** Endüstri 2.0 ve Endüstri 3.0 arasında.

Bu soruya cevap veren katılımcılar içerisinde sadece bir katılımcı (K10) endüstri devrimlerinden firmasının Endüstri 4.0 aşamasında olduğunu belirtmiştir. Üç gönüllü katılımcı (K4, K7, K8) çalıştıkları firmanın endüstri devrimlerinden endüstri 3.0 ve Endüstri 4.0 aşamasında, üç katılımcı (K1, K3, K11) firmalarının endüstri 3.0 aşamasında, üç katılımcı (K5, K9, K12) ise firmalarının endüstri devrimlerinden endüstri 2.0 ve endüstri 3.0 arasında olduğunu düşünmektedir. Bir katılımcı (K6)

firmalarının endüstri 2.0 aşamasında olduğunu düşünürken, diğer bir katılımcı (K2) firmalarının endüstri devrimlerinin hiçbir aşamasında olmadığını belirtmiştir.

6.Kurumunuz, Endüstri 4.0 konusunda hazırlıklar yapmış mıdır? Bu konuda ne gibi hazırlıklarınız bulunmaktadır?

K1: Hayır.

K2: Hayır.

K3: Üretimin bazı bölümlerinde emek yoğunundan teknoloji yoğun bir anlayışa/prosesse geçiş için tedarik başlatılmıştır.

K4: Şu an için bir hazırlık yapılmış değil.

K5: Hâlihazırda hazırlıklarımız yoktur.

K6: Hayır.

K7: Evet. İnsan gücünü azaltmaya yönelik robotlar kullanılmaktadır.

K8: Hazırlık yapılmadı.

K9: Hayır.

K10: Endüstri 4.0 bir üretim tesisinde çalışmaktayım.

K11: Hayır.

K12: Hazırlık yok.

Katılımcıların büyük bir kısmı (K1, K2, K4, K5, K6, K8, K9, K11, K12) kurumlarından Endüstri 4.0 konusunda hiçbir hazırlıklarının yapılmadığını belirtmiştir. İki katılımcıdan bir tanesi (K10) Endüstri 4.0 konusunda hazırlığının olduğunu belirterek hali hazırda Endüstri 4.0 olan bir üretim tesisinde çalıştığını belirtmiş, diğer katılımcı (K7) ise Endüstri 4.0 konusunda hazırlıklarının olduğunu aktararak kurumlarında insan gücünü azaltmaya yönelik robotların kullanılmakta olduğunu belirtmiştir. Katılımcılardan biri (K3) ise Endüstri 4.0 için hazırlık durumu konusunda üretimin bazı bölümlerinde emek yoğunundan teknoloji yoğun bir anlayışa geçiş amacıyla tedarik başlatıldığını aktarmıştır.

7.Kurumunuzda Endüstri 4.0'a geçiş sürecinin ve Endüstri 4.0 aşamalarının başlangıç ve devamı için bir yol haritası planlanmış durumda mıdır?

K1: Planlama yapılması düşünülüyor.

K2: Hayır.

K3: Bu durum (soru 6) aşamalar halinde tamamlanacak şekilde yıllara sari tedarik ve finans açısından planlanmıştır. İnsan kaynağı, yazılım ve donanım açısından çalışmalar devam etmektedir.

K4: Hayır.

K5: Yol haritamız yoktur ancak haritanın oluşturulması açısından değil de bu sistemlere başlamak açısından fikir oluşturulmaktadır.

K6: Hayır.

K7: Evet.

K8: Yol haritası planlı değildir.

K9: Hayır.

K10: Üretim tesisi Endüstri 4.0 olacak şekilde devreye alınmıştır.

K11: Hayır.

K12: Planlama yok.

Elektronik ankete katılan katılımcılara Endüstri 4.0 geçiş aşamalarında bir yol haritalarının planlanması durumu sorulduğunda; yedi gönüllü katılımcı (K2, K4, K6, K8, K9, K11, K12) planlanmış bir yol haritalarının olmadığını belirtmiştir. Bir katılımcı (K10) üretim tesislerinde hali hazırda Endüstri 4.0'ın devrede olduğunu belirtmiştir. Bir katılımcı (K7) yol haritası planladıklarını belirtirken, bir katılımcı (K1) ise Endüstri 4.0 geçiş aşamalarında bir yol haritası planlamayı düşündüklerini belirtmiştir. Katılımcılardan biri (K3) yıllara yayılacak şekilde tedarik ve finansal açıdan planlanmış bir yol haritası olduğunu ancak insan kaynakları, yazılım ve donanım açısından çalışmaların devam ettiğini belirtmiştir. Diğer bir katılımcı (K5) ise Endüstri 4.0 için planlanmış bir yol haritalarının olmadığını ancak Endüstri 4.0 sistemlerine başlama konusunda fikir oluşturulduğunu belirtmiştir.

8.Bilgi ve bilişim teknolojilerinin, Endüstri 4.0'a geçiş aşamalarında oynayacağı rol hakkındaki düşüncelerinizi aktarabilir misiniz?

K1: Üreticilerin hızlı bir şekilde Endüstri 4.0 a geçiş yapmaları için, bilişim ve teknoloji altyapısının geleceğin standartlarına göre tasarlanması ve uygulanması

gerekmektedir. Endüstri 4.0 bilişim ve teknoloji çağının açılması demektir; akıllı şehirler, akıllı binalar, akıllı fabrikalar vb.

K2: Şu an da Türkiye için gereksiz bir uygulama. Almanya'nın kendi otomasyon ve robot uygulamalarını satmak için dünyaya empoze ettiği Çin ile dizayn ve üretim hızı ile savaşmayı amaçladığını belirttiği fakat içi boş olan süreçtir. Çin şu anda Endüstri 5.0'ı uyguluyor.

K3: 20. yy' ın son çeyreği teknoloji çağı olarak adlandırılmıştır. Ülkemizde bundan nasibini almıştır. Donanım ve yazılım süreçleri 21. yy başında yerine oturduğundan etkileşim süreçleri gerek insan yaşamında gerekse endüstriyel yaşamda etkin hale gelmeye başlamıştır. Dolayısıyla bilişim çağı olarak adlandırılan içinde bulunduğumuz zaman diliminde başat unsur yapay zeka, inovasyon, katma değer, verimlilik, kalite, maliyet vb. konuların pozitif tarafta sıçrama yapmasında rol oynayacaktır.

K4: Hammaddenin işletmeye girişinden itibaren mamül olup sevkine kadar birçok alanda kolaylık sağlayacağından yana hiç şüphem yok.

K5: Gelişen teknolojik alt yapı ile tüm entegrasyonun Dünya genelinde hızlanacağını ancak ülkemiz genelinde alt yapı, insan, malzeme gibi nedenlerden yavaşlayacağını düşünüyorum.

K6: Kesinlikle katkı sağlayacağını ancak bu teknolojiler aynı zamanda belirli kısıtlar getirebilir.

K7: Etkin rol oynayacağı düşüncesindeyim.

K8: Bu sürecin oluşumunda doğrudan rol oynayarak temel yapı taşı olacağını düşünüyorum.

K9: Çok.

K10: Sadece makinelerin Endüstri 4.0'a uyumlu olması verimi tek başına arttırmakta yeterli olmayacaktır. Bu makinelerin oluşturduğu bilgi havuzunun düzgün filtrelenmesi, yorumlanması ve planlamanın buna göre yapılması için bilgi okur-yazarlığının da gelişmesi gerektiğini düşünmekteyim. Bilgi ve bilişim teknolojilerinin önlenemez gelişimi verimliliği arttırırken aynı zamanda da bilgi okur-yazarlığımızı da arttıracaktır. Dolayısıyla daha planlı, etkili üretimler yapılmasının önü açılacaktır.

K11: Kilit rol oynayacaktır.

K12: Dijital çağ Endüstri 4,0'a geçmeyi zorunlu kılacak.

