



**T.C.
İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SAĞLIK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI**

**SAĞLIK 4.0: SANAYİDE ÖNGÖRÜLEN
DEVİRİMİN SAĞLIĞA YANSIMALARI**

Yüksek Lisans Tezi

GÜLER KOŞTI

ORCID NO: 0000-0002-5183-0472

İZMİR – 2020

**T.C.
İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
SAĞLIK YÖNETİMİ ANABİLİM DALI**

**SAĞLIK 4.0: SANAYİDE ÖNGÖRÜLEN
DEVİRİMİN SAĞLIĞA YANSIMALARI**

Yüksek Lisans Tezi

GÜLER KOŞTI

ORCID NO: 0000-0002-5183-0472

DANIŞMAN: PROF. DR. SERHAT BURMAOĞLU

İZMİR – 2020

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Sağlık 4.0: Sanayide Öngörülen Devrimin Sağlığa Yansımaları” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih:

GÜLER KOŞTI

İmza:

 İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ TS EN ISO 9001:2015	T.C. İZMİR KÂTİP ÇELEBİ ÜNİVERSİTESİ Sosyal Bilimler Enstitüsü	
	TEZ SINAVI TUTANAK FORMU	Dok. No: FR/604/21
		İlk Yayın Tar.: 03.10.2017
		Rev. No/Tar.: 00/..
		Sayfa 1 / 1

GÖNDEREN : Sağlık Yönetimi Anabilim Dalı Başkanlığı
GÖNDERİLEN : Sosyal Bilimler Enstitüsü

Anabilim Dalımız Yüksek Lisans Programı öğrencisi Güler KOŞTİ ile ilgili Tez Sınav Tutanağı aşağıdadır.

Tarih:

Sağlık Yönetimi Anabilim Dalı Başkanı

Sayı :

İmza

SINAV TUTANAĞI

Tez Sınav Jürimiz tarafından incelenen *“Sağlık 4.0: Sanayide Öngörülen Devrimin Sağlığa Yansımaları”* başlıklı tezli yüksek lisans tezi ile ilgili olarak jürimiz 01.09.2020 tarihinde toplanmış ve adı geçen öğrenciyi Tez Sınavına tabi tutmuştur. Sınav sonucunda adayın tezi hakkında OYBİRLİĞİ/ÇOKLUĞU ile aşağıdaki karar verilmiştir.

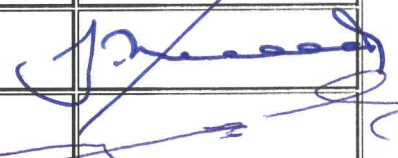


KABUL

Kabul Edilen Tezli Yüksek Lisans tezi:

- i) Bilime yenilik getirmiştir
- ii) Yeni bir bilimsel yöntem geliştirmiştir
- iii) Bilinen bir yöntemi yeni bir alana uygulamıştır
- iv) Uygulama yapmıştır (sadece Yüksek Lisans'ta geçerlidir)

RED

DÜZELTME *

Tez Sınav Jürisi	Unvanı ve Adı Soyadı	İmza
Tez Danışmanı	Prof. Dr. Serhat BURMAOĞLU	
Üye	Prof. Dr. Levent Bekir KIDAK	
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Zeynep SOFUOĞLU	
Üye		
Üye		

Eki : Tez Değerlendirme Formu (Her bir jüri için).

* Tez sınavında düzeltme kararı verilmesi halinde jüri tarafından öngörülen düzeltmelere ilişkin bir jüri raporu eklenmelidir. Düzeltmeler için Ek süre her defasında en fazla yüksek lisans öğrencileri için 3 ay, doktora öğrencileri için 6 aydır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SAĞLIK 4.0: SANAYİDE ÖNGÖRÜLEN DEVRİMİN SAĞLIĞA YANSIMALARI

Güler KOŞTI

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Sağlık Yönetimi Anabilim Dalı

Üretim sektöründeki dijital dönüşüme adını veren Sanayi 4.0 uygulamaları sağlık sektöründe de önemli bir yere sahip olmakla birlikte, sağlık alanında Sağlık 4.0 kavramıyla anılmaktadır. Sağlık 4.0 ile tüm sağlık alanında reaktif olan ve hizmet için ücret ödemesine odaklanan bir sistemden, sonuçları ölçen ve proaktif önlemeyi sağlayan değer temelli bir sistem anlayışına yönelme söz konusudur. Çünkü yaşlı nüfustaki artış ile doğru orantılı olarak kronik hastalıklarda yaşanan artışlar ve yeni tarz hastalıkların ortaya çıkması teknolojik ilerlemelere ayak uydurmayı bir gereklilik haline getirmiştir. Bu yüzden zamanla sağlığa duyulan ihtiyaçta yaşanan artış, kişi ve ülke ekonomisinde büyük bir yük oluşturduğu için yapılan sağlık harcamalarının azaltılmasına yönelik olarak teknolojik uygulamalarının geliştirilmesi zorunlu bir hal almıştır. Aynı zamanda Sanayi 4.0 uygulamaları sağlık sektöründe bireyden ulusa kadar her düzeyde farklı yoğunluklarda kendisini göstermektedir. Günümüzde yaşanan Covid-19 süreci ise bu teknolojik gelişmelerin ilerlemesini tetikleyecek potansiyele sahiptir.

Bu nedenle yürütülen tez çalışmasının amacı Sanayi 4.0 sürecinde gelişme gösteren teknolojilerin sağlık alanında ne ölçüde yer edindiğini bilimsel yayınları inceleyerek tespit etmek ve haritalandırmaktır. Bu amacı gerçekleştirebilmek için ise kantitatif ve kalitatif analizler birlikte kullanılmıştır. Kantitatif analiz bibliyometrik yöntemler aracılığıyla yürütülerek haritalandırmalar yapılmış ve veri kaynağı olarak ise Web of Science kullanılmıştır. Kalitatif analiz ise tam metin üzerinden yapılan

incelemelerle yürütülmüş, veri kaynağı olarak ise PubMed kullanılmıştır. Son olarak yürütülen bu çalışmayla sağlık alanında Sanayi 4.0 uygulamalarının hangi alt alanlarda ne aşamada olduğu tespit edilmeye çalışılmış ve gelecek için hem sektörel gelişime hem de akademik araştırmalara ışık tutacağı düşünülmüştür.

Elde edilen bulgular ise cerrahi alanda yaşanan önemli çalışmaların Cerrahi 4.0 kavramıyla 2017 yılından itibaren günümüze kadar hızla yürütüldüğünü bunun ise hasta güvenliği üzerinde önemli bir etki yaratabileceğini, özellikle malpraktis konusunda önemli avantajlar sağlayacağını göstermektedir. Ayrıca sağlık alanında geliştirilen Sanayi 4.0 teknolojilerinin sağlıkta çoğunlukla eğitim alanında yoğunlaştığını görmek mümkündür. Günümüzde içinde bulunduğumuz pandemi döneminde bu süreçlerin daha da etkili olacağı ve Sanayi 4.0 uygulamaları aracılığıyla sağlık sisteminin özellikle halk sağlığına dönük olarak daha da geliştirici önlemler sağlayacağı elde edilen bulgular arasındadır.

Anahtar Kelimeler: Sanayi 4.0, Endüstri 4.0, Sağlık 4.0, Dijitalleşme, Bibliyometrik Analiz

ABSTRACT

Master's Thesis

HEALTH 4.0: PROJECTIONS OF FORECASTED REVOLUTION OF INDUSTRY IN HEALTH

Güler KOŞTI

İzmir Kâtip Çelebi University

Social Sciences Institute

Department of Healthcare Management Program

Industry 4.0 applications, which gives its name to the digital transformation in production sector, has also an important place in healthcare and they are accepted as with in the concept of Health 4.0. With Health 4.0, it is clear that there is a tendency to move from a system which is reactive in all healthcare sector and that focuses on getting payment in return for the services provided, into a new system which evaluates the results and provides proactive precautions and which is also based on moral values. Because the increasing numbers in chronic diseases which is related to the increase of the elderly population and the emergence of new illnesses it became necessary to keep up with the latest technological developments. For this reason, the increasing demands for healthcare services became a huge burden for personal budgets and the economy of the state, it became mandatory to develop technological applications to decrease the cost of healthcare services. At the same time, Industry 4.0 practices show themselves in different densities in the health sector at all levels from individual to nation. Today, the Covid-19 process has the potential to trigger the progress of these technological developments.

