

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

ENDÜSTRİ 4.0 VE MALATYA ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ
UYGULANABİLİRLİK ARAŞTIRMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZGE ÖZBEY

BALIKESİR, 2024

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

**ENDÜSTRİ 4.0 VE MALATYA ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ
UYGULANABİLİRLİK ARAŞTIRMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZGE ÖZBEY

DANIŞMAN

PROF. DR. BÜLENT BAYRAKTAR

BALIKESİR, 2024

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün İktisat Anabilim Dalı'nda 202212505002 numaralı Özge ÖZBEY Hazırladığı "Endüstri 4.0 ve Malatya Organize Sanayi Bölgesi Uygulanabilirlik Araştırması" konulu YÜKSEK LİSANS tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 01.07.2024 tarihinde yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda tezin onayına OY BİRLİĞİ/OY ÇOKLUĞU ile karar verilmiştir.

Üye (Başkan) PROF. DR. Ferhat PEHLİVANOĞLU

İmza

Üye (Danışman) PROF. DR. Bülent BAYRAKTAR

İmza

Üye DOÇ. DR. Ömer Faruk BİÇEN

İmza

Enstitü Onayı

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.

İmza

Adı Soyadı

ÖNSÖZ

Teknolojinin hızla geliştiği günümüzde, endüstriyel sektörlerdeki dönüşüm ve dijitalleşme giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Endüstri 4.0, iş süreçlerini optimize etmek, verimliliği artırmak ve rekabet gücünü yükseltmek adına teknolojinin en son olanaklarını endüstriyel üretime entegre etme amacını taşır. Bu uygulamaların ne derece yaygınlaştığı ve özellikle Türkiye'nin çeşitli sanayi bölgelerinde nasıl benimsendiği ve uygulandığı, bu çalışmanın odaklandığı noktadır. Malatya Organize Sanayi Bölgesi'nin Endüstri 4.0'a geçiş sürecindeki durumunu değerlendirmek ve uygulanabilirlik potansiyelini incelemek, bu çalışmanın temel hedefidir. Bu çalışma, bölgedeki işletmelerin teknolojik altyapısını, mevcut durumlarını ve Endüstri 4.0'ın getirdiği fırsatları anlamak için kapsamlı bir analiz sunmaktadır. Bu analiz, bölgedeki endüstriyel dönüşüm sürecine ışık tutarak, gelişimin hangi aşamada olduğunu ve gelecekte atılacak adımları belirlemeyi amaçlamaktadır.

Bu çalışmada yer alan bulgular, işletmelerin dijitalleşme yolunda karşılaştıkları zorlukları, olası çözüm yollarını ve teknolojiye geçişin getirebileceği faydaları açığa çıkaracaktır. Aynı zamanda bu çalışma, Malatya Organize Sanayi Bölgesi'nin Endüstri 4.0 konusundaki potansiyelini ve dönüşüm sürecinde atılacak adımları belirleyerek, bölgenin rekabet gücünü artırmak için yol haritası sunmaktadır.

Değerli hocam Prof. Dr. Bülent BAYRAKTAR'a, tez çalışmamın her aşamasında sağladığı ilgi, destek ve engin bilgi birikimi için içten teşekkürlerimi sunarım. Sayın hocamın yönlendirmeleri ve bilgilendirmeleri, çalışmamın bilimsel temeller üzerine sağlam bir şekilde inşa edilmesine önemli katkılarda bulundu. Kendisinin büyük tecrübelerinden yararlanarak gerçekleştirdiğim bu çalışma, onun değerli rehberliği sayesinde daha anlamlı hale geldi. Kendisine olan minnettarlığımı ifade eder, verdiği destek için tekrar teşekkür ederim.

BALIKESİR, 2024

ÖZGE ÖZBEY

ÖZET

ENDÜSTRİ 4.0 VE MALATYA ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ UYGULANABİLİRLİK ARAŞTIRMASI

ÖZBEY, Özge

Yüksek Lisans Tezi, İktisat Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bülent BAYRAKTAR

2024, 87 Sayfa

Endüstri 4.0, dijitalleşme, otomasyon ve veri alışverişi gibi teknolojilerin endüstriyel üretimde entegrasyonunu ifade eder. Bu kavram, iş süreçlerini optimize etmeyi, verimliliği ve rekabet gücünü artırmayı hedefler. Organize Sanayi Bölgeleri (OSB'ler), Türkiye'nin sanayi alanlarında yoğunlaşmış bölgelerdir ve Endüstri 4.0'ın bu bölgelerde uygulanabilirliği önemli bir konudur. Bu çalışmada sanayi devrim süreçlerinin tarihçesine odaklanarak bölgedeki gelişimin hangi aşamada olduğunu, atılması gereken adımları ve bölgedeki rekabet gücünün artırılmasını amaçlamaktadır. Araştırmanın birinci kısmında, sanayi devrim süreçlerinin tarihçesine odaklanılarak birinci sanayi devriminde suyun ve buharın kuvvetiyle çalışmakta olan makinelerin getirdiği gelişimler incelenmiştir. İkinci sanayi devriminde petrol kullanımının artması ve seri üretime geçişin etkileri ele alınmıştır. Üçüncü sanayi devriminde ise teknolojik gelişmelerin başlaması ve otomasyonun üretime dahil olması üzerinde durulmuştur. Araştırmanın ikinci kısmında, Endüstri 4.0'ın kökeni, genel özellikler, prensipler ile SWOT Analizi incelenmiş, on üç bileşeni kapsayan katmanlar detaylı olarak aktarılmıştır. Son bölüm ise Türkiye'de Malatya ili üzerine odaklanarak işletmelerin Endüstri 4.0 teknolojisine adapte olma sürecini, avantajları nasıl değerlendireceğini, bölgenin yenilikçilik ve rekabetçilik potansiyelini artırmalarına yardımcı olması açısından önem taşımaktadır. Bu bağlamda literatüre katkı sağlamak ve ileriye dönük uygulamalara veri sunmak için Endüstri 4.0'ın uygulanabilirliği elektronik anket yöntemiyle araştırılarak değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sanayi Devrimi, Endüstri 4.0, Ekonomi, Malatya

ABSTRACT

INDUSTRY 4.0 AND APPLICABILITY RESEARCH ON MALATYA ORGANIZED INDUSTRIAL ZONE

ÖZBEY, Özge

Master's Degree Thesis, Department of Economics

Advisor: Prof. Dr. Bülent BAYRAKTAR

2024, 87 pages

Industry 4.0 refers to the integration of technologies such as digitalization, automation and data exchange in industrial production. This concept aims to optimize business processes and increase efficiency and competitiveness. Organized Industrial Zones (OIZs) are regions concentrated in Turkey's industrial areas, and the applicability of Industry 4.0 in these regions is an important issue. This research focuses on the history of the industrial revolution processes and aims to determine the stage of development in the region, the steps that need to be taken, and to increase the competitiveness in the region. In the first part of the research, focusing on the history of the industrial revolution processes, the developments brought about by the machines working with the power of water and steam in the first industrial revolution were examined. The effects of the increase in oil use and the transition to mass production in the second industrial revolution are discussed. In the third industrial revolution, the emphasis was on the beginning of technological developments and the inclusion of automation in production. In the second part of the research, the origin of Industry 4.0, general features, principles and SWOT Analysis were examined, and the layers covering thirteen components were explained in detail. The last chapter focuses on the province of Malatya in Turkey and is important in terms of helping businesses adapt to Industry 4.0 technology, how to evaluate the advantages, and increase the innovation and competitiveness potential of the region. In this context, in order to contribute to the literature and provide data for future applications, the applicability of Industry 4.0 was researched and evaluated using the electronic survey method.

Keywords: Industrial Revolution, Industry 4.0, Economy, Malatya

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
KISALTMALAR LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Problemi	2
1.2. Çalışmanın Amacı	2
1.3. Çalışmanın Önemi.....	2
1.4. Çalışmanın Varsayımları	3
1.5. Çalışmanın Sınırlılıkları	3
1.6. Tanımlar.....	4
2. İLGİLİ ALANYAZIN	5
2.1. Kuramsal Çerçeve	5
2.1.1. Sanayi Devrimi ve Tarihsel Gelişimler	5
2.1.1.1. Birinci Sanayi Devrimi.....	8
2.1.1.2. İkinci Sanayi Devrimi	13
2.1.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi	18
2.1.1.4. Dördüncü Sanayi Devrimi.....	22
2.2. İlgili Araştırmalar	29
2.2.1. Endüstri 4.0 Kavramı	29
2.2.1.1. Endüstri 4.0 Genel Özelliği	32
2.2.1.2. Endüstri 4.0 Prensipleri	33
2.2.1.3. Endüstri 4.0 ve SWOT Analizi.....	33
2.2.2. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri.....	34
2.2.2.1. Bulut Bilişim.....	35
2.2.2.2. Nesnelerin İnterneti	36

2.2.2.3. Artırılmış Gerçeklik	38
2.2.2.4. Siber Güvenlik	39
2.2.2.5. Büyük Veri	41
2.2.2.6. Akıllı Fabrikalar	42
2.2.2.7. Eklemeli Üretim (3D Yazıcılar).....	44
2.2.2.8. Otonom Robotlar	45
2.2.2.9. Siber-Fiziksel Sistemler.....	47
2.2.2.10. Simülasyon	48
2.2.2.11. Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu	49
2.2.2.12. Yapay Zekâ	50
2.2.2.13. Karanlık Fabrikalar	52
2.2.3. Malatya Organize Sanayi Bölgelerinde Devlet Teşvikleri ve Üniversite Sanayi İlişkileri	54
2.2.4. Malatya'nın Türkiye Ekonomisine Etkisi.....	456
2.2.5. Malatya'da Sanayinin Durumu.....	50
3. YÖNTEM.....	60
3.1. Çalışmanın Modeli	60
3.2. Evren ve Örneklem.....	60
3.3. Veri Toplama Araçları ve Teknikleri.....	61
3.4. Verilerin Toplanma Süreci	61
3.5. Verilerin Analizi.....	61
4. BULGULAR VE YORUMLAR.....	62
4.1. Elektronik Anket Soru Analizleri	62
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	74
5.1. Sonuçlar.....	74
5.2. Öneriler.....	74
KAYNAKÇA.....	77
EKLER.....	85

ÇİZELGELER LİSTESİ

Sayfa

<u>Cizelge 1.</u> Endüstri 4.0 SWOT Analizi	34
<u>Cizelge 2.</u> Nesnelerin İnterneti, Faydaları ile Zararları	38
<u>Cizelge 3.</u> Geleneksel Fabrika Üretim Sistemlerinin Akıllı Fabrika Üretim Sistemleriyle Karşılaştırılması	43
<u>Cizelge 4.</u> Katılımcıların Eğitim Düzeyi	62
<u>Cizelge 5.</u> Katılımcıların Kurumlarındaki Görev Tanımları	63
<u>Cizelge 6.</u> Katılımcıların Çalışma Geçmişi	64
<u>Cizelge 7.</u> Katılımcıların Çalıştığı Firmaların Çalışma Alanları	65
<u>Cizelge 8.</u> Katılımcıların Endüstri Devrimi Hakkında Bilgi Düzeyi	66
<u>Cizelge 9.</u> Katılımcıların Endüstri Devrimi Aşamaları	66
<u>Cizelge 10.</u> Katılımcıların Endüstri 4.0'a Geçiş Engelleri	67
<u>Cizelge 11.</u> Katılımcıların Siber Saldırıya Karşı Hazırlık Durumu	68
<u>Cizelge 12.</u> Endüstri 4.0'a Geçiş Aşamasının Maliyet Üzerindeki Etkisi	69
<u>Cizelge 13.</u> Endüstri 4.0'a Geçiş Aşamasında Çalışan Sayısındaki Değişiklik	70
<u>Cizelge 14.</u> Endüstri 4.0 Aşamasında Dahil Olunabilecek Temel Bileşenler	71
<u>Cizelge 15.</u> Katılımcıların Endüstri 4.0'a Geçiş Aşamasındaki Düşünceleri	72

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

<u>Sekil 1.</u> Sanayi Devrimlerinin Aşamaları.....	8
<u>Sekil 2.</u> James Watt'ın Geliştirdiği Buhar Makinesinin Sistemi.....	10
<u>Sekil 3.</u> Ford T Seri Üretim Bandı	16
<u>Sekil 4.</u> Endüstri 4.0 Uygulama Bileşenleri.....	35



KISALTMALAR LİSTESİ

- ABD** : Amerika Birleşik Devletleri
- AG** : Arttırılmış Gerçeklik
- BGS** : Bilgi Güvenliği Sistemi
- BIM** : Yapı Bilgi Modellemesi
- CAD** : Bilgisayar Eklemeli Dizayn
- CAM** : Bilgisayar Eklemeli Üretim
- GSYİH** : Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
- ISO** : Uluslararası Standardizasyon Örgütü
- IT** : Bilgi Teknolojileri
- LAN** : Lokal Alan Bağlantısı
- OSB** : Organize Sanayi Bölgesi
- PLC** : Programlanabilir Lojik Denetleyici
- RFID** : Radyo Frekans ile Tanımlama
- SWOT** : Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar, Tehditler
- YY** : Yüzyıl
- IOT** : Nesnelerin interneti

1. GİRİŞ

Tarih boyunca insanlar yaşamlarını sürdürebilmek için çeşitli işlerle uğraşmışlardır. İlk çağlarda toplayıcılık yaparak yaşayan insanlar zamanla avcılık yapmışlardır, yerleşik hayata geçtikten sonra tarım ve hayvancılık ön plana çıkmıştır. Üretim devrinde kas gücünün yerini zamanla gelişen teknoloji ile sanayi almıştır. Sanayinin ilk evreleri, el emeğiyle yapılan üretimden endüstriyel üretime geçişle başlamıştır. İlk sanayi devrimi, su ve buhar gücüyle çalışan makinelerin ortaya çıkışıyla insanların üretim kapasitelerini artırmış ve ürün çeşitliliğini genişletmiştir. Ardından, ikinci sanayi devrimi ile elektriğin ve petrolün kullanımıyla seri üretim ve taşımacılık alanlarında büyük gelişmeler yaşanmıştır. Üçüncü sanayi devrimi ise bilgisayar teknolojisinin gelişimi, dijitalleşme ve otomasyonunun endüstriyel üretime entegrasyonunu sağlamıştır(Pamuk ve Soysal, 2018).

Endüstri 4.0, yapay zekâ, bulut bilişim, siber güvenlik analitiği ve benzeri teknolojilerin üretim süreçlerine entegre edilmesini ifade eder. Bu dönüşüm, fabrikaların akıllı hale gelmesini, üretim süreçlerinin daha verimli ve esnek hale gelmesini sağlar. Endüstri 4.0'ın ortaya çıkışıyla, üretim sistemleri daha esnek, verimli ve akıllı hale gelmiştir. Endüstri 4.0 ülkelerin ekonomik gelişimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu evrim, üretimdeki verimlilik artışıyla birlikte yeni iş modellerinin ortaya çıkmasına olanak sağlar. Üretimdeki dijitalleşme, daha akıllı ve ölçeklenebilir üretim süreçlerini beraberinde getirirken, ekonomilere rekabet avantajı sunar(Schwab, 2016).

Endüstri 4.0 bileşenlerini başarıyla entegre eden firmalarda, makineler, ürünler ve insanlar arasında eş zamanlı iletişim ve bağlantı, gelecekte oluşabilecek hataları önceden tespit edip düzeltme imkânı sağlamaktadır. Bu entegrasyon stok takibi, enerji yönetimi, kalite kontrolü ve verimlilikte artış gibi bir dizi avantajı beraberinde getirerek, maliyetlerde düşüşe ve enerji tasarrufuna yol açmaktadır.

1.1. Çalışmanın Problemi

Endüstri 4.0'ın sunduğu teknolojik yeniliklerin sanayi sektöründe benimsenmesi, verimliliği artırma ve rekabet gücünü yükseltme potansiyeli taşır. Bu bağlamda, Malatya Organize Sanayi Bölgesi'nin Endüstri 4.0'a adaptasyonu ve bu teknolojilerin uygulanabilirliği önemli bir çalışma konusudur. Malatya OSB'nin Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde karşılaştığı sorunlar arasında teknolojik altyapı eksiklikleri, işletmelerin bu teknolojilere uyum sağlama ve dijitalleşme konusundaki bilgi ve beceri düzeyleri, maliyet ve yatırım gereklilikleri ile bu teknolojilerin yönetimi ve standartlaşması gibi faktörler öne çıkmaktadır. Bu durum, bölgenin Endüstri 4.0'ın getirdiği dönüşümü benimseme ve bu teknolojileri etkin bir şekilde kullanma konusunda karşılaştığı zorlukları gözler önüne sermektedir. Bu çalışma, Malatya Organize Sanayi Bölgesi'nin Endüstri 4.0'a geçiş sürecindeki problem durumunu analiz ederek, çözüm önerileri geliştirme ve bölgenin teknolojik dönüşüm sürecine daha etkin bir şekilde katılımını desteklemeyi planlamaktadır.

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacı, Endüstri 4.0'ın sunduğu teknolojik yeniliklerin Malatya Organize Sanayi Bölgesi'nde ne ölçüde uygulanabilir olduğunu değerlendirmektir. Bu kapsamda, bölgenin Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde karşılaştığı engelleri ve uygulama zorluklarını belirlemek, mevcut teknolojik altyapıyı analiz etmek ve işletmelerin bu yeni teknolojilere adaptasyon seviyelerini değerlendirmek amaçlanmaktadır. Aynı zamanda, Malatya Organize Sanayi Bölgesi'ndeki işletmelerin Endüstri 4.0'ın getirdiği fırsatları nasıl değerlendirdiklerini, dijital dönüşümün bölgedeki ekonomik ve operasyonel etkilerini incelemek ve bölgeye özgü çözüm önerileri sunmak hedeflenmektedir. Bu çalışma, bölgedeki endüstriyel dönüşüm sürecine ışık tutarak, Malatya Organize Sanayi Bölgesi'nin Endüstri 4.0'a geçiş sürecindeki potansiyelini ve gereksinimlerini anlamayı ve bölgenin rekabet gücünü artırmak için yol gösterici olmayı amaçlamaktadır.

1.3. Çalışmanın Önemi

Endüstri 4.0 ve Malatya Organize Sanayi Bölgesi'nin uygulanabilirlik araştırması bölgenin ekonomik geleceği açısından büyük önem taşımaktadır. Endüstri 4.0, teknolojik yeniliklerin endüstriyel üretim süreçlerine entegre edilmesini ifade

ederken, Organize Sanayi B6lgeleri, sanayinin yoğunlaştığı ve 6retim yapıldığı stratejik b6lgelerdir. Bu alışma, Malatya Organize Sanayi B6lgesi'nin bu yeni end6striyel d6n6ř6me ne kadar hazır olduğunu belirlemeyi, mevcut zorlukları ve potansiyel fırsatları ortaya çıkarmayı amaçlamaktadır. B6lgedeki işletmelerin teknolojik altyapıları, dijitalleşme konusundaki yetkinlikleri ve End6stri 4.0'ın getirdiği d6n6ř6m6 benimseme durumları, b6lgenin gelecekteki rekabet g6c6n6 ve s6rd6r6lebilir ekonomik b6y6meyi şekillendirecektir. Bu alışma, Malatya Organize Sanayi B6lgesi'nin End6stri 4.0'ın getirdiği fırsatları nasıl değerlendirebileceğini anlamak, b6lgedeki işletmelerin teknolojik d6n6ř6me adapte olma s6relerine rehberlik etmek ve b6lgenin yenilikçilik ve rekabetçilik potansiyelini ortaya koymak açısından b6y6k 6nem taşımaktadır.

1.4. Çalışmanın Varsayımları

Çalışmada kullanılan elektronik ankete katılan g6n6ll6 katılımcıların, sorulan sorulara tarafsızlık ilkesiyle ve içten bir yaklaşımla cevap verdikleri 6ng6r6lmektedir. Bu varsayım, katılımcıların çalışmanın amacını anladıkları ve kendilerini rahat hissettikleri bir ortamda, objektif ve samimi yanıtlar vermeye y6nlendikleri d6ř6ncesini içermektedir. Bu durum, çalışmanın g6venilirliği ve elde edilen verilerin doğruluğu açısından 6nem taşımaktadır.

1.5. Çalışmanın Sınırlılıkları

End6stri 4.0, s6rmekte olan ve s6rekli gelişen bir d6n6ř6m s6recidir, bu nedenle kesin sonuçlara ulaşmak her zaman m6mk6n olmayabilir. Bu doğrultuda, aalışmanın kapsamı belirlenirken odak noktası sınırlandırılmış ve yalnızca Malatya Organize Sanayi B6lgesi'nde faaliyette bulunan firmaların 6zerinde yoğunlaşılmıştır.

1.6. Tanımlar

Endüstri 4.0: Üretimde dijitalleşmenin hız kazandığı, üretimin internet ve sanal sistemlere entegre olarak gerçekleştirdiği üretim sürecidir.

Otomasyon: Üretim sürecinde insan müdahalesini azaltıp, üretimin hızlı ve kolayca gerçekleşmesini sağlayan teknolojik sistemlerdir.

İnovasyon: Üründe veya hizmette gerçekleştirilen yenilik ve iyileştirme sürecini içeren bir kavramdır.

Elektrifikasyon: Elektrik gücünün kullanılarak makinelerin kullanılabilir duruma getirilmesidir.

Organize Sanayi Bölgesi: Sanayi kuruluşlarının belirli bir alanda ürün ve hizmet sunmasını sağlamak için bir araya toplanmasıyla oluşan alandır.

Dijitalleşme: Bilgilerin tanımlanıp, işlenerek teknolojik ürünlere aktarılmasıdır.

2. İLGİLİ ALANYAZIN

2.1. Kuramsal Çerçeve

Çalışmanın bu kısmında, sanayi devriminin tarihçesinden ve sanayi tarihindeki önemli evrelerden bahsedilmiştir.

2.1.1. Sanayi Devrimi ve Tarihsel Gelişimleri

Tarihsel olarak, ülkelerin yaşadığı zorluklar, ekonomik gereksinimler, sahip oldukları konum, hukuki yapılar, teknolojik imkanlar ve diğer çeşitli faktörler, sürekli değişimi zorunlu hale getirmiştir. Bu değişimler, bazen köklü dönüşümler olarak ortaya çıkmış ve genellikle dünya çapında büyük etkiler yaratmıştır. Bu köklü değişimler, küresel ölçekte tüm toplumları etkileyerek devrimci değişimlere yol açmıştır. Örneğin, sanayi devrimleri gibi dönemler, teknolojik ilerlemelerin ve üretim süreçlerinin değişimiyle birlikte sosyal, ekonomik ve kültürel anlamda radikal değişiklikler getirmiştir. Bu dönemler, geleneksel yaşam tarzlarını ve iş yapma biçimlerini temelden sarsmış, toplumları yeni bir çağa taşımıştır. Bu nedenle, ülkelerin geçmişten günümüze yaşadığı değişimler ve bu değişimlerin yarattığı köklü etkiler, küresel tarihin seyrini büyük ölçüde etkileyerek insanlık tarihinde dönüm noktaları oluşturmuştur (Özsoylu, 2017).

Tarım Devrimi, insanlık tarihinde önemli bir dönüm noktası olarak kabul edilir. Neolitik Çağ'ın başlangıcını temsil eden bu devrim, avcı-toplayıcı toplumların tarım ve hayvancılıkla uğraşan yerleşik toplumlara dönüşümünü ifade eder. Bu dönüşüm, insanlığın yerleşik hayata geçmesi ve tarım faaliyetlerinin başlamasıyla gerçekleşmiştir. Tarım Devrimi'nin ana unsurlarından biri bitki ve hayvan evcilleştirme sürecidir. Bu süreçte, insanlar yabancı bitkileri ve hayvanları evcilleştirerek tarımı ve hayvancılığı başlatmıştır.

Sanayi devrimleri, insanlık tarihindeki en dönüştürücü ve belirleyici süreçlerden biridir. İnsanlığın üretim, iletişim ve yaşam tarzında devrim niteliğinde değişikliklere yol açan bu devrimler, teknolojik ve ekonomik ilerlemelerle birlikte gelmiştir. İlk Sanayi Devrimi, 18. yüzyılın sonlarında İngiltere'de başlayarak dünya geneline yayılmıştır. Bu sanayi devrimi mekanik güç kullanımının ve fabrika sistemlerinin yaygınlaşmasıyla belirginleşmiştir. Bu dönem, el emeğine dayalı üretimden makinelerin kullanıldığı mekanize üretime geçişi işaret ederken, demir-çelik endüstrisi, tekstil üretimi ve demiryolu gibi alanlarda büyük ilerlemeler sağlamıştır. İkinci Sanayi Devrimi ise, 19. yüzyıl sonlarına ve 20. yüzyıl başlarına doğru gerçekleşmiştir. Bu devrimde, elektrik gücünün ve petrolün kullanımı gibi yeni enerji kaynakları devreye girmiş, kimya, iletişim ve ulaşım alanlarında büyük inovasyonlar yaşanmıştır(Taş, 2018).

Sanayi devrimleri, dünyayı temelde dönüştürmüş ve modern endüstriyel toplumun temellerini atmıştır. Üçüncü Sanayi Devrimi, dijital teknolojilerin ve bilgisayarların yaygınlaşmasıyla tanımlanır. Bu devrim, 20. yüzyılın sonlarında başlayarak 21. yüzyılın ilk on yılında ivme kazanmıştır. İnternetin gelişimi, bilgiye erişimdeki kolaylık, akıllı telefonlar, bulut bilişim, yapay zekâ ve nesnelerin interneti gibi teknolojiler bu devrimi şekillendirmiştir(Lasi vd., 2014). Üretim süreçlerinde dijitalleşme, otomasyon ve veri analitiği gibi konseptler öne çıkmıştır. Bu dönemde üretim, daha verimli ve esnek hale gelmiş, tedarik zincirleri daha akıllı hale gelmiştir. Dördüncü Sanayi Devrimi ise, üçüncü sanayi devriminin ardından ortaya çıkan ve endüstriyel üretimi daha da dönüştüren bir süreçtir. Bu devrim, siber-fiziksel sistemlerin, yapay zekâ, robotik, büyük veri analitiği ve biyoteknoloji gibi gelişmiş teknolojilerin entegrasyonunu içerir. İnsanlar, makineler ve süreçler arasındaki etkileşim daha da yoğunlaşmış ve üretim süreçleri daha esnek, akıllı ve özelleştirilebilir hale gelmiştir. Dört sanayi devrimi, endüstriyel ve ekonomik pek çok alanda köklü değişimlere yol açarak, küresel düzeyde rekabeti ve iş modellerini yeniden şekillendirmiştir (Taş, 2018).

Tarım Devrimi ve Sanayileşme, insanlık tarihinde belirgin ve dönüştürücü iki süreç olarak kabul edilir. Tarım Devrimi, insanların yerleşik yaşama geçişine ve tarımı başlatmasına olanak tanımıştır. Sanayileşme ise, endüstriyel devrimlerle başlayarak tarım toplumlarından sanayi toplumlarına geçişin öncüsü olmuştur. Makineleşme, buhar gücü ve daha sonra elektrik enerjisi gibi teknolojik yenilikler, üretim süreçlerini

ve ekonomik yapıları büyük ölçüde değiştirmiştir. Sanayileşme, insanların el emeğiyle yapılan üretimden makinelerin devreye girmesiyle seri üretime geçmesini, fabrikaların ve endüstriyel tesislerinde kurulmasına olanak sağlamıştır (Yıldız, 2018).

Sanayileşmenin tarihçesi, tarıma dayalı ekonomilerden endüstriyel ve teknoloji odaklı ekonomilere geçişin hikayesini anlatırken, insanlığın üretim biçimlerindeki devrim niteliğindeki değişimleri ve modern dünyanın oluşumundaki temel etkilerini vurgular. Sanayileşmenin tarihçesi, büyük ölçüde 18. ve 19. yüzyıllarda gerçekleşen Sanayi Devrimi ile başlar. 19. yüzyılda İngiltere’de başlayan sanayileşme adımları, batı Avrupa ile ABD’nin de katkısıyla gelişim sergilemiştir(Smith, 2016). Sanayi Devrimi, öncelikle İngiltere’de su ve buhar gücüyle çalışan makinelerin icadı ve kullanımıyla başlamıştır. Bu dönem, tarım toplumlarının yerini endüstriyel üretime bıraktığı dönem olarak nitelendirilir. Japonya, 20. yüzyılın başından itibaren önemli katkılarda bulunarak Endüstri Devrimi süreçlerine etki sağlamış bir ülke olarak öne çıkmaktadır. Endüstri Devrimleri, tarihsel gelişmelerin çeşitliliğinden kaynaklanan farklı isimlendirmelerle anılmıştır(Özdemir, 2014). Birinci Endüstri Devrimi olarak adlandırılan ilk devre, 1765 ile 1840 yılları arasındaki dönemi içermektedir. Daha sonra gelişen İkinci Endüstri Devrimi (Endüstri 2.0) 1840 ile 1970 yılları arasına, Üçüncü Endüstri Devrimi (Endüstri 3.0) ise 1970 ile 2000 yılları arasına denk gelmektedir. Son olarak, 2011 yılından itibaren ortaya çıkan ve Dördüncü Endüstri Devrimi adıyla adlandırılan Endüstri 4.0 ise günümüzü şekillendiren bir dönemi ifade etmektedir (Soylu, 2018).

Köklü devrimler, ülkeler arasındaki dengeleri önemli ölçüde etkilemiş ve birçok alanda büyük değişimlere yol açmıştır. Öncelikli olarak demir-çelik ile tekstil sektörleri Endüstri Devrim süreçlerinde ele alınmış, daha sonra etkilerini diğer sektörlerle de yaymıştır. Bu devrimler sadece üretim yapılarını değiştirmekle kalmayıp, toplumların refah seviyesini değiştirmiş ve toplumların yaşam biçimlerinde büyük dönüşümlere sebep olmuştur. Birinci Sanayi Devrimi'nin başlangıcı olarak kabul edilen buharlı makinelerin icadı, Avrupa ülkelerinde nüfus artışına yol açmış sömürgecilik yaygın hale gelmiştir. İkinci Endüstri Devrim sürecinde de otomasyon sistemleri ve yeni teknolojiler önemli rol oynamıştır. Bu dönemde üretim teknikleri ilerlemiş, bu da girişimciliğin artmasına ve ticaret hukukunun önem kazanmasına katkı sağlamıştır. Üçüncü Endüstri Devrimi ise üretim sürecinde programlanabilir sistemin kullanılmasıyla endüstriyel yatırım artışı ve kapitalizmin gelişimine zemin

hazırlamıştır. Günümüzdeki Dördüncü Endüstri Devrimi ise bilginin, iletişimin ve sanayi teknolojisinin entegrasyonu ile akıllı üretimin gerçekleştirildiği bir dönüşümü temsil etmektedir. Bu dönüşüm, sistem tabanlı üretimi sağlayarak endüstride dijitalleşmeyi, otomasyonu ve veri analitiğini bir araya getirerek üretim süreçlerinde çağ atlamayı mümkün kılmıştır. Şekil 1’de, sanayi devrim süreçlerindeki önemli dönüşümler gösterilmiştir (Ertuğrul ve Deniz, 2018).