Bilgi ve bilişim teknolojilerinin Endüstri 4.0'a geçiş aşamalarında oynayacağı rol hakkındaki düşüncelerini gönüllü katılımcılara sorduğumuzda ise; çoğunlukla etkin bir role sahip olduğunu belirtmişlerdir. Altyapı sorunlarının giderilmesi, donanım ve yazılım sorunlarını ortadan kalkması ve bilgi okur-yazarlığının artmasıyla Endüstri 4.0'a geçiş aşamasında etkin bir planlama ile hammaddenin işletmeye girişinden mamül olup sevkine kadar birçok alanda işlerin hızlanacağını, verimlilikte ve kalitede artış olacağını belirtmişlerdir.

9.Kurumunuzdaki çalışanların bilgi ve bilişim teknolojileri donanımı Endüstri 4.0 için yeterli olarak değerlendirilebilir mi?

K1: --

K2: Evet.

K3: Farkındalık boyutunda evet, operatif boyutta hayır.

K4: Tam anlamıyla yeterli değil.

K5: Personelimizin bilgisayar bilgisi normal seviyede iken bu Endüstri 4.0 sistemi için fikir sahibi olursa dahi donanımsal olarak personel açısından ve bu donanımın personele kullanılması açısından zorluk yaşanabilir.

K6: Çalışan bilgisi için evet ancak teknolojik alt yapı için hayır.

K7: Kısmen.

K8: Yeterli ancak kısa vadede geçiş planlanmış değil.

K9: Hayır.

K10: Bir önceki soruda bahsettiğim gibi bu sadece Endüstri 4.0'a geçenlerin değil "Big Data" denilen ve bunu yorumlayan tüm kurum ve kuruluşların genel bir sorunudur. Bu sorun firma bünyesinde sıklıkla olmasa da derinlemesine yaşanan bir durumdur.

K11: Hayır.

K12: Yeterli olduğunu düşünmüyorum.

Elektronik ankete katılan gönüllü katılımcılara kurumlarındaki çalışanların bilgi ve bilişim teknolojisi donanımlarının Endüstri 4.0 için yeterli düzeyde mi diye sorduğumuzda; dört katılımcı (K4, K9, K11, K12) yeterli olmadığını, üç katılımcı (K3, K7, K8) kısmen veya farkındalık bakımından yeterli olduğunu düşünmektedir. Üç katılımcı (K5, K6, K10) ise personellerin Endüstri 4.0 için yeterli bilgisi olmasına

rağmen teknolojik altyapı ve personellerinin bu teknolojileri kullanmaları açısından zorluklar yaşanacağını belirtmiştir. Bir gönüllü katılımcı (K2) ise kurumlarındaki çalışanların bilgi ve bilişim teknolojisi donanımlarının Endüstri 4.0 için yeterli olarak değerlendirmiştir.

10.Kurumuzda görev yapan beyaz yaka personeli ve özellikle yönetim kademesi çalışanları göz önüne alındığında ilgili personelin Endüstri 4.0 hakkında bilgi sahibi olmasını ne şekilde yorumluyorsunuz?

- K1:** Personelin bilgisi yeterli düzeyde değildir.
- K2:** Personelin bilgisi yeterli düzeydedir.
- K3:** Personelin bilgisi yeterli düzeyde değildir.
- K4:** Personelin bilgisi kısmen yeterli düzeydedir.
- K5:** Personelin bilgisi kısmen yeterli düzeydedir.
- K6:** Personelin bilgisi kısmen yeterli düzeydedir.
- K7:** Personelin bilgisi kısmen yeterli düzeydedir.
- K8:** Personelin bilgisi kısmen yeterli düzeydedir.
- K9:** Personelin bilgisi yeterli düzeyde değildir.
- K10:** Personelin bilgisi yeterli düzeydedir.
- K11:** Personelin bu konuda fikri yoktur.
- K12:** Personelin bilgisi kısmen yeterli düzeydedir.

Bu soruya iki katılımcı (K2, K10) kurumlarındaki beyaz yaka ve yönetim kademesi çalışanlarının Endüstri 4.0 hakkında yeterli düzeyde bilgiye sahip olduklarını belirtmiştir. Altı katılımcı (K4, K5, K6, K7, K8, K12) kurumlarındaki çalışanlarının Endüstri 4.0 hakkında kısmen yeterli düzeyde bilgi sahibi olduğunu belirtmiştir. Üç gönüllü katılımcı (K1, K3, K9) ise çalıştıkları kurumlarda ki beyaz yaka ve yönetimdeki personelin Endüstri 4.0 bilgilerinin yeterli düzeyde olmadığını aktarmıştır. Bir gönüllü katılımcı (K11) ise çalıştığı kurumdaki personelin Endüstri 4.0 hakkında bir bilgisinin olup olmadığı hakkında fikir sahibi olmadığını bildirmiştir.

11.Kurumunuz, Endüstri 4.0 için gerekli olan teknolojik standartlara sahip mi?

- K1:** Planlama aşamasından sonra gerekli donanıma sahip olacaktır.
- K2:** Evet.

K3: Hayır.

K4: Kısmen sahip.

K5: Teknolojik standartların gerekliliklerine tam olarak hakim değilim fakat alt yapı noktasında ileride yatırımların yapılabileceğini düşünüyorum.

K6: Hayır.

K7: Evet.

K8: Kısmen.

K9: Hayır.

K10: Firmamızda ISO 27001 BGS bulunmaktadır.

K11: Hayır.

K12: Değil.

Katılımcılardan beş tanesi (K3, K6, K9, K11, K12) kurumlarında Endüstri 4.0 için gerekli teknolojik standartlara sahip olmadıklarını, iki katılımcı da (K2, K7) gerekli teknolojik standartların mevcut olduğunu belirtmiştir. Gerekli teknolojiye kısmen sahip olduğunu düşünen katılımcı sayısı ise iki (K4, K8) olmuştur. Bir katılımcı (K1) gerekli planlamalardan sonra gerekli olan teknolojik donanıma sahip olacağını, bir diğer katılımcı (K5) teknolojik altyapı olarak ileriki dönemlerde yatırım yapılabileceğini düşünmektedir. Bir başka katılımcı (K10) ise, teknolojik standart olarak firmaların da ISO 27001 BGS (bilgi güvenliği sistemi) olduğunu aktarmıştır.

12.Kurumunuzda çalışanlar için bir Endüstri 4.0 eğitim programınız var mı?

K1: Hayır.

K2: Hayır.

K3: Hayır.

K4: Şuan için yok.

K5: Bulunmuyor.

K6: Yok.

K7: Var.

K8: Yok.

K9: Hayır.

K10: Ne yazık ki.

K11: Hayır.

K12: Yok.

Katılımcılardan bir tanesi (K7) dışındaki diğer tüm katılımcılar, kurumlarında ki çalışanlar için Endüstri 4.0 eğitim programlarının olmadığını belirtmişlerdir. Bu durumdan da anlaşılıyor ki kurumlarda çalışanların Endüstri 4.0 hakkında bilgilenmeleri için yöneticiler tarafından adımlar atılmamış durumdadır.

13.Önümüzdeki 5 yıl içerisinde Endüstri 4.0'ın kurumunuz için ne gibi olumlu etkiler sağlayacağını öngörüyorsunuz?

K1: Verimin artması, yüksek kalite, farkındalık, devamlılık, esneklik, maliyetin düşmesi, fazla işçiliğin azalması, az insan gücü, zamanında üretim.

K2: Herhangi bir şey öngörmüyoruz.

K3: Firmamızın sektörde ulusaldan uluslararasına geçişi sağlayacağını ve yerelde bir oyuncu global dünyada rekabet edebilir olacağını öngörüyorum.

K4: Gerekli altyapı ve şartlar oluştuğunda üretimde çok büyük kolaylık ve maliyet yönünde düşüslere neden olacaktır.

K5: Eğer Endüstri 4.0 sistemi Balıkesir Organize Sanayi Bölgesinde uygulanmaya başlanır ise ilk olarak bu sistem için gelmesi gereken personel kısmı için eğitim düzeyinin artacağını, üretim maliyetlerinin uzun vadede düşebileceğini ancak amortisman için ne kadarlık bir sürenin hesaplanması gerektiğinin netleşmesi gerekir.

K6: Mevcut durumda böyle bir planımız yoktur ancak olması dahilinde üretim maliyetlerinin azaltılacağını fakat ilk yatırım maliyetlerinden dolayı başabaş noktasının hesaplanması gerektiğini düşünüyorum.