The aim of the thesis study which is being carried out is to establish and map the technologies which progressed a lot during Industry 4.0 period and to identify to what extent these technologies have been in healthcare sector by studying scientific

works. In order to realize this aim, quantitative and qualitative analysis have been made together. Quantitative analyses have been carried out by made bibliometric methods, mapping have been made and Web of Science has been used as a source of data. Qualitative analysis have been carried out by the researdnes on the original text and PubMed has been used as the source of data. Finally with this study, it is attempted to figure out at what level Industry 4.0 applications are in various subfields and it is thought that it will offer a solution in sectoral development along with academic research in the future.

The findings which are obtained show that important studies in the surgical field have been carried out rapidly with the name of Surgery 4.0 since 2017 and this could create a significant impact on the safety of patients and it could provide important advantages especially on malpractice cases. In addition, it is possible to see that Industry 4.0 technologies which are developed in healthcare area mainly focus on education area in healthcare. Today in the pandemy period that we are facing, the fact that these processes will be more effective and with the help of the Industry 4.0 applications, the health system will provide more developing precautions particularly for the public health, are among the findings which are gathered.

Keywords: Industry 4.0, Health 4.0, Digitalization, Bibliometric Analysis

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	ii
TEZ SINAVI TUTANAK FORMU.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xii
ÖNSÖZ.....	xiv
GİRİŞ	1
1. DİJİTALLEŞEN DÜNYA VE SANAYİYE YANSIMALARI	4
1.1. Dijitalleşme ve Önemi	4
1.2 Sanayinin Tarihsel Gelişimi ve Sağlığa Yansımaları.....	11
1.2.1 Birinci Sanayi Devrimi	14
1.2.2 İkinci Sanayi Devrimi	18
1.2.3 Üçüncü Sanayi Devrimi	23
1.2.4 Dördüncü Sanayi Devrimi.....	29
1.3 Sanayi 4.0 ve Sağlık 4.0 Teknoloji Bileşenleri	34
1.3.1 Sağlık Hizmetleri Perspektifinde Sanayi 4.0 Tasarım İlkeleri.....	41
1.3.2 Sanayi 4.0 Odaklı Geliştirilen Teknoloji Bileşenlerinin Sağlık Alanına Yansımaları	44
1.3.2.1 Büyük Veri	46
1.3.2.2 Bulut Bilişim	51
1.3.2.3 Siber - Fiziksel Sistemler	58
1.3.2.4 Nesnelerin İnterneti.....	60

1.3.2.5 Yatay ve Dikey Entegrasyon.....	69
1.3.2.6 Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik.....	73
1.3.2.7 Akıllı Robotlar	80
1.3.2.8 Üç Boyutlu (3D) Yazıcılar	84
1.2.5.9 Yapay Zeka	90
1.2.5.10 Siber Güvenlik	100
1.4 Sanayi 4.0 ve Sağlık 4.0'ın Avantaj ve Dezavantajları.....	106
1.4.1 Sanayi 4.0 ve Sağlık 4.0'ın Avantajları	106
1.4.2 Sanayi 4.0 ve Sağlık 4.0'ın Dezavantajları	110
2. YÖNTEM.....	113
2.1 Veri Tabanı Seçimi	114
2.2 Verilerin Elde Edilmesi.....	115
2.2.1 PubMed Veri Tabanı.....	115
2.2.2 Web of Science Veri Tabanı	117
2.3 Verilerin Düzenlenmesi	118
2.4 Veri Analizi Aşaması	119
2.4.1 İçerik Analizi.....	119
2.4.2 Bibliyometrik Analiz ve Görselleştirme	122
3. BULGULAR.....	124
3.1 Nitel (Kalitatif) Araştırma Bulguları.....	124
3.2 Nicel (Kantitatif) Araştırma Bulguları	135
SONUÇ.....	144
KAYNAKÇA	154
EKLER.....	192
ÖZGEÇMİŞ.....	198

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1: Yazarların Sanayi 4.0 ve Bileşenleri Sınıflandırması	44
Tablo 2: Servis Hizmetleri Birimine Yönelik Yapılan Hastane Sınıflandırması	125
Tablo 3: Acil Servise Yönelik Yapılan Hastane Sınıflandırması.....	126
Tablo 4: Ameliyathaneye Yönelik Yapılan Hastane Sınıflandırması	127
Tablo 5: Polikliniğe Yönelik Yapılan Hastane Sınıflandırması.....	129
Tablo 6: Radyolojiye Yönelik Yapılan Hastane Sınıflandırması.....	132
Tablo 7: Laboratuvara Yönelik Yapılan Hastane Sınıflandırması	134
Tablo 8: WoS'ta Anahtar Kelime Kullanılarak Yapılan Tarama Sonuçları	135

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Dijital Beceriler	6
Şekil 2: Sanayi Devrimlerinin Tarihsel Gelişimi.....	13
Şekil 3: Sanayi 4.0 Teknoloji Bileşenleri	45
Şekil 4: Sağlık Kurumlarında Bulut Bilişimin Uygulama Alanları.....	57
Şekil 5: Nesnelerin İnterneti Bileşenleri.....	64
Şekil 6: Verilerin Elde Edilmesi Süreci.....	115
Şekil 7: Hastane Sınıflandırması	120
Şekil 8: Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası.....	137
Şekil 9: Kırmızı Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası	137
Şekil 10: Yeşil Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası	138
Şekil 11: Koyu Mavi Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası	139
Şekil 12: Sarı Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası	139
Şekil 13: Mor Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası.....	140
Şekil 14: Açık Mavi Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası	141
Şekil 15: Turuncu Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası .	141
Şekil 16: Kahverengi Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası	142
Şekil 17: Anahtar Kelimelerin Zamansal Geçişini Gösteren Ağ Haritası	143

KISALTMALAR LİSTESİ

3D: Üç Boyutlu Yazıcı (Three Dimensional Printing)

AI: Yapay Zeka (Artificial Intelligence)

AIDS: Acquired Immune Deficiency Syndrome

AR: Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)

BCE: Beyin Kontrollü Ortamları (Brain Controlled Environments)

BT: Bilgisayarlı Tomografi

CAD: Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Assisted Design)

CAD: Koroner Arter Hastalığı (Coronary Artery Disease)

CPS: Siber Fiziksel Sistemleri (Cyber Physical Systems)

EMR: Elektronik Sağlık Kayıtları

FDA: Federal İlaç İdaresi

FDM: Fused Deposition Modelling

H4: Health 4.0 (Sağlık 4.0)

HIV: Human Immunodeficiency Virus

IaaS: Servis Olarak Altyapı (Infrastructure as a Service)

IoT: Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)

IP: İnternet Protokolü (Internet Protocol)

M2P: Makine-İnsan (Machine to People)

MI: Motor Görüntü (Motor Imagery)

MR: Manyetik Rezonans

NCBI: Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi (National Center for Biotechnology Information)

NLM: Ulusal Tıp Kütüphanesi (National Library of Medicine)

OECD: Organization for Economic Cooperation and Development (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü)

P2P: İnsan-İnsan (People to People)

PaaS: Servis Olarak Platform (Platform as a Service)

PET: Pozitron Emisyon Tomografi

PLC: Programlanabilir Mantıksal Denetleyici

QR: Çabuk Tepki (Quick Response)

RFID: Radyo Frekans Tanımlama (Radio Frequency Identification)

SaaS: Servis Olarak Yazılım (Software as a Service)

SLA: Stereolithography

TC: Topic (Konu)

VR: Sanal Gerçeklik (Virtual Reality)

WC: Web of Science Categories

WoS: Web of Science

WSN: Kablosuz Sensör Ağlar (Wireless Sensor Networks)

YSA: Yapay Sinir Ağları

ÖNSÖZ

Bu zorlu süreçte benimle birlikte sıkıntı çeken ve desteklerini bir an olsun esirgemeyen başta sevgili AİLEM ve ARKADAŞLARIM olmak üzere, tez sürecimde en büyük yardımcım ve yol göstericim olan her umutsuzluğa kapıldığımda bilgileriyle yoluma ışık tutan, iyi bir akademisyen olmasının yanı sıra iyi de bir insan olduğuna inandığım, saygıdeğer tez danışmanım Prof. Dr. Serhat BURMAOĞLU'na, uygulama konusunda bize fikirlerini sunarak yol gösteren saygıdeğer hocam Prof. Dr. Levent Bekir KIDAK'a ve yüksek lisansa başlamamda ve sonraki sürecimde hep destek olan sevgili hocam Barış KÜÇÜKGÜNER'e yapmış oldukları katkılardan dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Büyük emek ve çabalar sonucunda yazmış olduğum tezimi 11.10.2019 tarihinde aramızdan ayrılan kıymetli abim Celalettin ARIK'ın anısına ithaf ederim.