Şekil 1. Sanayi Devrimlerinin Aşamaları (Kılıç, 2023)

2.1.1.1. Birinci Sanayi Devrimi

Birinci Sanayi Devrimi, insanlık tarihindeki en önemli dönüm noktalarından biri olarak kabul edilir. 18. yüzyılın sonları ve 19. yüzyılın başlarında İngiltere’de başlayan bu dönem, endüstriyel üretimde ve teknolojik ilerlemelerde köklü bir değişimi temsil eder. Sanayi Devrimi’nin öncülüğünü, buhar gücünü kullanan makineler yapmıştır.

1712 yılında (18. yüzyıl) İngiltere’de Buhar Makinesinin icadıyla, buharın ve suyun gücü, el emeğiyle yapılan üretimden mekanik üretime aktarıldı. Bu, üretim süreçlerini köklü bir şekilde değiştirdi ve tezgahların yerini makineler aldı. Makinelerin üretime katılmasıyla, özellikle demir-çelik ve tekstil üretimi gibi sektörlerde üretim arttı. Bu da ülkelerde sermaye birikimine yol açtı. Aynı dönemde, demir yolu ağlarının gelişmesi, Sanayi Devriminin daha geniş bir alana yayılmasını ve üretimin artmasını sağladı. Sanayi Devriminin ekonomik sonuçlarının yanı sıra, sosyal

sonuçları da önemliydi. Bu dönemde, burjuvazi ve işçi sınıfı gibi sosyal sınıflar ortaya çıktı. İşçi sınıfının koşullarını iyileştirmeye çalışan bilimsel sosyalizm gibi ideolojiler doğdu. Bu, işçi haklarının ve toplumsal denge ve adaletin önemini vurgulayan bir dönemin başlangıcını işaret etti. Bu bağlamda, Sanayi Devrimi hem ekonomik hem de sosyal açıdan derin etkiler bıraktı ve modern dünyanın temelini attı (Özdoğan, 2017).

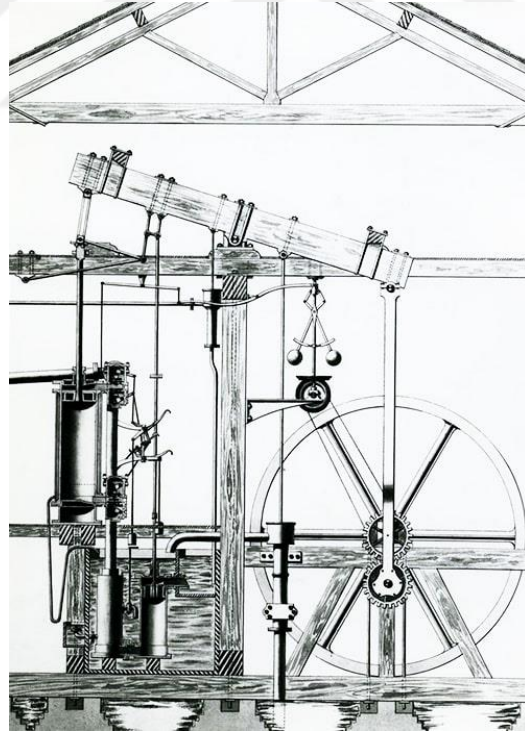
Birinci Sanayi Devrimi, 18. yüzyılın sonları ile 19. yüzyılın başları arasında özellikle İngiltere'de gerçekleşen ve endüstriyel üretim süreçlerinde köklü değişikliklere yol açan bir devrimdir. Bu devrim, geleneksel el işçiliği ve zanaatkarlık yerine makineleşme, su ve buhar gücüyle çalışan makinelerin kullanımını, demiryolu ve buharlı gemiler gibi ulaşım araçlarının ortaya çıkmasını sağlayan önemli gelişmeleri içerir. Fabrikaların yükselmesi, tarım toplumundan endüstriyel bir topluma geçişin temelini atmıştır. Bu devrim, üretim süreçlerinde verimliliği artırmış, ticaretin genişlemesine katkıda bulunmuş, sosyal, ekonomik ile politik alanlarda büyük değişimlere neden olmuştur (Lasi vd., 2014).

Endüstri 1.0 döneminde, su ve buhar gücüyle çalışan makinelerin kullanılmasıyla üretim süreçleri önemli ölçüde değişti. Bu dönemde, John Kay tarafından 1733'te icat edilen "uçan mekik" adlı üretim sistemi, dokuma tezgahlarının verimini artırdı. Uçan mekik, birim zamanda daha fazla iplik üretimine olanak tanıdı, bu da genel üretimde önemli bir verimlilik artışına yol açtı. Aynı dönemde, James Hargreaves 1766'da çoklu iplik eğirebilen bir alet icat etti ve Richard Arkwright 1769'da su gücünü kullanarak çalışan bir ip eğirme tezgahını geliştirdi. Samuel Crompton ise "Eğirme Katırı" adını verdiği ip eğirme makinesini 1769'da icat etti. İngiltere'deki bu önemli gelişmeler, dokuma sanayisinde büyük ilerlemelere neden oldu ve ülkeyi bu sektörde lider konuma taşıdı. Bu yenilikler, endüstriyel üretimdeki dönüşümün temelini oluşturarak Endüstri 1.0'ı başlattı (Schwab, 2016).

Demir sanayisindeki önemli buluşlar, ürün kalitesi ve üretim kapasitesinin artırılmasına katkı sağlamıştır. Abraham Darby tarafından 1709'da gerçekleştirilen ilk gelişme, demirin üretiminde odun kömürü yerine kok kömürünün kullanılmasıdır. Bu, makinelerin ve aletlerin yapımında kullanılan demir malzemesinin üretimini daha ekonomik ve etkili hale getirdi. İkinci önemli gelişmede, Henry Cort'un 1780'deki buluşu olan demiri tavlama ve şekillendirme amacıyla kullanılan haddeleme yönteminin keşfiydi. Bu yöntem, demirin daha dayanıklı ve çeşitli şekillerde kullanılabilir hale gelmesini sağladı. 1829'da James Neilson tarafından keşfedilen

yüksek fırın yapısı da demir sanayisinin kapasitesini artırmada etkili oldu. Bu buluşlar, kömür cevherlerinin bulunduğu yerleri sanayi sektörünün önemli yerleşim alanları haline getirdi ve demir üretiminde büyük bir dönüşüm başlattı (Schwab, 2016).

Avrupa'da gerçekleşen icatlar ve gelişmelerle aynı dönemde, Mısırlı mühendis Heron'un ilk buharlı makine icadı toplumda büyük tesir yaratmamıştır. Ancak, İngiliz mühendis olan Thomas Savery, 1698'de ticari olarak adlandırılan ilk buharlı makineyi geliştirmiş bu da su tahliyesinde kullanılmaya başlamıştır. Dönemin önemli isimlerinden biri olan James Watt ise, 1769'da kendi adıyla patent alarak bir buhar makinası üretmiştir. Watt, bir buhar makinasının tamiri için getirilmiş olan makineyi ayrıntılı olarak inceleyerek revize etmiş, enerji kaybını düşürmüş daha da verimli bir buhar makinasını ortaya koymuştur. İcat ettiği bu buhar makinası, değirmenleri veya dokuma tezgahlarını rahatlıkla çalıştırabilecek güçte olmasıyla bilinmektedir. Bu gelişmeler, endüstriyel devrimi hızlandıran ve modern teknolojinin temellerini atan önemli adımlardan biridir (Bağcı, 2018).



Şekil 2. James Watt'ın Geliştirdiği Buhar Makinesinin Sistemi(Sanayi Devrimi'nin İtici Gücü, 2024)

James Watt, buharlı makinesinin sistemini 1781 yılına kadar bir dizi önemli iyileştirmeye tabi tutmuş ve bu sayede buharın gücü pistonların aracılığıyla lineer

hareketine ve de biyel kolunun kullanımıyla dairesel manevralara çevirebilen mekanizmaların geliştirilmesini sağlamıştır. Watt'ın bu geliştirmeleri, endüstriyel devrimin temelini atmış ve enerji dönüşümü konusunda devrim niteliğinde bir ilerleme sağlamıştır(Aksoy, 2017). Watt'ın mühendislik alanındaki bu önemli katkıları, uluslararası güç biriminin adının "Watt (W)" olarak kabul edilmesine yol açmıştır. Bu birim, enerji ölçümlerinde kullanılan temel bir birim olarak günümüzde de yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Watt'ın buharlı makine üzerindeki çalışmaları, endüstriyel devrim sürecini hızlandırmış ve modern teknolojiye geçişte önemli bir role sahip olmuştur (Smith, 2016).

James Watt'ın buharlı makine sistemine yaptığı geliştirmelerden sonra, makinelere ilişkin çalışmaların hızı devam etti. 1787'ye kadar, buharlı makinenin sistemleri yalnızca tekstil makineleri ve su pompalarının çalışması için kullanılıyordu. Fakat bu tarihte, John Fitch tarafından yapılan geliştirmelerle buhar makineleri, sadece tekstilde değil, bir vapuru nehrin yüzeyine indirecek güce ulaştırılmaya çalışıldı. Bu olay, buharlı makine sisteminin bir vapuru hareket ettirmek için kullanılması açısından tarihi bir öneme sahiptir. Vapurun nehir yüzeyine indirilmesindeki amaç, hammaddelerin ve kömürün deniz yoluyla taşınarak daha az enerji harcanmasını sağlamak, deniz yolu ile kara yoluna kıyasla fazlaca ağırlığı taşıma kapasitesine ulaşmaktı. Bu gelişme, 1787'de ilk kez hareket eden bir buharlı vapurun kullanılmasını simgeliyordu. Daha sonra, İngiliz mühendis Charles Algernon Parsons, 1884 yılında buharlı makineler üzerinde gerçekleştirdiği yenilik çalışmalarının sonucunda tarihte ilk başarılı buhar türbininin icadını gerçekleştirdi. İcat, yüksek hızla seyahat eden gemiler ile yüksek hız ile çalışan jeneratör üretimine fırsat tanıdı. Charles Algernon Parsons'ın bu başarısı, buhar gücünün kullanım alanlarını genişleterek endüstriyel ve denizcilik alanlarının önemli bir dönemeci olmuştur (Toker, 2018).

Avrupa'da gelişmekte olan demiryolu taşımacılığı ile denizyolu taşımacılığının ticari faaliyetleri önemli gelişmelere yol açtı. Bu sayede yüksek kar elde etmek amacıyla önceden bilinmeyen birçok ürün ve hammadde ticareti başlamıştır(Kılıç ve Alkan, 2018). Üretimin gerçekleştiği süreçlerde kullanılmakta olan malzemelerin deniz ötesi ülkelerden temin edilmesini, daha kazançlı ve basit bir hale getirmiştir. Bu durum, üretim esnasında tedarik maliyetlerinde düşüşe neden olmuştur. Tedarik maliyetlerini düşürmek isteyen Avrupalı sanayiciler, uzak ülkelerdeki yerel halkı az ücret ile çalıştırmaya başlamışlardır. Ancak, ucuz işgücünü elde etmek adına

köleleştirme süreci de ortaya çıkmıştır. Avrupalılar, keşfettikleri ucuz işgücü kaynaklarıyla yerel halkı köleleştirme eğilimine girmişlerdir. Bu süreç, köleleştirilen insanların ticari bir mal gibi alınıp satılmaya başlandığı bir dönemi başlatmıştır. Ticaretteki bu insan hakları ihlali, tarih boyunca sosyal ve etik sorunları beraberinde getirmiştir. Bu gelişmeler, ticaretin genişlemesiyle birlikte, sanayileşme sürecinde ortaya çıkan sorunları da işaret etmektedir (Burak ve Dirican, 2018).

Ekonomik faaliyetlerdeki gelişmeler, üretim ile tüketimde, ürünlerin tedarik aşaması ile taşıma evrelerinde önemli değişikliklere neden olmuştur. Artan talep, üretimde süreklilik ihtiyacını doğurmuş ve gaz lambasının bulunması gibi önemli gelişmelerle gece de üretim yapılabilecek hale gelmiştir. Bu durum, vardiya sistemini doğurarak makinelerin kesintisiz olarak çalıştırılmasına olanak tanımıştır. Ancak, fabrikalarda çalışan işçilere ödenen ücretler, temel gereksinimleri karşılamaktan uzak kalmıştır. İşveren grupları ise yüksek ücret verdiklerini düşünerek, bu durumu yeterli görmüştür. İşverenlerin bu soruna getirdikleri çare ise makinelerin üretimdeki etkisini arttıracak şekilde kullanmak olacaktır. Makinelerin verimli kullanımı, düşük maliyetlerle işgücünden yararlanılmasını sağlamış ve aynı zamanda üretim kalitesinde artışa imkân tanımıştır. Fakat gelişmelerin negatif yönü, işsizlik oranlarının yüksek oranda artışı olmaktadır. Otomatizasyon ve makineleşme ile birlikte birçok insan gücüne dayalı iş alanında azalma yaşanmış, bu da toplumsal ve ekonomik dinamiklerde önemli değişikliklere neden olmuştur. İşsizliğin artışı, sosyal politika ve ekonomik düzenlemelerde yeni sorunların çözümüne yönelik çabaları tetiklemiştir (Pamuk ve Soysal, 2018).

Makinelerin sanayi sektörüne yayılmasıyla birlikte, zanaatkârlar işlerinden olmuş ve düşük ücretlere razı gelmek zorunda kalmışlardır. Ancak, bu duruma karşı çıkmak amacıyla bir süre sonra Luddit hareketi başlamıştır. Hareket, adını zanaatkârların tezgahlarını kırarak fabrikalara karşı çıkan Ned Ludd adından edinmiştir(Beltrami vd., 2021). 1811 yılında, Luddit hareketi öncelikle İngiltere'deki Nottingham bölgesinde bulunan dokuma fabrikasında gerçekleşmiş daha sonra farklı endüstri kollarına dağılmıştır. Luddit hareketi şiddet içeren eylemlerle bastırılmış ve birçok lideri idam edilmiştir. 19. yüzyıl boyunca, benzer negatif olaylarla ve işçi direnişleri ile başa çıkabilmek için yeni yasalar düzenlenmiştir. Bu yasal düzenlemeler, işçilerin haklarını daha fazla koruma sağlama amacı taşımış ve endüstri devriminin getirdiği sorunları çözmek için çeşitli düzenlemeler içermiştir. Bu süreç, işçi sınıfının

haklarını koruma ve çalışma koşullarını iyileştirme amacıyla atılan önemli adımları içermiştir (Cañas vd., 2021).

İngiliz Tarım Devrimi, yeni üretim sistemlerinin gelişmesine ve kıtlığın ortadan kalkmasına olanak sağlayarak önemli bir dönüm noktası oluşturdu. Ancak, kırsal kesimde eski üretim teknikleriyle devam eden insanlar, kendilerine yetememeye başladı ve iş bulma amacıyla kentlere göç etmeye başladılar. Birinci Sanayi Devrimi'nin etkisiyle, kırdan kente doğru göç ve kentleşme hız kazandı. Bu kırdan kente göç süreci, sanayinin ihtiyacı olan işgücünü karşılamakla kalmayıp, aynı zamanda üretimi artıran ürünleri tüketecek toplulukları oluşturdu. Üretim, işgücü ve tüketici arasındaki bu karşılıklı etkileşim, ekonomik değişimi ve büyümeyi destekleyerek sanayi alanında önemli bir etki yarattı. Bu süreç, kentsel alanlarda sanayileşme ve ticaretin gelişmesine paralel olarak ekonomik dönüşümleri tetikledi. Kırdan kente göç, sadece işgücü sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda şehirlerin büyümesine ve endüstriyel gelişmeye katkıda bulundu (Alçın, 2016).

Sanayi 1.0 ya da Birinci Sanayi Devrimi, üretimin referans noktası olarak kabul edildiği bu gelişmelerin devam ettiği bir dönemde, ekonomik, sosyolojik ve politik açılardan dönüm noktasını oluşturmuştur (Özdemir, 2014). Bu evre, ekonomik-siyasi ilişkiler ile toplumsal ilişkilerde zorunlu değişimlere neden olurken, bir yandan da teknolojik yenilik ile bilimsel bilgilerin gelişimine olanak sağlamıştır. Üretim sürecinde niceliksel bir artışın gerçekleşmesiyle birlikte mekanik güç kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Bu artış, daha fazla girdiye olan talebi beraberinde getirmiş, ulaşımın gelişmesi ise üretilen malların satılmasını sağlayacak satıcı ile tüketimini sağlayacak tüketici kitlesinin oluşmasına imkan vermiştir. Sermayedeki artış ise yeni fabrikaların kurulması ile işçi sayılarında artışı sağlamıştır. Geleneksel üretimin görevini alan fabrikalarda yüksek kalite ile maliyet açısından etkin bir şekilde üretim yapabilmişlerdir. Bu değişiklikler, endüstriyel devrim sürecini hızlandırarak modern ekonomik, sosyal ve teknolojik yapıları şekillendirmiştir (Özhan, 2016).

2.1.1.2. İkinci Sanayi Devrimi

Sanayi Devrimi'nin bu ikinci dönemi, endüstriyel üretimde ve teknolojiye hızlı değişimlerle karakterize edilmiştir. Özellikle, iletişim ve ulaşım alanında devrim niteliğindeki gelişmeler yaşanmıştır. Telefon, telgraf ve sonrasında radyo iletişimi,

dünyayı daha önce hiç olmadığı kadar yakınlaştırmış ve küresel ticareti artırmıştır. Benzer şekilde, bu dönemde otomobil ve uçak gibi yeni ulaşım araçlarıyla birlikte taşımacılık da köklü bir değişim geçirmiştir. Bununla birlikte, endüstriyel üretimdeki artış, işçi sınıfının örgütlenmesini teşvik etmiş, sosyal ve ekonomik dengeleri sarsmıştır. Bu süreç, kapitalizmin ve endüstriyel üretim modelinin daha da derinleşmesine ve dünya ekonomisinde güçlü uluslararası ilişkilerin gelişmesine yol açmıştır. Ancak, bu dönemdeki teknolojik ilerlemelerin ve endüstriyel büyümenin bazı olumsuz etkileri de olmuştur, özellikle çevre kirliliği ve işçi sömürsü gibi sorunlar bu dönemin gölgesinde kalmamıştır (Aslihan ve Turhan, 2019).

İkinci Sanayi Devrimi, küreselleşmeye giden yolda, 1870'li yıllarda petrolün endüstride kullanılabilirliğinin keşfiyle başlamıştır. Bu dönem, Endüstri 2.0 olarak tanımlanmış olup, endüstriyel üretimde kullanılan enerji kaynağını, Birinci Sanayi Devrimi'nde yaygın olarak kullanılan kömürden petrole kaydırmıştır. Bu önemli dönüşüm, enerji sektöründeki bu yeni keşfin sanayideki uygulamalarını beraberinde getirerek, endüstriyel üretim süreçlerinde ve küresel ekonomik dinamiklerde köklü değişikliklere yol açmıştır. Kömürün tedarikinde, nakliyesinde ve depolanmasında yaşanan zorluklar ile artan maliyetler, endüstrinin büyüyen ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalmıştır. Bu nedenle, endüstriyel faaliyetlerde maliyetin azalmasını ve verimliliğin yükselmesini sağlayacak yeni enerji kaynağı arayışı başlamıştır(Günay, 2002). Petrol, kömüre göre şaşırtıcı fırsat ve avantaj sunarak yeni bir enerjinin kapılarını aralamıştır. Bu durum, enerji kaynağına yönelik arayışın yanı sıra, daha etkin makinelerin üretilmesi yönünde de çalışmaların başlamasına neden olmuştur. İkinci Sanayi Devrimi, enerji ve teknoloji alanındaki bu önemli değişikliklerle birlikte, endüstriyel üretimde büyük ilerlemelere gebe bir dönemi simgeler (Zhou vd., 2015).

Rudolf Diesel'in icat ettiği içten yanmalı motorun endüstrideki etkisi büyük olmuştur. Bu motorlar, özellikle taşımacılık sektöründe köklü bir değişime öncülük etmiştir. Daha verimli ve güçlü olmaları, trenlerden gemilere, kamyonlardan tarım makinelerine kadar geniş bir yelpazede kullanılmalarını sağlamıştır. Bununla birlikte, içten yanmalı motorlar, daha kolay işletilebilir ve bakımı daha az zaman alan yapılarıyla da tercih edilmiştir. Petrolün kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte, endüstride enerji verimliliğinde de önemli bir artış sağlanmıştır. Diesel motorlarının kullanımı, endüstriyel üretimde daha esnek ve maliyet etkin bir enerji kaynağı sağlamış, böylece üretim süreçlerinde daha büyük bir verimlilik ve rekabet avantajı

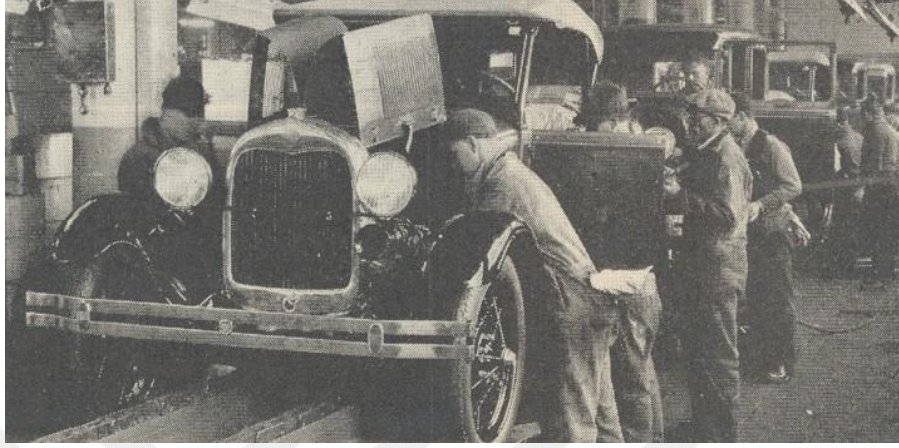
elde edilmiştir. Bu dönüşüm, endüstriyel devrimin devamı niteliğinde olup, sanayi ve ulaşım sektörlerindeki dönüşümü derinleştirmiştir (Devezas vd., 2017).

Çelik, İkinci Sanayi Devrimi'nin temel yapı taşlarından biri olarak öne çıkmıştır. Bu dönemde, çeliğin kullanımıyla birlikte endüstriyel üretimde büyük bir dönüşüm yaşanmıştır. Çelik, dayanıklılığı ve esnekliği sayesinde yapı malzemelerinden ulaşım araçlarına kadar geniş bir yelpazede kullanılmıştır (Guo vd., 2021). Özellikle, demiryollarının gelişimiyle birlikte çeliğe olan talep artmış ve bu da çelik endüstrisini büyütüştür. Gelişen çelik üretimi, maliyetleri düşürmüş ve ürünlerin dayanıklılığını artırmıştır. Bu durum, endüstriyel üretimde verimliliği artırmış ve ekonomik büyümeye katkı sağlamıştır. Ayrıca, çelik endüstrisinin büyümesiyle birlikte iş imkanları da artmış ve toplumsal refahın artmasına katkıda bulunmuştur. Bu nedenle, çelik İkinci Sanayi Devrimi'nin en önemli refah kaynaklarından biri olmuştur ve endüstriyel dönüşümün simgesi haline gelmiştir (Guo vd., 2021).

Endüstri 2.0'da içten yanmalı motorların etkin bir şekilde kullanımı ile kömür yerine petrol tercihi, ulaşımında önemli gelişmelere yol açmıştır. Bu dönemde, demir yolu taşımacılığıyla birlikte deniz yolu taşımacılığında da önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Ayrıca, karayolu taşımacılığı da bu dönemde ulaşım sistemlerinde kendini göstermeye başlamıştır. İçten yanmalı motorların kullanımıyla güçlendirilen taşıma araçları hem ticari yük taşımacılığında hem de bireysel kullanımda önemli bir konuma gelmiştir. Bu dönemde karayolu taşımacılığı, daha hızlı ve esnek bir ulaşım alternatifi olarak öne çıkmıştır. İkinci Sanayi Devrimi'nin ulaşım alanındaki bu gelişmeleri, ekonomik, sosyal ve kültürel alanlarda büyük değişimlere neden olmuştur (Soylu, 2018).

İkinci Sanayi Devrimi, makine mühendisliği sürecinden endüstri mühendisliği sürecine geçişin işaretini veren bir dönemdir ve bu süreçte seri üretim bantları önemli bir gelişme olarak ortaya çıkmıştır (Popov vd., 2022). Seri üretim bantları, 1798'de ilk kez silah üretimi yapan bir fabrikada askeri amaçlar için kullanılmaya başlanarak, 1870 yılında mezbahalarda da kullanım bulmuştur. Bu bantlar, kitlesel üretim odaklı bir yaklaşımı benimsemekte olup, aynı zamanda montaj hatları da içermektedir. İkinci Endüstri Devrimi, iş bölümü ve uzmanlaşmaya dayanan üretim yöntemlerine odaklanmıştır. 1908 yılında Henry Ford'un tanıttığı "Ford T" modeliyle birlikte seri üretim bantları daha geniş kullanım alanı bulmuş, özellikle otomotiv sektöründe

üretim miktarında artışa ve maliyet düşüşlerine neden olmuştur. Ford'un seri üretim bantları sayesinde, standartlaşma ve verimlilik artışı gibi faktörler endüstriyel üretimde devrim niteliğinde bir değişimi simgelemiştir (Davis vd., 2015).



Şekil 3. Ford T Seri Üretim Bandı(marksist org, 2015)

Kitlesel üretimde, seri üretim bantları kullanılarak üretim yapısı oluşturulmaktadır. Bu üretim tipinin gerçekleşebilmesi için talebin yüksek ve sürekli olması gereklidir. Ayrıca, üretilecek ürünün tasarımı da seri üretim bantlarına uygun olmalıdır. Seri üretim bantlarında, kitlesel üretim sırasında iş yükü hat boyunca eşit bir şekilde dağıtılmalıdır. Önceden, üretim hatlarında malzemeler veya ürünler genellikle işçilerin yardımıyla elle taşınırken, seri üretim bantlarının kullanılmasıyla birlikte ürünlerin farklı parçaları sırayla ürünlere monte edilmektedir. Hatta aynı seri üretim hattı üzerinde farklı özelliklere sahip modellerin partiler halinde üretilebilmesi mümkündür. Bu, üretim sürecini daha hızlı, daha verimli ve daha ölçeklenebilir hale getirerek endüstriyel üretimde büyük bir dönüşümü simgeler (Popkova vd., 2019).

Sanayi devrimleri öncesinde, küçük atölyelerde zanaatkârlar aracılığıyla sanayi yürütülüyordu. Zanaatkâr kesim genellikle loncalara bağlı olarak çalışır, bu loncalar iş ahlakını ve manevi eğitimi teşvik ederdi. İşçiler, çıraklıktan ustabaşılığa kadar yükselme şansına sahipti ve ustabaşılar, lonca teşkilatı vasıtasıyla iş yerleri açabilme hakkına sahipti(Özdoğan, 2017). Sanayi devrimleri, büyük ölçekli üretim yerlerini ifade eden fabrikaların ortaya çıkmasıyla eski üretim yöntemlerini değiştirdi. İkinci sanayi devrimi ile birlikte üretim ve işgücü makineleşti. Bu süreçte toplam üretimde artış yaşandı ve verimlilik olumlu yönde etkilendi. Ancak, işgücünün

makineleşmesiyle birlikte düşük ücretler ve uzun çalışma saatleri gibi zorlayıcı çalışma koşulları ortaya çıktı. Bu dönemdeki iş sağlığı ile güvenliği konuları genellikle önemsenmedi. Bu olumsuz şartlar karşısında işçiler arasında sendikalaşma hareketleri hız kazandı. Aynı dönemde, bilgi toplumunun yükselmesiyle birlikte beyaz yakalı çalışanların sayısında artış görüldü (Aksoy, 2017).

Frederick Taylor, Amerikalı bir makine mühendisi olarak üretim sistemlerinde önemli değişiklikler yapmış ve Bilimsel Yönetim Yaklaşımını geliştirmiştir. Taylor, bu yaklaşımını en uygun yöntemleri kullanarak iş yerlerinde ve işçiler üzerinde yaptığı çalışmalarla ortaya koymuştur. Bu yaklaşım, Taylorizm olarak da bilinir. Taylor'un Bilimsel Yönetim Yaklaşımı, fabrikalardaki işlerin analiz edilebileceği bir metodoloji sunmaktadır. Yapılan analizlerle maksimum verimliliğin nasıl sağlanabileceği belirlenmiştir. Taylorizm'de üretimin gerçekleşmesinde işçiler emeklerini kullanarak iş süreçlerini etkili ve verimli şekilde nasıl yürütülebileceği, standartlaştırılarak sürekliliğin nasıl sağlanabileceği üzerine odaklanır. Bu yaklaşım, her işçinin aynı işi kolaylıkla yapabileceği bir standartlaştırma yöntemini içerir. Bilimsel Yönetim Yaklaşımı, ilerleyen yıllarda araştırmacılara kaynaklık etmiş ve 1910'da Louis Brandeis tarafından Bilimsel Yönetim Teorisi akademik dünyada terimleştirilmiştir. Taylor ve Brandeis'in hedefleri, üretimin gerçekleşmesinde tüm eylemi yöneticiler için detaylı olacak bir şekilde planlamak, örgütlemek ve kontrol etmek olmuştur (Özsoylu, 2017).

Endüstri 2.0 Devrimi'nde önemli bir dönemeç olan icatlarından biri de elektriğin keşfidir. 1882 yılında Thomas Edison'ın ampülü keşfetmesi, elektriğin yaygın olarak kullanılmasını başlatmıştır. Fabrikalarda ve kentlerde elektrik enerjisi, buhar gücünün yerini alarak daha etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu gelişme, üretim hatlarında elektrik enerjisinin kullanılmasıyla birlikte makinelerin daha gelişmiş ve verimli bir şekilde çalışmasına katkı sağlamış, böylece üretim miktarı artırılmıştır. Elektriğin endüstriyel kullanımı, üretim süreçlerindeki daha hızlı ve hassas operasyonları mümkün kılarak endüstriyel devrimin ikinci aşamasında önemli bir rol oynamıştır(Kahraman, 2017).

Yeniliklerin ve icatların hızla gerçekleşmesi, endüstriyel üretimde verimliliği artırmış ve üretim maliyetlerini düşürmüştür. Bu durum, üretilen malların fiyatlarında önemli bir düşüşe yol açarak tüketim toplumunun oluşumunu tetiklemiştir. Adam Smith'in önceki dönemde ortaya koyduğu ekonomik görüş, piyasaların "görünmez eli

ile düzeleceği düşüncesi, 1929 ekonomik buhranıyla sarsılmış ve Keynes'in devletin gerektiğinde piyasayı düzenleyebileceği ve denetleyebileceği" teorisi ön plana çıkmıştır. Bu dönemde ortaya çıkan sosyal devlet kavramında, sağlık sigortasının, iş güvencesinin, çalışma koşullarının yaş ile saat bazında düzenlenmesi, emekli ve yaşlı maaşları gibi önlemleri içermiştir. Keynesyen ekonomi politikaları, devletin ekonomik faaliyetlere müdahalesini vurgulayarak ekonomik dengesizlikleri düzeltmeye yönelik çözümler sunmuştur. Bu da daha düzenli bir ekonomik yapı oluşturarak sosyal devlet anlayışını güçlendirmiştir (Kılıç ve Alkan, 2018).