K7: Ürün kalitesinde artış, ürün hatalarında azalış sağlayacağı öngörülmektedir.

K8: Rekabet artışı, istihdam fazlalığı, ham madde konusunda ise bazı problemler olabilir.

K9: Bir etkisi yok.

K10: Genel olarak Endüstri 4.0 ile birlikte alınan tüm datalar değerlendirilerek optimal üretim şartları oluşturularak öncelikle enerji, hammadde ve

iş gücü sarfiyatını minimuma çekerek verim değerleri en üst seviyeye çekilmesi hedeflenmektedir.

K11: Kurumumda Endüstri 4.0 farkındalığı oluşsa bile fiili olarak bir girişim olmayacaktır.

K12: Üretim, hız ve kalite.

Yöneltilen bu soruya katılımcılardan üç tanesi (K2, K9, K11) firmalarına olumlu bir etkisinin olmayacağını düşünmektedir. Geriye kalan katılımcıların genel olarak yorumları; üretim kalitelerinin ve verimliliklerinin artacağını, maliyetlerinde azalma olacağını, zamandan ve enerjiden tasarruf sağlayacaklarını, istihdam fazlalığı ortaya çıkacağını, rekabet artışı olacağını ve ulusaldan uluslararası boyuta geçiş olabileceği şeklinde olmuştur.

14.Mevcut üretim yapınızdan veri toplamasının, veri analizinin ve bu verilerin karar verme süreçlerine etkisinin nasıl olacağını değerlendiriyorsunuz?

K1: Veri analizi teknikleri çerçevesinde geliştirilen yöntemler bize karar verme konusunda yardımcı olabilirler. Veri analizinin yöntemleri istatistik bilimi tarafından geliştirilmiş ve kullanımımıza açılmıştır.

K2: Zaten bu uygulama elimizde mevcut. Bunun Endüstri 4.0 ile alakası bulunmamaktadır.

K3: Mevcut üretim yapımız 4.0'a veri aktarabilecek durumda değil, bu durum olması gerektiği gibi tesis edildiğinde büyük etkisi olacaktır.

K4: Toplanan veriler ışığında karar vermek daha da kolaylaşacaktır.

K5: Mevcut üretim alt yapımızdan veri toplanması ürün çıktısı olarak sağlanmaktadır ancak herhangi bir sistem karar verme sürecinde olmamaktadır.

K6: Etkisi olacağını düşünmüyorum.

K7: Fikrim yok.

K8: Bu tarz teknolojik bir kullanım olduğunda ilgili süreçlerin etkisinin kaçınılmaz olacağını düşünüyorum bu etkininde yüksek oranda olumlu olacağını düşünüyorum.

K9: Soruyu anlayamadım. Kim veya ne veri topluyor.

K10: Firmamızda bu veri analizinden elde edilecek olan değerlerle Yalın proje hedeflerimiz bulunmaktadır. Bu yalın proje hedefleri ile süreç, maliyet, zaman kayıplarını düşürerek verimin artırılması hedeflenmiştir.

K11: Forecastler insan yerine akıllı öğrenen algoritmaya sahip bilgisayarlar tarafından yapılacak. Böylece daha kısa sürede daha doğru oluşturulan forecastler alacağız. Forecastten çıkan miktar ve ihtiyaç tarihine göre ilgili malzeme siparişleri tedarikçilere geçilecek ve stokta bekleyen nihai ürün miktarı azalacak.

K12: Olumlu etkileri olacağını düşünüyorum.

Elektronik ankete katılan gönüllü katılımcılardan dört katılımcı (K2, K6, K7, K9) Endüstri 4.0'ın mevcut üretim yapılarında veri toplama, analiz ve karar verme süreçlerinde bir etkisinin olmayacağını veya fikirlerinin olmadığını belirtmişlerdir. Diğer katılımcılar Endüstri 4.0'ın üretim yapılarından veri toplama, analiz ve karar verme süreçlerinde etkili olacağını ve kurumlarının kısmen de olsa bunun için adımlar attıklarını düşünmektedirler. İnsan yerine akıllı öğrenen algoritmalar sayesinde yapılan veri tahminleri ile ihtiyaçlar önceden belirlenecek süreç, maliyet ve zaman kayıplarında azalma olabileceğini aktarmışlardır.

15.Kurumunuz açısından Endüstri 4.0 sürecinde en büyük zorluk nedir?

K1: --.

K2: Zorluk bulunmamaktadır.

K3: Altyapı entegrasyonu, kurumsal kültür oluşturma, intibak.

K4: Maliyet=döviz kuru.

K5: Yetişmiş personel, uygun altyapının sağlanması, firma sahiplerinin bu sistemi doğrudan kullanmak istemesi veya istememesi.

K6: Donanım, alt yapı, firma sahiplerinin istekleri, çalışan sayısı, üretim yapılan sektördeki talepler ve olası sektörel daralması.

K7: Maliyet ve personelin alışma süresi.

K8: Alt yapı uygun olmasına rağmen sektörel uygulama örneğinin Balıkesir için bulunmayışı.

K9: Standart dışı el işi montaja dayalı üretim. Yatırım maliyeti.

K10: Sistemin yeni kurulmasından kaynaklanan veri kalabalığının filtre edilmesinde zorluklar ile karşılaşılmaktadır.

K11: Kendini geliştirme ihtiyacı duymayan çalışanlar ve yönetim. Günümüzde artık yerinde saymanın bile gerilemek anlamına geldiğinin farkında değiller. Eski yetenekleri ve bilgileriyle çağa adapte olamayacaklarını bilmiyorlar. Bu

konuda proaktif davranılmıyor. Endüstri 4.0 ın faydalarından küresel rakiplerinden geç haberdar olacaklardır.

K12: Patron zihniyeti.

Katılımcılara kurumları açısından Endüstri 4.0 sürecindeki zorlukları sorduğumuzda ise genel olarak yatırım maliyetlerinin fazlalığı ve kendini geliştirme ihtiyacı duymayan yöneticiler ile çalışanların davranışlarını belirtmişlerdir. Endüstri 4.0 sürecindeki diğer zorluklar ise; donanım ve alt yapının uygun olmaması, üretim yaptıkları sektördeki talepler, yeni bir sistem olmasından kaynaklanan veri filtrelemede yaşadıkları olarak aktarılmıştır.

16.Kurumunuzda üretim verilerinin direkt olarak sanal sistemler tarafından kontrol edilmesi söz konusu olduğu zaman bilişim teknolojileri bileşenlerinden olan siber güvenlik konusunda bir endişeniz var mıdır?

K1: Gerekli önlemler alındıktan sonra herhangi bir endişemiz olmayacaktır.

K2: Endüstri 4.0'a geçiş yapmayacağımız için buna gerek olmayacaktır.

K3: Hayır.

K4: Hiç bir şüphem ve endişem yok.

K5: Vardır, dışarıya açılan her sistemin bir güvenlik zafiyeti oluşturabileceğini düşünüyorum.

K6: Hayır söz konusu değil, teknolojik cihazlardan kaynaklı güvenlik zafiyetleri olabileceğini düşünüyorum.

K7: Hayır.

K8: Siber güvenlik için belirli standartların oluşturulduğunu ve bilgi güvenliği sistemlerine güvenmemiz gerektiğini düşünüyorum.

K9: Yok.

K10: Siber saldırılar ve yaşanabilecek aksaklıklar ile ilgili olarak IT departmanı sürekli olarak haberli-habersiz denetim ve denemeler gerçekleştirmekte ve sonuçlara göre önlemler almaktadır.

K11: Hayır.

K12: Dijital güvenliğin sorunsuz sağlanacağını düşünmüyorum.