Güler KOŞTI

İzmir-2020

GİRİŞ

İlkçağdan günümüze değin yaşanan değişimin ve gelişimin hızını dikkate aldığımızda teknolojik gelişmeler, üretimin ve tasarımın doğasını değiştirerek toplumsal dönüşümlerin yaşanmasını sağlamıştır. 18'inci ve 19'uncu yüzyıllarda buharlı makineler ve montaj hatları üretimde yenilikçi bir şekilde kullanılmaya başlanmış, 20'inci yüzyılın başlarında makineleşme ve standartlaşmanın önem kazanmasıyla kitlesel üretim kavramı oluşmuştur (Agrawal & Hurriyet, 2004). Kitlesel üretimin yarattığı aynılaşıma ise kitlesel kişiselleştirme kavramını öne çıkarmış 21'inci yüzyıldan itibaren internet ve kişisel bilgisayarların yaygınlaşmasıyla dijitalleşme kavramı önem kazanmıştır.

Dijitalleşme sürecinde yaşanan gelişmelerle ortaya çıkan Sanayi 4.0 süreci ise hızlı bir şekilde ilerleme gösterip gelişirken sağlık sektörü Sanayi 4.0 anlayışının önemli bir uygulama alanı olarak ortaya çıkmış ve teknolojilerin etkileşimli kullanımı sağlık alanında diğer alanlara oranla daha kapsamlı sonuçlar vererek yeni gelişmelerin oluşmasını hızlandırmıştır. Sağlık alanında yapılan bu iyileştirmeler toplumun daha sağlıklı bir yaşam tarzına kavuşmasını desteklemiş ve hastalıklara karşı koruyucu olarak sunulan sağlık hizmetleri tedavilerinde önemli gelişmelerin yaşanmasına katkıda bulunmuştur. Bu yüzden dijital dönüşümün başlangıcı olarak düşünülen Sanayi 4.0 sürecinde yaşanan teknolojik gelişmelere paralel olarak gelişme gösteren bu süreç sağlık alanında da Sağlık 4.0 (Health 4.0-H4) olarak nitelendirilmiştir.

İngiltere Ulusal İstatistik (2018) verilerine göre 20'inci yüzyılın ilk başlarında 1.6 milyar olan dünya nüfusunun 2018 yılında 7.7 milyara dayanmasıyla birlikte nüfus üstel bir hızla artmaktadır. Nüfusta yaşanan bu artışla birlikte 2015 yılında 60 yaşın üzerinde olan yaklaşık 901 milyon kişi varken bu oranın 2030'a kadar 1,4 milyar olacağı ve 2050'ye kadar ise 2,1 milyara ulaşacağı öngörülmekte ve artan nüfusla birlikte yaşanan nüfusta da doğru orantılı bir artış yaşanmaktadır. Bu nedenle yaşlılar ve düzenli sağlık hizmeti sunumuna sınırlı erişimi olan uzak bölgeler

de yaşıyan insanlarda dahil olmak üzere toplumumuzdaki en savunmasız kişiler için eşit ve adil bir sağlık sistemi sağlamak giderek daha fazla bir önem arz etmektedir (Afferni vd., 2018; Bause vd., 2019). Buna ek olarak sağlık hizmetlerinin artan maliyetleriyle birlikte sağlık hizmeti sunucularında yaşıyan yetersizlikler ve eğitim düzeyinin artması ile artan beklentiler yeni gelişmelere odaklanılma sürecini hızlandırmıştır. Sağlık 4.0 kavramı ise sağlık alanında, verimliliği artırmak için tasarlanan mevcut olan eski sağlık sistemlerini geliştirerek yeni sağlık sistemlerinin uygulanmasını sağlayan ve dijital olarak birbirine bağlanan sağlık sistemlerinin ana paydaşı olarak kullanılan teknolojilerin gelişimi, hasta ihtiyaçlarının karşılanması ve hastaların aldığı hizmetin iyileştirilmesi için tasarlanmış bir harekettir. Bu gelişim ile amaçlanan ise hastaların ihtiyaç duyduklarında en iyi tıbbi hizmeti, doğru zamanlama ile doğru yerden alabilmelerini sağlamaktır (Thuemmler, 2017: 20). Bu talep ayrıca sağlığın kişiselleştirilme mücadelesine yol açmış ve tamamen kişiye özel hizmetlerle hastalara en fazla yarar sunulmaya çalışılmıştır. Günümüzde yaşıyan salgın hastalık ise sağlık teknolojilerinde yaşıyan muhtemel gelişmelerin ne derece önemli olduğunu ortaya koymanın yanı sıra sağlık alanında yaşıyan teknolojik gelişmelerin hız kazanmasına büyük oranda katkı sağlamıştır. Bu nedenle pandemi sürecinde ihtiyaçların karşılanmasını sağlama noktasında Sanayi 4.0 uygulamalarının sağlık alanında aktif olarak kullanılmasının süreci yönetme konusunda birçok katkı sağlayacağını söylemek mümkündür. Çünkü Covid-19 süreci için kullanılan Sanayi 4.0 uygulamaları ile birlikte tedavi, aşı, test veya diğer ilgili bilgileri sağlayan uygulamalar geliştirilerek hastalıkla mücadele etmede, salgını önlemede, araştırma veya eğitim/öğretim çalışmalarını desteklemede ortak kullanılacak uygulamalar geliştirilmesi üzerine yoğunlaşılmasıyla yaşıyan teknolojik gelişmelerin sağlık alanına uyarlanması büyük katkılar sağlayacaktır.

Bu nedenle bu çalışma ile Sanayi 4.0 ve bileşenlerinin sağlık alanına ne tür katkılar sağladığına bakılmış ve bu alanda ne tür çalışmalar yapıldığı incelenmiştir. Yürütülen tez çalışmasının amacı olarak ise bilimsel yayınlar incelenerek Sanayi 4.0 sürecinde gelişim gösteren teknolojilerin sağlık sektöründe ne ölçüde yer edindiğini tespit etmek ve bu tespitleri haritalandırarak bundan sonra yürütülecek olan sektörel ve akademik araştırmalara katkı sağlamak benimsenmiştir. Bu amacı gerçekleştirebilmek için ise kantitatif ve kalitatif analizler birlikte kullanılmıştır.

Kantitatif analiz yöntemi bibliyometrik yöntemler aracılığıyla haritalandırılmış ve veri kaynağı olarak ise Web of Science kullanılmıştır. Kalitatif analiz ise tam metin üzerinden yapılan incelemelerle yürütülmüş, veri kaynağı olarak ise PubMed kullanılmıştır. Son olarak yürütülen bu çalışmayla sağlık alanında Sanayi 4.0 uygulamalarının hangi alt alanlarda ne aşamada olduğu tespit edilmeye çalışılmış ve gelecekte hem sektörel gelişime hem de akademik araştırmalara ışık tutacağı düşünülmüştür. Ayrıca tezin tamamı tezin ilk başlarında temel kurgusunda bulunmayan ve salgının ortaya çıkmasıyla birlikte tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 pandemisinin, Sanayi 4.0 ile birlikte gelişen teknolojik ilerlemeler ve sağlık süreciyle nasıl ilişkilendirilebileceği boyutuyla da ele alınmıştır.

Bu bağlamda tezin ilk bölümünde literatür taraması kapsamında dijitalleşmenin ortaya çıkışı, önemi, gelişimi aktarılmış ve sağlık alanında gelişme gösteren dijitalleşme olgusu üzerinde durulmuş ve Sanayi 4.0 sürecinin tarihsel gelişimi sağlık alanında yaşanan gelişmelerle birlikte kronolojik olarak ifade edilmiştir. Daha sonra ise Sanayi 4.0 teknoloji bileşenlerinden bahsedilerek bileşenlerin sağlık alanındaki yansımalarına bakılmış ve yaşanan teknolojik gelişmelerin ortaya çıkardığı avantaj ve dezavantajlar açıklanmıştır.