2.1.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi

Üçüncü Sanayi Devrimi, bilgisayarların ve dijital teknolojilerin yaygınlaşmasıyla şekillenen bir dönemdir. 20. yüzyılın sonlarında başlayan ve 21. yüzyılın ilk yıllarında hız kazanan bu devrim, bilgi teknolojilerindeki büyük ilerlemelerle tanımlanır. İnternetin yaygınlaşması, akıllı telefonların ve tablet bilgisayarların kullanımının artması, bulut bilişim, yapay zekâ ve nesnelerin interneti gibi teknolojiler bu dönemi karakterize eder. Üretim süreçlerinde dijitalleşme ve otomasyon, veri analitiği ve yapay zekâ gibi alanlarda önemli gelişmeler yaşanmıştır. Bu dönem, bilgiye erişimin kolaylaşması ve paylaşımının artmasıyla birlikte iş dünyasında, eğitimde, sağlık sektöründe ve diğer birçok alanda köklü değişikliklere yol açmıştır. Üçüncü Sanayi Devrimi, toplumun birçok kesiminde yaşam tarzını, iletişimi ve iş yapma biçimini derinden etkileyerek, dünya ekonomisinde dijital çağın temellerini atmıştır(Sezgin, 2018).

Üçüncü Sanayi Devrimi'nin başlamasına öncülük eden faktörler arasında, özellikle elektriğin seri üretim yerlerinde kullanılması ve seri üretim hatlarının geliştirilmesi ön plana çıkmaktadır. Bu dönemin temel özelliklerinden biri, üretim süreçlerinin otomatikleşmesi ve tedarik zincirinde otomasyon teknolojilerinin etkin bir şekilde kullanılmasıdır(Ghobakhloo, 2020). Üçüncü Sanayi Devrimi, mekanik ve elektronik teknolojilerin yerini dijital teknolojik makinelerin almasıyla karakterize edilir. Bu devrimi diğer sanayi devrimlerinden ayıran bir diğer önemli özellik, ana bileşenlerin bilgi işlem uygulamaları, internet kullanımının genişlemesiyle meydana gelen iletişim teknikleri ile bunları ortak gerçekleştirebilme aracı olan mikroelektronik olmasıdır. Endüstri 3.0, dijital devrim çağı olarak adlandırılmaktadır. Bu dönemde

dijital teknolojilerin giderek daha fazla entegre edilmesi, iş süreçlerini daha verimli ve hızlı hale getirmiştir (Göv ve Erdoğan, 2020).

Otomasyon sistemlerinin yaygınlaşması, işletmeler için bir dizi avantaj sunmaktadır. İnsana dayalı işlerde, işçilerin mola verme ihtiyacı veya yorgunluk gibi faktörler üretimde kesintilere neden olabilir. Ancak otomasyon sistemlerinin kullanıldığı işlerde, makinelerin sürekli çalışma kapasitesi sayesinde üretimde kesintisizlik sağlanabilir. Bu durum, işletmelerin verimliliğini artırırken, ürün kalitesinin de daha tutarlı olmasını sağlar. Ayrıca, otomasyon sistemleriyle birlikte işletmeler, işçi maliyetlerinden tasarruf edebilir ve uzun vadede daha rekabetçi hale gelebilirler. Bu teknolojik dönüşüm, iş dünyasında insan faktörünün azalmasıyla birlikte işlerin daha etkin ve verimli bir şekilde yürütülmesine olanak tanımaktadır. Bununla birlikte, otomasyonun yaygınlaşmasıyla birlikte işgücü piyasasında da değişimler yaşanmakta, bazı işlerin yapay zekâ ve robotlar tarafından yerine getirilmesi işgücü talebini etkileyebilmektedir. Bu nedenle, otomasyonun getirdiği avantajlarla birlikte, işgücü piyasasındaki değişimlere uyum sağlamak da önemli bir konu haline gelmektedir (Özdoğan, 2017).

Robert Noyce ve Gordon Moore'un öncülük ettiği teknolojik girişim, Intel'in kuruluşuyla birlikte bilgisayar endüstrisinde devrim yaratmıştır. Silikon Vadisi'nde geliştirilen mikroçip teknolojisi, bilgisayarların daha küçük, güçlü ve erişilebilir olmasını sağlamıştır. Bu teknolojik atılım, Amerika Birleşik Devletleri'nde ve dünya genelinde bilgi ve iletişim teknolojilerinde devrim niteliğinde ilerlemelere yol açmıştır. Üçüncü Sanayi Devrimi'nin bir parçası olarak internetin geniş kitlelere yayılması da önemli bir dönüm noktası olmuştur. İnternetin sivil kullanım için açılmasıyla birlikte, bilgiye erişim ve iletişim daha önce hiç olmadığı kadar kolay hale gelmiştir. Bu durum, küresel bağlantıyı artırarak dünya genelinde iş yapma ve iletişim şekillerini kökünden değiştirmiştir. Bugün, internetin yaygın kullanımıyla birlikte birçok sektörde inovasyon ve gelişim hız kazanmış, küresel ekonomi ve toplumlar arası ilişkilerde derin etkiler yaratmıştır. İnternet, bilgiye erişimi demokratikleştirmiş ve dünya çapında bir iletişim ağı oluşturarak insanlığın ilerlemesine katkı sağlamıştır (Guo vd., 2021).

Üçüncü Sanayi Devrimi'ni incelediğimizde, işgücü açısından diğer iki sanayi devriminden farklı bir tablo ortaya çıkmaktadır. Bu dönemde çalışmakta olan işçiler, ayrıca bilgi işçileri olarak da isimlendirilmektedir. Bu, nitelikli işgücüne talebin arttığı

bir dönemi simgeler. Önceki sanayi devrimlerindeki kitle üretimi sistemlerinin aksine, Üçüncü Sanayi Devrimi'nde iş bölümü ve uzmanlaşma yerine, işçilerin çalışma faaliyet alanları genişletilmiştir. Bu durum, işçilerin sadece belirli bir görevle sınırlı kalmayıp, daha geniş bir yelpazede faaliyet göstermelerine olanak tanımıştır. Ayrıca, üretimdeki standartlaşmaya karşı bir eğilim göze çarpmaktadır. İşçilerin yaratıcılıklarını ortaya koymaları teşvik edilmiş ve iş süreçlerinde esneklik sağlanmıştır. Bu, üretim süreçlerindeki daha özgün ve yenilikçi yaklaşımlara olanak tanımıştır. Sonuç olarak, Üçüncü Sanayi Devrimi döneminde dikey örgütlenme yapısı, yani sıkı hiyerarşik yapı, giderek terk edilmeye başlanmıştır. İş gücünün daha geniş bir yelpazede beceri ve yeteneklerini kullanma fırsatları, iş dünyasında daha esnek ve dinamik bir çalışma ortamının oluşmasına katkı sağlamıştır. Bu dönemde işgücü, bilgiye dayalı ekonomik yapıya uyum sağlamak üzere şekillenmiştir (Devezas vd., 2017).

Üçüncü Sanayi Devrimi'nde otomasyon sistemlerinin merkezi bir rol oynamasıyla birlikte, haberleşme ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler müşteri beklentilerini ve taleplerini artırmıştır. Müşteriler, çeşitli seçeneklere sahip, uygun fiyatlı ve kaliteli ürünler beklemektedirler. Bu, alıcı tarafındaki müşterilerin beklentilerinin yükseldiği bir dönemi yansıtmaktadır. İkinci Sanayi Devrimi'nden sonra müşteri taleplerinin önemsenmeye başlanması, firmaların müşteri memnuniyetini sağlamak için çeşitli alternatifler denemesine yol açmıştır. Bu dönemde, müşteri taleplerini karşılayabilmek adına firmalar, dış ülkelerdeki kaynakları tercih etmeye başlamışlardır. Bu da üretim süreçlerinin endüstriyel fabrikaların sınırlarını aşarak taşıma, üretim, depolama, tedarik ve pazarlama gibi işlemlerde dış kaynakların dahil olduğu bir modele evrilmesine neden olmuştur. Dış kaynakların süreçlere dahil olmasıyla birlikte, fabrikalar içindeki yapılar küçülmüş ve yeni departmanlar, örneğin dış ticaret, lojistik, depo, gümrük gibi alanlarda uzmanlaşmış departmanlar oluşturulmuştur (Davutoğlu, 2020). Bu, sadece ulusal değil aynı zamanda uluslararası tedarik zincirlerinin de oluşturulmasına yol açmıştır. Oluşturulan tedarik zincirleri, daha önceki dönemlere göre daha kontrollü ve izlenebilir hale getirilmiştir. Bu sayede, global düzeyde daha etkili ve verimli bir üretim süreci sağlanmıştır (Aksoy, 2017).

Üçüncü Sanayi Devrimi'nin getirdiği yeniliklerden biri olan fiber optik ağların kullanımı, internetin gelişmelerinin tedarik zincirine entegre edilmesini sağlamıştır.

Bu fiber optik ağlar, dünya genelinde kapsamlı bir altyapı oluşturarak, haberleşme ve iletişim sırasında aktarılan verilerin hızlı ve kayıpsız bir şekilde kullanıcılara ulaştırılmasını mümkün kılmıştır(Sezgin, 2018). Fiber optik ağların etkinliği, işletim sistemleri ve bilgisayar teknolojilerinin kullanımıyla birleşerek, tüketiciler, üretim, tedarik noktaları ve süreçlerinde koordinasyon ve uyumun etkili bir şekilde sağlanmasına olanak tanımıştır. Bu teknolojik altyapı sayesinde, dünyanın farklı bölgelerindeki tüketiciler, üretim ve tedarik noktaları birbirinden uzak olabilirken bile etkili bir şekilde birbiriyle iletişim kurabilmekte ve koordineli bir şekilde çalışabilmektedir. Fiber optik ağlarının kullanımı, işgücünün değersiz ve bol olduğu, kaynak varlığının ve ulaşımda maliyetin düşük olması gibi faktörlere bağlı olarak tüketiciler, üretim ve tedarik noktalarının farklı ülkelerde konumlanmasına olanak tanımıştır. Bu da küresel düzeyde daha entegre bir tedarik zinciri oluşturulmasına ve şirketlerin daha geniş coğrafyalarda faaliyet göstermesini sağlamıştır (Derya, 2018).

İşletmeler ve tüketiciler arasındaki iş birliği, teknoloji ile internet gelişiminin etkisiyle birlikte hızlı ve etkileşimli bir hale gelmiştir. Ancak, bu ilişki, tüketicilerin isteklerine ve tercihlerine daha iyi yanıt verebilmek için yetersiz verilerle sınırlı kalmaktadır. Bu sorunu zlemek amacıyla e-ticaret platformları geliştirilmiştir. Bu platformlar, üreticiler ile tüketiciler arasındaki ilişkiyi daha interaktif hale getirerek daha yakın bir iş birliği imkânı sunmuştur. E-ticaret platformları, işletmelerin müşteri tercihleri, alışkanlıkları ve geri bildirimleri üzerinden daha fazla veri toplamasına ve analiz etmesine olanak tanır(Yıldız, 2018). Bu sayede, üreticiler tüketicilerin ihtiyaçlarına daha iyi odaklanabilir ve kişiselleştirilmiş ürün ve hizmetler sunabilir. Aynı zamanda, tüketiciler de doğrudan üreticilere geri bildirimde bulunabilir, isteklerini iletebilir ve ürün gelişim süreçlerine katkıda bulunabilirler. E-ticaret platformları, işletmeler ve tüketiciler arasındaki iletişimi güçlendirerek, taleplere daha hızlı yanıt verilmesini ve üretim tüketiciler beklentilerine daha uygun hale getirilmesini sağlamıştır. Bu şekilde, işletmeler müşteri memnuniyetini artırabilir ve daha sürdürülebilir bir müşteri ilişkisi kurabilirler (Fırat ve Fırat, 2017).

retilmekte olan ürünlerin alışılmışın dışında tüketiciler zevki ve tercihine elverişli olacak şekilde üretilmesine başlanması, üretim teknikleri doğrultusunda talebi zirveye taşımuştur. Bu olay, tüketicilerin alışkanlıklarında değişikliklere neden olarak büyük bir değişimi tetiklemiştir(zhan, 2016). Firmalar, ürünlerini kişiselleştirilmiş ve özel olarak pazarlayarak tüketicilerin taleplerini canlandırmaya yönelik etkileyici

reklamlar kullanmışlardır. Reklam stratejileri, tanıtılan ürünlerin tüketicinin ihtiyacına uygun olduğuna dair bir algı oluşturmayı amaçlar. Reklamlar aracılığıyla tanıtılan ürünlerin tüketicinin ihtiyaçlarını karşılayacağına inandırılmaya çalışılarak, tüketicilerin bu ürünleri satın almaları teşvik edilmiştir(Taş, 2018). Bu şekilde, tüketiciler ihtiyaçları olmadan önce belki de bilmedikleri ürünlere yönlendirilmiş ve talep oluşturulmuştur. Bu tür tüketici eğilimleri ve reklam stratejileri, toplumları "tüketim toplumu" haline getirmiştir. Tüketiciler, sürekli olarak yeni ve farklı ürünleri keşfetmeye teşvik edilmiş ve bu durum, hızlı tüketim alışkanlıklarının yaygınlaşmasına yol açmıştır. Tüketim toplumu kavramı, insanların sadece temel ihtiyaçlarını karşılamak yerine sürekli olarak yeni ürünleri satın almaya ve tüketmeye yönlendirildiği bir toplumsal yapıyı ifade eder (Yıldırım, 2020).

Teknolojideki gelişmeler, tüketicilerin kendi aralarındaki ilişkileri doğrudan etkileyerek, sosyal medya gibi platformların ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Bu gelişmelerin bir örneği, Mark Zuckerberg'in 2004 yılında kuruculuğunu üstlendiği Facebook'un yanı sıra beraberinde gelen Instagram, Twitter ve benzeri sosyal medya platformlarıdır. Platformlar, tüketicilere ürünleri hakkında düşüncelerini, görüşlerini paylaşma ve etkileşime geçme fırsatı sunmuştur. Sosyal medya kanallarında tüketiciler, kullandıkları ürünlerle ilgili deneyimlerini paylaşarak hem olumlu hem de olumsuz geribildirimde bulunabilmektedirler. Üreticiler ise bu sosyal medya platformları aracılığıyla tüketicilerle daha yakın bir ilişki kurma imkânı bulmuşlardır. Geliştirilmiş kullanıcı ara yüzlerinin yardımıyla, tüketicilerin en fazla ilgi gösterdiği internet siteleri ile ürün kategorileri belirlenerek, kişiselleştirilmiş reklamlar, fırsatlar, indirimler gibi seçenekler tüketicilere sunulmaktadır. Bu şekilde, teknolojinin sunduğu sosyal medya platformları, tüketiciler arasında etkileşimi artırmış ve aynı zamanda üreticilerle tüketiciler arasında doğrudan bir iletişim kanalı oluşturarak pazarlama stratejilerini daha etkili bir hale getirmiştir. Bu dinamik, tüketicilerin ürün tercihlerini ve markalara olan bağlılıklarını etkileyen önemli bir faktör haline gelmiştir (Özdoğan, 2017).

2.1.1.4. Dördüncü Sanayi Devrimi

Dördüncü Sanayi Devrimi, dijitalleşme ve yapay zekâ gibi gelişen teknolojilerin endüstriyel üretim süreçlerine entegrasyonunu ifade eder. Bu devrim,

siber-fiziksel sistemlerin, otomasyonun, büyük veri analitiğinin, robotik teknolojilerin ve biyoteknolojinin birleşimini içerir. İnsanlar, makineler ve sistemler arasındaki etkileşim daha da yoğunlaşmış, üretim süreçleri daha esnek, akıllı ve özelleştirilebilir hale gelmiştir. Nesnelerin interneti ve akıllı fabrikalar gibi kavramlar bu devrimin öne çıkan unsurları arasındadır. Dördüncü Sanayi Devrimi, endüstriyel üretimdeki verimliliği artırırken, aynı zamanda yeni iş modelleri ve endüstrilerin doğuşuna da zemin hazırlamaktadır. Bu dönem, diğer sanayi devrimlerinden farklı olarak, bilişim teknolojilerinin fiziksel dünyayı dönüştürme gücünü vurgulayarak, toplumun ve ekonominin dijitalleşmesinde önemli bir dönemeç oluşturmaktadır.

Endüstri 4.0, teknolojik ilerlemelerin yanı sıra işgücü piyasasında ve toplumsal yapıda derin etkilere yol açacak büyük bir dönüşümü temsil etmektedir. Özellikle robotların üretimi devralması ve yapay zekâ destekli sistemlerin kullanımının artması, işgücü ihtiyacında önemli değişikliklere neden olacaktır. Bu durum, birçok işin otomatikleştirilmesiyle sonuçlanarak insan gücüne olan talebi azaltabilir. Geleneksel iş tanımları ve beceri gereksinimleri de bu teknolojik ilerlemelerle birlikte değişebilir veya ortadan kalkabilir (Öcal ve Altıntaş, 2018). Örneğin, yapay zekâ ile kodlama ve tasarım yapabilen robotlar, geleneksel beyaz yakalı işler için bile tehdit oluşturabilir. Bu durum, işgücü piyasasında ciddi rekabet ve işsizlik risklerini beraberinde getirebilir. Ancak, bu dönüşümün olumsuz etkilerinin yanı sıra, Endüstri 4.0'ın yaratıcı ve yenilikçi potansiyeli de göz ardı edilmemelidir. İnovasyon ve dijitalleşme sayesinde yeni iş alanları ve fırsatlar da ortaya çıkabilir. Dolayısıyla, bu teknolojik dönüşüm sürecinde işgücü piyasasının ve toplumsal yapıların nasıl adapte olacağı önemli bir sorundur ve dikkatle yönetilmesi gerekmektedir (Öcal ve Altıntaş, 2018).

Dördüncü Sanayi Devrimi, endüstriyel ve dijital dönüşümün birleşimini temsil eden önemli bir aşamadır. Bu devrim, gelişmiş dijital teknolojilerin, yapay zekâ, büyük veri, nesnelerin interneti (IoT) gibi inovasyonların endüstriyel süreçlere entegre edilmesiyle netleşmiştir. İlk üç sanayi devriminde mekanik üretim, elektrifikasyon ve otomasyon öne çıkmışken, Dördüncü Sanayi Devrimi, dijitalleşmenin ve akıllı teknolojilerin merkezde olduğu bir evrimi simgeler. Bu devrim, üretim süreçlerini daha verimli hale getirmeyi, esneklik sağlamayı ve kişiselleştirilmiş ürünlerin üretimini mümkün kılmayı hedefler. Yapay zekâ, makineler arası iletişim, büyük veri analitiği gibi teknolojiler, endüstriyel süreçlerin daha akıllı, hızlı ve çevik hale gelmesine olanak tanır. Ayrıca, tedarik zinciri yönetimi, ürün tasarımı, üretim ve

müşteri hizmetleri gibi alanlarda radikal değişikliklere yol açarak şirketlerin rekabet avantajı elde etmelerini sağlar. Dördüncü Sanayi Devrimi, sadece endüstriyel sektörleri değil, aynı zamanda ekonomik ve toplumsal yapıları da derinden etkilemektedir. Bu devrim, daha bağlantılı, akıllı ve sürdürülebilir bir dünya vizyonunu beraberinde getirerek, iş dünyası ve toplumlar arasında önemli dönüşümlere neden olmaktadır (Popkova vd., 2019).

2011 yılında Almanya'nın Hannover Fuarı'nda gerçekleşen bir etkinlik, yüksek teknolojiye dayalı yeni bir düzenin tartışıldığı bir platform olarak öne çıkmış ve bu atmosferde Endüstri 4.0 kavramı ortaya çıkmıştır. Bu terim, endüstriyel üretimde dijitalleşme ve otomasyonun birleşimini ifade eder. Zamanla, diğer ülkeler de benzer bir dönüşümü benimseyerek Endüstri 4.0 görüşünü gündemlerinde ele almışlardır. Sanayileşmiş ülkeler, özellikle Çin gibi Uzakdoğu ülkelerinin üretimdeki rekabet güçlerini artırdığını fark ettiğinde, Endüstri 4.0 kavramı önemli bir stratejik yaklaşım olarak öne çıkmıştır. Bu kavram aracılığıyla, dijitalleşme, internet of things (nesnelerin interneti), büyük veri analitiği ve yapay zekâ gibi teknolojilerin entegrasyonu ile oluşacak yeni fırsatları değerlendirme amacıyla çaba sarf etmişlerdir. Endüstri 4.0, üretim süreçlerinde daha akıllı, esnek ve verimli bir yaklaşım benimsemeyi hedefler. Bu, endüstrinin dijital dönüşümüne odaklanarak rekabet avantajını artırmayı ve küresel pazarda lider konumlarını sürdürebilmeyi amaçlar. Bu kavram, sadece teknolojik bir değişimi değil, aynı zamanda ekonomik ve toplumsal bir dönüşümü de ifade eder (Guo vd., 2021).

Dördüncü Sanayi Devrimi'nin getirdiği yeni düşünceler şu şekilde özetlenebilir:

Akıllı Fabrikalar: Akıllı fabrikalar, endüstriyel üretim süreçlerinde dijital teknolojilerin ve otomasyonun kullanımıyla verimliliği artırmayı hedefleyen üretim tesisleridir. Bu fabrikalar, nesnelerin interneti (IoT), büyük veri analitiği, yapay zekâ, robotik sistemler ve diğer ileri teknolojilerin entegrasyonu sayesinde üretim süreçlerini optimize ederler. Akıllı fabrikaların temel özelliklerinden biri, makinelerin birbirleriyle ve insanlarla iletişim kurabildiği siber-fiziksel sistemlerin kullanılmasıdır. Bu sayede üretim süreçleri daha esnek ve ölçeklenebilir hale gelirken, kalite kontrolü ve verimlilik artar. Akıllı fabrikalar, üretim süreçlerindeki veri akışını izler ve analiz ederek gerçek zamanlı kararlar alabilirler. Bu da hata oranlarını azaltır, üretim maliyetlerini düşürür ve müşteri taleplerine daha hızlı yanıt verebilirler. Akıllı

fabrikaların benimsenmesi, endüstriyel sektörde dijital dönüşümün bir parçası olarak giderek daha fazla önem kazanmaktadır, çünkü bu tesisler, rekabetçi bir avantaj sağlayarak sürdürülebilirlik ve büyümeyi desteklemektedirler. Üretim süreçleri, otonom sistemler, sensörler ve uygulama modülleri kullanılarak tamamen otomatik hale getirilecektir. Bu, akıllı teknolojilerin entegrasyonu kendisini otomatik idare edebilen akıllı ve dijital fabrikaların oluşturulmasını içerir(Yıldız, 2018).

Siber-Fiziksel Sistem: Siber-fiziksel sistemler, dijital ile fiziksel dünyaların entegrasyonunu sağlayan ve endüstriyel süreçlerde önemli bir rol oynayan karmaşık bir teknoloji alanını ifade eder. Bu sistemler, internet bağlantılı cihazlar, sensörler, veri analitiği, yapay zekâ ve otomasyon gibi dijital teknolojilerin, fiziksel üretim süreçleriyle etkileşim içinde kullanılmasını sağlar. Bu entegrasyon, üretim tesislerinde verimliliği artırırken, esneklik, hız ve kalite kontrolü gibi önemli avantajlar sağlar. Siber-fiziksel sistemler, gerçek zamanlı veri toplama, analiz ve karar alma yetenekleriyle üretim süreçlerini optimize eder ve makinelerin birbirleriyle ve insanlarla etkileşimini artırarak daha akıllı ve adaptif bir üretim ortamı oluştururlar(Karaarslan ve Akbaş, 2017). Bu sistemler ayrıca, tesisler arası iletişimi kolaylaştırır ve tedarik zinciri yönetimini geliştirir, böylece endüstriyel operasyonlarda daha bütünsel bir yaklaşımı teşvik ederler. Siber-fiziksel sistemlerin benimsenmesi, endüstriyel sektörlerde dijital dönüşümün anahtarı olmaya devam etmektedir, çünkü bu sistemler, rekabet avantajı sağlayarak verimliliği artırır ve geleceğin akıllı üretim sistemlerinin temelini oluştururlar. Fiziksel dünya, sensörler ve aktüatörler aracılığıyla sanal bilgi işlem dünyasına bağlanabilecek şekilde tasarlanacaktır. Bu, fiziksel süreçlerin dijital sistemlerle etkileşim içinde olmasını sağlayacak bir entegrasyon anlayışını ifade eder.

Tedarik ile Dağıtım Yönetimindeki Yeni Sistemler: Tedarik ile dağıtım yönetimindeki yeni sistemler, dijital teknolojilerin ve veri analitiğinin kullanımıyla tedarik zincirlerini optimize etmeyi ve daha verimli hale getirmeyi amaçlar. Bu sistemler, nesnelerin interneti (IoT) ve büyük veri analitiği gibi ileri teknolojilerin entegrasyonu, tedarik zincirinin her aşamasında verimliliği artırmak ve maliyetleri azaltmak için tasarlanmıştır. Özellikle, IoT sensörleri sayesinde tedarik zinciri boyunca ürünlerin, envanterin ve taşımacılık araçlarının gerçek zamanlı olarak izlenmesi ve takip edilmesi mümkün hale gelir. Bu verilerin analizi, talep tahminleri ve envanter optimizasyonu gibi karar alma süreçlerinde kullanılarak, stok

seviyelerinin optimize edilmesi ve talep üzerine üretim gibi esneklik sağlayan stratejilerin uygulanması sağlanır. Ayrıca, akıllı lojistik yönetimi yazılımları ve yapay zekâ destekli optimizasyon algoritmaları, tedarik ve dağıtım operasyonlarının daha verimli ve düzenli bir şekilde yönetilmesini sağlar. Bu yeni sistemler, tedarik zincirlerinin daha hızlı, daha esnek ve daha duyarlı hale gelmesini sağlayarak, şirketlerin rekabet avantajı elde etmelerine ve müşteri memnuniyetini artırmalarına olanak tanır. Tedarik sistemi ve dağıtım süreçleri bireyselleştirilerek, farklı ve çeşitli bağlantılarla birbirine entegre edilecektir. Bu, daha esnek ve verimli bir tedarik zinciri yönetimi sağlamayı amaçlar(Davis vd., 2015).

Kendini Örgütleme: Dördüncü Sanayi Devrimi, teknolojik ilerlemelerin ve dijital dönüşümün hızla yayılmasıyla birlikte, kendini örgütlemeye yönelik yeni olanaklar sunmuştur. Bu devrim, yapay zekâ, otomasyon, bulut bilişim ve nesnelerin interneti gibi ileri teknolojilerin entegrasyonu ile üretim ve iş dünyasında köklü değişikliklere yol açmıştır. Kendini örgütlemenin önemi, bu dönemde daha da artmıştır çünkü iş süreçleri daha karmaşık hale gelmiş ve iş yapma şekilleri daha esnek bir yapıya bürünmüştür. Dördüncü Sanayi Devrimi'nin getirdiği dijital araçlar, zaman yönetimi, iş planlaması ve önceliklendirme gibi becerilerin geliştirilmesini desteklerken, aynı zamanda iş akışlarını daha verimli hale getirmeye yardımcı olur. Bu süreçte, bireylerin kendi işlerini organize etme ve yönetme becerileri, başarılarını belirleyen kritik unsurlardan biri haline gelmiştir. Kendini örgütleyen bireyler, karmaşık iş ortamlarında daha iyi performans gösterir, daha az stres yaşar ve daha yüksek verimlilik düzeylerine ulaşırlar. Bu nedenle, dördüncü sanayi devrimi çağında, kendini örgütlemenin önemi giderek artmaktadır ve iş dünyasında başarı için vazgeçilmez bir beceri haline gelmiştir. Üretim sisteminde yetki, merkezi sistemlerden alana doğru daha da dağıtılmaktadır. Yani, klasik merkezi yetki örgütlenmesinin azalmaya başlamasına işaret eder(Devezas vd., 2017).

Ürün ile Hizmet Geliştirmede Yeni Sistemler: Ürün ile hizmet geliştirmede yeni sistemler, teknolojik ilerlemelerin ve dijital dönüşümün etkisiyle giderek daha önemli hale gelmektedir. Bu yeni sistemler, müşteri geri bildirimlerini hızla değerlendirmeyi ve bu geri bildirimlere dayalı olarak ürün ve hizmetlerde gerekli değişiklikleri yapmayı sağlayan bir dizi araç ve süreçten oluşur. Bu, ürün ve hizmetlerin daha hızlı bir şekilde pazara sunulmasını ve sürekli olarak iyileştirilmesini mümkün kılar. Örneğin, tasarım odaklı düşünce yöntemleri ve kullanıcı deneyimi

araştırmaları, müşteri ihtiyaçlarını ve beklentilerini daha iyi anlamak için kullanılmaktadır. Ayrıca, Agile ve Scrum gibi esnek proje yönetimi metodolojileri, ürün ve hizmet geliştirme süreçlerini hızlandırırken, ürünlerin pazara sunulma süresini kısaltır. Büyük veri analitiği ve yapay zekâ gibi ileri teknolojiler, pazar eğilimlerini analiz etmeyi ve müşteri davranışlarını tahmin etmeyi sağlayarak, ürün ve hizmet geliştirme süreçlerini daha verimli hale getirir. Bu yeni sistemler, rekabetçi bir avantaj elde etmek isteyen şirketler için vazgeçilmez hale gelmiştir, çünkü hızlı değişen pazar koşullarına ayak uydurmayı ve müşteri odaklı bir yaklaşım benimsemeyi gerektirirler. Ürün ve servisler, bireylerin istekleri ve ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilecek, özel uygulamalar ve çözümler üretilecektir(Cañas vd., 2021).

Kurumsal Sosyal Sorumluluk: Kurumsal sosyal sorumluluk (KSS), işletmelerin faaliyetlerinin ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerini dikkate alarak topluma karşı duyarlılık göstermelerini ve sürdürülebilirlik ilkelerini benimsemelerini ifade eder. KSS kavramı, şirketlerin kar elde etme amacının ötesine geçerek, çevresel ve toplumsal faydayı da gözetmelerini teşvik eder. Bu, çevre dostu üretim yöntemlerinin benimsenmesi, işgücüne adil ve güvenli çalışma koşulları sağlanması, yerel topluluklara katkıda bulunulması ve etik iş uygulamalarının izlenmesi gibi çeşitli alanlarda kendini gösterebilir. Kurumsal sosyal sorumluluk, sadece şirketlerin toplum için değer yaratmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda işletmelerin uzun vadeli başarısı ve itibarı için de önemli bir rol oynar. Çünkü KSS ilkelerini benimseyen şirketler, daha iyi bir itibar kazanır, müşteri sadakati artar, çalışan motivasyonu ve bağlılığı yükselir ve işletme riskleri azalır. Dolayısıyla, kurumsal sosyal sorumluluk, sadece işletmelerin toplum ve çevre için pozitif bir etki yaratmalarını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda uzun vadeli sürdürülebilirlik ve başarısı için de temel bir faktör olarak kabul edilir. Kaynağın verimli kullanılması ile sürdürülebilirliğin olması endüstriyel imalat süreçlerin merkez noktasını belirleyecektir. şirketler, çevresel ve toplumsal sorumluluklarını daha fazla önemseyecektir(Suleiman vd., 2022).