Gönüllü katılımcılara kurumunuzun siber güvenlik konusunda endişeleri olup olmadığı sorulduğunda katılımcıların büyük çoğunluğu gerekli önlemler alındıktan

sonra endişelerinin olmadığını belirtmiştir. Bir katılımcı (K10) siber saldırılar ve yaşanabilecek aksaklıklarla ilgili bilgi işlem departmanlarının sürekli olarak deneme ve denetim yaparak önlem aldığını aktarmıştır. Bir katılımcı (K5) siber güvenlik konusunda dışarıya açılan her sistemin bir güvenlik zafiyeti oluşturabileceğinden endişelerinin olduğunu belirtmiştir. Bir başka katılımcı (K2) ise Endüstri 4.0'a geçiş yapmayacakları için böyle bir endişelerinin olmadığını belirtmişse de daha önce sorulan 9,10,11,15'inci vb. sorulara verdiği cevaplar ile bu soruya verdiği cevap çelişmektedir.

17.Endüstri 4.0'ın üretim çıktısı mamul ile üretim süreçlerini yürüten sistemler arasında bilgi entegrasyonu sağlanabileceğini düşünüyor musunuz? Evet, ise nasıl?

K1: ---.

K2: Hayır.

K3: Evet, üretim süreçleri ve süreç çıktısı mamul arasında bilgi akışı olmaması düşünülemez, biri öncülünün doğal çıktısı olduğuna göre geri bildirim, ürün kalifikasyonu, kalite kontrolü, hatalı ürün vb. olguların entegrasyonla çözümlenmesi gerekir. Bu durum klasik üretim süreçlerinde dahi entegredir. Hammadde - işleme - yardımcı malzemeler - kısmi montaj - entegrasyon - çıktı/mamul kalite kontrolü gibi aşamalar ara kontroller ile geçişli ve her noktada geri bildirimler söz konusu.

K4: Evet. Gerekli alt yapı oluşturulduğunda hammaddenin işletmeye girişinden mamül olup çıkışına kadar geçen süreçte bulut bilişim ve diğer sistemler sayesinde entegre şekilde takibi kolaylaşacaktır.

K5: İşletmemiz bu tarz bir çalışma yapısı için uygun değildir.

K6: Olabilir, defolu ürünlerin saptanması ve her ürün için kullanılan malzeme miktarının hesaplanması.

K7: Hayır.

K8: Hayır, düşünmüyorum.

K9: Soruyu anlayamadım.

K10: Bunun kontrol edilebilmesi gerçekten çok zor bir süreç olacaktır.

K11: Evet. Üretim ve depo alanlarındaki akıllı sensörler vasıtasıyla malzeme akışında büyük verinin toplanması. Sonrasında bilgisayarlar vasıtasıyla bu verinin

yorumlanması ve malzeme tedarik sürecinin sahadaki ihtiyaca göre belirlenip sistem üzerinden otomatik aksiyon alınması.

K12: Firmamızda sağlanabileceğini düşünmüyorum.

Elektronik ankete katılan katılımcıların çoğunluğu Endüstri 4.0'ın üretim çıktısı ürün ile üretim süreçlerini yürüten sistemler arası bilgi entegrasyonunun sağlanacağını düşünmemektedir. Bu düşünceye sahip olanlar ise genel olarak gerekli altyapı oluşturulduğunda hammaddenin işletmeye girişinden mamül olup çıkışına kadar geçen süreçte bulut bilişim ve diğer sistemler sayesinde entegrasyonu sağlanıp ürün kalifikasyonu, kalite kontrolü, hatalı ürün vb. gibi olguların takibinin kolaylaşacağını, üretim ve depo alanlarındaki akıllı sensörler yardımıyla malzeme akışında oluşan büyük verinin toplanarak bilgisayarlar aracılığıyla verinin yorumlanıp tedarik sürecinin sahadaki ihtiyaca göre belirlenip sistem üzerinden otomatik aksiyon alınabileceğini belirtmiştir.

18.Kurumunuz içerisinde nihai üretim haricinde ürünün prototipinin oluşturulması noktasında modelleme ve simülasyon teknolojileri kullanılacak mı? Kullanılacaksa nasıl yapılabilir?

K1: ---.

K2: Hayır.

K3: Evet, mevcut durumda da kavramsal tasarım, tasarım, simülasyon, tasarımın doğrulanması ve onaylanması süreçleri ilk ürün oluşturulmasında teknoloji kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Her türlü yazılım ve donanım altyapısı mevcuttur. İlerleyen aşamalarda, tasarımlar doğrulandıktan sonra direk üretim enstrümanlarına ve tedarik zincirine elektronik ortamda aktarılmaya müsaittir.

K4: Hayır.

K5: Kullanılabileceğini düşünmüyorum.

K6: Ne yazık ki hayır.

K7: Bu konuda fikrim yok.

K8: Şu an için kullanılması planlanmıyor.

K9: Solidworks tarzı programlar ile yapılabilir.

K10: Sistemimiz sadece seri üretim için tasarlandığından prototip ve pilot üretimler ne yazık ki yapılamamaktadır.

K11: Hayır.

K12: 3D yazıcılar ile prototip üretimi sağlanabilir.

Ürün prototipinin oluşturulmasında gönüllü katılımcıların çoğunluğu modelleme ve simülasyon teknolojilerinin kullanılamayacağını belirtmiştir. Bazı katılımcılar ürün prototipinin oluşturulmasında modelleme ve simülasyon teknolojilerinden, 3D yazıcılar ile Solidworks gibi yazılımlardan yararlanılarak bu sistemin kullanılabileceğini belirtmiştir. Bir katılımcı (K3) kurumlarında modelleme ve simülasyon teknolojilerini ilk ürün oluşturulmasında kullandıklarını, ilerleyen zamanlarda mevcut olan yazılım ve donanım alt yapısıyla üretimin diğer kademelerinde de kullanılabileceğini aktarmıştır. Katılımcılardan biri (K1) genel olarak sorulan sorulara hayır yanıtını vermiş veya soruyu cevaplamamıştır. 9, 15, 17, 18'inci sorularda olduğu gibi. Endüstri 3.0 aşamasında olan ve Endüstri 4.0 için adımlar atan bir firmada çalışmakta olan personelin sorulara cevap vermesi bu konuyu ciddiye alması ve önemsemesi bizi memnun ederdi.

19.Kurumunuzda makineler arası iletişimi sağlayan (makineler arası iletişim, nesnelerin interneti vb.) bir haberleşme sistemi mevcut mu?

K1: Evet.

K2: Hayır.

K3: Kısmen mevcut, tasarımın CAD ortamından CAM ortamına geçişi gibi, ancak mamul ürünün çıkışına kadar tüm bileşenlerin imal, tedarik ve entegrasyonunda bilgisayarlar, tezgâhlar arası iletişim, bulut ortamının kullanımı söz konusu değil.

K4: Hayır.

K5: Mevcut değildir.

K6: Mevcut değildir.

K7: Evet.

K8: Kablolu olarak haberleşme sistemi mevcut makine durumlarını takip edebiliyoruz.

K9: Hayır.

K10: Evet, internet kullanılmaktadır.

K11: Hayır.

K12: Yok.

Elektronik ankete katılan gönüllü katılımcılara kurumlarında makineler arasında iletişimi sağlayan bir haberleşme sistemi mevcut mu diye sorulduğunda çoğu katılımcının cevabı hayır olmuştur. Dört katılımcı (K1, K7, K8, K10) kurumlarında makineler arası iletişimi sağlayan bir sistemin mevcut olduğunu belirtmiştir. Bir katılımcı (K3) ise kısmen mevcut olduğunu tasarımdan üretime geçiş noktasında kullanıldığını ancak ürünün diğer aşamalarında kullanılmadığını aktarmıştır.

20. Kurumunuzda ileri bir tarihte otomasyon sistemlerinin mümkün olan tüm üretim hatlarında kullanılması durumunda personel istihdamının ne şekilde etkilenebileceğini düşünümüyorsunuz?

K1: Personel istihdamının düşeceğini düşünüyorum.

K2: Otomasyon sistemine geçilmeyeceği için herhangi bir etkisi olmayacaktır.

K3: Yeni istihdam alanı yaratacağını düşünüyorum, mevcut istihdamda azda olsa azalma oluşacaktır, ancak sınıf atlamamanın ve rekabete dayanmanın başka bir yolu yok.

K4: İstihdamda personel sayısında azalış olacaktır.