İkinci bölümde, çalışmada uygulanacak yöntem için geliştirilen uygulama adımlarının işleyişi üzerinde durulmuş ve çalışmada hibrit bir bakış açısı oluşturmak için nitel ve nicel olmak üzere iki analiz yönteminin uygulanmasına karar verilmiştir. Nitel analiz tam metin üzerinden yapılan içerik analizi yöntemiyle yürütülmüş, veri kaynağı olarak ise PubMed kullanılmıştır. Nicel analiz ise verilerin bibliyometrik analiz yöntemiyle analiz edilmesi ve sonuçların haritalandırılmasıyla görselleştirilmiş, veri kaynağı olarak ise Web of Science kullanılmıştır.

Üçüncü bölümde, elde edilen bilimsel yayınların daha anlaşılabilir olmasını sağlamak için yayınların inceledikleri konulardan yola çıkarak ve uzman görüşüne başvurularak bir hastane sınıflandırılması yapılmış ve bu sınıflandırmayla birlikte nitel veri bulguları aktarılmıştır. Nicel bulgular ise bilimsel yayınlardan elde edilen anahtar kelimeler dahilinde görselleştirilerek ağ haritaları yardımıyla aktarılmıştır.

Dördüncü bölümde ise nitel ve nicel verilerden elde edilen sonuçlar daha anlaşılabilir olması amacıyla Bireysel (Hasta Bazlı), Kurumsal (Hastane Bazlı) ve Halk Sağlığı bağlamında sınıflandırılarak yorumlanmıştır.

1. DİJİTALLEŞEN DÜNYA VE SANAYİYE YANSIMALARI

Dijitalleşmenin, dijital teknolojiler ve dijitalleştirilmiş veriler yardımıyla iş süreçlerini iyileştirmesini, dönüştürmesini ya da etkinleştirilmesini sağlayarak herhangi bir bilginin analog formattan dijital formata dönüştürülmesi sürecini ifade ettiğini söylemek mümkündür. Günümüzde üretimde yaşanan teknolojik ilerlemelerle birlikte gelişen ve Sanayi 4.0 olarak bilinen yeni bir dönemin başlamasıyla birlikte bütün sektörleri etkileyen bütüncül bir dönüşüm süreci meydana gelmiş ve bu süreç dijital dönüşüm süreci olarak ifade edilmiştir (Ustaömer, 2019). Bu nedenle gelişen bu dijital dönüşümün, bütün sektörler üzerinde yapılan teknolojik yatırımlarla mümkün olacağı düşünülmektedir. Sağlık alanında dijitalleşmenin önem kazanması ise artan yaşlanan nüfus ve uzun süre yaşayan insan sayısındaki artış sonucunda sağlık hizmetlerini desteklemek için ihtiyaç duyulan kaynaklara olan talebin artmasıyla gelişme göstermiştir. Bu yüzden, bilhassa sağlık alanında kullanılan dijital teknolojiler, kişisel sağlık verilerinin elde edilmesiyle tüm ülkeler için daha güçlü sağlık sistemleri oluşturarak sağlığı iyileştirmede sınırsız olanaklar sunmaktadır.

Bu doğrultuda tezin bu bölümünde dijitalleşmenin ortaya çıkışı, önemi, gelişimi aktarılmış ve sağlık alanında gelişme gösteren dijitalleşme olgusu üzerinde durulmuştur. Daha sonra ise Sanayi 4.0 sürecinin tarihsel gelişimi sağlık alanında yaşanan gelişmelerle birlikte kronolojik olarak ifade edilmiştir. Son olarak ise Sanayi 4.0 ve bileşenlerinden bahsedilerek bu bileşenlerin sağlık alanındaki yansımalarına bakılmış ve yaşanan teknolojik gelişmelerin ortaya çıkardığı avantaj ve dezavantajlar üzerinde durulmuştur.

1.1. Dijitalleşme ve Önemi

Dijitalleşme kavramı ile hayatımıza giren “dijital” terimi, sözlük anlamı olarak verilerin, elektronik araçlar yardımıyla sayısallaştırılması olarak tanımlanmaktadır. Tarihsel anlamda “Digitus” Latince bir sözcük olup parmak

anlamına gelmektedir. Romalıların sayıları parmak kullanarak anlatması Avrupa dillerinde bu kelimenin, sayı, sayının bulunduğu hane gibi anlamlarda kullanılmasına neden olmuştur. Kelime Fransızca'da hala parmak anlamında kullanılmaya devam etmektedir. Bu yüzden Türk Dil Kurumu kelimenin kökeninin Fransızcadan geldiğini ifade ederek “benzer, eş” anlamına geldiğini belirtmiştir.

Tarihçi Catherina Berth dijitalleşmenin başlangıç süreci için telgrafın icat edilmesini göstermektedir (Aktaş, 2014). Geçmişte fiziki mesafelerden ötürü yüz yüze iletişim içinde olmanın mümkün olmadığı kişilerle günümüzde akıllı telefonlar yardımıyla görüntülü bir şekilde yüz yüze görüşülebilmekte veya yazılı bir şekilde anlık olarak iletişime geçilebilmektedir. Bu ve bunun gibi birçok değişikliklere sebep olan ve dijitalleşmenin en büyük etkeni olarak ortaya çıkan internet ilk olarak ARPAnet adıyla askeri haberleşme için askeri bilgisayarları birbirlerine bağlayan kapalı bir ağ sistemi olarak ortaya çıkmıştır daha sonra ise kamu kullanımına izin verilerek dünyadaki bütün bilgisayarların birbirlerine bağlanabilmesine olanak tanımıştır.

Tarihsel geçmişini ve terimsel kökenini kısaca ifade ettikten sonra dijitalleşme kavramına gelirse şayet, dijitalleşmenin görüntünün, metnin ve verinin gelişen teknolojilerle birlikte saklanması, toplanması, görüntülenmesi ve aktarılabilmesine olanak sağlayan bir olgu olduğu ve elde edilen bilgilerin bir kopyası olmaktan öte bilginin bir boyuttan başka bir boyuta dönüştürülmesi ile sözel, yazılı ve basılı kaynakların bilgisayar yardımıyla algılanabilir duruma getirilmesini ifade ettiği söylenebilir. Bu tanımlamaya verimlilik perspektifi ile yaklaşıldığında ise, dijitalleşme elektronik sistemlerin gelişmiş olan teknolojiyi kullanarak daha fazla bilgiye, daha hızlı biçimde ve daha az işgücüyle ulaşmasını sağlama şeklinde tanımlanabilmektedir (Yücel & Adiloğlu, 2019). Dijital dönüşüm, bilgisayarların dijital teknoloji altyapısının parçası olmasını sağlayarak her yerde kullanılmasıyla içinde yaşadığımız dünyayı önemli ölçüde değiştirmiştir (Tung & Deng, 2003). Yaşamımızın çoğunun bilgi ve iletişim teknolojileri ve internet tabanlı olduğu dijital dünyada bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler sadece iş hayatını değil, sosyal ve toplumsal etkileşimlerimizi de etkilemiştir (Economic and Social Council, 2018). Uluslararası Telekomünikasyon Birliği'ne göre yaşanan teknolojik gelişmelere ayak uydurabilmek için sahip olunması gereken temel düzey, orta düzey ve ileri düzey

dijital beceriler bulunmaktadır. Bu becerilere ilişkin özellikler Şekil 1’de ayrıntılı bir şekilde gösterilmektedir.



Şekil 1: Dijital Beceriler (ITU, 2018; Öz, 2020)

Uluslararası Telekomünikasyon Birliği'nin Şekil 1’de belirtmiş olduğu dijital beceriler incelendiğinde, temel bilgisayar ve mobil teknoloji gibi bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanma becerisi temel düzey beceriler olarak nitelendirilmektedir. Bilgisayar yazılımları aracılığıyla doküman, kitap, dergi gibi yayınları baskı ya da yayına hazırlamak ve ayrıca e-ticaret işlemleri yapabilme becerileri orta düzey dijital beceriler olarak nitelendirilmektedir ve orta düzey dijital beceriler, temel düzey dijital becerilere kıyasla üretim tabanlı becerilerdir. İleri düzey dijital beceriler ise Sanayi 4.0’ı tetikleyen teknolojiler ve günümüz iş ve yaşam koşullarında sahip olunması beklenen dijital becerileri içine almaktadır (Öz, 2020).