İnsan İhtiyaçlarına Uyum: İnsan ihtiyaçlarına uyum, bir organizasyonun veya bir ürünün, insanların temel gereksinimlerini ve beklentilerini karşılamak üzere tasarlanması ve uyarlanması sürecidir. Bu kavram hem iş dünyasında hem de ürün geliştirme süreçlerinde önemli bir rol oynar. Bir işletme, çalışanlarının fizyolojik, güvenlik, sosyal, saygınlık ve kendini gerçekleştirme ihtiyaçlarını karşılamak için uygun koşullar sağlamalıdır. Aynı şekilde, ürünlerin veya hizmetlerin kullanıcılarının

ihtiyaçlarını anlamak ve onlara uygun çözümler sunmak, başarılı bir pazarlama stratejisi için temel bir unsurdur. İnsan ihtiyaçlarına uyum, kullanıcı deneyimi tasarımı, müşteri ilişkileri yönetimi ve çalışan memnuniyeti gibi alanlarda odaklanması gereken bir husustur. Bu, sadece işletmelerin ve ürünlerin başarılı olması için değil, aynı zamanda toplumsal refahın artırılması ve insanların yaşam kalitesinin yükseltilmesi için de kritik bir öneme sahiptir. Bu nedenle, insan ihtiyaçlarına uyum, işletmelerin ve ürünlerin sadece kar elde etmeye odaklanmayıp, aynı zamanda toplum ve bireyler için değer yaratma sorumluluğunu da üstlendikleri modern iş dünyasında hayati bir öneme sahiptir. Yeni sistemler, üretimde insan gereksinimlerini kolayca sonuca kavuşturacak biçimde tasarlanacaktır(Suleiman vd., 2022).

Endüstri 4.0, küresel dünyada ekonomilerin hızla bu yeni döneme adapte olmasına neden olmuştur. Bu devrim aynı zamanda "Dördüncü Sanayi Devrimi", "Dijital Endüstri" ve "Dijital Dönüşüm" adıyla adlandırılmaktadır. Dördüncü Sanayi Devrimi'nin diğer devrimlerde olduğu gibi kurumsallaşmanın gerektirdiği ve tam zamanlı hareketi zorunlu kıldığı kabul edilmektedir.

Endüstri 4.0'ın hızlı dönüşümü, yapay zekanın oluşmasını ve siber-fiziksel sistemin üretimlerde kullanılmasıyla kurulan bağlantıları, ülkelerin yeni arayışa yönelmesini sağlamıştır. Bu süreçte, etkin bir yönetim modelinin nasıl olacağına dair araştırmalar başlamış ve uluslararası firmalarında bu alandaki Araştırma-Geliştirme faaliyetleri sürat kazanmıştır. Gelişmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkeler değişikliklere uyum sağlamak amacıyla yoğun çaba sarf etmişlerdir. Orjinel iş fikirleri ile modellerine yönelik ihtiyaçlar artış göstermiş, üretilen ürünler dijitalleşmiş ve hizmet sunumları iyileşmiştir. Endüstri 4.0, ekonomik ve teknolojik olarak hızlı bir şekilde adapte olan ülkelerin rekabet avantajı elde etmelerine olanak tanımış ve birçok sektörde dönüşümü tetiklemiştir. Bu süreç, inovasyon ve rekabet gücü açısından önemli bir fırsat yaratmış ve küresel ekonomik dinamikleri şekillendirmiştir. Dolayısıyla, Endüstri 4.0'ın getirdiği değişimlere uyum sağlayan ülkeler, gelecekte daha rekabetçi ve sürdürülebilir bir ekonomik büyüme potansiyeline sahip olabilirler (Derya, 2018).

2.2. İlgili Araştırmalar

Araştırmanın ikinci kısmında Endüstri 4.0'ın kökeni, genel özelliği, prensipleri ile SWOT Analizi incelenmiş, on üç bileşeni kapsayan katmanlar detaylı bir şekilde aktarılmıştır.

2.2.1. Endüstri 4.0 Kavramı

2011 yılında Almanya'da başlatılan Endüstri 4.0 girişimi, ülkenin makine sanayisinde gerçekleşen endüstriyel değişimlere dayanmaktadır. Bu değişimleri anlamak ve detaylarıyla incelemek, Endüstri 4.0'ın nasıl ortaya çıktığını ve geliştiğini anlamak için kritik bir adımdır. Almanya'nın bu süreçteki öncü rolü, 2011 yılında Almanya Eğitim ve Araştırma Bakanlığı'nın başlattığı önemli bir girişimle daha da belirginleşmiştir. Bu girişim, gelecekteki endüstriyel güçlenmeyi hedefleyen, uygulanabilir ve sürdürülebilir çalışmaları belirlemek amacıyla gerçeleştirilmiştir. Bu çerçevede, 10 ana proje ve eylem planı tanıtılarak, "Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020'nin Gelecek Projeleri" adı altında yayınlanmıştır. Bu projelerin toplu adı olan "Gelecek Projesi", Almanya'nın endüstriyel dönüşüm sürecindeki öncü rolünü pekiştirmiştir ve Endüstri 4.0 kavramının temelini oluşturmuştur. Almanya'nın bu adımları, ülkenin endüstriyel altyapısını güçlendirmesi ve teknoloji odaklı bir geleceğe hazırlanması için kritik bir rol oynamıştır. Bu girişimler, Almanya'nın endüstriyel dönüşüm sürecinde öncü bir konum elde etmesine ve Endüstri 4.0'ın uluslararası alanda tanınmasına büyük katkı sağlamıştır (Tarasov, 2018).

Endüstri 4.0 projesi, çevreci ve akıllı şehirlere geçiş, karbon emisyonlarının azaltılması, akıllı şebekelerin yaygın kullanımı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının artırılması gibi önemli hedefleri içermektedir (Dilibal ve şahin, 2018). Alman hükümeti, projenin başlangıç aşamasında 200 milyon Euro bütçe ayırarak bu çalışmaları desteklemiştir. Almanya Ulusal Bilim ve Araştırma Akademisi'nin 2011 yılında, düzenlediği "Endüstri 4.0 Strateji Belgesi" Hannover Fuarı'nda tanıtılmıştır. Belge, sadece Almanya'ya özgü bir girişim gibi görünse de, endüstriyel dönüşümün nitelikleri ve belirlediği önemli sınırlar ağıısından küresel bir endüstri çağının başlangıcını temsil etmiştir. Endüstri 4.0, üretim tesislerindeki farklı bölümler arasında iletişimi, bu iletişimin başlangıcından sonuna kadar verilerin gerçe zamanlı ele geçirilmesi ve bunların kullanılmasıyla en fazla katma değerinin elde edilmesini

hedefleyen bir yaklaşımı benimsemiştir. Bu yaklaşım, endüstriyel üretimde verimliliği ve rekabet gücünü artırmak için dijital teknolojilerin ve veri analitiğinin kullanımını vurgulamaktadır (Pereira and Romero, 2017).

Endüstri 4.0'ın hedefleri ve katkıları, 2016 yılında Dünya Ekonomik Forumu'ndaki Davos Zirvesi'nde başlıca gündem konusu olmuştur. Davos Zirvesi'nde yayınlanan 2016 verilerinde, Endüstri 4.0'ın gelecekteki on yıl içerisinde enerjiden ulaşım, imalattan tarıma kadar pek çok ekonomik sektörde ciddi gelişimlere ve değişimlerin oluşmasına neden olması beklenmektedir. Bu dönemdeki raporlar, Endüstri 4.0'ın küresel ekonomik sistemi büyük ölçüde etkileyebileceğini ve birçok sektörde inovasyon ve verimlilik artışlarına yol açabileceğini vurgulamıştır (Pereira ve Romero, 2017). Enerji, ulaştırma, imalat ve tarım gibi sektörlerde gerçekleşen dönüşümlerin, Endüstri 4.0 prensipleri doğrultusunda yapılacak yeniliklerle daha da hızlanabileceği öne sürülmüştür. Bu, teknolojik ilerlemelerin ve dijitalleşmenin ekonomik faaliyetlere daha fazla entegrasyonunu ifade eden bir trenddir. Endüstri 4.0'ın sektörler sağlayacağı fırsatlar, sadece verimlilik artışıyla sınırlı kalmayıp aynı zamanda daha sürdürülebilir ve akıllı çözümler sunarak ekonomik büyümeye de katkı sağlayabilir. Bu nedenle, Endüstri 4.0'ın küresel ekonomik ve teknolojik dönüşümü hızlandırması beklenmektedir (Popkova vd., 2019).

Endüstri 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimi olarak adlandırılan bir süreçtir ve önceki üç sanayi devriminin birikimlerine dayanmaktadır. Birinci Sanayi Devrimi, su ve buhar gücü ile çalışan fiziksel sistemlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. İkinci Sanayi Devrimi, elektriğin sanayide kullanılmasıyla birlikte kitlesel üretim sistemlerini getirmiştir. Üçüncü Sanayi Devrimi ise bilişim ve iletişim teknolojileriyle otomatikleşmiş üretim sistemlerini tanıtmıştır. Bu üç devrim arasındaki zaman zarfında, bilhassa üretim sektörü sürecinde değişim yaşanmıştır. Günümüzde sanayi sektörü, Avrupa'nın öncülüğünde dünya genelinde önemli bir rol oynamaktadır. Ancak, Avrupa sanayisi son zamanlarda bazı ülkelerle rekabet konusunda zorluklar yaşamaktadır. Bu zorluklarla başa çıkabilmek ve Avrupa sanayisini güçlendirebilmek adına, Dördüncü Sanayi Devrimi süreci başlatılmıştır. Dördüncü Sanayi Devrimi dijitalleşme, nesnelerin interneti, yapay zekâ gibi teknolojilerin entegrasyonunu içeren bir yaklaşımı temsil eder. Bu yaklaşımın amacı, sanayide daha akıllı, esnek, verimli ve rekabetçi üretim süreçlerini mümkün kılmaktır. Bu hedeflere ulaşmak için emek gücünün azaltılması, etkin kaynak kullanımı ve üretim süreçlerinin hızlandırılması

gibi stratejiler izlenmektedir. Endüstri 4.0, sanayide dönüşümü hızlandırmak ve Avrupa'nın rekabet gücünü artırmak için önemli bir adımdır. Bu süreç, teknolojiyi kullanarak sanayinin yeniden yapılandırılmasını ve daha rekabetçi hale gelmesini sağlayarak Avrupa'nın ekonomik geleceğini güçlendirmeyi amaçlamaktadır (Bartodziej, 2017).

Endüstri 4.0 kavramı, ilk ortaya çıktığı günden bugüne kadar birçok yazar tarafından çeşitli şekillerde tanımlanmıştır. Bu kavramın savunucusu olan "Platform Endüstri 4.0" ve "Endüstri 4.0 Çalışma Grubu" gibi önemli destekleyici gruplar bile genellikle belirli senaryoları, vizyonları ve temel teknolojileri üzerinden tanımlayabilmişlerdir. Ancak, net bir tanım sunma konusunda bir genel kabul henüz sağlanamamıştır.

Endüstri 4.0'ı tanımlayan herkesin farklı bir perspektiften yaklaşması, bu kavramın karmaşıklığını ve çok yönlülüğünü ortaya koymaktadır. Bu kavram, dijitalleşme, otomasyon, nesnelerin interneti, siber-fiziksel sistemler gibi bir dizi teknoloji ve organizasyonel değişimleri içermektedir. Endüstri 4.0, farklı sektörlerde ve alanlarda çeşitli ihtiyaçlara cevap verme kapasitesine sahip geniş bir kavramdır ve bu nedenle herkesin kabul ettiği tanıma ulaşılammıştır. Endüstri 4.0 kavramını ve kapsamalarını açıklayan bilimsel yayınlar ile fiziksel çalışmalarda kullanılan tanımların bazıları şunlardır;

Schumacher, Erol ve Sihn (2016): Endüstri 4.0, büyük bir teknoloji ağı ile çevrili değer zinciri içinde tanımlanır. Endüstri 4.0'ın temel prensibi, üretim süreçlerinin dijitalleşmesi ve bu süreçlerin birbirleriyle entegre edilmesidir. Bu entegrasyon, üretim tesislerindeki makinelerin ve ekipmanların birbirleriyle iletişim kurmasını ve veri paylaşmasını sağlar. Böylece, üretim süreçleri daha esnek, verimli ve ölçeklenebilir hale gelir. Endüstri 4.0, üretimde dijital teknolojilerin kullanımını teşvik ederek işletmelere rekabet avantajı sağlar ve sanayideki dönüşümü hızlandırır. Bu da daha akıllı, daha esnek ve daha verimli üretim süreçleriyle sonuçlanır.

Fırat, (2016): Endüstri 4.0'ın önemini, eş zamanlı bağlantı, iletişim ile yüksek esnekliği sayesinde müşteri talepleri doğrultusunda ayrıcalıklı ve dijitalleşmiş imalat sistemi geliştirmektir.

TÜSİAD,(2016): Endüstri 4.0'ı Siber Fiziksel Sistemler ve dinamik veri işleme ile değer zincirlerini uçtan uca birbiriyle bağlanabilen sanayi devriminin bir evresi olarak adlandırır.

2.2.1.1. Endüstri 4.0'ın Genel Özelliği

Endüstri 4.0, üretimde önemli değişikliklerin gerçekleşmesine olanak tanıyarak, geleneksel üretimin aksine, eş zamanlı ve son derece enerjik bir üretim planlamasını sağlama potansiyeline sahiptir (Popkova vd., 2019). Günümüzde büyük ölçekli üretimi gerçekleştiren firmalar kullanmakta oldukları geleneksel üretim yöntemleri ile artan üretim miktarlarına etkin bir şekilde cevap verememektedir. Bu nedenle, müşterilerden başlayarak tedarikçilere kadar olan tüm sistemi kapsayan çözümler üretebilecek yeni stratejilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu yeni üretim yöntemi, bilişim teknolojisinin ve endüstri süreçlerinin uyumlu bir şekilde entegre edilmesi ile gerçekleşecektir. Endüstri 4.0, merkezileşmiş üretim sistemlerinin yerini esnek üretime bırakabilen, üretim aşamasındaki tedarik zincirlerinin uyum içinde iş yaptığı, makinelerin aralarında iletişim kurması, müşteriler ile tedarikçiler arasında da iletişimin kurulabildiği bir yöntem olarak tanımlanabilir. Ayrıca, Dördüncü Sanayi Devrimi, geleneksel işleyişin bırakıldığı, otomasyonun aşırı bir şekilde uygulandığı, üretim sürecindeki tüm parçaların ve makinelerin aralarında iletişim kurabildiği akıllı fabrikaların ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Endüstri 4.0 devriminin temel hedefi, hızlı, esnek ve kişiselleştirilebilir bir üretim sistemi sağlamak ve kaynakların verimli bir şekilde kullanılmasını mümkün kılmaktır. Bu doğrultuda, Endüstri 4.0, üretim süreçlerindeki verimliliği artırarak, rekabetçi bir avantaj sağlamayı ve endüstrinin gelecekteki ihtiyaçlarına uygun çözümler sunmayı amaçlamaktadır (Yıldız, 2018).

Endüstri 4.0, önceki Endüstri 3.0'dan pek çok açıdan ayrılmaktadır. Bu farklılıklardan biri dijitalleşme sürecinin Endüstri 4.0'daki üretimin tüm aşamalarında uygulanmasıdır. Uygulanan teknoloji, dizayn aşamasında etkili görselleştirme ile simülasyon yazılımları aracılığıyla üretimde hız ve gelişmeyi sağlamaktadır(Gökten, 2018). Üretim planlamasında dijital ortamda ekipmanlar ve tüm fabrikanın tasarımının yanı sıra fabrika simülasyonlarının oluşturulması, verimliliği, niteliği, maliyeti, hızı, enerji ile makine kullanımının optimum düzeyde performansını sağlamaktadır. Bu

sayede stoğu ve savurganlığı yok etmektedir. Mühendislikte ise, birbirleri ile bağlantılı birçok otomasyon bileşeni ve yeni yazılımların kullanımı, tüm otomasyon sistemlerini bir modülde programlayarak iş akışı optimizasyonunu sağlamaktadır(Fırat ve Fırat, 2017). Ayrıca, geliştirilen sistemlerle üretimlerin tüm aşamasında eş zamanlı üretim performansları ölçülebilmekte, bu da üretim ile ürün kontrolünü sağlayarak en elverişli üretimin gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır. Endüstri 4.0'ın bu özellikleri, üretim süreçlerindeki dijital dönüşümü ve daha verimli, esnek ve hızlı üretim olanaklarını vurgulamaktadır. Bu da endüstriyel işletmelerin rekabet gücünü artırarak, daha etkin bir şekilde piyasalarda var olmalarını sağlamaktadır (Özsoylu, 2017).

2.2.1.2. Endüstri 4.0 Prensipleri

Dördüncü Sanayi Devrimi, teknoloji ile teknolojinin öğelerine bağlı iş birliği içinde faaliyet göstermesi olarak tanımlanabilir. Bu kavram, siber-fiziksel sistem aracılığıyla akıllı fabrikaların süreçlerini seyrederek, fiziksel dünyanın sanal kopyasını yaparak merkeze bağlı olmayarak tarafsız şekilde kararlar alabilme yeteneği sunar. Siber-fiziksel sistem, nesnelerin interneti kullanılarak kendi aralarında eş zamanlı iletişimi kurabilir ve iş birliği yapabilirler. Bu sayede üretim süreçleri daha esnek ve verimli hale gelir, fabrikalardaki sistemler birbiriyle entegre olarak çalışabilir ve bu da endüstriyel süreçlerde daha yüksek derecede otomasyon ve akıllı yönetim sağlar. Endüstri 4.0'ın temelinde, üretim süreçlerindeki dijital dönüşüm ve siber-fiziksel sistemlerin entegrasyonu yatar. Bu sayede fabrikalar, üretim aşamalarını daha iyi izleyebilir, verimliliği artırabilir ve karar alma süreçlerini optimize edebilirler. Ayrıca, tedarik zinciri yönetimi, ürün tasarımı, üretim planlaması ve kalite kontrol gibi alanlarda da büyük gelişmeler sağlanabilir. Bu da endüstriyel işletmelerin rekabet gücünü artırarak, daha etkin bir şekilde pazarlarda var olmalarını sağlar(Bal ve Erkan, 2019).

2.2.1.3. Endüstri 4.0 ve SWOT Analizi

Dördüncü Sanayi Devrimi, bir dizi önemli avantajının yanı sıra bazı potansiyel dezavantajları da beraberinde getiren bir sanayi devrimidir. Çizelge 1, Endüstri 4.0'ın güçlü yanları ile zayıf yanlarının yanı sıra fırsatlarını ve tehditlerini aktarmaktadır.

Çizelge 1. Endüstri 4.0 SWOT Analizi

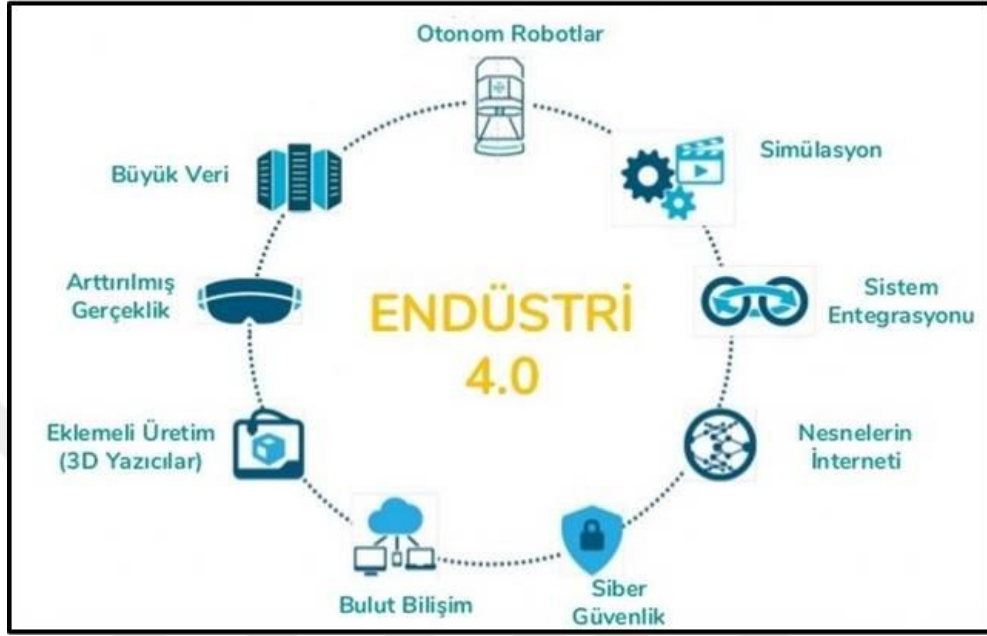
Güçlü Yanlar	Zayıf Yanlar
Verimliliğin yüksek, maliyetin ise düşük olmasıdır.	Kurulumu maliyetli ve kurulum süresi uzundur.
Üretimin çeşitlenmesi sağlanabilmektedir.	İleri düzeyde verilerin güvenliği sağlanmalıdır.
Enerjinin verimli kullanılması sağlanmaktadır.	Teknik anlamda öngörülemeyen sıkıntılar olabilmektedir.
Üretim yüksek hassasiyetle yapılabilmektedir.	Toplumsal olarak ileri düzeyde bilginin ve eğitimin olması gerekmektedir.
Ürün kalitesinde süreklilik mevcuttur.	Yüksek bilgi ve teknolojiye ihtiyaç vardır.
Oldukça hızlı olan tedarik zincirleri ile lojistiği bulunmaktadır.	Belirli sektörlerin ve küçük işletmelerin oluşturacağı elverişli yapı rahatlık sağlayacaktır.
Üretim yapılan alanlara duyulan ihtiyaçlar azalmaktadır.	Orta nitelikli seviyelerde işsizliğin oluşabilmesidir
İnsana ihtiyaç duyulmadan, imalata imkân tanınmasıdır.	İlk kez kullanılacak sistem olması nedeniyle başarısızlığı artırabilecek risktedir.
Müşterilerin memnuniyetinin ileri seviyede olmasıdır.	Nitelikli yüksek seviyeli işgücüne gereksinin bulunmaktadır.
Süreç bakımından basit ve kolay gözlenmesidir. İş sağlığının ve güvenliğinin üst seviyede olmasıdır.	
Fırsatlar	Tehditler
Dördüncü sanayi devrimi olurken orta gelişmiş ülkeler de bunun bilincinde olarak doğru hamleleri gerçekleştirerek gelişme seviyelerini yükseltme imkanını sağlayabilirler.	Gelişmiş batı ülkelerine üretimin tekrardan kayması tehlikesi mevcuttur. Gelir dağılımında adaletsizliğin artması mümkündür.
Esnek şekilde üretim yapabilme olanakları fazladır.	Ekonomik farkların ülkeler arası artma riski bulunmaktadır.
Büyümesi sabit sanayi ülkeler için üretimdeki ve ekonomideki ilerleme imkanı bulunmaktadır.	Dışa bağımlılığın gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde artacağı beklenmektedir.
Ar-Ge faaliyetlerine yapılacak yatırımlar ile yatırımcı sayısının yükselme avantajı bulunmaktadır.	Evrensel seviyede olabilecek işsizlik tehlikesi bulunmaktadır. Nesnelere internetiyle ilgili oluşabilecek siber saldırıların oluşmasıdır.
Açığa çıkan yeni iş kolları ile ticari avantajlar bulunmaktadır.	Yapay zekanın gelişmesi ile oluşabilen öngörülmeleyen tehditler bulunmaktadır ve Gelişmekte olan ülkelerin tüketici pazarını negatif etkileyebilir.

Kaynak: (İnan, 2019, s. 24)

2.2.2. Endüstri 4.0'ın Bileşenleri

Endüstri 4.0'ın tam bir tanımının olmamasına rağmen, Dördüncü Sanayi Devriminin başarıyla gerçekleştirilmesi için ülkeler ile firmaların bir dizi temel teknoloji olanaklarına sahip olması gerekmektedir. Teknolojik bileşenler, Dördüncü Sanayi Devrimi'nin ana unsurlarını oluşturur. Şekil 4'te gösterilen bileşenlerin kısmi

veya tam kullanımı, rekabetinin artırılmasına yönelik sistemlerin başarıyla uygulanabilmesine olanak tanır. Bu, şirketlerin teknolojik bileşenlere odaklanarak Endüstri 4.0'ın sunduğu avantajlardan yararlanma potansiyelini artıracakları bir dönemi işaret etmektedir (Toker, 2018).



Şekil 4. Endüstri 4.0 Uygulama Bileşenleri(Hürriyet Teknoloji Haberleri, 2018)

2.2.2.1. Bulut Bilişim

Bulut bilişim, internet üzerinden sunulan ve paylaşılan hesaplama kaynaklarına, veri depolama alanlarına ve hizmetlere erişimi ifade eden bir bilişim modelidir. Bu model, sunucular, depolama, ağ ve yazılım gibi kaynakları sanal olarak bir araya getirir ve kullanıcılara istedikleri zaman ve istedikleri yerden bu kaynaklara erişim imkânı sağlar. Bulut bilişim, esneklik, ölçeklenebilirlik, maliyet etkinliği ve erişilebilirlik gibi avantajlar sunar. Kullanıcılar, kendi donanım ve yazılımlarını satın almak ve yönetmek yerine, ihtiyaçlarına uygun bulut tabanlı hizmetleri kolayca kullanabilirler. Bu, işletmelerin ve bireylerin daha hızlı bir şekilde hizmet sunmalarını, yenilik yapmalarını ve rekabet avantajı elde etmelerini sağlar. Bulut bilişimin kullanım alanları arasında web tabanlı uygulamalar, veri depolama ve yedekleme, sunucu barındırma, yapay zekâ ve büyük veri analitiği gibi birçok alan bulunmaktadır. Ancak, bulut bilişim aynı zamanda güvenlik, gizlilik ve veri yönetimi gibi konuları da beraberinde getirir. Bu nedenle, bulut bilişim hizmetlerinin kullanımı sırasında güvenlik önlemlerinin alınması ve uygun veri yönetimi politikalarının uygulanması

önemlidir. Bulut bilişim, modern bilişim dünyasında önemli bir rol oynamakta olup, işletmelere ve bireylere daha esnek, verimli ve uygun maliyetli bir bilişim altyapısı sağlamaktadır (Kılıç ve Alkan, 2018).

Bilginin yayılma hızındaki artışla birlikte, anlık bilgiye ulaşmanın önemi giderek artmaktadır. Bulut bilişim, bu ihtiyaca yanıt olarak sunulan bir teknoloji olarak zaman ve mekândan bağımsız şekilde veri paylaşımını, erişimi ve işleme süreçlerini hızlı ve kolay hale getirmektedir. Temel olarak, bulut bilişim, bilgisayarın yerel sabit diskinde depolanan verilerin yerine, bu verilerin internet üzerinde depolanması ve buna internet aracılığıyla erişim sağlanması olarak tanımlanabilir (Aktaş vd., 2016).

Bulut bilişim terimi, başlangıçta interneti tanımlamak ve haberleşme/iletişim sistemlerindeki bağlantı ağlarını ifade etmek amacıyla ortaya çıkmıştır. İnternet kullanımının artmasıyla birlikte, bulut bilişim gelişim sürecinde kritik öneme sahip olan firmalardan biri ABD’de merkezi olan Amazon olmuştur. Amazon, 2006’da oluşturduğu sistem altyapısına Amazon Web Servisleri üzerinden ulaşım sağlayarak bulut bilişimin yaygınlaşmasına öncülük etmiştir. 2008’de ise haberleşme ile iletişim teknolojileri, servis hizmeti alanlar ile servis hizmeti sağlayan ve servis kullanıcıları olarak ikiye ayrılmıştır. Bu ayrım, bulut bilişiminin tamamıyla hayata geçirilmesi aşamasında bir dönüm noktasını oluşturmuştur (Şekkeli ve Bakan, 2018).

2.2.2.2. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti (IoT), fiziksel cihazların internete bağlanması ve birbirleriyle iletişim kurmasıyla oluşturulan bir ağ sistemidir. IoT, sensörler, yazılımlar ve diğer teknolojilerin entegrasyonu ile, nesnelerin (örneğin ev aletleri, araçlar, giyilebilir cihazlar) veri toplamasını, paylaşmasını ve analiz etmesini sağlar. Bu teknoloji, yaşamı daha verimli, güvenli ve konforlu hale getirmek amacıyla birçok sektörde kullanılmaktadır. Örneğin, akıllı ev sistemleri, IoT'nin bir uygulama örneğidir; bu sistemler sayesinde ev sahipleri, ısıtma, aydınlatma ve güvenlik sistemlerini uzaktan kontrol edebilir (Gökrem ve Bozuklu, 2016). Sanayi sektöründe ise, IoT, üretim süreçlerini izlemek, verimliliği artırmak ve bakım süreçlerini optimize etmek için kullanılır. Tarım sektöründe, IoT sensörleri, toprak nemini, hava koşullarını ve bitki sağlığını izleyerek verimliliği artırır. Ancak, IoT'nin yaygın kullanımı, siber güvenlik risklerini ve veri gizliliği endişelerini artırır. Bu nedenle, IoT uygulamalarının

güvenliği ve kişisel verilerin korunması büyük önem taşır. Nesnelerin İnterneti, giderek daha fazla cihazın internete bağlanması ve etkileşimde bulunmasıyla yaşamımızın bir parçası haline gelmektedir ve bu teknolojinin gelişimi, gelecekte daha da genişlemesi beklenmektedir (Çelik vd., 2018).

Nesnelerin İnterneti (IoT), fiziksel dünyadaki nesnelerin içerisine yerleştirilmiş veya yanında bulunan sensörler aracılığıyla kablolu veya kablosuz bağlantılar kullanarak internete entegre edilmesini sağlayan bir sistem olarak öne çıkar. Bu sayede, nesneler birbirleriyle iletişim kurabilir, veri toplayabilir, paylaşabilir ve işleyebilir. Nesnelerin İnterneti, günlük yaşamımızdaki cihazları daha akıllı ve etkileşimli hale getirir, aynı zamanda endüstriyel uygulamalardan tarım alanına kadar geniş bir yelpazede kullanım potansiyeline sahiptir.

Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojisinin temel bileşenleri, sistemin etkin bir şekilde çalışabilmesini sağlamaktadır. Bu bileşenler arasında ilk olarak, sistemin tanıyabileceği durumların ve hareketlerin bütünü bulunmaktadır. Sistemin faaliyete geçebilmesi için öncelikle tanımlanmış olan durumların belirlenmesi gerekmektedir. İkinci olarak, durumun ve hareketlerin algılanabilmesi için barkodların, radyo frekanslarının ve sensör uygulamalarının ve benzeri teknolojilerin kullanılarak tanımlanmasının ve tespitinin yapılması gerekmektedir. Üçüncüsü, tanımlama ile algılama süreciyle ulaşılan bilgilerin kablolu veya kablosuz bağlantılar vasıtasıyla bulut sistemine iletilmesidir. Son olarak, bulut sistemine iletilen bilgilerin mobil cihazlar, bilgisayarlar veya tabletler gibi taşınabilir araçlar üzerinden görüntülenebilmesi için iletilmesi bulunmaktadır (Göv ve Erdoğan, 2020).

Nesnelerin İnterneti (IoT) teknolojisinin kullanım alanı gün geçtikçe genişlemekte ve birçok endüstriyel sektörde yaygınlaşmaktadır. Özellikle IoT bileşenleri sayesinde üretim sistemlerinde bulunan makineler, birbirleriyle iletişim kurabilir hale gelmektedir. Nesneler, üzerlerinde bulunan sensör teknolojileri, barkod sistemleri, Wi-Fi, radyo frekansları gibi tanımlama yöntemleri ile birbirlerine bağlanarak üretim merkezlerine ve diğer nesnelere çeşitli parametreleri paylaşabilirler. Bu sayede nesnelerin interneti teknolojisiyle uyumlu akıllı evlerin ve akıllı fabrikaların, su baskınları, patlamalar gibi riskleri, sensör teknolojilerinin aracılığıyla hızlı bir şekilde ev sahiplerine, fabrika yönetimine ve sigorta şirketlerine bildirmektedir. Ayrıca, IoT sayesinde elde edilen veriler, internet bağlantısının olduğu tablete, bilgisayara ve telefona iletilip paylaşılabilir (Öcal ve Altıntaş, 2018).