K5: Özellikle bu konuda eğitilmiş personel alınması gerektiğini ancak personel bulunamaması halinde mevcut personele gerekli eğitimin aldırılması gerekir. İstihdamın artırılması da mümkündür fakat mevcut personelin yetersiz gelmesi durumunda istihdama eksi etkisi olabilir.

K6: Yetişmiş bilgi birikimine ve öğrenmeye açık çalışan istihdamı olabilir.

K7: Personel istihdamı büyük ölçüde azalır.

K8: Mevcut durumda belirli hatlar için otomasyon yapımız mevcut ancak yeni otomasyon sistemleri ve bu sistemlere entegrasyon olur ise personel istihdamının daha da artacağını düşünüyorum.

K9: Makina kullanımı yok.

K10: Otomasyon ile üretim yapan bir tesis olduğumuz için sitemde yalnızca makinelerin kontrolü için personel istihdam edilmiştir.

K11: Eski yetkinliklere sahip kendini yeni çağın ihtiyaçlarına göre adapte edemeyen çalışanlar işsiz kalacaktır.

K12: Olumsuz etkileneceğini düşünüyorum.

Gönüllü katılımcılar kurumlarında ileriki yıllarda otomasyon sisteminin mümkün olan tüm üretim hatlarında kullandıklarında genel olarak eski yeteneklere sahip kendini yeniçağın ihtiyaçlarına göre adapte edemeyen çalışanların işsiz kalacağını ve personel istihdamının düşeceğini düşünmektedirler. Ancak bazı katılımcılar personele özellikle otomasyon konusunda eğitimler verilerek onların bilgi birikimlerinin artırılarak yetiştirildiğinde personel sayısının azalmasından ziyade istihdamın artacağını hatta yeni istihdam alanları yaratacağını düşünmektedirler.

21.Firmanız uygulama gerçekleştirme alanlarının, aşağıda verilmiş olan Endüstri 4.0 bileşenlerinden hangilerine dahil olabileceğini düşünmektесiniz?

K1: Akıllı Fabrikalar, Büyük Veri, Otonom Robotlar, Entegrasyon Yapıları (Yatay ve/veya Dikey Entegrasyon), Yapay Zekâ Uygulamaları.

K2: Otonom Robotlar.

K3: Bulut Bilişim, Nesnelerin İnterneti, Artırılmış Gerçeklik, Akıllı Fabrikalar, Simülasyon Teknolojileri, Entegrasyon Yapıları (Yatay ve/veya Dikey Entegrasyon).

K4: Entegrasyon Yapıları (Yatay ve/veya Dikey Entegrasyon), Bulut Bilişim.

K5: Eklemeli Üretim (3 Boyutlu Yazıcılar), Otonom Robotlar.

K6: Entegrasyon Yapıları (Yatay ve/veya Dikey Entegrasyon), Eklemeli Üretim (3 Boyutlu Yazıcılar).

K7: Otonom Robotlar.

K8: Otonom Robotlar, Bulut Bilişim.

K9: Bulut Bilişim.

K10: Akıllı Fabrikalar.

K11: Büyük Veri.

K12: Otonom Robotlar.

Gönüllü katılımcıların çalıştıkları kurumlarında Endüstri 4.0 bileşenlerinden hangilerinin dahil olduğunu veya olabileceklerini sorduğumuzda genel olarak katılımcıların (K1, K2, K5, K7, K8, K12) ortak cevapları “otonom robotlar” olmuştur. Katılımcılar genel olarak ikinci sırada “entegrasyon yapıları (yatay ve/veya iki

entegrasyon)” (K1, K3, K4, K6) ve “bulut bilişim” (K3, K4, K8, K9) in kurumlarında dahil olduğunu veya olabileceğini belirtmişlerdir.

22.Kurumunuzun Endüstri 4.0 entegrasyonunun tamamlanması aşamalarında kısa ve uzun vadede üretim maliyetlerinizin yüzde kaç azaltılabileceğini ön görüyorsunuz?

- K1:** %50 ve üzeri.
K2: %0.
K3: kısa vadede % 20 uzun vadede % 30.
K4: %30 ve üzeri.
K5: %60 ve üzeri.
K6: %50 ve üzeri.
K7: %60 ve üzeri.
K8: %60 ve üzeri.
K9: %1 ve üzeri.
K10: %50 ve üzeri.
K11: %50 ve üzeri.
K12: %1 ve üzeri.

Katılımcılardan üç tanesi (K5, K7, K8) kurumlarının Endüstri 4.0 entegrasyonunu tamamlanması aşamalarında kısa ve uzun vadede üretim maliyetlerini %60 üzeri azaltılabileceğini öngörmektedir. Dört katılımcı (K1, K6, K10, K11) ise kısa ve uzun vadede üretimlerinin %50 üzerinde azalacağını öngörmektedir. Bir katılımcı (K4) %30 ve üzeri maliyetlerinin azalacağını öngörürken diğer bir katılımcı (K3) kısa vadede üretim maliyetlerinin %20, uzun vadede %30 oranında azaltılabileceğini aktarmışlardır. Elektronik ankete katılan iki katılımcı (K9, K12) üretim maliyetlerinin %1 ve üzeri gibi çok düşük bir oranda etkisinin olacağını, bir katılımcı (K2) ise, kurumunda Endüstri 4.0 entegrasyonunun tamamlanması ile uzun ve kısa vadede hiçbir şekilde maliyetlerinde bir azalma yaratacağını ön görmemektedir.

23.Balıkesir Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gerçekleştiren firmalar göz önüne alındığı zaman, firmanızın Endüstri 4.0'a geçiş aşamalarında öncü firmalar içerisinde bulunacağını düşünüyor musunuz?

K1: Evet.

K2: Hayır.

K3: Evet.

K4: Evet düşünüyorum.

K5: Düşünmüyorum, kısa vadede bu tarz bir hedefimiz yok.

K6: Düşünmüyorum sebebine gelecek olursak da çalışan sayımızın azlığı ve üretilen ürüne olan taleplerin miktarı olabilir.

K7: Evet.

K8: Uygulama kararı verilir ise öncü olabileceğini düşünüyorum.

K9: Hayır.

K10: Öncü olabilecek bir firmada çalıştığım için kendimi bu konuda çok şanslı görüyorum.

K11: Hayır.

K12: Hayır.

Elektronik ankete katılan gönüllü katılımcılardan altı katılımcı (K1,K3, K4, K7, K8, K10) firmaların gerekli adımlar atıldıkça diğer firmalar arasında Endüstri 4.0'a geçişte firmalarının öncü olabileceğini belirtmişler. Diğer altı katılımcı (K2, K5, K6, K9, K11, K12) ise Endüstri 4.0 aslında öncü firma olabileceklerini düşünmemektedir. Öncü firma olamayacaklarını düşünen katılımcılardan biri (K5) gerekçe olarak firmalarının kısa vadede böyle hedeflerinin olmadığını, diğer bir katılımcı (K6) ise gerekçe olarak çalışan sayısının azlığını ve ürettikleri ürüne olan talep miktarından kaynaklandığını aktarmışlardır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Katılımcılara yöneltilen elektronik anket soruları yine kullanıcıların ihtiyaçları doğrultusunda yorumlanmıştır. Bunun sonucunda elde edilen sonuçlar ve sonuçlara ilişkin öneriler hakkında analiz yapılmıştır.

6.1. Sonuçlar

Modern çağın başlangıcı olarak kabul edilen birinci sanayi devrimi ile ortaya çıkan buharlı makinelerin hayatımıza girmesi, sanayide yeniliklerin ortaya çıkmasında büyük rol oynamıştır. İkinci sanayi devrimi ile elektrik teknolojisinin kullanım altyapılarının genişleyerek seri üretimin artması ve üçüncü sanayi devrimi ile üretim yapılarında otonom teknolojilerin geliştirilmesi sonucu üretim yüksek adetli seviyelere ulaşmaya başlamıştır.

İhtiyaçlar noktasında sürekli olarak gelişen ve gelişmeye devam eden teknolojik altyapılar, ilk sanayi devriminden günümüze kadar evrimleşerek bugün konuşmakta olduğumuz Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıkmasında etkin rol almıştır. Diğer bir açıdan günümüzde henüz çok yeni bir kavram olan Endüstri 4.0, kendinden önceki devrimlerde ortaya çıkan teknolojik gelişmelerin birikimlerinin, rekabetçi piyasa şartlarının ve tüketici tercihlerindeki gelişmelerin toplamı şeklinde ifade edilebilmektedir.

Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında Endüstri 4.0 kavramının Balıkesir ili açısından önemi, uygulama yapıları, sanayide bulunan önemli bazı kuruluşların bu devrimin tüm bileşenlerinin veya bazılarının uygulanmaları noktasında hazır olup olmadıklarının değerlendirilmesi elektronik anket sistemi üzerinden yapılmıştır. İlgili anket soruları gönüllü firma katılımcılarına yöneltilmiş ve bu bağlamda katılımcılardan alınan cevaplar doğrultusunda değerlendirme yapılmıştır.

Ankete katılım sağlanması açısından anket soruları Balıkesir Organize Sanayi bölgesinde faaliyet gösteren 100'ün üzerinde firmaya elektronik ortamdan gönderilmiştir. Katılımın ancak %10 seviyesinde olması Balıkesir ili özelindeki

firmalar referans alındığında Endüstri 4.0 kavramının ve gerekliliklerinin tam olarak anlaşılmadığı, firma yapılarının Endüstri 4.0'a uygun olmadığı veya faaliyet gösteren firmaların ekonomik açıdan bir hedef belirlemedikleri biçiminde değerlendirilmektedir.

Çalışmamıza katılan firma personeli içerisinde bulunan ve özellikle üretim kademesinde rol alan çalışanların Endüstri 4.0 hakkında kısmi bilgiye sahip oldukları görülmüştür. Ayrıca sınırlı olan bilgi birikiminin artırılması için bir eğitim programlarının bulunmadığı anlaşılmıştır. Bu bağlamda ilk olarak bireysel farkındalığın oluşması gerektiği ve firmaların en azından ilgili personelin Endüstri 4.0 kavramı üzerine farkındalığın artırılması için ihtiyaç duyulan eğitimlerin aldırılması gerektiği düşünülmektedir.

Öte yandan Endüstri 4.0 aşamasına geçiş firmalar için zaman ve yüksek teknolojik donanım gerektirdiği için oldukça maliyetlidir. Geçiş aşamasında yöneticilerin ve çalışanlarının istekli olmaması, üretimini yaptıkları ürün için yeni bir sisteme geçişi talep etmemeleri gibi nedenlerden dolayı zorluklar yaşanmaktadır. Zorluk yaşanan gerekçeler ise devlet teşvik sistemleri veya düzenlenecek olan eğitimlerle minimum hale getirilebilir. Firmaların Endüstri 4.0'ın mevcut üretim yapılarında veri toplanması, analiz yapılması ve karar verme süreçlerine katkılarının olmayacağını düşünmeleri de yine çalışanların yeterli bilgi seviyesinde olmadıkları bununla birlikte böyle bir yapının oluşturulmasının kendilerine zaman ve fayda sağlayacağını düşünmedikleri anlaşılmaktadır.

Katılımcılar Endüstri 4.0'ı kurumlarında uygulamaya geçirmek konusunda kısmen teknolojik standartların olduğunu belirtmelerine karşın bilgi, iletişim ve teknoloji donanımlarının tam anlamda yeterli olmadığı görülmüştür. Bu durum firmalarda üretimin gerçekleştirilme aşamasında makineler arası haberleşmeyi sağlayabilecekleri bir sistemin var olmayışı, üretimin gerçekleşmesi sırasında oluşabilecek arızaların, gecikmelerin, hatalı üretimin, stok takibinin vb. önceden fark edilmesi noktasında sorunların ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Çalışanlar ise altyapı sorunlarının giderilmesiyle, donanım ve yazılım sorunlarının ortadan kaldırılmasıyla ve bilgi birikimlerinin artırılmasıyla bilgi ve bilişim teknolojilerinin Endüstri 4.0'a geçiş konusunda kritik bir role sahip olduğunun farkında olduklarını kabul etmektedirler.

Balıkesir de bulunan firmaların Şu anda veya ilerleyen zamanlar içerisinde Endüstri 4.0'ın bileşenlerinden olan otonom robotlar, yatay/dikey entegrasyon ve bulut bilişim gibi sistemleri üretim aşamalarında mevcut durumda kullanmakta olduklarını yada kullanmayı planladıklarını belirtmişlerdir. Firmaların bazıları 3D yazıcılar ve bazı yazılımlar aracılığı ile modelleme ve simülasyon teknolojileri kullanarak ürünlerinde prototip oluŐtururken, bu iŐlemleri altyapı kaynaklı aksaklıklar nedeniyle mamül üründen çıktı ürüne kadar olan üretim süreçlerinde bilgi entegrasyonundaki eksiklikler nedeniyle uygulayamamaktadırlar.

Tahmini olarak önümüzdeki beş yıllık sürece bakıldığında Endüstri 4.0 bileşenlerinin firmalar içerisinde yer almaya baŐlaması ile birlikte genel olarak üretim kalitelerinde ve verimlilik de artışa sebep olacağı, üretim maliyetlerinde azalmalar olacağı, eğitimsiz durumda olan çalışanların istihdam dışı bırakılabileceği düşünölmektedir. Fakat buna karşın Endüstri 4.0 uygulama katmanlarının firmalarda kullanımıyla yeni iş kollarının oluŐturulup istihdamın o alanlarda artacağını da düşünmektedirler. Ayrıca Endüstri 4.0 bileşenlerinin firmalarına entegre olmaya baŐlamasıyla zamandan ve enerjiden tasarruf yapılabilecekleri, ulusal ve uluslararası rekabet yarışında bu sürece dahil olmaları yadsınamaz bir gerçektir.

Firmalar üretim verilerinin direkt olarak sanal sistemler tarafından kontrolünün sağlanmasında gerekli önlemler alındığı takdirde siber güvenlik konusunda endişelerinin azalacağını düşünmesine karşın, bilgilerinin haberleşme teknolojileri tarafından kullanılmak üzere paylaŐıma açılmasının risk oluŐturacađını dile getirmekteler.

Katılımcıların ilerleyen zamanlarda Endüstri 4.0'a geçtikleri takdirde kısa ve uzun dönemler göz önünde bulundurulduğunda genel olarak toplam maliyetlerinde %50 seviyelerinde azalma sağlanabileceği ve Balıkesir bölgesindeki firmalar içerisinde bu teknolojilerin uygulanmasında öncülük edebileceklerini düşünmeleri gelecek için umutlandırıcıdır.

6.2. Öneriler

Bütün bu durumların Endüstri 4.0'a geçiş için adımların atıldığını gösterir nitelikte olmasına karşın Balıkesir Organize Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren firmaların çoğunluğunun henüz Endüstri 3.0 aşamasında olduklarını ve yine büyük bir

kısımının Endüstri 4.0 aşamasına geçilmesi adına hali hazırda bir hazırlığının da bulunmadığı görülmektedir. Endüstri 4.0 bileşenlerinin tamamına firmalar entegre olamadığı zaman beklenen etkinin istenilen düzeyde gerçekleştirilemeyeceği bilinmektedir. Bu noktada Endüstri 4.0'ın firmaların öncelik hedefleri arasına alınması gerektiği ancak bunun sağlanması için en önemli kriterin maliyet yönetimi olduğu ve kriterinde firma ölçek alanına göre düzenlenebileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca özellikle teknoloji odaklı olan bu sistemlere geçişlerin başlatılması, altyapılarının oluşturulması için çeşitli destek mekanizmaları aracılığı ile sanayi kuruluşlarına hibe desteğinin sağlanması ve bunun sonucu olarak da gerek istihdam gerekse üretim yapısı açısından kazanımların sağlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.