Literatürde dijital devrim olarak kabul edilen ve Sanayi 4.0 ile adlandırılan ilerlemeler, şirketlerin tüm fonksiyonlarını tekrardan tasarlamasını zorunlu hale getirmiştir. Günümüzde teknolojik gelişmelerde yaşanan hız ve internetin yaygınlaşması, mobil cihazlar, giyilebilir teknoloji, yapay zekâ ve sanal gerçeklik şeklinde karşımıza çıkmaktadır.

Bugün modern bilgisayar sistemleri farklı disiplinlerde geniş bir kullanım ve etki alanı bulmaktadır. Öyle ki, modern bilgisayar sistemlerinin gücü ve yaygınlığı, farklı disiplinlerdeki geniş bir yelpazede bilgisayar programlama becerilerini geliştirmiştir. Dijitalleşmenin bu disiplinlerde yarattığı değişimler, endüstride yaygın olarak kullanılan bilgisayar destekli üretim ve bilgisayar destekli tasarım teknolojileri olarak adlandırılan dijital tasarım ve dijital üretime dayanmaktadır (Gedik, 2017). Tasarım ve üretim uygulamalarında bilgisayar yazılımı, donanımı ve dijital

teknolojilerin kullanımı olan dijital tasarım ve dijital üretim, bilgisayar teknolojisindeki ilerlemelere paralel olarak gelişmektedir.

Dijital teknolojiler insanların yaşama şeklini, nasıl çalışacağını, diğer insanlarla olan ilişkilerini ve düşünme şeklini etkilemektedir. İnsan üzerindeki etkisinin yanı sıra birçok sektörü de etkisi altına alan dijital teknolojiler, özellikle sağlık sektörü üzerinde derin bir etkiye sahiptir (Dorn, 2015). Teknolojide yaşanan gelişmeler insanların teknolojik araç ve uygulamalara erişimini arttırarak kişilerin dijital koşullarda çalışmalarını yerine getirmesine de olanak tanımıştır.

Ancak dijital dönüşüm ve dijitalleşmenin yaşamımıza kattığı kadar yarattığı risklerde mevcuttur. Dijitalleşmenin suçlular ve siber casuslar için ideal bir hedef olması dikkate alınarak bu sistemlerin açıklarının kapatılması sağlanmalıdır. Çünkü dijitalleşmeyi içine alan sistemlerin birinde dahi ortaya çıkabilecek bir hata etkileşimde bulunduğu diğer sistemleri de tehlikeye atabilmektedir. Bu yüzden dijitalleşme, siber güvenlik konusunda alınacak tedbirleri de beraberinde getirmekle birlikte yenilikçi ve rekabetçi olabilmenin en büyük etmeni olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tez konusu ve amacına bağlı olarak sağlık alanına gelindiğinde ise geçtiğimiz yüzyılda sağlık ve sağlık hizmetlerindeki olağanüstü gelişmelerin birey ve toplum sağlığında önemli değişimlere neden olduğu ve bu gelişmelere katkı sağlayan en önemli unsurların ise teknoloji temelli olduğu söylenebilir (Timmis & Timmis, 2017). Bu kapsamda geliştirilen sağlık teknolojilerini, Lupton (2013) dijital sağlık teknolojileri ve uygulamaları olarak ifade etmiş ve bireyin kendi sağlık durumunun kendisi tarafından kontrol edildiği, başlatılan tedavi protokollerine uyum göstermesini sağlayan, koruyucu sağlık faaliyetlerini teşvik eden birey ve sağlık çalışanı arasında iletişimi sağlayan sistemler ve araçlar bütünü olarak tanımlamıştır. Sağlık hizmetlerini geliştirmek, işteki verimliliği arttırmak ve güvenli bir hizmet çevresi oluşturmak için sağlık alanında dijital dönüşümden faydalanılmaktadır (Haggerty, 2017). Özellikle hastanın sağlık durumuyla ilgili olarak hekim veya diğer sağlık çalışanına anlık bilgilerin verilmesine bu teknolojiler katkıda bulunarak hastanın sağlık durumunun kesintisiz bir şekilde gözetim altında tutulmasını da sağlamaktadır. Hastanın çevresini, davranışlarını, psikolojisini veya fiziki sağlık durumunu izlemeye olanak tanıyan bu teknolojiler daha çok kontrol altında

tutulabilen, etkili ve verimli bir sağlık dzeninin oluşturulmasını sağlamaya yardımcı olabilmektedir.

Bu izleme sreceeri proaktif bir perspektifi de beraberinde getirmekte ve dijitalleşme ile hastaya özel sağlık veri tabanı uygulaması ve sistemde gömülü halde bulunan algoritmaların kullanılması ile kişilerin farklı hastalıklara yakalanma olasılığının önceden tahmin edilmesine katkıda bulunarak kişilerde hastalık semptomları görölmeden önce ihtiyaç duyulan tedbirlerin alınmasını sağlayacaktır. Sağlık sektöründe erken tanı ve tedavi hastaların hayatının kurtarılmasında oldukça önemli olduğu için dijitalleşmenin sağlık alanında kullanılarak yaygınlaşması tanı, tedavi ve müdahale işlemlerinin hızlı ve doğru bir şekilde yapılmasına katkıda bulunacaktır (Sayar & Güneş, 2015)

Sistemik olarak bakıldığında ise, dijitalleşme hastalar, sağlık çalışanları, ortaklar ile sağlık sistemi içerisinde yer alan şirketler için dijital bağlantıyı geliştirerek bütünleşik sağlık sistemi oluşumuna öncülük etmektedir. Kronik rahatsızlığı olan, engelli ve herhangi bir sağlık sorunu bulunan bireylerin tedavi sürecine kendisinin de dahil olduğu sağlık durumlarını izlemeye olanak tanıyan ve bedenlerine yerleştirilmiş biyosensörler, giyilebilir teknolojiler, kablosuz mobil cihazlar dijitalleşme ile birlikte kişinin kendisini daha iyi bir şekilde korumasını sağlarken tıbbi danışmanlığın verildiği dijital medya araçları, diğer bireylerle sağlıkla ilgili veri ve deneyimlerinin paylaşılmasına da katkı sağlayacaktır. Yukarıda bahsedilen sağlıkta dijitalleşme süreci günümüzde giyilebilir teknolojiler, sanal gerçeklik teknolojileri, tele-tıp, m-sağlık, e-sağlık, 3 boyutlu yazıcılar gibi sağlık teknolojilerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır (Asi & Williams, 2018). Sağlıklarıyla ilgili olarak bireylerin sorunlarının çözölmesine yardımcı olan dijital teknolojiler, hastalarla etkileşim kurma ve sundukları hizmet hakkında bilgi vermek için kullandıkları sosyal medya siteleri, bireyin gen haritasının çıkarılmasını sağlayan teknolojiler ve dijital tıbbi görüntüleme cihazlarının tamamı dijital sağlık uygulamaları ve araçlarının kapsamını oluşturmaktadır (Lupton, 2013).

Dijital sağlık teknolojileri, sağlık çalışanlarının ve hastaların teşhis, tedavi ve rehabilitasyon sürecinde ortak hareket etmesini sağlayarak tedavide başarıya ulaşma şansını yükseltmekte, sağlığın korunması ve geliştirilmesi aşamasında ise bireylere sağlık durumlarını kendi başlarına takip etme ve alternatif çözüm yolları sunma

fırsatı sağlamaktadır (Bhavnani vd., 2017). Dijitalleşen sağlık ve sağlık hizmetleri sayesinde hastaneye başvuru sayılarında azalma, hizmet kalitesinde artış, hastanede kalış sürelerinde azalma, acile başvurularda azalma ve maliyetlerde azalma meydana gelmektedir (Kalender & Özdemir, 2014). Dijitalleşme ile birlikte hekimler ilk defa hasta verilerine mekan ve zaman ayrımı olmadan erişebilecek kişinin genetik bilgisi, yaşam alışkanlıkları ve belirtileri doğrultusunda uygulanabilir olası tanı ve tedavi yöntemlerine kolaylıkla ulaşabilecektir. Giyilebilir teknolojiler ve sensörler hastalardan kesintisiz veri toplamamıza katkıda bulunacak, ambulans drone ile acil durumda olan hastalara hızlı bir şekilde yardım edilebilecektir. Yaşanan bu dijitalleşme, evde bakım hizmetlerini geliştirecek ve sağlık okuryazarlığını artırarak hastaların nasıl daha sağlıklı yaşayacakları konusunda yol göstericilik görevi görecektir. Kısaca dijitalleşme, bilginin küreselleşmesine, sağlık alanında sınırların kalkmasına, hastaların tedavi olmak istedikleri ülkenin tanı ve tedavi yöntemlerinden yararlanmasına katkıda bulunabilecektir (Tezcan, 2018).