Çoğu sektörlerde kullanım ortamı bulan nesnelerin interneti doğrudan veya dolaylı şekilde üretimde kullanımın, sağlayabildiği faydaları ile zararları Çizelge 2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Nesnelerin İnterneti, Faydaları ile Zararları

Faydaları	Zararları
Üretimde akıllı robotlar üretimi ve yönetimi gerçekleştirecektir.	Nesnelerin interneti teknolojisinin uygulanabilmesi için maliyetler oldukça yüksektir.
Bir sorunla karşı karşıya kalındığında üretimin otomatik durdurulabilmesi ve bunun da pratikleşmeyi sağlamasıdır.	Denetimler yetersizdir.
Akıllı fabrikaların üretiminde robot teknolojisini kullanması ve durumun işgücüne olan ihtiyacı azaltacak olmasıdır.	Yasalar yetersiz kalmaktadır.
Tedarik zincirlerinin akıllı duruma gelmesi ile zincir üstüne yerleşecek akıllı etiketler, sensörler sayesinde zincirlerin tümünde kendilerini yönetebileceklerdir.	Kurumların ve kişilerin gizlilikleri ile bilgilerinin güvenliği hakkında endişe hissedilmektedir.
Akıllı ölçüm gerçekleştiren araçlarla uygun değer belirlenmesiyle boş yere enerjinin tüketilmesi yapılmayacaktır. Altyapı maliyetlerinin bu şekilde düşürülmesi sağlanacaktır.	Protokollerin uyumsuzluğu mevcuttur.

Kaynak: (İnan, 2019, s. 37)

2.2.2.3. Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik (AG), gerçek dünyayı dijital olarak zenginleştiren ve kullanıcılara etkileşimli deneyimler sunan bir teknolojidir. Bu teknoloji, bilgisayarlar, kameralar, sensörler ve görüntüleme cihazları gibi donanımları kullanarak sanal nesneleri gerçek dünyaya ekler. AG, kullanıcının gerçek dünya görüntüsüne dijital bilgiler ekleyerek, çevresini daha zengin ve etkileşimli hale getirir (İçten ve Bal, 2017). Bu teknoloji, eğitim, eğlence, sağlık, mühendislik ve perakende gibi çeşitli alanlarda kullanılır. Örneğin, eğitimde AG, öğrencilere karmaşık konuları daha iyi anlamalarını sağlamak için interaktif simülasyonlar sunabilirken, sağlık alanında cerrahlar için ameliyat öncesi planlama ve eğitim aracı olarak kullanılabilir. Perakende sektöründe ise AG, müşterilere ürünleri sanal olarak deneyimleme ve daha bilinçli satın alma kararları verme imkânı sunar. Ancak, AG'nin yaygın kullanımı, gizlilik endişeleri, veri

güvenliği ve etik sorunlar gibi bazı zorlukları da beraberinde getirir. Bu nedenle, teknolojinin geliştirilmesi ve kullanımı sırasında bu konuların dikkate alınması önemlidir. Sonuç olarak, artırılmış gerçeklik, gerçek ve sanal dünyalar arasında etkileşimi artıran yenilikçi bir teknolojidir ve birçok sektörde kullanım potansiyeline sahiptir (Aksoy, 2017).

Artırılmış gerçeklik, gerçek dünyadaki ortama sanal dünyanın görüntülerinin, şekillerinin, seslerinin, grafiklerinin ve videolarının eklenmesiyle oluşturulan bir teknoloji olarak tanımlanır. İlk örnekler genellikle giyilebilir görüntüleyiciler gibi temel seviyede cihazlarla başlamıştır. Ancak günümüzde mobil uygulamalar, akıllı gözlükler, hologramlar gibi gelişmiş uygulamalar da artan bir şekilde kullanılmaktadır. Reklam sektörü bu teknolojiyi yaygın olarak kullanmakta olup, aynı zamanda bakımında ve onarım hizmetlerinde, endüstriyel süreçlerde, tıbbi görüntüleme cihazları ile sağlık alanlarında, askeri uçakların navigasyon sistemleri ve hedeflemelerinde, bilişimde, eğlence sektöründe ve eğitimde kullanım bulmaktadır. Artırılmış gerçeklik, gerçek dünyaya sanal dünyanın unsurlarının entegre edildiği, nesnelerin arasındaki gerçek zamanlı etkileşim sağlandığı bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır (Kamber ve Bolatan, 2019).

2.2.2.4. Siber Güvenlik

Siber güvenlik, bilgi teknolojileri sistemlerini ve dijital altyapıları, bilgisayar korsanları, kötü amaçlı yazılımlar, veri ihlalleri ve diğer siber tehditlerden korumak için tasarlanmış bir dizi önlem ve uygulamayı içeren bir disiplindir. Günümüzde, dijital dönüşümün ve internetin yaygınlaşmasıyla birlikte, siber güvenlik giderek daha önemli hale gelmektedir. Siber saldırılar, bireylerin ve kuruluşların hassas bilgilerini çalmak, altyapılarına zarar vermek veya hizmetleri engellemek için kullanılır. Bu nedenle, siber güvenlik, kullanıcıların ve kuruluşların bilgi güvenliğini korumak, veri bütünlüğünü sağlamak ve siber tehditlere karşı direnci artırmak için kritik bir öneme sahiptir (Karaarslan ve Akbaş, 2017). Siber güvenlik önlemleri, güçlü şifreleme, güvenlik duvarları, kötü amaçlı yazılımlara karşı koruma yazılımları, güncel yazılım ve donanım, eğitim ve farkındalık programları gibi çeşitli yöntemleri içerebilir. Ayrıca, endüstri standartlarına uyum, olay izleme ve yanıt sistemleri, yedekleme ve kurtarma planları gibi önleyici ve iyileştirici tedbirler de alınabilir. Ancak, siber güvenlik

tehditleri sürekli olarak evrim geçirdiği için, sürekli olarak güncellenen ve geliştirilen bir strateji ve yaklaşım benimsemek kritik öneme sahiptir. Bu sayede, bireyler, kuruluşlar ve toplumlar dijital varlıklarını ve güvenliklerini koruyabilir ve siber tehditlere karşı daha dirençli hale gelebilirler (Çark vd., 2019).

Siber güvenlik, bilgisayar sistemleri, ağlar, yazılımlar ve dijital verileri, kötü amaçlı saldırılardan, veri sızıntılarından, yetkisiz erişimden ve diğer siber tehditlerden koruma sürecini ifade eder. Bu alandaki temel hedef, bilgi sistemlerini güvenli bir şekilde işleterek, veri bütünlüğünü, gizliliğini ve erişilebilirliğini sağlamaktır. Siber güvenlik, bireyleri, kurumları ve devletleri siber saldırılardan korumak amacıyla geniş bir konsepti kapsar. Dördüncü sanayi devrimi, siber-fiziksel sistemleri, işlemleri, aygıtları ve makinelerin akıllı duruma geldiğini ifade eden bir paradigmayı temsil eder. Bu dönüşümle birlikte otomasyonun otonom hale gelmesi, insan-makine etkileşiminin azalması, tasarım süreçlerinde oldukça dikkatli davranılması gibi pek çok unsuru içermektedir. Fakat bu gelişmelerle birlikte, otomatik kararlar alma, kaynakların daha etkili kullanılması, yeni zeki çözümlerin üretilmesi, hizmet kalitesinde artış gibi avantajlar elde edilirken, gizlilik ve güvenlik konularına da özel bir önem verilmesi gerekmektedir (Kazdağlı, 2015).

Bu sistemlerin insan-insan, insan-makine, makine-makine etkileşimlerini kayıta alma, eş zamanlı izleme, takip etme, tahlil etme, değerlendirme ve bu verileri değere dönüştürme yetenekleri, siber ortamların daha önemli hale gelmesine neden olmaktadır. Ancak bu durum, siber ortamlarda yeni tehlikeler, tehditler ve güvenlik açıklıklarının ortaya çıkmasına yol açabilir. Bu nedenle, Endüstri 4.0 uygulamalarında güvenlik ve gizlilik konularına öncelik verilmesi, buna uygun önlemlerin alınması büyük bir öneme sahiptir.

Siber güvenlik, belirli ortamlarda veya ötesinde ortaya çıkabilecek siber güvenlik ve gizlilik ihlallerini, açıklıkları, saldırıları ve tehditleri önlemek amacıyla alınması gereken önlemleri içeren bir dizi politika, standart, prosedür ve tasarımı kapsayan bir sistemdir. Bu, gizliliği ve savunmayı sağlamak için ulusal, kişisel ve kurumsal düzeyde uluslararası çözümlerin geliştirilmesini, yeni teknolojilerin üretilmesini, yetkili, kaliteli ve becerikli insanların eğitilmesini, yeni gizlilik ile güvenlik araçları oluşturulmasını, yeni kuramların üretilmesini ve yeni stratejik planların ve politikalarının uygulanmasını içerir. Bu çerçevede, siber güvenlik alanında sürekli bir gelişim ve adapte olma süreci gereklidir. Yenilikçi çözümler,

güncellenmiş politika ve standartlar, etkili eğitim programları ve teknolojik gelişmelere hızlı bir şekilde uyum sağlama, güvenlik ve gizliliğin sürdürülebilir bir şekilde korunmasını sağlamak adına önemli faktörlerdir (Ertuğrul ve Deniz, 2018).

2.2.2.5. Büyük Veri

Silicon Graphics firmasındaki John Mashey'in 1998'de gerçekleştirdiği 'Büyük Veri ve Altyapı Gerilimi Dalgası' adlı sunum, büyük veri teriminin ilk kez kullanıldığı yer olarak kabul edilmektedir. Büyük veri, pek çok farklı kaynaklardan elde edilen yüksek hacimli dataların anlamlı olacak şekilde işlenmiş hali olarak tanımlanabilir. Video, medya paylaşımları, dosyalar, ağ günlükleri ve benzeri kaynaklar, sosyal medya yayınları, iklim sensörlerinden elde edilen bilgiler, web sunucu verileri, çağrı kayıtları gibi karmaşık kaynaklar büyük veri setlerine örnektir. Bu veri, genellikle çeşitli analitik yöntemlerle işlenerek anlam çıkarmak için kullanılır. Büyük verilerin organizasyonlar tarafından etkili bir şekilde kullanılmasıyla, bilgi bolluğu artabilir ve çalışanlar bu verilerden daha etkili bir şekilde faydalanabilir. Üretim süreçlerindeki sorunların, eksikliklerin ve kusurların anlık olarak tespit edilmesi ve algılanması, büyük veri analitiği sayesinde kolaylaştırılabilir. Diğer bir ifadeyle, farklı kaynaklardan elde edilen büyük hacimli verilerin çeşitli yöntemlerle değerlendirilmesi, kurumsal yönetim sistemlerinde anlık karar alma süreçlerinin standart hale getirilmesi ve geleceğin planlaması mümkün hale gelir (Kablan, 2018).

Büyük veriler genellikle petabyte, exabyte ve zettabyte gibi büyüklük birimleriyle ifade edilen yüksek hacimli verilerdir. Örneğin, bir petabyte yaklaşık olarak 20 milyon dosya dolabının metnine eşdeğerdir ve bir exabyte bu miktarın 1000 katına eşittir. Büyük veri kavramı, "4V modeli" olarak adlandırılan volume (hacim), velocity (hız), variety (çeşitlilik) ve value (değer) kriterlerinden oluşur (Beltrami vd., 2021)

Hacim (Volume): İlgili verilerin kapsadığı bellek alanını temsil eder. Akıllı cihazların sayısındaki artış, günümüzde üretilen verilerin boyutunu artırmıştır. Ayrıca, veri depolama birimlerinin fiyatlarının düşmesi, depolanan verilerin oranının hızla artmasına olanak tanımaktadır(Kablan, 2018).

Hız (Velocity): Büyük verilerin hızını, elde edilen verinin eş zamanlı olarak işlenip eyleme geçirilebilmesini temsil eder. Eş zamanlı verilerin analizi, verilerin

anında işlenmesi ve tamamlanması ile sistem verimliliğini artırır, optimal kararların hızlı bir şekilde alınmasını sağlar. Bu hızlı tepki verme yeteneği, firmalara veri akışı devam ederken müdahale etmeyi, işlemeyi ve analiz etmeyi mümkün kılar(Kablan, 2018).

Çeşitlilik (Variety): Büyük verilerin çeşitli olması, elde edilen verinin farklı türlerini belirleyerek benzeşik olmayan yapıdaki noksan kısımları belirtmektedir. Günümüzde elektronik ekipmanlardan düzenli olarak sağlanan verilerin gönderimi, sosyal medyada günlük aktivitelerin paylaşılması gibi nedenlerle veri çeşitliliği sürekli olarak artmaktadır. Farklı dillerde ve farklı alanlarda kodlanan artan veri, sistemlere entegre edilmelidir(Dengiz, 2017).

Değer (Value): Büyük verilerin değeri, verinin üretimi ve işlem aşamalarını geçerek firmanın içinde katma değer oluşturabilmesi için nitelikli bir şekilde kullanılabilmesine dayanır. Nitelikli veri elde edilebilmesi için işlenen verilerin düzenli şekilde güncel olması, canlı verilerin sürekliliğini sağlamak ve firma içindeki karar alma mekanizmalarına uygun kararların alınması gerekmektedir. Büyük verinin etkili kullanımı, maliyetleri azaltma, rekabet gücünü artırma, tedarik süreçlerinde gelişmeler ve genel verimliliği artırma hedeflerine ulaşmayı mümkün kılar (Dengiz, 2017).

2.2.2.6. Akıllı Fabrikalar

Akıllı fabrikalar, endüstriyel üretim süreçlerini optimize etmek ve iyileştirmek için ileri teknolojilerin entegrasyonunu kullanarak işletmelerin verimliliğini artırmayı hedefleyen modern üretim tesisleridir. Bu tesislerde, nesnelerin interneti (IoT), yapay zeka, büyük veri analitiği, otomasyon ve robotik gibi ileri teknolojiler, üretim ekipmanlarını birbirine bağlar ve süreçleri izler. Bu sayede, üretim verimliliği artar, hatalar azalır ve üretim süreçleri daha esnek hale gelir. Akıllı fabrikalar, gerçek zamanlı veri analizi ve öngörüselsel bakım gibi uygulamaları kullanarak arıza risklerini azaltabilir ve bakım maliyetlerini düşürebilir. Ayrıca, müşteri taleplerine daha hızlı yanıt verebilmek için esnek üretim sistemleri ve kişiselleştirilmiş üretim imkanları sunarlar. Bu da rekabetçi avantaj elde etmek için önemli bir fırsat sağlar. Ancak, akıllı fabrikaların uygulanması, ciddi yatırım ve uyum gerektirirken, güvenlik ve veri gizliliği gibi konular da göz önünde bulundurulmalıdır. Akıllı fabrikalar, endüstriyel

dönüşümün ve rekabetçi üretim modelinin bir yansıması olarak modern imalat sektöründe giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Sıla, 2018).

Akıllı fabrikalar, geleneksel üretim sistemlerinden farklı olarak gelişmiş teknolojileri bir araya getiren, üretim aşamalarını daha verimli ve hatasız bir şekilde yöneten tesislerdir. Bu fabrikalarda, otonom robotlar, akıllı makineler ve diğer üretim araçları birbirleriyle sürekli iletişim halindedir. Otonom robotlar, gelişmiş teknoloji ve yazılımlar sayesinde birbirleriyle etkileşim kurarak üretim süreçlerini yönetirler. Akıllı fabrikalarda önemli bir unsur, siber güvenlik önlemleridir. Makineler arasındaki iletişim ve veri paylaşımı siber güvenlik araçlarıyla korunur. Bu, üretimde potansiyel sorunların hızla tespit edilmesini ve otomatik olarak çözülmesini sağlar. Siber güvenlik, üretim sürecinin kesintisiz ve güvenli bir şekilde devam etmesini sağlamak adına kritik bir unsurdur. Otomasyonun ve otonom makinelerin yaygın olarak kullanıldığı akıllı fabrikalarda, üretim tam zamanında ve hatasız olarak gerçekleştirilir. Üretimdeki verimliliği artırmak için de çeşitli senaryolara uyum sağlayabilirler (Günay, 2002).

Akıllı fabrikalar, aynı zamanda büyük veri analitiği, yapay zekâ ve nesnelerin interneti gibi ileri teknolojileri kullanarak verimliliklerini artırır ve maliyetleri düşürürler. Üretim süreçlerinde gerçek zamanlı veri analizi sayesinde hataların tespit edilmesi ve düzeltilmesi hızlanırken, makine arızalarının önceden tahmin edilmesi bakım süreçlerini optimize eder. Bu da üretimde daha az atık, daha düşük enerji tüketimi ve daha yüksek kaliteye yol açar. Akıllı fabrikalar, esnek üretim sistemleri sayesinde müşteri taleplerine hızla yanıt verebilir ve özelleştirilmiş ürünlerin seri üretimini mümkün kılarlar. Bu da rekabetçi bir avantaj sağlar ve endüstriyel dönüşümü hızlandırır (Kablan, 2018).

Geleneksel üretim sistemleri ile akıllı üretim sistemleri arasındaki karşılaştırma Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 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 hızla 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 örgütlenme: 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)

2.2.2.7. Eklemeli Üretim (3D Yazıcılar)

Eklemeli üretim, yaygın olarak 3D yazıcılar olarak bilinen teknolojiyi kullanarak katman katman nesnelerin üretilmesini sağlayan bir imalat yöntemidir. Bu yöntemde, dijital bir model, 3D yazıcıya aktarılır ve yazıcı, malzemeyi katman katman ekleyerek istenen nesneyi oluşturur. Eklemeli üretim, geleneksel üretim yöntemlerinden önemli ölçüde farklıdır çünkü kalıp veya döküm gibi özel araçlar gerektirmez ve karmaşık geometriye parçaları üretmek için idealdir. Bu teknoloji, prototiplerin hızlı ve maliyet etkin bir şekilde üretilmesini sağlamanın yanı sıra, özelleştirilmiş ürünlerin ve yedek parçaların üretimini kolaylaştırır. Eklemeli üretimin yaygınlaşmasıyla, imalat sektöründe esneklik artar, stok maliyetleri azalır ve üretim süreçleri optimize edilir. Bununla birlikte, eklemeli üretimin büyük hacimli üretimler için hız ve maliyet açısından diğer geleneksel yöntemlerle rekabet edebilirliği sınırlıdır. Ancak, sürekli teknolojik gelişmeler ve malzeme bilimi ilerlemeleriyle birlikte, eklemeli üretimin potansiyelinin artması ve daha geniş bir uygulama alanına yayılması beklenmektedir (Erdoğan, 2018).

Eklemeli üretim teknolojisi, bilgisayar yardımıyla tasarlanan sanal nesne katmanları halinde fiziksel nesnelere olarak dönüşümüne olanak veren bir teknolojik yapı olarak öne çıkar. Bu teknoloji, üç boyutlu yazıcılar aracılığıyla nesnelere katman katman oluşturulmasını ve üretilmesini mümkün kılar. Son dönemde üç boyutlu yazıcı teknolojisinin yaşadığı gelişmeler, çıktı kalitesini artırmıştır. Bu sayede üç boyutlu yazıcıların, yalnızca modelin ve prototipin oluşma süreçlerinde değil, aynı zamanda savunma, otomotiv, havacılık, sağlık gibi birçok sektörde kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknolojinin getirdiği avantajlar arasında üretim süreçlerinde esneklik, özelleştirilmiş üretim imkânı, hızlı prototip oluşturma, malzeme tasarrufu ve karmaşıklığın daha etkili bir şekilde yönetilmesi gibi faktörler bulunmaktadır. Eklemeli üretim, endüstriler arasında giderek daha yaygın bir şekilde benimsenmekte ve gelecekte üretim süreçlerini önemli ölçüde dönüştürebilecek bir potansiyele sahiptir (Arkan, 2018).

3D yazıcılar, kalıpların ve modellerin üretim süreçlerine gereksinimi olmadan tasarım programlarına hazırlanmakta olan verilerle ürün üretimine olanak tanır. Bu özellik, ürünün tasarım aşamasında oluşturulan modelin üretime geçmeden önce görsel olarak incelenmesine imkân sağlar. Üretim süreçlerinin dijital ortama aktarılması, planlı bir üretim maliyeti oluşturulmasına ve net rakamların görülmesine olanak tanır, böylece ürün satışının fiyatlandırılmasının daha düzgün olarak yapılması gerçekleştirilebilir. Bugünkü rekabet şartlarının hızla değişmesi planlama süreçlerini oldukça önemli hale getirmiştir. 3D teknolojileri, üretimi, satışı, tedariki, pazarlamayı ve lojistik benzeri tedarik zinciri süreçlerini etkileyerek sipariş alınan kadar üretim yaparak stok oluşturma ihtiyacını azaltır. Bu teknolojinin etkin kullanımı, dijital ile modern üretim süreçlerine olanak tanıyarak seri prototip üretimlerin yolunu açmaktadır (Gönen ve Rasgen, 2019).

2.2.2.8. Otonom Robotlar

Otonom robotlar, programlanmış görevleri gerçekleştirmek için insan müdahalesine gerek duymadan çalışabilen, kendi başlarına kararlar alabilen ve çevrelerindeki değişikliklere uyum sağlayabilen robot sistemleridir (Rostow, 1971). Bu robotlar, yapay zeka, makine öğrenimi, sensörler ve diğer ileri teknolojilerin entegrasyonu sayesinde etkili bir şekilde çalışabilirler. Otonom robotlar, endüstriyel

tesislerde üretim hatlarını yönetmek, lojistik depolarında mal taşımak, tarlalarda tarım işlemlerini gerçekleştirmek, sağlık hizmetlerinde hasta bakımı yapmak gibi çeşitli görevlerde kullanılabilirler. Bu robotlar, insanların tekrarlayıcı, tehlikeli veya sıkıcı işlerden kurtarılmasına ve işgücü verimliliğinin artırılmasına yardımcı olabilirler. Ancak, otonom robotların yaygın kullanımı etik, hukuki ve güvenlik konularını da beraberinde getirir. Özellikle, robotların güvenliği, veri gizliliği ve işyerinde insanlarla etkileşimleri gibi konular önemlidir ve bu alanda gerekli düzenlemelerin yapılması gerekmektedir (Rostow, 1971).

Geçmişte insan gücüyle gerçekleştirilen ancak yeterli katma değer yaratamayan faaliyetler, günümüzde robotlar tarafından gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Robotların giderek daha akıllı hale gelmesi, üretim faaliyetlerinin otonom hale gelmesine olanak tanımıştır. Akıllı robotlar, içerisinde bulunan bilişim donanımı ve yazılımı sayesinde yapay zekâ uygulamalarını gerçekleştirebilme yeteneğine sahiptirler. Bu robotlar, çevrelerinden veri toplama yetenekleriyle düzenli bir şekilde karar alternatifleri üretir ve uygun sonuçları kullanıma çevirebilirler. Bu sayede üretim süreçleri daha hızlı, verimli ve esnek bir şekilde gerçekleşebilir, aynı zamanda insan işgücünü daha karmaşık ve stratejik görevlere yönlendirmek mümkün olabilir.

Otonom robotlar, Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden biri olarak işbirlikçi ve verimli üretim ortamlarının oluşturulmasına katkı sağlamaktadır. Özellikle işbirlikçi robotlar veya "cobotlar", insanlarla birlikte çalışabilme yetenekleriyle dikkat çekmektedir. İnsanların yaratıcılığını ve esnekliğini robotların dayanıklılığı ve sürekliliği ile birleştiren cobotlar, tekrar edilen görevlerde üstün performans sergilerken, insanlarla birlikte çalışarak iş verimliliğini artırır. İlk işbirlikçi otomasyon robotu örneği olan AB'nin "YuMi" robotu, Endüstri 4.0'ın vurguladığı işbirlikçi üretim anlayışının sembolik bir örneğidir. YuMi, çift kollu yapısıyla hassas ve tekrar edilen görevlerde insan gücünden üstün performans sergileyebilirken, insanlarla birlikte çalışma yeteneğiyle de öne çıkmaktadır (Dilibal ve Şahin, 2018). Bu tür robotların kullanımıyla üretim süreçlerinde verimlilik artarken, aynı zamanda insanların iş güvenliği ve konforu da gözetilir. Endüstri 4.0'ın ortaya çıkmasıyla birlikte otonom robotlar arasındaki etkileşim ve uyum önemli ölçüde artmıştır. Yazılım güncellemeleriyle otonom robotlar, farklı üretim hatlarında hızlı bir şekilde ve hatasız bir şekilde kullanılabilir hale gelmiştir. Bu sayede, üretim hattındaki değişen

ihtiyaçlara hızlıca adapte olunabilir ve maliyetler düşürülebilir. Otonom robotların esnekliği ve işbirlikçi yapısı, endüstriyel üretimdeki verimliliği artırarak rekabet avantajı sağlar. Bu gelişmeler, gelecekte endüstriyel üretimde daha akıllı, esnek ve verimli sistemlerin yaygınlaşmasına katkı sağlayacaktır (Bulut ve Akçacı, 2017).

Akıllı robotların, üretim sürecinde verimliliği artırarak işgücü yerine kullanımının başlaması, emeğe duyulan ihtiyacın azalacağı düşüncesine yol açmaktadır(Dilibal ve Şahin, 2018). Ancak, yakın zamanda, işçilerin eğitim düzeylerine göre yetkinliklerinin değerlendirileceği öngörülmektedir. Akıllı robot sistemleri ile donatılmış üretim yerleri ve 24 saat kayıt tutabilen, çözüm teklifi sunabilen kameralar bulunmaktadır. Bu sayede olası bir sorun durumunda, yetkili personel, işgücünün elektronik araçları aracılığıyla anında haberdar olacaktır. Ayrıca, yetkili personel ilgili probleme dair tüm parametrelere erişebilecektir. Bu şekilde, akıllı robotlarla desteklenen üretim süreçleri, insan ve makine arasında etkili bir iş birliğini mümkün kılar ve işçilerin niteliklerini farklı alanlarda değerlendirmelerine olanak tanır (Gönen ve Rasgen, 2019).

2.2.2.9. Siber-Fiziksel Sistemler

Siber-fiziksel sistemler, fiziksel dünyayı dijital dünyayla entegre eden ve bu entegrasyon sayesinde daha verimli, esnek ve akıllı sistemler oluşturan bir yaklaşımı ifade eder. Bu sistemler, nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ, büyük veri analitiği ve bulut bilişim gibi ileri teknolojilerin entegrasyonunu içerir. Fiziksel dünyadaki nesneler, sensörler ve diğer cihazlar aracılığıyla sürekli olarak veri toplar ve bu verileri dijital ortama aktarırken, dijital sistemler bu verileri analiz eder, işler ve geri bildirimlerde bulunur. Bu süreç, gerçek zamanlı kararlar alınmasını sağlar ve fiziksel sistemlerin otomatik olarak ayarlanmasına olanak tanır (Özahi, 2023). Siber-fiziksel sistemlerin kullanım alanları oldukça geniştir ve üretim endüstrisinden akıllı şehirlere, sağlık hizmetlerinden enerji yönetimine kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Bu sistemler, üretkenliği artırırken maliyetleri azaltabilir, kaynakları daha etkili bir şekilde kullanabilir ve daha sürdürülebilir çözümler sağlayabilir. Ancak, siber-fiziksel sistemlerin karmaşıklığı ve bağlantılılığı, siber güvenlik risklerini de beraberinde getirir, bu nedenle güvenlik önlemleri ve standartlar da aynı derecede önemlidir (Rostow, 1971).

Siber-fiziksel sistemlerin önemi giderek artmakta ve endüstriyel dönüşüm sürecinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu sistemler, fiziksel dünya ile siber dünya arasında bir köprü kurarak, nesnelerin interneti üzerinden etkileşim sağlarlar. Bu sayede, üretim süreçleri daha akıllı ve verimli hale gelirken, aynı zamanda günlük yaşamın birçok alanında da kullanılmaktadır. Siber-fiziksel sistemler, fabrikalardan akıllı şehirlere kadar geniş bir yelpazede uygulanabilirler. Örneğin, akıllı ulaşım sistemleri trafik akışını optimize edebilirken, akıllı tarım sistemleri verimliliği artırabilir ve kaynakları daha etkin bir şekilde kullanabilir. Siber-fiziksel sistemlerin bu geniş kapsamı, endüstride ve toplumda dönüşümü derinleştirerek daha akıllı ve bağlantılı bir geleceğe doğru yol almamızı sağlar (Çakır, 2018).

Siber-fiziksel sistemlerin yaygınlaşması, endüstrideki dönüşümü derinleştirmekte ve üretim süreçlerinde önemli iyileştirmeler sağlamaktadır. Bu sistemler, nesnelerin interneti aracılığıyla gerçek dünya ile siber dünya arasında köprü kurarak, üretim süreçlerinin daha akıllı ve bağlantılı hale gelmesini sağlar. Tedarik zincirinden başlayarak üretim, lojistik ve pazarlama aşamalarına kadar geniş bir yelpazede faaliyet gösteren siber-fiziksel sistemler, veri analizi ve gerçek zamanlı izleme gibi teknolojilerle donatılmıştır. Bu sayede üretimde esneklik sağlanırken, aynı zamanda daha verimli ve optimize edilmiş yönetim ve kontrol süreçleriyle işletmelerin rekabet gücü artmaktadır. Siber-fiziksel sistemler, endüstride dijital dönüşümü hızlandırarak geleceğin üretim ortamlarını şekillendirmektedir (Esmer ve Alan, 2019).

2.2.2.10. Simülasyon

Simülasyon, gerçek bir sistemin davranışlarını modellemek veya taklit etmek için kullanılan bir tekniktir. Bu teknik, gerçek dünya koşullarında yapılması pahalı, tehlikeli veya pratik olmayan deneylerin yerine geçebilir. Simülasyonlar, çeşitli endüstrilerde, bilimsel araştırmalarda, askeri eğitimlerde, ulaşım planlamasında, sağlık sektöründe ve daha birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Simülasyonlar genellikle matematiksel modelleme ve bilgisayar programlama teknikleri kullanılarak oluşturulur ve farklı değişkenlerin etkileşimlerini analiz etmek, riskleri azaltmak veya alternatif senaryoları değerlendirmek için kullanılabilir. Örneğin, trafik simülasyonları, şehir planlamacılarının yolları tasarlarırken trafik akışını tahmin etmelerine yardımcı olabilir. Benzer şekilde, tıp alanında cerrahi simülasyonlar,

cerrahların karmaşık operasyonları pratik yapmadan önce denemelerine ve becerilerini geliştirmelerine olanak tanır. Simülasyonlar, gerçek dünyadaki deneyimlerin sağlanamadığı durumlarda hayati bir rol oynayarak maliyetleri düşürmeye, verimliliği artırmaya ve riskleri azaltmaya yardımcı olabilir(Baudrillard ve Adanır, 1998).

Simülasyon, gerçek dünyada var olan bir fiziksel sisteme ait verilerin sanal bir ortama taşınmasıyla gerçek sistem özelliklerinin izlenmesine olanak tanıyan bir modelleme tekniğidir. Simülasyonlar, üretim süreçlerini takip etmek, maliyeti, risk yönetimini ve zaman yönetimini optimize etmek gibi avantajlar sağlar. Bu teknik, sanal dünyadaki olası sonuçları önceden gözlenmesini, gereken hazırlık aşamalarının tasarlanmasını amaçlar(Güzel, 2015).