KAYNAKÇA

- Akben, İ. ve Avşar, İ. (2018). Endüstri 4.0 ve Karanlık Üretim: Genel Bir Bakış. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 3(1), 26-37.
- Akbulut, U. (2011). Sanayi devrimleri dünya gidişini değiştirdi. <http://www.uralakbulut.com.tr/> . (Erişim Tarihi: 16.06.2020).
- Aksoy, S.(2017). Değişen teknolojiler ve endüstri 4.0: anlamaya dair bir giriş. *SAV Katkı*, (4), 34-44.
- Alçın, S. (2016). Üretim için yeni bir izlek: sanayi 4.0. *Journal of Line Economics*, (8), 19- 30.
- Alkan, M. A. (2018). Karanlık Fabrikalar ile İnsansız Üretim. <https://www.endustri40.com/karanlik-fabrikalar-ile-insansiz-uretim/>. (Erişim Tarihi: 18.06.2020)
- Ansal, H.(2016). “Bilim, teknoloji ve toplum” perspektifinden: sanayi 4.0. *İTÜ Vakfı Dergisi*, (74), 12-17.
- Arslan, O.(2018). Endüstri 4.0 oluşumunda Türkiye. *21. Uluslararası İktisat Öğrencileri Kongresi*. İzmir: Ege Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi.
- Ayan, B. (2020). *Teknolojik ve sosyo-mekansal dönüşüm: Türkiyede akıllı fabrikalar*. Yüksek Lisans Tezi. Nevşehir: Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence*, 6(4), 355-385.
- Banger, G. (2017). *Endüstri 4.0 ekstra* (1. baskı). Ankara: Dorlin Yayınları.
- Banger, G. (2018). *Endüstri 4.0 ekstra* (2. baskı). Ankara: Dorlin Yayınları.
- Bozkurt, V. (2014). *Endüstriyel ve post- endüstriyel dönüşüm* (3. baskı). Bursa: Ekin Kitapevi Yayınları.

- Bulut, E. (2019). *Endüstri 4.0'ın gelişimi, Türkiye ve Dünya üzerindeki olası etkileri*. Yüksek lisans tezi. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çavdar, S. S. (2019). *Endüstri 4.0 ve işgücü piyasasına yansımaları*. Yüksek Lisans Tezi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çelen, S. (2017). Sanayi 4.0 ve simülasyon. *International Journal of 3D Printing Technologies and Dijital Industry*, 1(1), 9-26.
- Çelikleş, M. S., Sonlu, G., Özgel, S. ve Atalay, Y. (2015). Endüstriyel devrimin son sürümünde mühendisliğin yol haritası. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 56 (662),24-34.
- Çevik, G. Z. (2018). *Endüstri 4.0 bağlamında Türkiye'nin yerine ilişkin güncel ve gelecek eksenli bir analiz*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Nişantaşı Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Davutoğlu, N. A., Akgül, B. ve Yıldız, E. (2017). İşletme yönetiminde sanayi 4.0 kavramı ile farkındalık oluşturarak etkin bir şekilde değişimi sağlamak. *The Journal of Academic Social Science*, (52), 544- 567.
- Deane, P. (2000). *İlk sanayi inkılabı* (3. baskı) (Çev: Tefik Güran). Ankara: Türk Tarih Kurumu Yayınları.
- Demircan, B. (2019). *Endüstriyel tabanlı sistem için bulut bilişim tabanlı nesnelerin interneti uygulaması*. Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Derya, H. (2018). Endüstri devrimleri ve endüstri 4.0. *G.Ü. İslahiye İİBF Uluslararası E-Dergi*, 2(2), 1-20.
- Doğan, K. ve Arslantekin, S. (2016). Büyük veri: önemi, yapısı ve günümüzdeki durumu. *DTCF Dergisi*, 56 (1), 15-36.
- Dubash, J. (2016). Marketing and the Internet of things: Are you ready? <https://www.marketingjournal.org/marketing-and-the-internet-of-things-are-you-ready-jamshed-dubash/> (Erişim Tarihi:11.10.2020).
- Duda, G. (2015). "4. Sanayi devrimi, üretimin her aşamasında dijitalleşmesi demek". <http://www.sanayicidergisi.com.tr/ayin-dosyasi/4-sanayi-devrimi-uretimin->

[her-asamasinin-dijitallesmesi-demek-h1068.html](https://www.her-asamasinin-dijitallesmesi-demek-h1068.html). (Erişim Tarihi: 19.09.2020)

EBSO. (2015). Sanayi 4.0. Ege Bölgesi Sanayiciler Odası, Araştırma Müdürlüğü.

Eğilmez, M. (2017). Endüstri 4.0. <https://www.mahfiegilmez.com/2017/05/endustri-40.html>. (Erişim tarihi:14.06.2020)

Elitok, E. (2019). *Dijital transformation toward industry 4.0: a case study in Turkey*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: The Graduate School of Natural and Applied Sciences Of Atılım Üniversitesi.

Ermış, F. H. (2018). *Türkiye' de sanayi 4.0 dönüşümü: sorunlar, gelişme sürecindeki belirleyici unsurlar ve olası etkiler*. Yüksek Lisans Tezi. Bolu: Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Garavaglia, C. (2010). Modelling industrial Dynamics with “History- Friendly” simulations. *Structural Change and Economic Dynamics*, (21), 258-275.

Griffith, E. (2020). What is cloud computing?. <https://www.pcmag.com/news/what-is-cloud-computing> (Erişim Tarihi: 09.10.2020).

Gilchrist, A. (2016). *Industrie 4.0: The industrial internet of things*. Apress.

Gökten, O. (2018). Karanlık üretim: yeniçağdan maliyetin kapsam. *Muhasebe Bilim Dergisi*, 20(4), 880-897. <http://dx.doi.org/10.31460/mbdd.460897> . (Erişim Tarihi:15.06.2020)

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

Görçün, Ö. F. (2017). *Endüstri 4.0* (2. Basım). İstanbul: Beta Basım.

Gözüküçük, M. F. (2020). *Dijital dönüşüm ve ekonomik büyüme*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Ticaret Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Grossman, L. (2010). Person of the year 2010 Mark Zuckerberg. *Time*, 2-16.

Günay, D. (2002). Sanayi ve sanayi tarihi. *Mimar ve Mühendis Dergisi*, (31), 8-14.

Harley, C.K. (1982). British industrialization before 1841: evidence of slower growth during the industrial revolution. *The Journal of Economic History*, 42 (2), 267-268.

- Hermann, M., Pentek, T. and Otto, B. (2015). Design principles for industrie 4.0 scenarios: a literature review.
- Humbert, M. (2007). Technology and workforce: comparison between the information revolution and the industrial revolution, University of California, Berkeley School of Information Info 210: The Information and Services Economy. <https://www.semanticscholar.org/069c/d102faebef48fbb7b531311e0127652d926e.pdf> (Erişim Tarihi: 25.09.2020).
- İlhan, İ. (2019). Tekstil üretim süreçleri açısından endüstri 4.0 kavramı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25 (7), 810-823.
- İnan, E. Ç.(2019). *Endüstri 4.0 vizyonunun üretim süreçlerinde getireceği verimlik*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: T.C İstanbul Kültür Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.
- Javelosa, J. (2017). Production Soared After This Factory Replaced 90% of Its Employees With Robots. <https://futurism.com/2-production-soars-for-chinese-factory-who-replaced-90-of-employees-with-robots> (Erişim Tarihi: 15.10.2020).
- Jensen, M. C. (1993). The modern industrial revolution, exit, and the failure of internal control systems. *The Journal of Finance*, 48(3), 831-880.
- Kabaklarlı, E. ve Atasoy, B. S. (2016). *Endüstri 4.0'ın rolü dinamik panel veri uygulaması*. İstanbul: İktisadi Araştırmalar Vakfı Yayınları.
- Karaca, M. K. (1996). Montaj hatları. *Demirel Üniversitesi İdari ve İktisadi Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1 (1), 117-128.
- Kagermann, H., Wahlster, W. and Helbig, J. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative industrie 4.0. *National Academy of Science and Engineering (Acatech)*, 78.
- King, A. (2015). *Current of change: the KPMG survey of corporate responsibility reporting 2015*. Netherlands: KPMG International Cooperative.
- Kutyak, E. (2018). 1.0' dan 4.0' a endüstrinin evrimi. http://revizyonanaliz.com/1-0dan_4-0a-endustrinin-evrimi/. (Erişim tarihi: 16.06.2020)