Bunlara ek olarak bu teknolojiler hipertansiyon, diyabet ve obezite gibi hastalıklara sahip hastaların, sağlık kuruluşlarına uzak olmaları durumunda geliştirilen dijital teknolojiler yardımıyla sağlık durumlarıyla ilgili verileri doktora ulaştırıp hastaların sürekli izlenmesine ve kontrol altında tutulmasına da yardımcı olacaktır (Omboni vd., 2016). Geliştirilen bu teknolojilerin yakın gelecekte sağlık hizmetlerinde yaygın bir şekilde kullanılacağı öngörülse de veri hırsızlığına karşı hastaların verilerini koruyamaması, izinsiz olarak verilerin kullanılması, merkez ve kullanıcı arasında kesintisiz internet bağlantısı sağlanamaması, internet bağlantısının olmadığı bölgelerin bulunması ve diğer etik sorunlar bu teknolojilerin çözüm bekleyen sorunları arasında yer almaktadır.

Dijital uygulamalar sağlığın bilgi ile donatılmasını, bilgiyle yönetilmesini sağlamaktadır. Ancak sağlık sistemleri birbirleriyle ilişki içerisinde olduğu için sistemlerin güvenlik ve mahremiyet boyutunun dijital sağlığın en önemli noktalarından biri olduğuna özellikle dikkat edilmelidir. Çünkü tıpta dijitalleşme boyutu, sağlık alanının sonsuz bir bilgiyle geliştirilmesine katkıda bulunacaktır. Büyük ve yeni hastaneler yapmak yerine dijital sağlık teknolojilerine yatırım yapılması, sunulan sağlık hizmetinin kapsamını ve alanını genişleterek daha geniş kitlelere ulaşılmasını sağlayacak ve sağlık çalışanlarının ulaşmasının zor olduğu

alanlara sağlık hizmeti ulaştırılabilecektir. Bu sayede yer ve zaman sınırı ortadan kalkarak tüm bireylere sağlık hizmeti sunulabilecek dijital sağlık teknolojileri ve uygulamaları sayesinde geleneksel sağlık yaklaşımından, bireysel sağlık yaklaşımına doğru dönüşüm gerçekleşecektir (Kılıç, 2017).

Dijitalleşme sürecinin sağlık alanındaki önemini anlama noktasında Aralık 2019 tarihinde Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkan SARS-CoV-2 solunum yolu enfeksiyonu olan ve Dünya Sağlık rgt tarafından "Koronavirüs (Covid-19)" olarak adlandırılan salgın hastalığını örnek olarak verebiliriz. Oldukça bulaşıcı olan ve temel klinik belirtileri kuru öksürük, ateş, kas ağrısı, nefes darlığı ve yorgunluk olan bu salgın hastalık ilk olarak Çin de ortaya çıkmış olmakla birlikte şu an dünyada yer alan bütün ülkelere yayılmış durumdadır (Park, 2020). Hastalığın daha çok hipertansiyon, diyabet, kardiyovasküler ve kronik hastalıkları olan hastalar ile yaşlılarda daha şiddetli seyrettiği grlmektedir. Hastalığın henüz bir tedavisinin bulunamaması ise gelişen teknolojilerin sağlık alanında ki ilerlemesini sağlama noktasında hız kazandırmış ve bireylerin Sağlık 4.0 ile birlikte gelişen teknolojilerle uzaktan tedavi edilebileceği ya da hastanın kontrolünün sağlanacağı teknolojilerin geliştirilmesi sürecini hızlandırmıştır. Bu yeni nesil teknolojilerle donatılmış dijital araçlar ile vatandaşların doğru ve en güncel bilgiye zamanında ulaşmaları sağlanarak pandemi karşısında olumlu ve hızlı bir şekilde reaksiyon göstermeleri amaçlanırken enfekte edilen vakalar ise izlenerek salgının önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Bu yüzden yaşanan Covid-19 salgını operasyonların, üretim hatlarının ve tesislerin izlenmesinin ve bakımının uzaktan yönetimine olanak veren Sanayi 4.0 ve akıllı üretim uygulamalarıyla sağlık alanına uyarlanması gerekliliğini ortaya çıkmıştır. Covid-19 krizinde nesnelerin internetinin, sağlık sistemlerinin modernizasyonu, kriz yönetimi, kamu sağlığı ve güvenliği, tedarik zinciri ve üretim konularında önemli roller oynadığı grlmştır. Bu yüzden günümüzde kullanılan Sanayi 4.0 ve bileşenlerindeki akıllı uygulamaların yalnızca kriz dönemlerinde değil, bu süreçten sonra da üstün faydalarının olacağı göz önünde bulundurularak yaşanan teknolojik gelişmelerin hızla hayatımıza entegre edilmesini sağlayacak gelişmeler üzerinde durulmalıdır.

Dijitalleşmeyle birlikte sağlık alanında yaşanan değişikliklerin, tıp uzmanları başta olmak üzere bütün sağlık çalışanları tarafından anlaşılması, özümsenmesi ve

sürdürülebilir olması için sürecin bütün bileşenlerinin iyi bir şekilde benimsenmesi gerekmektedir (Demirci, 2018). Çünkü dijitalleşme, oldukça hızlı adımlarla ilerlemektedir. Ancak gelişen Sanayi 4.0 sürecini anlayabilmek için ilk olarak sanayinin tarihsel gelişimini ve günümüzdeki üretim süreçlerine nasıl ulaşıldığını incelemek gerekmektedir. Bu bağlamda, aşağıda ilk üç sanayi devriminin geçmişten günümüze nasıl bir ilerleme geçirdiğine değinilmekte daha sonra ise Sanayi 4.0 sürecinin gelişimine yer verilerek bileşenleri incelenmektedir.

1.2 Sanayinin Tarihsel Gelişimi ve Sağlığa Yansımaları

İnsan hayatında yaşanan değişimler oldukça geniş kapsamlı olmakla birlikte birçok olayın sonucunun değerlendirilmesiyle küçük veya büyük bütün yenilikler, teknolojik gelişmeler ve icatlar insan hayatını bir şekilde etkileyerek toplumların değişmesine sebep olmuştur (Phyllis, 2000). İktisat tarihi yaşanan bu değişimleri, tarım ve sanayi devrimi olmak üzere iki önemli değişimle açıklamaya çalışmaktadır.

İlk olarak ortaya çıkan tarım devrimi, M.Ö 10.000 yıllarında toprağın ilkel araçlar ile işlenerek tarımsal üretime geçişiyle beraber avcılık ve toplayıcılık yaparak varlıklarını devam ettiren toplulukların yerleşik hayata geçip hayvancılık ya da çiftçilik yapmaya başlaması sonucunda ortaya çıkmıştır. Ancak gerçekleşen bu devrim yalnız tarım ürünlerinin üretiminde değil toplumların sosyo-ekonomik durumlarında da büyük değişimlerin yaşanmasını sağlamış, şehir hayatı başlamış, nüfus artışı hızlanmış, genel olarak mimarinin, sanatın ve kültürün gelişmesi özel mülkiyet anlayışını oluşturmuş, idari yapılanma ile yönetim biçimlerinin gelişmesine katkıda bulunmuştur (Küçükkalay, 2014: 40). Hem günlük, hem de sosyal hayatta çok önemli gelişmelerin yaşanmasını sağlayan sanayi devrimleri, çalışma şekillerinin, uluslararası ticaretin, siyasi yapılanmalar ile hukuki yapılanmaların önünü açarak yalnızca fen bilimleri değil, sağlık ve sosyal bilimlerde de devrimlerin yaşanmasına katkıda bulunmuştur (Özsoylu, 2017).