Simülasyon, fiziksel sistemlerdeki bütün verilerin dijital alanlarda modellenebileceği durumlarda başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Bu sayede planlar, karşılaşılabilecek yeni durumlar için önceden hazırlanabilir ve gerekli tepkiler verilebilir. Simülasyonlar günümüzde imalat, işletmecilik, eğitim, sağlık ve birçok alanda kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Endüstriyel tasarımın geçmişte testlere dayalı olduğu düşüncesi hakimdi, ancak bilgisayar sistemlerinin ortaya çıkmasıyla bu paradigma değişti. Günümüzde bilgisayar yardımıyla simülasyon alanlarından dolayı endüstriyel tasarımlar, optimizasyonlar, tersine mühendislik ve analizler gibi alanlarda büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Simülasyon teknolojisi, seri üretim yapan büyük firmalar için önemli bir gelişme olup, ürünlerin sanal ortamda test edilmesi, zaman ve maliyet tasarrufu sağlar. Simülasyon uygulama yazılımlarının yaygınlaşmasıyla birlikte kullanım alanlarının daha da genişleyebileceği düşünülmektedir (Yapıcı ve Yıldırım, 2021).

2.2.2.11. Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu

Yatay ve dikey sistem entegrasyonu, işletmelerin farklı süreçleri ve fonksiyonları arasındaki ilişkileri yönetme ve optimize etme yaklaşımlarını ifade eder. Yatay entegrasyon, bir işletmenin aynı seviyedeki işlevler arasında, genellikle departmanlar veya iş birimleri arasında, bilgi ve kaynak paylaşımını sağlar. Bu, işletmenin içindeki iletişimi artırarak verimliliği artırabilir ve karar alma süreçlerini hızlandırabilir. Dikey entegrasyon ise, bir işletmenin farklı seviyelerindeki işlevler arasında, genellikle tedarikçiler ve müşterilerle olan ilişkileri içerir. Bu, tedarik zinciri

yönetimi ve müşteri ilişkileri yönetimi gibi süreçlerde sıkça kullanılır. Dikey entegrasyon, işletmelerin tedarikçilerle daha yakın bir iş birliği içinde çalışmasını ve müşterilere daha iyi hizmet sunmasını sağlayarak rekabet avantajı elde etmelerine yardımcı olabilir. Hem yatay hem de dikey entegrasyon, işletmelerin daha etkili ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlayarak rekabetçi bir avantaj elde etmelerine yardımcı olurken, aynı zamanda değişen pazar koşullarına daha iyi uyum sağlamalarına da olanak tanır. Bu nedenle, işletmelerin hem yatay hem de dikey entegrasyonu dengeli bir şekilde ele almaları, uzun vadeli başarı için önemlidir(Sayar ve Yüksel, 2018).

İşletmelerdeki büyümeye destek sağlayan öncelikli faktörlerden biri verimliliktir. Firmalar, büyüme hızını artırmak, tehlike durumlarını azaltmak, pazar payını yüksek tutmak amacıyla çeşitli stratejiler izlerler. Bu hedefleri gerçekleştirmek için şirketler, yatay ve dikey entegrasyon gibi kavramları kullanarak birleşebilirler. Yatay entegrasyon, çeşitli firmaların üretimlerinde ve organizasyonlarındaki her aşamada birbirine entegre olduğu bir süreci ifade eder. Bu entegrasyon, ham maddenin tedarikinden tasarıma, üretimden pazarlamaya ve lojistiğe kadar tüm aşamayı gerçek zamanlı denetim avantajı sağlar. Dikey entegrasyonda ise, süreçler arasında değil, süreçlerin tamamını kapsayarak bilgi ve iletişim akışını sağlar. Dikey entegrasyon örnekleri arasında kontrol paneli, kurumsal kaynaklı planlama yazılımı ile üretim sistemi ve yönetim sistemi yer alabilir(Apilioğulları, 2019).

Yatay ve dikey entegrasyon, üretim süreçlerinde anlık tepkiler verilmesini sağlar. Endüstri 4.0 teknolojisiyle birleştiğinde, kişiselleştirilmiş üretim kolaylaşır, firmalar oldukça değişken bir yapıya dönüşür ve kaynak verimliliğinde yükseliş sağlar. Ayrıca evrensel tedarik zincirlerinde optimizasyon elde etmek daha kolay hale gelir. Üretimde istenilen değişiklikler, basit arayüz yenilikleriyle dahi kolaylıkla gerçekleştirilebilir (Öztürk ve Koç, 2017).

2.2.2.12. Yapay Zekâ

Yapay zekâ (YZ), bilgisayar sistemlerinin insan benzeri zekâ yeteneklerini simüle etmek veya gerçekleştirmek için tasarlanan bir teknolojidir. YZ, veri analizi, örüntü tanıma, özerk karar alma ve öğrenme gibi bir dizi karmaşık görevi yerine getirebilir(İşler ve Kılıç, 2021). Makine öğrenimi ve derin öğrenme gibi alt alanlar,

YZ'nin geliştirilmesinde önemli rol oynar. Makine öğrenimi, bilgisayar sistemlerinin belirli görevleri belirli bir performans metriği doğrultusunda öğrenmesine izin veren bir tekniktir, derin öğrenme ise çok katmanlı yapay sinir ağları kullanarak daha karmaşık problemleri çözmek için kullanılır. Yapay zekânın uygulama alanları son derece geniş kapsamlıdır ve sağlık hizmetleri, otomotiv endüstrisi, finans, eğitim, hukuk, satış ve pazarlama gibi birçok sektörde kullanılmaktadır(Arslan, 2020). Örneğin, sağlık sektöründe YZ, hastalık teşhisi, ilaç geliştirme ve tedavi planlaması gibi alanlarda kullanılarak sağlık hizmetlerini iyileştirebilir. Ancak, YZ'nin etik, mahremiyet ve güvenlik gibi çeşitli endişelere neden olduğu ve bu teknolojinin nasıl yönetileceği konusunda tartışmaların devam ettiği unutulmamalıdır. Bu nedenle, YZ'nin geliştirilmesi ve uygulanması, toplumun geniş bir kesiminin katılımını ve dikkatli bir şekilde düzenlenmiş bir yaklaşımı gerektirir(K. Öztürk ve Şahin, 2018).

Yapay zekâ, endüstri 4.0 döneminde üretim alanlarında önemli bir yer edinmiştir ve gelecekte daha da yaygınlaşması ve gelişmesi beklenmektedir. Bu gelişme, makinelerin ve sistemlerin insan benzeri yeteneklere sahip olmalarını hedefler. Yapay zekâ, cihazların çevrelerini algılamaları, verileri analiz etmeleri, kararlar almaları ve hatta öğrenmeleri için gereken yetenekleri sağlayarak üretim süreçlerini daha verimli hale getirebilir. Makine öğrenimi algoritmaları, bu yapay zekâ sistemlerinin temelini oluşturur ve makinelerin geçmiş deneyimlerden öğrenerek yeni sorunlara uygun çözümler üretmelerini sağlar. Bu sayede, üretim süreçlerinde daha esnek, verimli ve akıllı makinelerin kullanılması mümkün olur. Yapay zekâ, endüstri 4.0'ın temel taşlarından biri olarak üretim alanında büyük bir potansiyel sunmaktadır (Guo vd., 2021).

Makine öğrenimi, yapay zekâ teknolojileri içinde önemli bir yere sahiptir. Olayları otomatikleştirebilme, yorumlama, kararları destekleme, harekete geçirebilme gibi yeteneklere sahiptir ve dijital dönüşüm süreçlerinde kritik bir rol oynar. Yapay zekâ teknolojileri, makine ile sistem, bulut bilişimi, büyük veri ve nesnelerin interneti teknolojilerinden faydalanarak sözlü iletişimin algılanabilmesi, verinin işlenerek kararı verebilmesi kadar pek çok görevi gerçekleştirebilirler. Yapay zekâ önceleri, tekdüze işler için kullanılan robotların becerilerini artırma amacını taşıırken, günümüzde lojistik süreçlerden üretim süreçlerine kadar birçok alanda merkezi bir rol almaktadır. Ayrıca dönüşüm, güvenlikten tarıma, kimyasallardan inşaata, enerji

sektöründen savunma ve ulaşımaya kadar birçok sektöre yayılmıştır (Peraković vd., 2019).

Yapay zeka kullanımında amaç, insanların ihtiyaçlarını karşılamak ile gündelik rutinlerinde kolaylık sağlamaktır. Bundan dolayı yapay zekâ, robotlarla birleştirilerek robotlara çeşitli yetenekler kazandırma çalışmaları yapılmaktadır. Örnek olarak, ABD merkezli Hanson Robotics firması tarafından yapılan Sophia, Little Sophia, Han, Bina ve Alice gibi robotlar; Danimarkalı Geminoiddk, Çinli Jia Jia, Japon Erica ve Türk Ada ve Akıncı gibi modeller, günümüzde en çok bilinen yapay zekaya sahip robot örnekleridir. Bu robotlar, insan benzeri davranışlar sergileyerek çeşitli görevleri yerine getirebilmekte ve iletişim kurabilmektedirler. Ayrıca, yapay zekâ yazılımları, son kullanıcılar için geliştirilen cep telefonları üzerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Örneğin, Iphone'nun geliştirdiği Siri, Samsung'un geliştirdiği Bixby ile yerli yapay zekâ asistanı Ceyd-A8, kullanıcıların sesli komutlarını algılayarak çeşitli görevleri yerine getirmelerine yardımcı olan popüler yapay zeka yazılımlarıdır (Židek vd., 2020).

2.2.2.13. Karanlık Fabrikalar

Karanlık fabrikalar, geleneksel üretim tesislerinden farklı olarak, insansız ve otomatik olarak işleyen, çoğunlukla yapay zekâ ve robotik sistemlerle donatılmış tesislerdir. Bu tür fabrikaların temel özelliği, geleneksel fabrikalardaki gibi insanların çalışmadığı, işlerin büyük ölçüde robotlar ve otomatik makineler tarafından yürütüldüğü bir ortam sunmasıdır. Karanlık fabrikaların adı, genellikle insan etkileşimi olmadığı ve genellikle 24 saat boyunca çalıştığı için gelir. Bu tesisler, maliyetleri düşürmek, üretkenliği artırmak ve hata oranlarını azaltmak için tasarlanmıştır. Otomatikleştirilmiş sistemler sayesinde, üretim süreçleri daha verimli hale gelirken, insan hatalarının ve iş kazalarının önlenmesi de mümkün olur. Bununla birlikte, karanlık fabrikaların yükselişi, işgücü piyasasında ciddi değişikliklere neden olabilir ve insan işgücünün gereksinimini azaltarak istihdam sorunlarına yol açabilir. Bu nedenle, karanlık fabrikaların gelişimi, hem endüstriyel dönüşümün bir parçası olarak hem de sosyal ve ekonomik sonuçları dikkate alınarak dikkatle incelenmelidir(Kahraman, 2017).

Karanlık fabrikalar, üretimlerin tamamen beşeri müdahaleye gereksinimi olmadan robotların gerçekleştirdiği bir üretim biçimini ifade eder. Bu fabrikalar, insanın üretim alanında ihtiyaç duyduğu özelliklerden arındırılmış, yalın bir üretim biçimini benimserler. Isıtma, aydınlatma, havalandırma gibi unsurların minimal olduğu karanlık fabrikalarda, üretim süreçleri tamamen kendi kendini düzenleyen makinelerden oluşur. Ayrıca fabrikalar, siber fiziksel sistemlerin yönlendirdiği otonom süreçlere dayanır ve insan faktörünü minimumda tutarlar. Özellikle siber fiziksel sistemler, üretim süreçlerini baştan sona organize ederken, makineler arasında iletişimi sağlarlar. Örneğin, üretim sırasında kaynak sorununun yaşanması olayında, siber fiziksel sistemlerin noksan kaynağı kendiliğinden sipariş edebilir ya da talep artışı olan bir ürünün üretimini anlık olarak artırabilirler. İnsan gücünün doğrudan işçilik maliyetine etki etmediği ve aydınlatma gibi ihtiyaçlar olmadığı için bu tür akıllı fabrikalara "karanlık fabrikalar" denir (Cordeiro vd., 2019).

Çin'de Dongguan şehrindeki Changying Precision Technology Company, dünyada inşa edilen ilk karanlık fabrikaya örnektir. Bu fabrika, cep telefonu üretiminde ve hassas teknolojilerin üzerinde çalışma yapmaktadır. Başlarda 650 kişi ile çalışan şirkette, akıllı fabrikalar tarafından gerçekleştirilen otomatik üretime geçilmiş ve insan gücünün %90'ı makinelerle değiştirilmiştir. Bu dönüşümle birlikte arızalarda ve aksaklıklarda %80 oranında azalma yaşanmış, üretkenlik ise %250 artmıştır(Akben ve Avşar, 2018).

2.3. Malatya Organize Sanayi Bölgelerinde Devlet Teşvikleri ve Üniversite Sanayi İlişkileri

Malatya Organize Sanayi Bölgeleri (OSB), Türkiye'nin doğusunda stratejik bir konumda yer alması nedeniyle sanayi ve ticaret açısından büyük potansiyele sahiptir. Devlet, bu potansiyeli daha da ileriye taşımak amacıyla çeşitli teşvikler sunmaktadır. Bu teşvikler, yatırımcıların ilgisini çekmek ve bölgedeki ekonomik faaliyetleri artırmak için tasarlanmıştır. Malatya OSB'lerde sunulan teşvikler arasında vergi indirimleri, gümrük vergisi muafiyeti, sigorta primi işveren hissesi desteği, faiz desteği ve yatırım yeri tahsisi gibi avantajlar bulunmaktadır. Bu teşvikler, özellikle imalat sanayiinde faaliyet gösteren firmalar için büyük fırsatlar sunmaktadır(Sağlam ve Deniz, 2007).

Vergi indirimleri, yatırımcıların vergi yükünü azaltarak maliyetlerini düşürmelerini sağlar. Gümrük vergisi muafiyeti ise yurt dışından getirilen makine ve teçhizatın maliyetini düşürerek, işletmelerin daha rekabetçi olmasına katkı sağlar. Sigorta primi işveren hissesi desteği, işletmelerin iş gücü maliyetlerini azaltırken, aynı zamanda istihdamı artırmayı teşvik eder. Faiz desteği, yatırımcıların finansman ihtiyaçlarını daha düşük maliyetlerle karşılamalarına yardımcı olurken, yatırım yeri tahsisi ise yatırımcıların uygun maliyetlerle yer bulmasını sağlar(Talas, 2008).

Malatya OSB'lerde sunulan bu teşvikler, sadece yerli yatırımcılar için değil, aynı zamanda yabancı yatırımcılar için de büyük fırsatlar sunmaktadır. Bölgenin stratejik konumu, ulaşım altyapısı ve lojistik avantajları, yatırımcıların ilgisini çeken diğer önemli faktörlerdir. Ayrıca, bölgedeki eğitim kurumları ve araştırma merkezleri, nitelikli iş gücü temininde önemli bir rol oynamaktadır(Tıkici vd., 2005). Bu teşviklerin yanı sıra, bölgedeki yerel yönetimlerin ve ticaret odalarının sağladığı destekler de yatırımcıların işlerini kolaylaştırmaktadır. Malatya Organize Sanayi Bölgeleri, devlet teşvikleri ve sunduğu avantajlarla yatırımcılar için cazip bir yatırım ortamı sunmaktadır. Bu teşvikler, bölgedeki ekonomik faaliyetlerin çeşitlenmesine ve büyümesine katkı sağlarken, aynı zamanda yerel halk için yeni istihdam olanakları yaratmaktadır. Bu sayede, Malatya'nın ekonomik kalkınması ve sanayileşmesi hız kazanmakta ve bölge, Türkiye'nin önemli sanayi merkezlerinden biri haline gelmektedir(Kavakcı, 2023).

Üniversite-sanayi iş birliği kapsamında, sanayi kuruluşları ile üniversiteler arasında ortak projeler yürütülmekte, staj ve iş başı eğitim programları düzenlenmektedir. Bu programlar, öğrencilerin teorik bilgilerini pratikte uygulamalarına olanak tanırken, aynı zamanda sanayinin ihtiyaçlarına yönelik nitelikli iş gücünün yetiştirilmesine katkı sağlamaktadır. Üniversiteler, sanayi kuruluşlarına Ar-Ge desteği sunarak, yeni ürün ve süreç geliştirme çalışmalarında aktif rol oynamaktadır. Bu sayede, sanayi kuruluşları inovatif çözümler üretebilmekte ve rekabet güçlerini artırabilmektedir(Ozdemir ve Yayik, 2022).

Malatya OSB'deki firmalar, üniversitelerle yapılan iş birliği sayesinde, en son teknolojik gelişmeleri yakından takip edebilmekte ve üretim süreçlerini iyileştirebilmektedir. Üniversitelerin laboratuvar ve araştırma merkezleri, sanayi kuruluşlarının kullanımına sunulmuş olarak, bilimsel araştırmaların pratik uygulamalara dönüştürülmesi sağlanmaktadır. Bu iş birliği, aynı zamanda yerel ekonominin gelişmesine ve bölgenin ekonomik kalkınmasına önemli katkılar sunmaktadır.

İnönü Üniversitesi'nin Teknokent ve Teknoloji Transfer Ofisi, bu iş birliğinin önemli bileşenlerinden biridir. Teknokent bünyesinde yer alan firmalar, üniversitenin akademik kadrosu ile birlikte projeler geliştirerek, hem üniversitenin bilgi birikiminden yararlanmakta hem de yeni teknolojiler üreterek sanayiye katma değer sağlamaktadır. Ayrıca, Teknoloji Transfer Ofisi aracılığıyla, üniversitede geliştirilen yeni teknolojilerin ve patentlerin sanayiye aktarılması sağlanmakta, bu da bölgedeki inovasyon ekosistemini güçlendirmektedir. Teknokent ve Teknoloji Transfer Ofisi (TTO), bölgedeki sanayi kuruluşları ile iş birliği yaparak, Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerinin etkin bir şekilde yürütülmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede, üniversitede geliştirilen yeni teknolojiler ve araştırma sonuçları, hızla sanayiye entegre edilmekte ve ticarileştirilmektedir(Deste vd., 2018).

TTO, üniversite-sanayi iş birliğinin artırılması için çeşitli programlar ve projeler yürütmektedir. Bu projeler kapsamında, akademisyenler ve sanayi temsilcileri bir araya gelerek ortak Ar-Ge projeleri geliştirmekte, prototipler üretmekte ve yeni ürünlerin pazara sunulmasını sağlamaktadır. Bu iş birlikleri, sadece teknoloji transferi ile sınırlı kalmayıp, aynı zamanda insan kaynağı gelişimine de katkıda bulunmaktadır. Öğrenciler, staj ve uygulamalı eğitimler aracılığıyla sanayiye daha hazır hale gelmekte ve sektördeki gelişmeleri yakından takip edebilmektedir(Kavakcı, 2023).

Teknokent bünyesinde düzenlenen seminerler, atölye çalışmaları ve konferanslar, bilgi paylaşımını teşvik etmekte ve inovasyon kültürünün yayılmasına katkı sağlamaktadır. Bu etkinlikler, girişimcilerin ve araştırmacıların bilgi birikimlerini artırmasına, yeni iş modelleri ve iş fırsatları keşfetmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, Teknokent, start-up ve KOBİ'lerin büyümesini destekleyen çeşitli finansal ve danışmanlık hizmetleri sunarak, bölgedeki girişimcilik ekosistemini güçlendirmektedir. İnönü Üniversitesi'nin Teknokent ve Teknoloji Transfer Ofisi, bölgedeki ekonomik ve teknolojik gelişimin kilit aktörlerindedir. Üniversitenin akademik birikimi ve sanayi ile olan yakın iş birliği, inovatif çözümlerin üretilmesini ve bu çözümlerin sanayiye hızlı bir şekilde entegre edilmesini sağlamaktadır. Bu iş birliği modeli, Malatya'nın rekabet gücünü artırmakta ve bölgeyi Türkiye'nin önemli bir sanayi ve inovasyon merkezi haline getirmektedir(Ketboğa, 2024).

2.4. Malatya'nın Türkiye Ekonomisine Etkisi

Malatya, Türkiye'nin doğusunda yer alan ve tarım, sanayi ve ticaret alanlarında önemli katkılar sağlayan bir il olarak, ülke ekonomisine çeşitli şekillerde etki etmektedir. Özellikle kayısı üretimiyle tanınan Malatya, dünya kayısı üretiminin büyük bir kısmını karşılayarak, Türkiye'nin tarım ihracatında önemli bir paya sahiptir. Malatya'nın kayısı ihracatı, hem döviz kazandırıcı etkisiyle hem de bölgesel istihdama katkısıyla Türkiye ekonomisinde dikkat çekici bir yer tutmaktadır. Tarım sektörü, Malatya'nın gayri safi yurt içi hasılasının (GSYİH) önemli bir bölümünü oluşturmaktadır ve bu sektör, bölgenin ekonomik yapısının temel taşlarından biridir.

Sanayi sektörü de Malatya'nın ekonomik yapısında giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) ve serbest bölgeler, çeşitli sanayi dallarında faaliyet gösteren işletmelere ev sahipliği yapmaktadır. Tekstil, gıda, makine ve metal sanayisi gibi alanlarda faaliyet gösteren işletmeler, hem yerel istihdamı artırmakta hem de ihracat yaparak ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır. Malatya'daki OSB'ler, yatırımcılar için sunduğu teşvikler ve avantajlarla da dikkat çekmekte, böylece bölgeye yerli ve yabancı yatırımların çekilmesine yardımcı olmaktadır. Bu durum, Malatya'nın GSYİH'sine olumlu katkı yaparken, Türkiye'nin genel sanayi üretimindeki payını da artırmaktadır(Tapan, 2023).

Malatya'nın ulaşım ve lojistik avantajları da ekonomiye olan katkısında önemli bir rol oynamaktadır. Karayolu ve demiryolu ağlarının yanı sıra, Malatya Havalimanı, hem iç hem de dış hatlarda taşımacılığı kolaylaştırmakta ve bölgenin ticaret hacmini artırmaktadır. Bu ulaşım altyapısı, Malatya'nın tarım ve sanayi ürünlerinin daha geniş pazarlara ulaşmasını sağlamakta, bu da bölgenin ticaret hacmini ve dolayısıyla ekonomik büyümesini desteklemektedir(Sezik, 2021).

Eğitim ve Ar-Ge alanındaki yatırımlar da Malatya'nın ekonomik yapısını güçlendirmektedir. İnönü Üniversitesi ve Turgut Özal Üniversitesi gibi kurumlar, hem nitelikli iş gücünün yetiştirilmesine hem de yenilikçi araştırmaların yapılmasına katkıda bulunmaktadır. Üniversiteler ile sanayi arasındaki iş birliği, özellikle Teknokent ve Teknoloji Transfer Ofisi aracılığıyla, bölgedeki inovasyon ekosistemini geliştirerek, yeni teknolojilerin ve ürünlerin ortaya çıkmasına olanak tanımaktadır. Bu durum, Malatya'nın ekonomik rekabet gücünü artırmakta ve Türkiye'nin genel ekonomik yapısına olumlu katkılar sağlamaktadır(Kavakcı, 2023).

Turizm sektörü de Malatya'nın ekonomisine katkı sağlayan önemli bir başka alandır. Tarihi ve kültürel zenginlikleri, doğal güzellikleri ve geleneksel el sanatları, hem yerli hem de yabancı turistlerin ilgisini çekmektedir. Bu durum, turizm gelirlerini artırmakta ve bölgedeki hizmet sektörünü canlandırmaktadır. Turizmden elde edilen gelirler, Malatya'nın GSYİH'sine doğrudan katkı sağlamakta ve bölge ekonomisinin çeşitlenmesine yardımcı olmaktadır(Kıyat ve Topal, 2019).

6 Şubat 2023 tarihinde Malatya'da meydana gelen büyük deprem, bölge ekonomisi üzerinde derin ve geniş kapsamlı etkiler yaratmıştır. Deprem, yerleşim alanlarının yanı sıra sanayi tesisleri ve tarım arazilerinde de ciddi hasarlara yol açmıştır. Malatya'nın Organize Sanayi Bölgeleri'nde (OSB) yer alan birçok fabrika ve üretim tesisi, deprem nedeniyle faaliyetlerini durdurmak zorunda kalmış, bu da üretim kayıplarına ve ekonomik zarara neden olmuştur. Ayrıca, tarım sektörü de depremden büyük ölçüde etkilenmiş; özellikle kayısı bahçeleri ve diğer tarım arazileri hasar görmüştür, bu da bölgenin tarımsal üretim kapasitesini azaltmıştır(Atar vd., 2023).

Depremin hemen ardından, bölgedeki ulaşım ve lojistik altyapısında da büyük zararlar meydana gelmiştir. Yolların, köprülerin ve demiryolu hatlarının hasar görmesi, mal ve hizmetlerin taşınmasını zorlaştırmış ve ticaret hacminde önemli düşüşler yaşanmıştır. Bu altyapı sorunları, sadece Malatya'nın yerel ekonomisini değil, aynı

zamanda Türkiye genelindeki tedarik zincirlerini de olumsuz etkilemiştir. Deprem sonrası yapılan acil müdahaleler ve onarım çalışmaları, ulaşım ve lojistik ağının yeniden işler hale getirilmesi için kritik öneme sahip olmuştur(Atar vd., 2023).

Eğitim ve sağlık sektörü de depremden ciddi şekilde etkilenmiştir. Birçok okul ve hastane binası kullanılamaz hale gelmiş, bu da eğitim ve sağlık hizmetlerinin aksamasına neden olmuştur. Öğrenciler, eğitimlerine devam edemezken, sağlık hizmetlerinin kesintiye uğraması, halkın genel sağlığını olumsuz etkilemiştir. Deprem sonrası bu yapıların onarılması ve yeniden inşa edilmesi için devlet ve yerel yönetimler tarafından önemli yatırımlar yapılmış, ancak bu süreç uzun vadeli planlama ve kaynak gerektirmiştir (Tapan, 2023).

Depremi ardından Malatya'da büyük bir toparlanma süreci başlamıştır. Devlet ve yerel yönetimlerin yanı sıra sivil toplum kuruluşları ve uluslararası yardım kuruluşları, bölgeye önemli destekler sağlamış, barınma, gıda ve sağlık hizmetleri gibi temel ihtiyaçların karşılanmasına yardımcı olmuştur(Aydoğdu, 2024). Yeniden inşa çalışmaları, hem kısa vadeli istihdam olanakları yaratmış hem de uzun vadeli ekonomik canlanmayı desteklemiştir. Ancak, depremin yarattığı ekonomik zararların tamamen telafi edilmesi zaman alacak ve bölgenin ekonomik yapısının yeniden inşa edilmesi için uzun vadeli çabalar gerekecektir(Türkmen vd., 2023).

2.5. Malatya'da Sanayinin Durumu

Malatya, sanayi sektörü açısından son yıllarda önemli gelişmeler kaydeden bir il olarak dikkat çekmektedir. Sanayi, bölgenin ekonomik büyümesinde ve istihdam yaratılmasında kilit rol oynamaktadır. Malatya Organize Sanayi Bölgeleri (OSB), sanayi yatırımlarının merkezi olarak ön plana çıkmakta ve bölgedeki sanayi faaliyetlerinin odak noktası olmaktadır. Malatya OSB'lerde tekstil, gıda, makine, metal ve kimya gibi çeşitli sektörlerde faaliyet gösteren birçok firma bulunmaktadır. Bu firmalar, hem yerel pazara hem de uluslararası pazarlara yönelik üretim yaparak, Malatya'nın ekonomik yapısına önemli katkılarda bulunmaktadır(Hanılçı, 2024).

Tekstil sektörü, Malatya'da sanayinin en önemli kollarından biridir. Bölgedeki tekstil firmaları, iplikten kumaşa, konfeksiyondan hazır giyime kadar geniş bir yelpazede üretim gerçekleştirmektedir. Bu firmalar, hem iç piyasa hem de ihracat için üretim yaparak, Türkiye'nin tekstil ihracatına önemli katkılarda bulunmaktadır. Tekstil

sektörü, aynı zamanda bölgedeki istihdamın büyük bir kısmını oluşturmaktadır ve birçok kişiye iş imkanı sunmaktadır.

Gıda sanayi de Malatya'nın sanayi yapısında önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle kayısı üretimi ve işlenmesi, bölgenin gıda sanayisinin bel kemiğini oluşturmaktadır. Malatya, dünya kayısı üretiminde lider konumda olup, ürettiği kayısıların büyük bir kısmını ihraç etmektedir. Kayısının yanı sıra, meyve suyu, kuru meyve, konserve ve diğer gıda ürünleri de Malatya'da üretilmekte ve işlenmektedir. Bu durum, bölgenin tarım ve sanayi entegrasyonunu güçlendirmekte ve ekonomik çeşitliliği sağlamaktadır.

Makine ve metal sanayi de Malatya'da gelişmekte olan sektörler arasında yer almaktadır. Bu sektörde faaliyet gösteren firmalar, özellikle tarım makineleri, inşaat makineleri, metal işleme ve montaj alanlarında üretim yapmaktadır. Bölgedeki makine ve metal sanayi firmaları, hem yerel ihtiyaçları karşılamakta hem de yurt dışına ihracat yaparak, bölgenin ekonomisine katkı sağlamaktadır. Bu sektörler, aynı zamanda teknolojik gelişmelere ve yenilikçi üretim tekniklerine de yatırım yaparak, rekabet güçlerini artırmaktadır(Hanilçı, 2024).

Kimya sanayi, Malatya'da gelişmekte olan bir diğer önemli sektördür. Bu sektörde faaliyet gösteren firmalar, özellikle temizlik ürünleri, kozmetik ve ilaç üretimi alanlarında yoğunlaşmaktadır. Kimya sanayi, bölgenin sanayi yapısının çeşitlenmesine katkı sağlamak ve ekonomik büyümeyi desteklemektedir. Ayrıca, bu sektörde yapılan Ar-Ge çalışmaları ve yenilikçi ürün geliştirme faaliyetleri, Malatya'nın sanayi yapısının modernleşmesine katkıda bulunmaktadır.

Malatya'nın sanayi yapısının gelişmesinde, yerel yönetimlerin ve ticaret odalarının sağladığı destekler de önemli rol oynamaktadır. Yatırım teşvikleri, altyapı yatırımları ve eğitim programları, sanayi sektörünün gelişmesine katkı sağlayan unsurlar arasındadır. Ayrıca, Malatya'nın stratejik konumu, ulaşım ve lojistik avantajları da sanayi sektörünün gelişimini desteklemektedir. Karayolu, demiryolu ve havayolu ağları, Malatya'nın hem iç pazarlara hem de uluslararası pazarlara hızlı ve kolay erişimini sağlamaktadır(Kavakçı, 2023).

3. YÖNTEM

Dördüncü Sanayi Devrimi'nin yaşamımıza dahil olmasıyla birlikte pek çok alan içinde teknolojiye yenilikler yaşanmıştır. Bu yenilikler, yalnızca ekonomi için değil, aynı zamanda sosyal, kültürel ve toplumsal alanlarda da evrensel etkilere neden olmaktadır. Dördüncü Sanayi Devrimi'ne tümüyle geçilmesiyle, pek çok ülke çeşitli sorunlarla karşılaşacaktır. Bu çalışma, Malatya ili nezdinde faaliyet gösteren Organize Sanayi Bölgesindeki bazı firmaların Endüstri 4.0'a karşı tutumlarını ve yaşadıkları sorunları değerlendirmektedir.