- Lasi, H., Kamper, H. G., Fettke, P. and Feld, T. (2014). Industrie 4.0. *Business and Information Systems Engineering*, 6(4),239-242.
- Leineweber, S., Wienbruch, T., Lins, D. K. D. , Dietera K. and Kuhlenkötter, B. (2018). “Concept for an Evolutionary Maturity Based Industrie 4.0 Migration Model”. *Procedia CIRP*, (72), 404-409.
- McAfee, A. and Brynjolfsson, E. (2012). Big data: the management revolution. *Harvard Business Review*, (90), 60-68.
- Mokyr. J. (1998). The second industrial revolution, 1870-1914. *Northwestern University*.
- Mourtzin, D. and Vlachou, E. (2018). A cloud - based cyber- physical system for adaptive shop -floor scheduling and condition- based maintenance. *Journal of Manufacturing Systems*, (47), 179-198.
- OECD. (2018). Achieveing Inclusive Growth in the face of Dijital Transformation And Future Of Work. *OECD*.
- Oflaz, A. (2019). *Endüstri 4.0 uygulamalarının üretim süreçlerinin dijitalleştirilmesine etkisi: Çanakkale ilinde yapı ürünleri sektöründe bir araştırma*. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Okutucu, B. O. (2012). *Bulut bilişim teknolojileri*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Okan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Oks, S. J., Fritzsche, A. and Moeslein, K. M. (2016). An application map for industrial cyber-physical systems. *Industrial Internet of Things*, 21-46.
- Oktay Fırat, S. Ü. (2016). Sanayi 4.0 dönüşümü nedir? Belirlemeler ve beklentiler. *Global Sanayici Dergisi*, 1-10.
- Öcal, F. M. ve Altıntaş, K. (2018). Dördüncü sanayi devriminin emek piyasaları üzerindeki olası etkilerinin incelenmesi ve çözüm öneriler. *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 8(15), 2071.
- Öz, Y. (2016). Bulut bilişim (cloud computing) ve muhasebe. *Bartın Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 7 (13), 66-67.
- Özdoğan, O. (2016). *Büyük veri denizi* (1. Baskı). Ankara: Elma Yayınevi, 14-18.

- Özdoğan, O. (2017). *Dördüncü sanayi devrimi ve endüstriyel dönüşümün anahtarları: endüstri 4.0*. Ankara: Pusula Yayıncılık.
- Özer, A. (2014). Frederick Taylor'un görüşlerini 21. Yüzyıl yönetim mantığı ile yeniden okumak. *Verimlilik Dergisi*, (2), 41-72.
- Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 21(1), 41-46.
- Öztuna, B. (2017). *Endüstri 4.0 (dördüncü sanayi devrimi) ile çalışma yaşamının geleceği* (1. basım). Ankara: Gece Kitaplığı.
- Parsons, C. A. (1911). *The steam turbine the rede lecture*. UK: Cambridge University Press.
- Pirim, H. (2006). Yapay zeka. *Yaşam Üniversitesi Dergisi*, 1(1), 81-93.
- Prowmes. (2018). Otonom robotlar nedir? <http://www.prowmes.com/blog/otonom-robotlar-nedir/> (Erişim Tarihi: 20.10.2020).
- Sağiroğlu, Ş.(2018). Siber güvenlik: 4.0. *Cyber Mag Siber Güvenlik Dergisi*. <https://www.cybermagonline.com/siber-guvenlik-40> (Erişim Tarihi: 15.10.2020).
- Salğar, U. (2018). *Sanayi 4.0 kapsamında Türkiye 'nin rekabet gücünün değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Sanders, A., Elangeswaran. C. and Wulfsberg, J.(2016). Industry 4.0 implies lean manufacturing: research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 9(3), 811-833.
- Sarıkulak, Ö. (2018). *Endüstri devrimlerinin performans göstergelerine etkilerinin incelenmesi ile endüstri 4.0 analizi*. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sarıtaş, M. T. ve Üner, N. (2013). Eğitim yenilikçi teknolojiler: bulut teknoloji. *Eğitim ve Öğretim Araştırma Dergisi*, 2(3), 192-201.

- Schumacher, A., Erol, S. and Sihm, W. (2016). A maturity model for assessing industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. *Prosedür CIRP*, (52), 161-166.
- Schwab, K. (2017). *Dördüncü sanayi devrimi* (Çev: Zülfü Dicleli). İstanbul: Optimist Yayınevi.
- Şekkeli, Z. H. ve Bakan, İ. (2018). Endüstri 4.0'ın etkisiyle lojistik 4.0. *Journal Of Life Economics*, 5 (2), 17-36.
- Sercan, M. R. (2019). *Türkiye'nin endüstri 4.0 potansiyeli ve seçilmiş ülkeler ile karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Sevli, O. (2011). *Bulut bilişim ve eğitim alanında örnek bir uygulama*. Yüksek Lisans Tezi. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Shafiq, S. I., Sanin, C., Szczerbicki, E. and Toro, C. (2016). Virtual engineering factory: creating experience base for industry 4.0. *Cybernetics and Systems An International Journal*. 32-47.
- Simons, K., Glay, Y. S. and Gries, T. (2016). Industrie 4.0-atkı örme teknolojisinde otomasyon. In GİB konferans serisi, *Malzeme Bilimi ve Mühendisliği*, IOP Yayıncılık, 141(1), s. 012-014.
- Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve girişimcilikte yeni yaklaşımlar. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (32), 43-57.
- Soyöz, B. (2019). *KOBİ'lerde ve üniversitelerde endüstri 4.0 farkındalığı üzerine bir çalışma*. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tandfonline (2017). Past, present and future of industry 4.0- a systematic literature review and research agenda proposal. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2017.1398576/> (Erişim Tarihi: 16.09.2020).
- Toker, K. (2011). Endüstri 4.0 ve sürdürülebilirliğe etkileri. *İstanbul Magamenet Journal*, 84 (24), 51-64.

TÜSİAD ve BCG (2016). Türkiye'nin küresel rekabetçiliği için bir gereklilik olarak sanayi 4.0. Yayın no: TÜSİAD-T/2016-03/576.

Uzunöz, M. (2017). *IV. Sanayi devrimi: Endüstri 4.0 ve otomotiv sektörü*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yalpa, Ö. (2020). *Endüstri 4.0 ve endüstri 4.0 teknolojilerinin işletme fonksiyonları üzerine olası etkileri*. Yüksek Lisans Tezi. Osmaniye: Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yetiş, H. (2017). *Siber fiziksel sistemlerde durağan olmayan bulanık küme tabanlı görüntü mozaikleme yaklaşımı*. Yüksek Lisans Tezi. Elazığ: Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Yıldırım, H. (2019). *Dördüncü sanayi devriminin ulusal güvenliğe etkisinin karşılaştırmalı analizi*. Yüksek Lisans Tezi. Bursa: Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Yülek, M. (2019). *Ulusların yükselişi imalat, ticaret, sanayi politikası ve ekonomik kalkınma* (2. baskı). İstanbul: Kronik Yayınevi.

Wang, S., Wan, J., Li, D. and Zhang, C. (2016). Endüstri 4.0'ın akıllı fabrikasının uygulanması: bir bakış. *Uluslararası Dağıtılmış Sensör Ağları Dergisi*, 12(1), 3159805.

Wyatt III, L. T. (2009). *The Industrial Revolution*. London: Greenwood Press.

http-1 :

<https://evrenatlasi.com/2019/09/james-watt/> Erişim Tarihi:24.06.2020

http-2 :

<https://www.no4go.com/endustri-1-0-buharli-makineler-donemi>..Erişim..Tarihi:
24.06.2020

http-3 :

<https://www.bilimkurgukulubu.com/genel/bilim-teknoloji/dunden-bugune-robotlar-3-seri-uretim> Erişim Tarihi: 28.01.2021

http-4 :

<https://www.i-scoop.eu/industry-4-0> Erişim tarihi: 25.09.2020

http-5 :

<https://www.turktoyu.com/nesnelerin-interneti-internet-of-things-nedir-ve-nerelerde-kullanilir> Erişim Tarihi: 15.10.2020

http-6 :

<https://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-katmanli-uretim/> Erişim Tarihi: 9.10.2020