Yaşanan bütün bu ilerlemeler tarım devriminden sonra yaşanan en büyük ikinci devrim olarak nitelendirilen sanayi devrimlerini ortaya çıkarmıştır (Yalçın, 2018). Tarihsel süreçte konuyu incelediğimizde Sanayi Devrimi kavramı ilk olarak Arnold Toynbee'nin 1880'lerde verdiği derslerde sık sık kullandığı bir kavram olarak karşımıza çıkmış ve zamanla dile yerleşen Sanayi Devrimi terimi insan

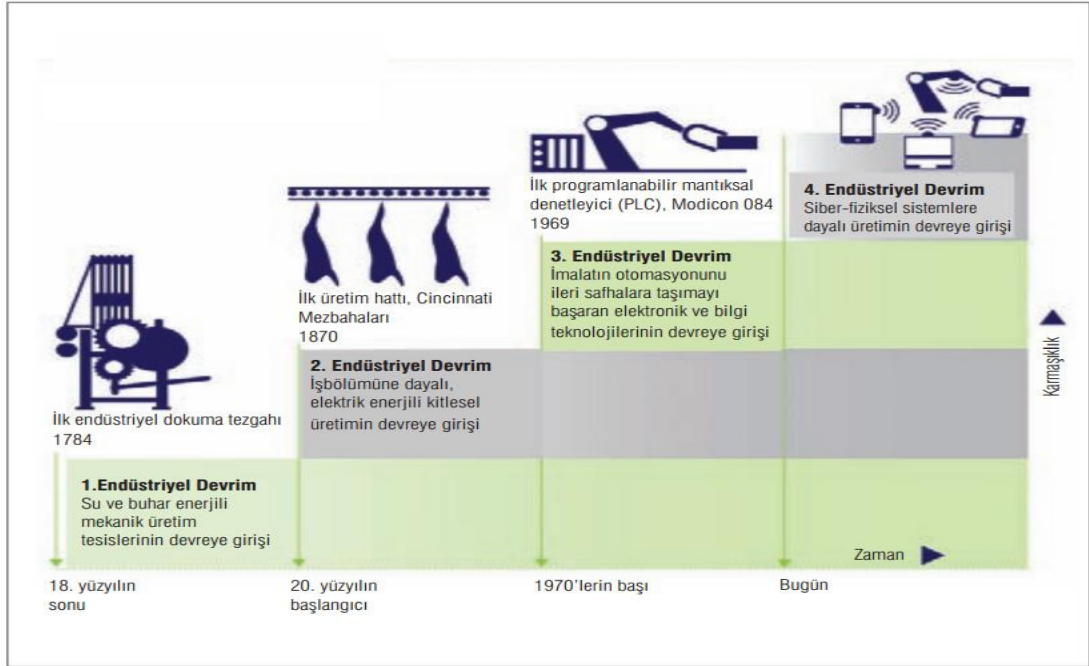
hayatını kökten değiştiren süreci tanımlamak için kullanılmaya başlanmıştır (Phyllis, 2000). Sanayi kavramı sürekli olarak gelişim gösteren bir faaliyet alanı olduğu için üretimde kullanılan yöntemlerde zamanla değişime uğramayı sürdürmüştür. Söz konusu değişim yalnızca sanayi ya da üretim alanını değil, ülkelerin ekonomik durumlarını, kültürlerini ve toplumsal demografik yapılarını da etkilemiştir. Bu değişimin başlangıç ayağı 18. yüzyılın ortalarında İngiltere’de ortaya çıkan değişim akımı olmakla birlikte zaman geçtikçe bu eğilim bütün Avrupa’ya ve bütün dünyaya sıçramıştır. Teknolojik gelişmeler üssel bir hız ile artış göstermiş toplumsal, sosyal ve ekonomik yapı bu yeni gelişmeler etrafında yeni yaşam koşulları oluşturmuş ve katma değer yaratan değerlere ilişkin net bir yol haritası meydana getirerek refahın artışına katkıda bulunmuştur.

Sanayi devrimleri tarihsel açıdan incelendiğinde ise art arda meydana gelen ve dört seviyeden oluşan bir süreci ifade etmektedir. Bu süreçlerin James Watt tarafından başlatıldığı, Charles Babbage ve Adam Smith’in çalışmalarıyla devam ettiği ve 1911’de Frederick Winslow Taylor tarafından bir düzene kavuşturulduğu görölmektedir (Smith, 2007). Ancak sanayi devrimlerinin tanımlanmasında o dönemde kullanılan kaynaklar da belirleyici olmuştur. Örneğin; Birinci Sanayi Devrimi’nde kullanılan enerji kaynakları odun ve kömürken, İkinci Sanayi Devrimi’nde kullanılan enerji kaynakları elektrik ve patlamalı motorlar, Üçüncü Sanayi Devrimi’nde kullanılan enerji kaynakları elektronik ve bilgi teknolojileri, Dördüncü Sanayi Devrimi’nde kullanılan enerji kaynakları ise kişisel bilgisayar, yazılım ve internettir.

Sanayi Devrimlerinde yaşanan ilerlemeler ile birlikte gelişme gösteren sağlık sürecini de dört dönemde izlemek mümkündür. Yeni ekonomik gelişmelerin ve yeni salgın hastalıkların ortaya çıkmasıyla halk sağlığı çözümlerine odaklanarak oluşturulan ve deneysel bilgilerin başlamasını sağlayan dönem Sağlık 1.0’ın oluşmasını sağlarken, nedensellik bağı içinde kesin bilgiye dayanarak büyük üretim konseptinin ve teknolojisinin ortaya çıkması Sağlık 2.0 sürecinin gelişmesini sağladı. Daha büyük hastaneler ve daha iyi tıp eğitimlerinin verildiği kurumların kurulması ve doktorların daha iyi tedavi kalitesi için uzmanlık eğitimi alması ve bilgisayarın boyutlarının küçölerek bilgisayar tabanlı cihazların ve bilgi teknolojisinin hızlı bir şekilde geliştirilmesi Sağlık 3.0’ın oluşmasına katkıda bulundu. Günümüzde ise akıllı

tıbbın gündeme gelmesiyle gelişme gösteren hastaları hastaneden ziyade hastane dışında da sürekli gözetim altında tutmayı amaçlayan hem hastayı hem de hekimi bilgilendirecek teknolojiler ile sağlık hizmeti sunan Sağlık 4.0 süreci gelişme göstermektedir (Chen vd., 2020).

Genel olarak kültürel, siyasi, toplumsal ve ekonomik ilerlemelere sebep olan bütün teknolojik gelişmeler Sanayi Devrimi olarak tanımlanmaktadır. Yaşanan devrimler yalnızca üretim ve verimlilik artışının yaşanmasını sağlamakla kalmayıp ayrıca toplumsal hayatı da etkisi altına alan kalıcı değişikliklere de yol açmıştır. Teknolojik gelişim ve değişim süreçleriyle beraber birbirini izleyen sanayi devrimlerinin geçmişten bugüne kadar geçirdiği aşamalar aşağıdaki Şekil 2’de özetlenmekte işleyiş süreçleri ise bilahare ayrıntısı ile ele alınmaktadır.



Şekil 2: Sanayi Devrimlerinin Tarihsel Gelişimi (Kagermann, Wahlster, & Helbig, 2013:13)

Bir sonraki bölümde hem sanayi devrimleri hem de aynı dönemlerde yaşanmış olan sağlıkta dönüşüm süreçleri paralel dönemler dikkate alınarak aktarılacaktır.

1.2.1 Birinci Sanayi Devrimi

Üretime ilişkin olarak meydana gelen ilk devrim tarımda yaşanmış olup göçebe yaşamdan yerleşik yaşama geçen toplulukların tarımsal üretime başlaması ile birlikte sosyal olarak köklü bir değişim yaşanmıştır. Ancak 18. yüzyılın sonlarında Avrupa’da gelişme göstermeye başlayan teknolojik ilerlemeler dünyada yapılan üretim süreçlerinin parça başı üretimden yığın üretimine ve atölyeden fabrikaya geçmesini sağlamıştır. Buhar ile çalışan makinelerin geliştirilmesi, yığın üretimi yapan teknolojilerin icadı bu devrimin önemli belirleyicisi olmuş ve sanayi alanında yaşanan yoğun gelişmeler Avrupa’nın ekonomisi başta olmakla birlikte birçok alanda diğer bölgelere oranla daha büyük üstünlük kurmasını sağlamıştır (EBSO, 2015: 4).