3.1. Çalışmanın Modeli

Bu çalışmanın temel amacı, teorik bölümde tanımlanan Dördüncü Sanayi Devrimi'nin süreçleri ile bileşenlerini Malatya Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren büyük, orta ve küçük ölçekli firmalarda nasıl uygulanabileceğini belirlemektir. Aynı zamanda, firmalar için uygulama yöntemlerinin, süreçlerinin ve Dördüncü Sanayi Devrimi'ne yönelik gelecekteki planları meydana çıkarmaktadır.

3.2. Evren ve Örneklem

Bu çalışmanın evrenini Türkiye'de yer alan organize sanayi bölgeleri oluşturmaktadır. Çalışmanın örneklem grubunu ise Malatya Organize Sanayi bölgesinde yer alan firmalar oluşturmaktadır.

Malatya Organize Sanayi Bölgesi içerisindeki firmaların Endüstri 4.0'a adapte olması, ülkenin ve bu firmaların uluslararası rekabet gücünü artırması adına büyük önem taşımaktadır. Bu uyum, daha etkili üretim süreçleri, yeni iş modelleri ve güçlü rekabet avantajları sağlayabilir, ülkedeki firmaların uluslararası pazarda daha etkin olmalarına katkıda bulunabilir.

Online olarak oluşturulan Google Form üzerinde yer alan 12 soru, toplamda 13 katılımcının verdikleri cevaplarla analiz edilmiştir. Her soru altında, gönüllü katılımcıların sağladığı bilgiler genel olarak değerlendirilmiştir.

3.3. Veri Toplama Araçları ve Teknikleri

Bu çalışmada verilerin daha hızlı ve güvenilir bir şekilde toplanmasına imkan veren veri toplama aracı olarak Google Form vasıtasıyla oluşturulan 12 soruluk elektronik anketten yararlanılmıştır.

3.4. Verilerin Toplanma Süreci

Ülkemizde yaşanan üzücü doğal afet nedeniyle, verilerin hızlı ve güvenilir bir şekilde toplanması amacıyla elektronik web ortamı kullanılmıştır. Bu verilerin toplanma sürecinde, Endüstri 4.0 uygulamalarından biri olan bulut bilişim hizmetleri tercih edilmiştir. Bu bağlamda, Google firmalarının bulut tabanlı iletişim sistemleri içinde faaliyet gösteren "Google Forms" tabloları kullanılarak veriler toplanmıştır. Malatya Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet gösteren firmalara yöneltilen elektronik anketler aracılığıyla, gönüllü katılımcıların sağladığı katılımı sonuçlar elde edilmiştir.

3.5. Verilerin Analizi

Çalışma kapsamında elektronik ankete gönüllü olarak katılan katılımcılardan elde edilen veriler toplanmış ve verilen cevaplara göre analiz edilmiştir.

4. BULGULAR VE YORUMLAR

Elektronik anket sorularına alınan cevaplar temelinde, ilgili soruların analizi yapılmıştır.

4.1. Elektronik Anket Soru Analizleri

Online olarak oluşturulan Google Form üzerinde yer alan 12 soru, toplamda 13 katılımcının verdikleri cevaplarla analiz edilmiştir. Her soru altında, gönüllü katılımcıların sağladığı bilgiler genel olarak değerlendirilmiştir. Elektronik anket kapsamında yöneltilen sorulara alınan cevaplar üzerinden elde edilen bilgilerin özetini sunmaktadır;

1. Şu ana kadar edinmiş olduğunuz eğitim seviyeniz nedir?

Çizelge 4. Katılımcıların Eğitim Düzeyi

Derecem bulunmamaktadır	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lise diploması veya eşdeğer derece	-		-	-	-	-	-	-	-	-	K10	-	-	-
Lisans	K1		K2	K3	K4	K5	K6	-	K8	K9	-	-	K12	K13
Yüksek lisans	-		-	-	-	-	-	K7	-	-	-	K11	-	-
Doktora	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Katılımcıların akademik geçmişi incelendiğinde, katılımcıların genel olarak lisans düzeyinde eğitim aldığı görülmektedir. Özellikle K7 ve K11 numaralı sıralamalarda yüksek lisans seviyesinde eğitim almış olduğu belirtilmiştir. K10 numaralı sıralama ise lise düzeyinde eğitim aldığını göstermektedir. Bu durum, bireyin lisans eğitimini tamamladıktan sonra yüksek lisans seviyesine yükseldiğini ancak belli

bir noktada lise düzeyinde eğitim aldığını göstermektedir. Ayrıca, lisans düzeyindeki eğitim alımlarının sık tekrarlandığı, özellikle K2, K3, K4, K5, K8, ve K12 numaralı sıralamalarda lisans seviyesinde eğitim aldığı görülmektedir.

Genel olarak, katılımcıların eğitim geçmişi lisans ve yüksek lisans düzeylerinde görünmektedir, ancak bazı katılımcıların lise düzeyinde eğitim aldığı da belirtilmiştir.

2. Çalışmalarınızla değer kattığınız işletmenin hangi departmanında görev almaktasınız?

Çizelge 5. Katılımcıların Kurumlarındaki Görev Tanımları

Üretim	-	K2	K3	K4	-	-	-	-	-	K10	-	-	-
Ar-Ge	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pazarlama	-				K5	K6	K7	K8	K9		K11	K12	K13
Satın alma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yönetim organizasyon	K1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Katılımcıların işletmeye katkı sağladığı departman, genel olarak pazarlama alanında görünmektedir. İlk bakışta, K1 numaralı sıralama yönetim organizasyonunda görev aldığınızı gösterse de, ardından gelen sıralamalarda ağırlıklı olarak üretim ve pazarlama departmanlarında görev alındığı anlaşılmaktadır. K5, K6, K7, K8 ve K11 gibi numaralı sıralamalardaki pazarlama vurgusu, bireyin işletmenin ürün veya hizmetlerini pazarlamakla ilgili bir rol üstlendiğini göstermektedir. Üretim departmanına olan katkılar da belirli sıralamalarda yer alsa da, pazarlama departmanındaki sıklık, bireyin bu alanda daha etkin bir şekilde görev aldığını göstermektedir.

3. Çalışmakta olduğunuz departmanda kaç yıllık tecrübeye sahipsiniz?

Çizelge 6. Katılımcıların Çalışma Geçmişi

1 yıldan az	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 - 3 yıl arası	-	-	-	-	-	-	-	-	K9	-	-	-	-
3 - 5 yıl arası	-	-	-	-	K5	K6	-	K8	-	-	-	K12	-
5 - 10 yıl arası	K1	K2	K3	K4	-	-	K7	-	-	-	-	-	K13
10 yıldan fazla	-	-	-	-	-	-	-	-	-	K10	K11	-	-

Çoğunlukla, bireylerin 5 ila 10 yıl arasında çalıştıkları belirtilmiştir. Bu süre aralığı, deneyimli bir profesyonel olduklarını ve bir süredir belirli bir alanda çalıştıklarını göstermektedir. Özellikle K10 ve K11 numaralı sıralamalarda, 10 yıldan fazla deneyime sahip olanların bulunması, bu grup içinde uzmanlaşmış ve belirli bir alanda derin bir bilgi birikimine sahip kişilerin varlığını göstermektedir. Diğer yandan, K9 numarasındaki sıralama, 1 ila 3 yıl arasında deneyime sahip bir bireyi temsil etmektedir. Bu kişinin daha yeni bir iş hayatına atıldığı ve henüz kariyerinin başında olduğu düşünülebilir. Aynı zamanda, K5, K6, K8 ve K12 numaralı sıralamalardaki 3 ila 5 yıl arasındaki deneyim, orta düzeyde deneyime sahip olan bireyleri temsil etmektedir. Sıralama, farklı deneyim seviyelerine sahip bireyleri içeren bir grup profesyoneli yansıtmaktadır, ancak çoğunluğun 5 ila 10 yıl arasında deneyime sahip olduğu gözlemlenmektedir.

4. Çalışmakta olduğunuz işletmeniz hangi sektör grubunda yerini almaktadır?

Çizelge 7. Katılımcıların Çalıştığı Firmaların Çalışma Alanları

Metal, makine ve ekipmanları	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otomotiv ve elektronik	-	-	-	-	-	-	-	K8	-	-	-	K12	K13
Gıda, tütün ve alkol	K1	K2	K3	K4	K5	K6	-	-	K9	K10	-	-	-
Kimya, plastik, ilaç, temizlik	-	-	-	-	-	-	K7	-	-	-	K11	-	-
Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çalışanların işletmelerinin hangi sektörde faaliyet gösterdiğini belirten bu sıralama, genel olarak iki ana sektör grubuna odaklanmış gibi görünmektedir. Çoğunluk, Gıda, Tütün ve Alkol sektöründe yer alan işletmelerde çalışmaktadır. K1, K2, K3, K4, K5, K6, K9 ve K10 numaralı sıralamalarda bu sektör grubuna vurgu yapılmıştır.

Diğer bir grup ise Kimya, Plastik, İlaç ve Temizlik ile Otomotiv ve Elektronik sektörlerinde faaliyet gösteren işletmelerde çalışmaktadır. K7, K11, K12 ve K13 numaralı sıralamalarda bu sektör gruplarına yönelik görev aldıkları belirtilmiştir. Bu sıralama, çalışanların çoğunlukla Gıda, Tütün ve Alkol sektöründe yer aldıklarını, ancak belirli bir grup insanın Kimya, Plastik, İlaç ve Temizlik ile Otomotiv ve Elektronik sektörlerinde de çalıştığını göstermektedir.

5. Geçmişten günümüze kadar gerçekleşmiş ve gerçekleşmeye devam edecek olan Endüstri Devrimleri hakkında genel bir bilgiye sahip misiniz?

Çizelge 8. Katılımcıların Endüstri Devrimi Hakkında Bilgi Düzeyi

Evet, bilgim bulunmaktadır	K1	K2	K3	K4	K5	K6	-	-	-	-	K11	-	-
Konu hakkında bilgi edinmekteyim	-	-	-	-	-	-	K7	-	K9	-	-	-	-
Hayır, bilgim bulunmamaktadır	-	-	-	-	-	-	-	K8	-	K10	-	K12	K13

Veriler incelendiğinde; Çoğu kişi (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K11) Endüstri Devrimleri hakkında bilgi sahibi olduklarını belirtmiştir. Bu kişiler, endüstriyel süreçlerin evrimi, makineleşme, sanayileşme ve teknolojik ilerlemenin toplumsal ve ekonomik etkileri gibi konularda genel bir anlayışa sahiptir. Bazı kişiler (K7, K9) ise konu hakkında bilgi edinmekte olduklarını ifade etmişlerdir, yani Endüstri Devrimleri ile ilgili bilgi düzeylerini güncellemekte veya bilinci arttırmaya çalışmaktadırlar. Diğer yandan, K8, K10, K12 ve K13 numaralı kişiler ise konu hakkında bilgi sahibi olmadıklarını ifade etmişlerdir. Bu kişiler, Endüstri Devrimleri tarihi ve etkileri konusunda bilgi eksikliğine sahip olabilirler.

6. Çalışmakta olduğunuz işletmenizin hangi Endüstri Devrimi aşamasında bulunduğunu düşünmektесiniz?

Çizelge 9. Katılımcıların Endüstri Devrimi Aşamaları

Endüstri 1.0	-	-	-	-	K5	-	-	K8	-	-	-	K12	K13
Endüstri 2.0	-	K2	K3	K4	-	K6	-	-	K9	K10	-	-	-
Endüstri 3.0	K1	-	-	-	-	-	K7	-	-	-	K11	-	-
Endüstri 4.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Çalışanların işletmelerinin Endüstri Devrimi aşaması hakkındaki görüşleri, genel olarak farklı aşamalara dağılmış gibi görünmektedir. K1, K7 ve K11 numaralı sıralamalardaki kişiler, işletmelerinin Endüstri 3.0 aşamasında bulunduğunu düşündüklerini ifade etmişlerdir. Endüstri 3.0, bilgisayar teknolojisinin ve otomasyonun daha yaygın kullanılmaya başlandığı dönemi temsil eder.

Diğer taraftan, K2, K3, K4, K6, K9 ve K10 numaralı sıralamalardaki çalışanlar, işletmelerinin Endüstri 2.0 aşamasında olduğunu düşündüklerini belirtmişlerdir. Endüstri 2.0, su ve buhar gücünün kullanıldığı, mekanizasyonun arttığı dönemi temsil eder. K5, K8, K12 ve K13 numaralı sıralamalardaki kişiler ise işletmelerini Endüstri 1.0 aşamasında konumlandırmışlardır. Bu dönem, mekanik enerjinin kullanıldığı ve buhar makinalarının ön planda olduğu sanayi devrimini simgeler. Sonuç olarak, çalışanların Endüstri Devrimi aşamasına ilişkin algıları, farklı işletmelerde farklı evrelerde olduğunu göstermektedir.

7. Ekonomik değere sahip olan ürünlerin internet bağlantısı ile üretimini gerçekleştirmeye devam edecek olan diğer makine ve araçlarla etkileşimini gerçekleştiren akıllı üretim aşaması olan Endüstri 4.0 Devrimine geçmenizi engelleyen neden nedir?

Çizelge 10. Katılımcıların Endüstri 4.0'a Geçiş Engelleri

Maliyet	-	K2	K3	-	-	K6	K7	-	K9	-	-	K12	-
Teknolojik donanım eksikliği	K1	-	-	-	K5	-	-	-	-	-	K11	-	-
Çalışan için yeterli eğitimin olmaması	-	-	-	-	-	-	-	-	-	K10	-	-	-
Başka işletmelerle gerçekleştirilen ilişkiler	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diğer nedenler	-	-	-	K4	-	-	-	K8	-	-	-	-	K13

Çalışanların Endüstri 4.0'a geçişi engelleyen nedenlere dair verdikleri cevaplar incelendiğinde, birkaç ana faktörün öne çıktığı görülmektedir. K1, K5 ve K11 numaralı kişiler, teknolojik donanım eksikliğinin bu geçişi engelleyen bir neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu, işletmelerinin mevcut altyapısının, Endüstri 4.0'a uygun teknolojik gereksinimleri karşılamada yetersiz olduğu anlamına gelmektedir.

Maliyet, K2, K3, K6, K7, K9 ve K12 numaralı sıralamalardaki kişiler tarafından vurgulanan bir diğer önemli engel faktörüdür. Endüstri 4.0'a geçiş genellikle yüksek maliyetler gerektirebilir, bu da birçok işletme için finansal bir zorluk olabilir. K10 numaralı kişi, çalışan için yeterli eğitim eksikliğini bir engel olarak belirtmiştir. Bu, çalışanların yeni teknolojileri anlamaları ve etkili bir şekilde kullanabilmeleri için gerekli eğitim kaynaklarının sağlanmasının önemini vurgular.

Son olarak, K4, K8 ve K13 numaralı kişiler ise "diğer nedenler" olarak belirttikleri faktörlerin Endüstri 4.0'a geçişi engellediğini ifade etmişlerdir. Bu durum, özel işletme koşulları, yönetim politikaları veya spesifik endüstri gereklilikleri gibi çeşitli nedenleri içerebilir. Genel olarak, Endüstri 4.0'a geçişin teknolojik, mali, eğitim ve diğer faktörlerle ilgili zorluklarla karşılaştığı görülmektedir.

8. Üretimde dijitalleşmenin hız kazandığı, üretimin internet ve sanal sistemlere entegre olarak gerçekleştiği üretim sürecinde herhangi bir siber saldırıdan endişe duymakta mısınız?

Çizelge 11. Katılımcıların Siber Saldırıya Karşı Hazırlık Durumu

Evet, endişe duymaktayız	K1	K2	K3	K4	K5	K6	-	-	-	-	-	-	-
Gerekli önlemleri almış bulunmaktayız	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	K12	-
Dijital güvenlik için altyapı çalışmalarımız devam etmekte	-	-	-	-	-	-	K7	-	K9	-	K11	-	-
Hayır, endişe duymamaktayız	-	-	-	-	-	-	-	K8	-	K10	-	-	K13

Verilen cevaplar incelendiğinde, katılımcıların önemli bir kısmı çoğunluğunun (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K9, K11) üretim sürecinde dijitalleşmenin artması ve internete entegrasyonunun getirdiği siber güvenlik tehditleri konusunda endişe duyduğunu ifade ettiği görülmektedir. Bu endişe, üretimdeki dijital altyapının siber saldırılara karşı savunmasız olabileceği veya bu tür bir tehditle karşılaşıldığında olumsuz etkilenme ihtimalinin düşündürücü olduğunu göstermektedir.

Bazı katılımcılar (K7, K9, K11) ise dijital güvenlik için altyapı çalışmalarının devam ettiğini belirtmişlerdir. Bu durum, bu işletmelerin siber güvenlik konusundaki farkındalıklarını artırmaya yönelik önlemler aldıklarını ve güvenlik altyapılarını güçlendirmeye çalıştıklarını göstermektedir. Diğer taraftan, K8, K10 ve K13 numaralı katılımcılar ise endişe duymadıklarını ifade etmişlerdir. (K12) işletmelerinin, dijital güvenlik önlemleri konusunda güvenilir bir durumda olduklarını veya bu konuda gerekli önlemleri almış olduklarını düşündüklerini göstermektedir.

9. Çalışmakta olduğunuz işletmenizin Endüstri 4.0 aşamasına geçmesi durumunda bunun işletmenizin maliyetlerini ne kadar etkileyeceğini ve avantaj sağlayacağını düşünmektесiniz?

Çizelge 12. Endüstri 4.0'a Geçiş Aşamasının Maliyet Üzerindeki Etkisi

%0 - %25	K1	K2	K3	K4	K5	K6	-	-	-	-	-	-	-
%25 - %50	-	-	-	-	-	-	K7	-	K9	-	K11	K12	-
%50 - %75	-	-	-	-	-	-	-	K8	-	K10	-	-	K13
%75 - %100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Verilen yanıtlar incelendiğinde, katılımcıların çoğunluğunun (K1, K2, K3, K4, K5, K6) Endüstri 4.0'a geçişin işletme maliyetlerini %0 ila %25 arasında etkileyeceğini düşündüğü görülmektedir. Bu kişiler, dijitalleşme ve otomasyonun getireceği avantajlara rağmen, maliyetlerde belirgin bir artış beklemediklerini ifade etmişlerdir.

K7, K9, K11 ve K12 numaralı katılımcılar ise Endüstri 4.0 geçişinin işletme maliyetlerini %25 ila %50 arasında etkileyebileceğini düşünmektedir. Bu kişiler, dijital dönüşümün getireceği yeniliklerin bir miktar maliyet artışına yol açabileceğini ancak aynı zamanda daha fazla verimlilik ve rekabet avantajı sağlayabileceğini düşünmektedir.

Son olarak, K8, K10 ve K13 numaralı katılımcılar ise daha yüksek bir maliyet etkisi beklemektedir, Endüstri 4.0 geçişinin işletme maliyetlerini %50 ila %75 arasında etkileyeceğini düşünmektedir. Bu kişiler, dijitalleşme ve otomasyonun getireceği teknolojik yeniliklerin, başlangıçta daha yüksek bir yatırım maliyeti gerektirebileceğini ancak uzun vadede büyük avantajlar sağlayabileceğini düşünmektedir.

Genel olarak, katılımcıların çeşitli beklentileri, Endüstri 4.0 geçişinin maliyetler üzerinde farklı etkiler yaratabileceğini göstermektedir.

10. Akıllı fabrikaların hâkim olduğu bir ortamda üretimin seri, verimli ve düşük maliyetle gerçekleştirileceği düşünüldüğünde istihdam büyük bir sorun olacaktır. Bu durumda çalışan sayısında değişiklik yapılacağı öngörülmektedir midir?

Çizelge 13. Endüstri 4.0'a Geçiş Aşamasında Çalışan Sayısındaki Değişiklik

Evet, çalışan sayısında değişiklik yapılacaktır	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	-	-	K11	-	-
İşletmemiz akıllı fabrika aşamasına geçiş için hazır değildir	-	-	-	-	-	-	-	-	K9	K10	-	-	-
Belli bölümlerde çalışan sayısı azaltılacaktır	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hayır, çalışan sayısında değişiklik yapılmayacaktır	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	K12	K13

Veriler incelendiğinde, katılımcıların çoğunluğunun (K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K11) akıllı fabrikaların hâkim olduğu bir ortamda üretimin seri, verimli ve düşük maliyetle gerçekleşmesi durumunda çalışan sayısında değişiklik yapılacağını öngördüğü görülmektedir. Bu kişiler, otomasyon ve dijitalleşmenin artmasıyla birlikte, daha etkili ve hızlı üretim süreçleri sağlandığında manuel işgücüne olan ihtiyacın azalacağını düşünmektedirler.

Diğer taraftan, K9 ve K10 numaralı katılımcılar işletmelerinin akıllı fabrika aşamasına geçiş için henüz hazır olmadığını belirtmişlerdir. Bu kişiler, belirli bir süreç içerisinde akıllı fabrika uygulamalarına geçiş yapmadıkları için çalışan sayısında değişiklik yapmayı düşünmeyebilirler. K12 ve K13 numaralı kişiler ise, bu değişikliklerin gerçekleşmeyeceğini belirtmişlerdir. Bu durum, belirli işletmelerin çalışan sayısında değişiklik yapma ihtiyacını hissetmeyebileceğini veya bu değişiklikleri gerçekleştirmek için gerekli görmeyebileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, akıllı fabrikaların etkisiyle birlikte çalışan sayısında değişiklik yapma eğiliminde olan katılımcıların çoğunluğu bulunmakla birlikte, bazı işletmelerin bu değişikliklere henüz geçiş yapmadığı görülmektedir.

11. Çalışmakta olduğunuz işletmenizin Endüstri 4.0 aşamasına geçmesi halinde hangi temel bileşenlere dahil olabileceğini düşünmaktesiniz?

Çizelge 14. Endüstri 4.0 Aşamasında Dahil Olunabilecek Temel Bileşenler

Büyük Veri ve Analizi	K1	-	K3	K4	K5	K6	-	-	K9	-	-	-	-
Nesnelerin İnterneti	-	-	-	-	-	-	-	K8	-	K10	-	-	-
Bulut Bileşim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otonom Robotlar	-	K2	-	-	-	-	-	-	-	-	K11	-	-
Artırılmış Gerçeklik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3D Yazıcılar	-	-	-	-	-	-	K7	-	-	-	-	K12	K13

Verilen yanıtlar incelendiğinde, katılımcıların çoğunluğunun (K1, K3, K4, K5, K6, K9, K12, K13) Endüstri 4.0 aşamasına geçildiğinde işletmelerinin temel bileşenlerinin büyük veri ve analizi olacağını düşündüğü görülmektedir. Büyük veri ve analiz, işletmelerin büyük miktarda veriyi toplamasını, işlemlerini ve bu verilerden elde edilen bilgileri kullanarak daha akıllı kararlar almasını sağlar. Bu da üretim süreçlerini daha verimli ve etkili hale getirebilir.

Diğer bir önemli bileşen ise nesnelerin interneti (IoT) olup, K8 ve K10 numaralı katılımcılar bu bileşeni belirtmişlerdir. IoT, fiziksel cihazların internet üzerinden birbirleriyle iletişim kurmasını sağlayan bir teknoloji olarak, üretimde gerçek zamanlı veri alışverişi ve daha etkili kontrol sağlayabilir.

Otonom robotlar, K2 ve K11 numaralı katılımcılar tarafından belirtilmiştir. Otonom robotlar, üretim süreçlerinde insan müdahalesi olmaksızın belirli görevleri gerçekleştirebilen robot sistemlerini ifade eder. 3D Yazıcılar K7 tarafından belirtilmiştir. 3D yazıcılar, üç boyutlu nesnelerin katman katman oluşturabilen ve çeşitli malzemeler kullanarak fiziksel olarak basabilen teknolojik cihazlardır. Bu yazıcılar, dijital modelleme veya tasarım programlarıyla oluşturulan üç boyutlu dosyaları kullanarak, katman katman malzeme biriktirerek nesnelere üretirler.

Sonuç olarak, katılımcıların çoğunluğu Endüstri 4.0'a geçişte büyük veri ve analizi temel bileşen olarak görmektedir. Ayrıca, nesnelerin interneti ve otonom robotlar gibi diğer bileşenlerin de önemli bir rol oynayabileceği görülmektedir.

12. Çalışmakta olduğunuz işletmenizin bulunduğu bölge içerisinde Endüstri 4.0 aşamasını gerçekleştirebilecek öncü işletmelerden biri olabileceğini düşünüyor musunuz?

Çizelge 15. Katılımcıların Endüstri 4.0'a Geçiş Aşamasındaki Düşünceleri

İşletmemiz gerekli teknolojik ve alt yapı donanımına sahip değildir	-	-	-	K4	-	-	-	K8	-	K10	-	K12	K13
---	---	---	---	----	---	---	---	----	---	-----	---	-----	-----

Çizelge 15- devamı

İşletmemiz için oldukça yüksek maliyetlidir	-	K2	K3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gerekli alt yapının ve yatırımların gerçekleştirilmesi doğrultusunda bu aşamaya geçilebilir	K1	-	-	-	K5	K6	K7	-	K9	-	K11	-	-

Katılımcıların verdiği yanıtlar incelendiğinde, işletmelerinin Endüstri 4.0 aşamasına geçiş konusundaki düşünceleri çeşitlilik göstermektedir.

K1, K5, K6, K7, K9 ve K11 numaralı katılımcılar, gerekli altyapının ve yatırımların gerçekleştirilmesi doğrultusunda Endüstri 4.0'a geçişin mümkün olabileceğini ifade etmişlerdir. Bu kişiler, işletmelerinin bu geçişi gerçekleştirmek için uygun bir teknolojik alt yapıya ve yatırım yapma potansiyeline sahip olduğunu düşünmektedir.

K2, K3, K8, K10, K12 ve K13 numaralı katılımcılar ise işletmeleri için Endüstri 4.0'a geçişin oldukça yüksek maliyetli olduğunu düşündüklerini belirtmişlerdir. Bu kişiler, bu geçişin maliyet açısından uygun olmadığını düşündükleri için bu aşamaya geçmeyi tercih etmeyebilirler.

K4 numaralı katılımcı ise işletmesinin gerekli teknolojik ve alt yapı donanımına sahip olmadığını ifade etmiştir. Bu durum, işletmenin Endüstri 4.0'a geçiş için uygun bir temele sahip olmadığını göstermektedir.

Sonuç olarak, katılımcıların Endüstri 4.0'a geçiş konusundaki düşünceleri işletmelerinin mevcut durumuna, teknolojik alt yapılarına ve maliyet stratejilerine bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Elektronik anket soruları, katılımcıların gereksinimleri açısından dikkatlice değerlendirilmiş ve bu değerlendirme sonucunda elde edilen veriler üzerinde bir analiz gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kullanıcıların ihtiyaçlarına dair önemli bulgular içermekte ve bu bağlamda çeşitli öneriler ortaya atılmıştır. Bu analiz, katılımcıların beklentileri ve talepleri doğrultusunda, anket sonuçlarına dayanarak geliştirilmiş çözüm önerilerini içermektedir.

5.1. Sonuçlar

Birinci Sanayi Devrimi ile buharlı makinelerin hayatımıza girmesi, insan gücünün yerini makinelerin almasıyla üretim süreçlerinde büyük bir dönüşüm yaşanmasına yol açmıştır. Buharlı makineler, enerji üretiminde ve taşımacılıkta devrim yaratarak, sanayi tesislerinin verimliliğini ve kapasitesini artırmıştır. İkinci Sanayi Devrimi ise elektrik teknolojisinin genişlemesi ve seri üretim tekniklerinin gelişmesiyle karakterize edilmiştir. Elektrik enerjisinin sanayiye entegrasyonu, üretim hatlarının otomatikleşmesine olanak tanımış ve bu sayede büyük ölçekli üretim yapılması mümkün hale gelmiştir. Üçüncü Sanayi Devrimi, otonom teknolojilerin ve dijitalleşmenin gelişmesiyle birlikte, bilgisayarların ve otomasyon sistemlerinin üretim süreçlerine entegre edilmesini sağlamıştır. Bu teknolojik ilerlemeler, veri işleme kapasitesinin artması ve bilgi teknolojilerinin sanayiye entegrasyonu ile üretim süreçlerinde esneklik ve verimlilik kazandırmıştır.

Bu tarihsel gelişim süreci, Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıkmasında önemli bir rol oynamıştır. Endüstri 4.0, fiziksel ve dijital sistemlerin entegrasyonunu ifade eden, siber-fiziksel sistemler, Nesnelerin İnterneti (IoT), bulut bilişim ve yapay zeka gibi ileri teknolojileri kapsamaktadır. Günümüzde bu teknolojik altyapılar sürekli olarak gelişmekte ve sanayi sektöründe köklü değişiklikler yaratmaktadır. Endüstri

4.0, üretim süreçlerinde daha fazla otomasyon, veri analitiği ve bağlantılı sistemlerin kullanımı ile verimliliği artırmayı hedeflemektedir.

Tez çalışması, Malatya ili açısından Endüstri 4.0'ın önemini, uygulama yapılarını ve önemli sanayi kuruluşlarının bu devrimin uygulanması konusundaki hazırlıklarını ele almaktadır. Elektronik anket sistemi üzerinden gönüllü firma katılımcılarına yöneltilen anket soruları aracılığıyla, katılımcıların verdikleri cevaplar doğrultusunda bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme, Malatya ili içindeki Endüstri 4.0 uygulama durumunu analiz etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların Endüstri 4.0'a geçiş konusundaki düşünceleri, işletmelerinin mevcut durumuna, teknolojik altyapılarına ve maliyet stratejilerine bağlı olarak farklılık göstermektedir.

Bazı katılımcılar, işletmelerinin gerekli altyapı ve yatırımları gerçekleştirebilecek potansiyele sahip olduğunu düşündükleri için Endüstri 4.0'a geçişin mümkün olduğunu ifade etmişlerdir. Bu kişiler, teknolojik dönüşümün getireceği avantajları görebilecekleri ve bu avantajlardan faydalanabilecekleri bir zemine sahip olduklarını düşünmektedir. Endüstri 4.0'ın sunduğu otomasyon, veri analitiği ve akıllı üretim sistemleri sayesinde, bu firmalar rekabetçiliklerini artırmayı ve üretim süreçlerini daha verimli hale getirmeyi hedeflemektedirler.

Diğer yandan, bir grup katılımcı ise Endüstri 4.0'a geçişin işletmeleri için yüksek maliyetli olduğunu belirtmiştir. Bu kişiler, maliyet açısından uygun olmadığını düşündükleri için bu aşamaya geçişin şu an için tercih edilmeyebileceğini ifade etmişlerdir. Bu durum, maliyet hassasiyeti olan işletmelerin, teknolojik dönüşümün getireceği avantajlar ile maliyetleri arasında denge kurmaya çalıştıklarını göstermektedir. Yüksek başlangıç maliyetleri, teknoloji entegrasyonunun gerektirdiği yatırımlar ve işletmelerin finansal kapasitesi bu karar sürecinde önemli rol oynamaktadır.

Ayrıca, bir katılımcı grubu da işletmelerinin gerekli teknolojik altyapıya sahip olmadığını belirtmiştir. Bu durum, Endüstri 4.0'a geçiş için temel bir gerekliliğin eksik olduğunu göstermekte ve bu işletmelerin öncelikle teknolojik altyapılarını güçlendirmeleri gerektiğini ifade etmektedir. Mevcut altyapının yetersizliği, dijital dönüşüm sürecinin önündeki en büyük engellerden biridir ve bu işletmeler, teknolojik altyapılarını güncelleyerek bu sürece hazır hale gelmelidirler

Sonuç olarak, Endüstri 4.0'a geçiş konusundaki düşünceler, işletmelerin kendine özgü seçeneklere bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Bu çeşitlilik, işletmelerin bireysel ihtiyaçları, kaynakları ve stratejileri doğrultusunda teknolojik dönüşümle ilgili kararlar alırken dikkate almaları gereken önemli faktörleri yansıtmaktadır. Malatya Organize Sanayi Bölgesi'nde (OSB) faaliyet gösteren firmaların çoğunluğunun Endüstri 2.0 aşamasında olduğu belirtilmiştir. Bu durum, firmaların büyük bir kısmının henüz tam anlamıyla dijital dönüşüm süreçlerine başlamadığını göstermektedir. Ayrıca, birçok firmanın Endüstri 4.0'a geçiş için henüz bir hazırlık yapmadığı ortaya çıkmıştır. Bu durum, firmaların Endüstri 4.0 bileşenlerini tam anlamıyla entegre edemedikleri takdirde beklenen etkinin gerçekleştirilemeyeceğine işaret etmektedir.

Dördüncü Sanayi Devrimi'ni firmaların öncelikli hedeflerinin arasında buldurması gerektiği vurgulanmış, fakat bu hedefin maliyet yönetimi kriteriyle sağlanabileceği ve firma ölçeğine bağlı olarak düzenleneceği değerlendirilmiştir. Üstelik, teknolojiye bağlı bu yöntemlere geçişin başlaması ve altyapıların oluşması için, çeşitli desteği içeren sistemler aracılığıyla sanayi kuruluşlarına bağış desteği sağlanmasının gerekliliği belirtilmiştir. Devlet destekleri, teşvik programları ve finansal yardımlar, firmaların Endüstri 4.0'a geçiş sürecini hızlandırmak ve mali yüklerini hafifletmek açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu desteklerin sonucunda hem istihdam hem de üretim yapısı açısından kazanımların elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Teknolojik dönüşümün sağladığı verimlilik artışı, üretim süreçlerinin optimize edilmesi ve rekabetçiliğin artırılması, Malatya OSB'deki firmaların global pazarlarda daha güçlü bir konum elde etmesine olanak tanıyacaktır. Ayrıca, bu dönüşüm süreci, bölgedeki iş gücünün niteliğinin artmasına ve yeni iş fırsatlarının doğmasına katkı sağlayacaktır. Böylece, Malatya ili, Endüstri 4.0'ın sunduğu fırsatlardan faydalanarak, ekonomik büyümesini ve sanayi yapısını modernize edebilecektir.

5.2. Öneriler

Malatya Organize Sanayi Bölgesi'nde (OSB) Endüstri 4.0'a geçiş süreci, bölgedeki sanayi firmalarının rekabetçiliğini ve verimliliğini artırmak adına kritik bir adım olarak değerlendirilmektedir. Bu dönüşüm sürecinde gözlemlenen sonuçlar,

teknoloji entegrasyonu, dijitalleşme, otomasyon ve veri analitiği konularında önemli gelişmeler sağlandığını göstermektedir. Ancak, tam anlamıyla Endüstri 4.0'a geçişin sağlanabilmesi için bazı konularda çalışmalar gerekmektedir.

Öncelikle, Malatya OSB'deki firmaların dijital dönüşüm süreçlerine hız kazandırmak amacıyla, kapsamlı bir eğitim ve bilinçlendirme programı oluşturulmalıdır. Bu program kapsamında, yöneticiler ve çalışanlar Endüstri 4.0 teknolojileri, dijitalleşme süreçleri ve yenilikçi üretim teknikleri hakkında bilgilendirilmelidir. Ayrıca, bu eğitimler sürekli hale getirilerek, sektördeki gelişmeler ve yeni teknolojiler hakkında güncel bilgilere erişim sağlanmalıdır.

İkinci olarak, firmaların Endüstri 4.0 teknolojilerini benimsemeleri için devlet teşvikleri ve destekleri artırılmalıdır. Özellikle küçük ve orta ölçekli işletmelerin (KOBİ) teknoloji yatırımlarını finanse edebilmeleri için hibe programları, düşük faizli krediler ve vergi indirimleri gibi çeşitli teşvikler sunulmalıdır. Bu sayede, firmalar, dijital dönüşüm süreçlerine daha kolay adapte olabilir ve rekabet güçlerini artırabilirler.

Ar-Ge ve inovasyon faaliyetlerinin desteklenmesi de kritik bir öneme sahiptir. Malatya OSB'deki firmalar, üniversiteler ve araştırma merkezleri ile iş birliği yaparak, yenilikçi ürün ve süreçler geliştirmelidir. Bu iş birlikleri, Teknokent ve Teknoloji Transfer Ofisi aracılığıyla daha da güçlendirilerek, bölgedeki inovasyon ekosistemi desteklenmelidir. Ar-Ge faaliyetlerine yönelik fonların artırılması ve projelerin teşvik edilmesi, Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde önemli bir itici güç olacaktır.

İnternet altyapısının güçlendirilmesi ve siber güvenlik önlemlerinin artırılması da Endüstri 4.0'a geçişte büyük önem taşımaktadır. Firmaların dijitalleşme süreçlerinde karşılaşılabilecekleri siber tehditlere karşı korunmaları için, güvenli ve hızlı internet erişimi sağlanmalı, ayrıca siber güvenlik eğitimleri düzenlenmelidir. Bu sayede, dijital dönüşüm süreçleri güvenli bir şekilde ilerleyebilir ve firmalar, veri kaybı ve siber saldırılar gibi risklere karşı korunmuş olur.

Son olarak, Malatya OSB'deki firmalar arasında iş birliği ve bilgi paylaşımının artırılması gerekmektedir. Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde başarılı örneklerin ve en iyi uygulamaların paylaşılması, diğer firmaların da bu dönüşüm sürecine adapte olmasına yardımcı olacaktır. Bu amaçla, düzenli olarak toplantılar, seminerler ve atölye çalışmaları düzenlenmeli, firmalar arasındaki iletişim ve iş birliği güçlendirilmelidir.6

KAYNAKÇA

- 14 Ocak 1914: Henry Ford, montaj bandında seri üretimi başlattı. (t.y.). Geliş tarihi 05 Temmuz 2024, gönderen <https://marksist.org/icerik/Tarihte-Bugun/357/14-Ocak-1914-Henry-Ford,-montaj-bandinda-seri-uretimi-baslatti>
- Akben, İ., ve Avşar, İ. İ. (2018). Endüstri 4.0 ve Karanlık Üretim: Genel Bir Bakış. *Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 26-37.
- Aksoy, S. (2017). Değişen teknolojiler ve endüstri 4.0: Endüstri 4.0'ı anlamaya dair bir giriş. *Sav katkı*, 4, 34-44.
- Aktaş, F., Çeken, C., ve Erdemli, Y. E. (2016). Nesnelerin interneti teknolojisinin biyomedikal alanındaki uygulamaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(1), 37-54.
- Alçın, S. (2016). Üretim için yeni bir izlek: Sanayi 4.0. *Journal of life Economics*, 3(2), 19-30.
- Apilioğulları, L. (2019). Üretim endüstrisi dijital dönüşüm süreci kavramsal ilişki haritası. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(3), 153-162.
- Arkan, Ö. (2018). *Endüstri 4.0 kavramı ve endüstri 4.0 dönüşümünün üretim maliyetlerine etkisi üzerine bir vaka çalışması: Bebek bezi üretimi* [Master's Thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü]. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/624656>
- Arslan, K. (2020). Eğitimde yapay zekâ ve uygulamaları. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 11(1), 71-88.
- Aslihan, Ö., ve Turhan, M. (2019). 4. Sanayi ve enformasyon toplumu çerçevesinde kamu politikalarının gelişimi. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 26(2), 361-375.
- Atar, M., İnce, O., Taş, Ö. F., Özmen, A., ve Sayın, E. (2023). Betonarme prefabrik endüstri yapılarının 6 Şubat 2023 depremleri sonrası hasarlarının incelenmesi. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 5(2), 291-300.

- Aydoğdu, E. (2024). Afetler Sonrasında Kalkınmada Yerel Yönetimlerin Önemi ve 6 Şubat Depremi Sonrasında Malatya Büyükşehir Belediyesi Örneği. *R ve S -Research Studies Anatolia Journal*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.33723/rs.1424677>
- Bağcı, E. (2018). Endüstri 4.0: Yeni üretim tarzını anlamak. *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(24), 122-146.
- Bal, H. Ç., ve Erkan, Ç. (2019). Industry 4.0 and competitiveness. *Procedia computer science*, 158, 625-631.
- Bartodziej, C. J. (2017). The concept Industry 4.0. İçinde C. J. Bartodziej, *The Concept Industry 4.0* (ss. 27-50). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-16502-4_3
- Baudrillard, J., ve Adanır, O. (1998). *Simülakrlar ve simülasyon*. Dokuz Eylül Yayınları Ankara, Turkey. https://www.academia.edu/download/53420174/Jean_Baudrillard__Simulakrlar_ve_Simulasyon.pdf
- Beltrami, M., Orzes, G., Sarkis, J., ve Sartor, M. (2021). Industry 4.0 and sustainability: Towards conceptualization and theory. *Journal of Cleaner Production*, 312, 127733.
- Bulut, E., ve Akçacı, T. (2017). Endüstri 4.0 ve inovasyon göstergeleri kapsamında türkiye analizi. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 4(7), 55-77.
- Burak, M., ve Dirican, C. (2018). Endüstri 4.0 teknolojileri ve turizme etkileri. *Disiplinlerarası Akademik Turizm Dergisi*, 3(1), 1-9.
- Cañas, H., Mula, J., Díaz-Madroñero, M., ve Campuzano-Bolarín, F. (2021). Implementing industry 4.0 principles. *Computers & industrial engineering*, 158, 107379.
- Cordeiro, G. A., Ordóñez, R. E. C., ve Ferro, R. (2019). Theoretical proposal of steps for the implementation of the Industry 4.0 concept. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 16(2), 166-179.
- Çakır, N. N. (2018). Endüstri 4.0 ve Çalışmanın Geleceği. *Ejovoc (Electronic Journal of Vocational Colleges)*, 8(2), 97-105.

- Çark, Ö., Yıldız, İ., ve Karadeniz, A. T. (2019). Sanayi 4.0 kapsamında işletmeler açısından büyük veri. *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies*, 3(2), 114-120.
- Çelik, K., Gülerüz, S., ve Özköse, H. (2018). 4. Endüstri Devrimine Kurumsal Baş. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 5(9), 86-95.
- Davis, R., Sessions, B.-O., ve Check, A. R. (2015). Industry 4.0. *Digitalisation for productivity and growth, European Parliament, members' research service*. <https://www.resultist.com/hubfs/docs/June-12-2019-CAMPS-Conference-Agenda-1.pdf>
- Davutoğlu, N. A. (2020). Üçüncü ve Dördüncü Sanayi Devrimleri Arasındaki Temel ve Sistemik Farklılıkların Determinist Bir Yaklaşım Analizi. *Management and Political Sciences Review*, 2(1), 176-194.
- Dengiz, O. (2017). Endüstri 4.0: Üretimde kavram ve algı devrimi. *Makina tasarım ve imalat dergisi*, 15(1), 38-45.
- Derya, H. (2018). Endüstri devrimleri ve endüstri 4.0. *GÜ İslahiye İİBF Uluslararası E-Dergi*, 2(2), 1-20.
- Deste, M., Türk, M., ve Keke, K. (2018). İşletme Yöneticilerinin Tersine Lojistiğe Bakış Açılarının Değerlendirilmesi: Malatya Organize Sanayi Örneği. *Alphanumeric Journal*, 6(2), 227-242.
- Devezas, T., Leitão, J., ve Sarygulov, A. (Ed.). (2017). *Industry 4.0: Entrepreneurship and Structural Change in the New Digital Landscape*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-49604-7>
- Dilibal, S., ve Şahin, H. (2018). İşbirlikçi endüstriyel robotlar ve dijital endüstri. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(1), 86-96.
- Endüstri 4.0 nedir ve ne anlama gelmektedir? - Teknoloji Haberleri*. (t.y.). Geliş tarihi 05 Temmuz 2024, gönderen <https://www.hurriyet.com.tr/teknoloji/endustri-4-0-nedir-ve-ne-anlama-gelmektedir-40806351>
- Erdoğan, M. M. (2018). Türkiye'nin dördüncü sanayi devrimi sürecindeki konumu. *II. International Symposium On Economics, Politics And Administration-ISEPA*, 18, 1-10. <https://www.researchgate.net/profile/Seyfettin>

Aslan/publication/329893558_MUSTAFA_KEMAL'IN_VE_NIHAL_ATSIZ'
IN_MILLIYETCILIK_ANLAYISLARI_HAKKINDA_KARSILASTIRMA
I_BIR_ANALIZ/links/5c20d0c4458515a4c7f5cbc9/MUSTAFA-KEMALIN
VE-NIHAL-ATSIZIN-MILLIYETCILIK-ANLAYISLARI-HAKKINDA
KARSILASTIRMALI-BIR-ANALIZ.pdf#page=47

- Ertuğrul, İ., ve Deniz, G. (2018). 4.0 Dünyası: Pazarlama 4.0 ve Endüstri 4.0. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(1), 143-170.
- Esmer, Y., ve Alan, M. A. (2019). Endüstri 4.0 Perspektifinde İnovasyon. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 7(18), 465-478.
<https://doi.org/10.33692/avrasyad.595720>
- Fırat, O. Z., ve Fırat, S. Ü. (2017). Endüstri 4.0 Yolculuğunda Trendler ve Robotlar. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 46(2), Article 2.
- Fırat, S. Ü., ve Fırat, O. Z. (2017). Sanayi 4.0 devrimi üzerine karşılaştırmalı bir inceleme: Kavramlar, küresel gelişmeler ve Türkiye. *Toprak İşveren Dergisi*, 114(2017), 10-23.
- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of cleaner production*, 252, 119869.
- Gökrem, L., ve Bozuklu, M. (2016). Nesnelerin interneti: Yapılan çalışmalar ve ülkemizdeki mevcut durum. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 13, 47-68.
- Gökten, P. O. (2018). Karanlıkta Üretim: Yeniçağda Maliyetin Kapsamı. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20(4), 880-897.
- Gönen, S., ve Rasgen, M. (2019). Endüstri 4.0 ve muhasebenin dijital dönüşümü. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(3), 2898-2917.
- Göv, S. A., ve Erdoğan, D. (2020). Dördüncü Endüstri Devriminin (Endüstri 4.0) Neresindeyiz? *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), 299-318.
- Guo, D., Li, M., Lyu, Z., Kang, K., Wu, W., Zhong, R. Y., ve Huang, G. Q. (2021). Synchronoperation in industry 4.0 manufacturing. *International journal of production economics*, 238, 108171.

- Günay, D. (2002). Sanayi ve sanayi tarihi. *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 31(2002), 8-14.
- Güzel, M. (2015). Gerçeklik İlkesinin Yitimi: Baudrillard'ın Simülasyon Teorisinin Temel Kavramları. *FLSF Felsefe ve Sosyal Bilimler Dergisi*, 19, 65-84.
- Hanilçı, R. (2024). Malatya’da Sanayileşme Süreci. *Van İnsani ve Sosyal Bilimler Dergisi*, 7, Article 7. <https://doi.org/10.62068/visbid.1404064>
- İçten, T., ve Bal, G. (2017). Artırılmış gerçeklik üzerine son gelişmelerin ve uygulamaların incelenmesi. *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 5(2), 111-136.
- İşler, B., ve Kılıç, M. (2021). Eğitimde Yapay Zekâ Kullanımı ve Gelişimi. *Yeni Medya Elektronik Dergisi*, 5(1), 1-11.
- Kablan, A. (2018). Endüstri 4.0,“Nesnelerin İnterneti”-Akıllı İşletmeler ve Muhasebe Denetimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı), 1561-1579.
- Kahraman, F. (2017). *Çalışma ilişkileri bakımından dördüncü sanayi devrimi ve Sivas ilinde farkındalık üzerine alan araştırması* [Master’s Thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü]. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/608784>
- Kamber, E., ve Bolatan, G. İ. S. (2019). Endüstri 4.0 Türkiye Farkındalığı. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 11(30), 836-847.
- Karaarslan, E., ve Akbaş, M. F. (2017). Blokzinciri tabanlı siber güvenlik sistemleri. *Uluslararası Bilgi Güvenliği Mühendisliği Dergisi*, 3(2), 16-21.
- Kavakcı, I. (2023). Bilgi Teknolojileri Kullanımının Tedarik Zinciri Çevikliğine Etkisi: Malatya İli OSB Örneği. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 44, Article 44. <https://doi.org/10.14520/adyusbd.1231766>
- Kazdağlı, H. (2015). Dördüncü Sanayi Devrimi’ne girerken iktisat eğitimi. *Ekonomi tek*, 4(3), 9-67.
- Ketboğa, M. (2024). 6 Şubat 2023 Tarihinde Yaşanan İki Büyük Depremin Malatya İlinde Faaliyet Gösteren Dış Ticaret Firmalarının Faaliyetleri Üzerindeki Etkileri ve Yaşanan Sorunlara Çözüm Önerileri. *Iğdır Üniversitesi Sosyal*

- Kılıç, R. (2023). Sanayi Devrimlerinin Serüveni: Endüstri 1.0'dan Endüstri 5.0'a. *Takvim-i Vekayi*, 11(2), Article 2.
- Kılıç, S., ve Alkan, R. M. (2018). Dördüncü sanayi devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye değerlendirmeleri. *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 29-49.
- Kıyat, G. B. D., ve Topal, M. (2019). Şehir Markası Kavramı; Malatya'nın Markalaşması. *Haliç Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(2), Article 2.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., ve Hoffmann, M. (2014). Industry 4.0. *Business ve Information Systems Engineering*, 6(4), 239-242.
<https://doi.org/10.1007/s12599-014-0334-4>
- Ozdemir, L., ve ve Yayık, F. (2022). Güç Mesafesinin Demografik Niteliklerle Birlikte Sosyal Sermaye Üzerine Etkisi. *Pamukkale Üniversitesi İşletme Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 29-49.
- Öcal, F. M., ve Altıntaş, K. (2018). Dördüncü sanayi devriminin emek piyasaları üzerindeki olası etkilerinin incelenmesi ve çözüm önerileri. *OPUS International Journal of Society Researches*, 8(15), 2066-2092.
- Özahi, E. (t.y.). *Bölüm 12 Siber Güvenlik/Siber-Fiziksel Sistemler*. Geliş tarihi 05 Temmuz 2024, gönderen http://www.emrahozahi.com/wp-content/uploads/2020/01/%C3%9CRGE506_END%C3%9CSTR%C4%B0_0_B%C3%96L%C3%9CM_12.pdf
- Özdemir, Ş. (2014). *Sanayi devriminin bilim tarihi üzerindeki etkisi: Bilim ve teknoloji iç içe*. <http://openaccess.iku.edu.tr/entities/publication/e606e5a7-1761-4c368351-c84c65c3a94a>
- Özdoğan, O. (2017). *Endüstri 4.0: Dördüncü sanayi devrimi ve endüstriyel dönüşümün anahtarları*. Pusula.
https://books.google.com/books?hl=tr&lr=&id=zkttdwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=END%C3%9CSTR%C4%B0+4.0+&ots=8D2ivHSMfQ&sig=6qGFwqrGtZXHaIM83U_nzqMJpNA

- Özhan, T. (2016). *Makinelerin evrimi: 4. sanayi devrimi*. eKitap Projesi & Cheapest Books. <https://books.google.com/books?hl=tr&lr=&id=Zg6SDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=4.+sanayi+devrimi&ots=jbS3ZKGFoa&sig=ArKYQipZrG8RElqxTUaRmAMKBLE>
- Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 21(1), 41-64.
- Öztürk, E., ve Koç, K. H. (2017). Endüstri 4.0 ve mobilya endüstrisi. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(3), 786-794.
- Öztürk, K., ve Şahin, M. E. (2018). Yapay sinir ağları ve yapay zekâ'ya genel bir bakış. *Takvim-i Vekayi*, 6(2), 25-36.
- Pamuk, N. S., ve Soysal, M. (2018). Yeni sanayi devrimi endüstri 4.0 üzerine bir inceleme. *Verimlilik Dergisi*, 1, 41-66.
- Peraković, D., Periša, M., ve Sente, R. E. (2019). Information and Communication Technologies Within Industry 4.0 Concept. İçinde V. Ivanov, Y. Rong, J. Trojanowska, J. Venus, O. Liaposhchenko, J. Zajac, I. Pavlenko, M. Edl, ve D. Perakovic (Ed.), *Advances in Design, Simulation and Manufacturing* (ss. 127-134). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93587-4_14
- Pereira, A. C., ve Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia manufacturing*, 13, 1206-1214.
- Popkova, E. G., Ragulina, Y. V., ve Bogoviz, A. V. (Ed.). (2019). *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century* (C. 169). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-7>
- Popov, V. V., Kudryavtseva, E. V., Kumar Katiyar, N., Shishkin, A., Stepanov, S. I., ve Goel, S. (2022). Industry 4.0 and digitalisation in healthcare. *Materials*, 15(6), 2140.
- Rostow, W. W. (1971). Sanayi devrimi nasıl başladı. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası*, 30(1-4). <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/8594>

- Sağlam, M. D. M., ve Deniz, M. (2007). Kriz Dönemlerinde İşletme Stratejileri Ve Malatya Organize Sanayi Bölgesinde Faaliyet Gösteren Tekstil İşletmelerinde Bir Uygulama. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(20), 156-176.
- Sanayi Devrimi'nin İtici Gücü: Watt'ın Buhar Makinesi | TÜBİTAK Bilim Genç.* (t.y.). Bilim Genç. Geliş tarihi 05 Temmuz 2024, gönderen <http://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/sanayi-devriminin-itici-gucu-wattin-buhar-makinesi>
- Sayar, M., ve Yüksel, H. (2018). Endüstri 4.0 ve Türkiye kamu sektöründe endüstri 4.0 dönüşümü. *Hukuk ve İktisat Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 83-98.
- Schwab, K. (2016). *Dördüncü sanayi devrimi*. Optimist Yayın Grubu. https://books.google.com/books?hl=tr&lr=&id=Bd2wDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=4.+sanayi+devrimi&ots=6OVwBthmSC&sig=qGk34os562XyBZXhzKSC_6J0Ec4
- Sezgin, S. (2018). Üçüncü Sanayi Devrimi: Yanal Güç, Enerjiyi, Ekonomiyi ve Dünyayı Nasıl Dönüştürüyor? *Is Ahlakı Dergisi*, 11(1), 129-134.
- Sezik, M. (2021). Kentsel Gelişim Sürecini Etkileyen Faktörler Bağlamında Malatya'nın Sürdürülebilir Kentsel Gelişimine Yönelik Değerlendirmeler. *Al Farabi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(3), Article 3.
- Sıla, G. (2018). Sanayi 4.0 Yolunda Türkiye. *Sosyoekonomi*, 26(36), 235-243.
- Smith, G. (2016). *Industry 4.0*. <https://edshare.gcu.ac.uk/5406/>
- Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve girişimcilikte yeni yaklaşımlar. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 32, 43-57.
- Suleiman, Z., Shaikholla, S., Dikhanbayeva, D., Shehab, E., ve Turkyilmaz, A. (2022). Industry 4.0: Clustering of concepts and characteristics. *Cogent Engineering*, 9(1), 2034264. <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2034264>
- Şekkelî, Z. H., ve Bakan, İ. (2018). Endüstri 4.0'ın Etkisiyle Lojistik 4.0. *Journal of Life Economics*, 5(2), 17-36.
- Talas, M. (2008). Bölgelerarası Dengesizlik ve Son Teşvik Yasası (Malatya Örneği). *Türk Dünyası Araştırmaları*, 173. <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=si>

te&authtype=crawler&jrnl=02550644&asa=Y&AN=33360995&h=rttLWSSfLZJDqLppAFBfYysJVzchX1cSUvFvd5NAdBKFLFLdMDelb5adVbFdtg6TVtvaxyeo4yuDDizH%2FBdQ%3D%3D&crl=c

- Tapan, İ. (2023). Kahramanmaraş Merkezli Depremlerin Tarihi ve Kültürel Miras Yapılarına Etkisi: Malatya Örneği. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.34086/rteusbe.1375917>
- Tarasov, I. V. (2018). Industry 4.0: Concept & development. *Business strategies*, 5. <https://ideas.repec.org/a/aci/journal/y2018id433.html>
- Taş, H. Y. (2018). Dördüncü sanayi devrimi'nin (endüstri 4.0) çalışma hayatına ve istihdama muhtemel etkileri. *OPUS International Journal of Society Researches*, 9(16), 1817-1836.
- Tikici, M., Güven, A. G. D. M., ve Demirel, Ö. G. E. T. (2005). Karakteristik Açından Girişimci Tipleri: Malatya Organize Sanayi Bölgesinde Bir Araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 165-180.
- Toker, K. (2018). Endüstri 4.0 ve sürdürülebilirliğe etkileri. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi, 29(84), 51-64.
- Türkiye'nin Sanayi 4.0 Dönüşümü. (t.y.). Geliş tarihi 05 Temmuz 2024, gönderen <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/8671-turkiyenin-sanayi-40-donusumu>
- Türkmen, İ., Karakoç, M., Ayaz, Y., ve Sarıcı, T. (2023). 6 Şubat 2023 Depremleri Sonrası Malatya Deprem Raporu ve Eylem Planı. <https://avesis.inonu.edu.tr/yayin/17be5f98-e19d-4843-a716-cab82be98017/6-subat-2023-depremleri-sonrasi-malatya-deprem-raporu-ve-eylem-planı>
- Yapıcı, O. Ö., ve Yıldırım, G. (2021). Endüstri 4.0'ın turizm alanındaki kavramları üzerine bir araştırma. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, 11, 394-412.
- Yıldırım, Y. (2020). Farkli Disiplinlerde Endüstri 4.0. *OPUS International Journal of Society Researches*, 15(21), 756-789.
- Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar. *Sakarya University Journal of Science*, 22(2), 546-556.

Zhou, K., Liu, T., ve Zhou, L. (2015). Industry 4.0: Towards future industrial opportunities and challenges. *2015 12th International conference on fuzzy systems and knowledge discovery (FSKD)*, 2147-2152. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7382284/>

Židek, K., Pitel', J., Adámek, M., Lazorík, P., ve Hošovský, A. (2020). Digital twin of experimental smart manufacturing assembly system for industry 4.0 concept. *Sustainability*, 12(9), 3658.



EKLER

EK 1. ENDÜSTRİ 4.0 UYGULANABİLİR ANKET ÇALIŞMASI

1. Şu ana kadar edinmiş olduğunuz eğitim seviyeniz nedir?

- A. Derecem bulunmamaktadır.
- B. Lise diploması veya eşdeğer derece
- C. Lisans
- D. Yüksek Lisan
- E. Doktora

2. Çalışmalarınızla değer kattığınız işletmenin hangi departmanında görev almaktasınız?

- A. Üretim
- B. Ar-Ge
- C. Pazarlama
- D. Satın alma
- E. Yönetim organizasyon

3. Çalışmakta olduğunuz departmanda kaç yıllık tecrübeye sahipsiniz?

- A. 1 yıldan az
- B. 1 - 3 yıl arası
- C. 3 - 5 yıl arası
- D. 5 - 10 yıl arası
- E. 10 yıldan fazla

4. Çalışmakta olduğunuz işletmeniz hangi sektör grubunda yerini almaktadır?

- A. Metal, makine ve ekipmanları
- B. Otomotiv ve elektronik
- C. Gıda, tütün ve alkol
- D. Kimya, plastik, ilaç, temizlik
- E. Kağıt üretim ve baskı, ahşap ve mobilya, inşaat

5. Geçmişten günümüze kadar gerçekleşmiş ve gerçekleşmeye devam edecek olan Endüstri Devrimleri hakkında genel bir bilgiye sahip misiniz?

- A. Evet, bilgim bulunmaktadır.
- B. Konu hakkında bilgi edinmekteyim
- C. Hayır, bilgim bulunmamaktadır.

6. Çalışmakta bulunduğunuz işletmenizin hangi Endüstri Devrimi aşamasında bulunduğunu düşünmektesiniz?

- A. Endüstri 1.0
- B. Endüstri 2.0
- C. Endüstri 3.0
- D. Endüstri 4.0

7. Ekonomik değere sahip olan ürünlerin internet bağlantısı ile üretimini gerçekleştirmeye devam edecek olan diğer makine ve araçlarla etkileşimini gerçekleştiren akıllı üretim aşaması olan Endüstri 4.0 Devrimine geçmenizi engelleyen neden nedir?

- A. Maliyet
- B. Teknolojik donanım eksikliği
- C. Personeller için yeterli eğitimin olmaması

D. Başka işletmelerle gerçekleştirilen ilişkiler

E. Diğer nedenler

8. Üretimde dijitalleşmenin hız kazandığı, üretimin internet ve sanal sistemlere entegre olarak gerçekleştiği üretim sürecinde herhangi bir siber saldırıdan endişe duymakta mısınız?

A. Evet, endişe duymaktayız

B. Gerekli önlemleri almış bulunmaktayız

C. Dijital güvenlik için altyapı çalışmalarımız devam etmekte

D. Hayır, endişe duymamaktayız

9. Çalışmakta olduğunuz işletmenizin Endüstri 4.0 aşamasına geçmesi durumunda bunun işletmenizin maliyetlerini ne kadar etkileyeceğini ve avantaj sağlayacağını düşünmektесiniz?

A. %0 - %25

B. %25 - %50

C. %50 - %75

D. %75 - %100

10. Akıllı fabrikaların hâkim olduğu bir ortamda üretimin seri, verimli ve düşük maliyetle gerçekleştirileceği düşünüldüğünde istihdam büyük bir sorun olacaktır. Bu durumda çalışan sayısında değişiklik yapılacağı öngörülmekte midir?

A. Evet, personel sayısında değişiklik yapılacaktır

B. İşletmemiz akıllı fabrika aşamasına geçiş için hazır değildir

C. Belli bölümlerde çalışan sayısı azaltılacaktır

D. Hayır, personel sayısında değişiklik yapılmayacaktır

11. Çalışmakta olduğunuz işletmenizin Endüstri 4.0 aşamasına geçmesi halinde hangi temel bileşenlere dahil olabileceğini düşünmektесiniz?

- A. Büyük Veri ve Analizi
- B. Nesnelerin İnterneti
- C. Bulut Bileşim
- D. Otonom Robotlar
- E. Artırılmış Gerçeklik
- F. 3D Yazıcılar

12. Çalışmakta olduğunuz işletmenizin bulunduğunuz bölge içerisinde Endüstri 4.0 aşamasını gerçekleştirebilecek öncü işletmelerden biri olabileceğini düşünüyor musunuz?

- A. İşletmemiz gerekli teknolojik ve alt yapı donanımına sahip değildir
- B. İşletmemiz için oldukça yüksek maliyetlidir
- C. Gerekli alt yapının ve yatırımların gerçekleştirilmesi doğrultusunda bu aşamaya geçilebilir
- D. İşletmenin gelişime ve ilerlemeye karşı isteksiz ve duyarsız olması