Birinci Sanayi Devrimi olarak adlandırılan bu süreç İngiltere’de 1780’li yıllarda başlayıp, 1870’lere kadar devam eden dönemi kapsamakla birlikte aynı zamanda sanayileşmenin başlangıcı olarak kabul edilip endüstriyel ve akademik literatürde Sanayi 1.0 (Endüstri 1.0) olarak da anılmaktadır. Birinci Sanayi Devrimi sürecinin bir diğer ismi ise “Buhar Çağı” olmakla birlikte bu şekilde ifade edilmesinin nedeniyse James Watt tarafından bulunan buhar makinesinin dönemin başlangıcı olarak kabul edilmesidir.

Sanayi 1.0’ın temel düşüncesi buhar ve su gücünün daha etkili bir biçimde kullanılmasını sağlamak ve böylece üretimde insan gücü yerine makine gücünü kullanarak üretimin fabrikalara taşınmasına katkıda bulunmaktır. Rifkin (2011)’e göre Sanayi 1.0 enerji rejimlerinde yaşanan değişiklikler ile kitle iletişim araçlarında yaşanan değişimler sonucunda daha sıkı ve yoğun bir toplumsal ilişkinin oluşması ile ortaya çıkmıştır. Acemoğlu ve Robinson (2014)’a göre Sanayi 1.0 buharlı makineler, su çarkları ve bu makinelerin ürettiği pamuklu giysilerle başlamıştır.

1688 yılında Muhteşem Devrimin yaşanmasının ardından Fransız İhtilali ile bireylere mülkiyet haklarının tanınmasıyla bireylerin girişimleri devlet güvencesine alınmış bunun sonucunda arka arkaya buhar makinası, buharlı lokomotif ve buharlı gemilerin icat edilme sürecinin başlamasıyla Sanayi 1.0 süreci gelişme göstermiştir. Büyük Devrim (1688) ve Fransız İhtilali (1789) ile zayıflatılan burjuvaların değerinin artması ve bilgi sahiplerinin, sermaye sahibi olarak ortaya çıkması bilgi

toplumunun önünü açmış, aydınlanma çağının başlamasını ve bilimsel yöntemlerle belirlenen kuralların insan hayatında egemen olmasını sağlamıştır.

Buharlı makinelerin icadıyla 1807 yılında Amerikalı Robert Fulton buhar yardımıyla çalışan makineleri gemilere uygulamış ve 1840 yılında ilk okyanus ötesi buharlı gemi seferlerine başlanmıştır. 1812 yılında buharlı makine ilk defa lokomotiflerde kullanılmaya başlanmış ve kömür üretimi 16. yüzyıldan başlayarak kesintisiz bir şekilde ilerleme göstermiş, 1830 ile 1860'lı yıllar arasında ise İngiltere'de daha verimli maden çıkarma yöntemlerinin geliştirilmesi ile birlikte kömür üretimi de hızla artmıştır. Ancak 1700 tarihinden başlayarak bilim alanında yaşanan gelişmeler hızlanmış böylece yalnızca buhar yardımıyla çalışan makineler yeterli olmayıp daha kompleks makineler geliştirilmeye başlanmıştır.

Bu dönemde toplumda tasarruf bilinci de oldukça yükselmiştir. Dönemine göre gelişmiş finansman kuruluşlarının olmasının yanında eğitim konusunda ciddi adımlar atılmış ve ekonomi istikrarlı bir şekilde büyüme göstermiştir. Bu dönemde aynı zamanda malzeme bilimi ve dokuma sanayisinde de köklü ilerlemeler yaşanmış, çelik üretiminin artmasıyla demiryolları sanayisi ve gemicilik hızla gelişen sektörler arasında yer almıştır (Bulut & Akçacı, 2017). Bu dönemde yol ve nehirlere yapılan kanal inşaatları ile ürünlerin iç pazarlara daha az bir maliyet ile ulaştırılmasına yönelik çalışmalar da başlatılmıştır.

Yaşanan sektör temelli bu yükselişler, yeni icat ve buluşlardaki hızlı artışlar, fabrika düzenine geçilmesi ve buharın biyolojik bir enerji kaynağı olarak kullanılması temel değerlendirme ölçütü olarak incelenmiş ve kısa zamanda büyük ölçüde toplumsal ve ekonomik bir değişim yaşandığı, bu değişimin bir devrim olduğu kanaatine varılmıştır (Başer, 2011). Bilhassa 18. yüzyılın ortalarında artan nüfusla beraber şehirleşmenin artmasına paralel olarak üretime duyulan rağbetin de yükselmesi Sanayi 1.0 sürecinin ilerlemesinde büyük bir rol oynamış ve özel mülkiyet kavramına geçiş daha hızlı gerçekleşmiştir.

Sanayi 1.0'ın en bilinen etkilerinin başında ise hızlı bir şekilde yükselen üretim miktarı gelmiş ve bu yükselmeyi destekleyen faktör ise makineleşme olarak nitelendirilmiştir. Buhar makinalarının kullanılmaya başlanması ise demiryolu taşımacılığı ile tekstil üretimindeki yükselişi desteklemiştir. Buhar makineleri aynı zamanda iletişim, bankacılık ve ulaşım sektörlerinde de büyük yeniliklerin

yaşanmasını sağlamıştır. Yaşanan Sanayi 1.0 devrimi ile birlikte, toplumların hayat standartları ve yaşam kaliteleri yükselmiş üretimdeki artış yoğun çalışma saatleri ile ağır çalışma koşullarına sebep olmuştur. Bu durumda çok çalışan ve fakir işçi sınıflarının oluşumunu sağlamıştır (Ogan, 2017).

Sanayi 1.0, etkisi diğer ülkelere en geç ulaşan devrimdir. Bunun sebebi ise teknoloji transferinin yapılabilmesi için gerekli olan unsurlara erişimin zor olmasıdır. Sanayi 1.0 sürecinde yaşanan ve insanı derinden etkileyen gelişmeler ve buluşlar bir bilimsel yöntemle oluşturulmuş hipotezler ile bilginin teknolojiye dönüşmesi sonucunda meydana gelmemiştir (Mokyr, 2011). Böylece üretimde el ve beden işçiliğinden makine gücüne doğru bir ilerleme yaşanmıştır.

Sanayi 1.0 sürecinde ulaşıma yapılan yatırımlar artmış ve bu devirde yeni yeni kurulmaya başlayan demiryolu hatlarının meydana getirdiği ulaşım ve nakliye olanakları ticaretin daha büyük bir ölçeğe ulaşmasını sağlamıştır. Ayrıca odun ve bio-yakıt yerine kömürün kullanılması, makine kullanımının daha çok yaygınlaşmasını sağlamış ve İngiltere’de buhar gücüyle çalışan tekstil fabrikalarının kurulmasıyla üreticiler daha verimli ve daha fazla mal ürettikleri için daha çok hammadde ile pazara gerek duymuşlardır. Böylece deniz aşırı ülkelere üretilen ürünlerin ihracatını yapma düşüncesi doğmuştur. Üretilen malların buharlı gemiler ve makineler ile daha uzak yerlere daha kısa zamanda ve daha az maliyet ile taşınmasıyla dış ticaret hacminde artış yaşanması uluslararası ilişkileri de etkilemeye başlamış bu da Sanayi 1.0 sürecinde yaşanan gelişmelerle dünyanın küçük ve entegre bir yapıda olduğunun anlaşılmasında önemli bir etken olarak kabul edilmiştir (Gabaçlı & Uzunöz, 2017).

İngiltere’de başlayan ve yukarıda bahsedilen özelliklerle birlikte ilerleme gösteren Sanayi 1.0, Amerika ve Avrupa’da sermaye birikiminin çoğalmasına ve toplumların refah seviyelerinin artmasına olanak sağlamıştır (Pamuk & Soysal, 2018). Böylece sermaye birikimi olan ve refahı artan toplum yeniliklere yönelmiş ve sanayi devrimleri için gerekli olan icatlar ve düşünce yapısı kişisel hakların genişlemesi ile ortaya çıkmıştır.

Bu devrim beşeri bir etki de yaratmış ve devrimin meydana geldiği yıllardan önce olan 1700 yıllarının ilk başlarında dünya nüfusu yaklaşık 700 milyon nüfusa sahip iken yaşanan gelişmeler ile birlikte dünya nüfusu 1927 yılında yaklaşık 2

milyar olarak hesaplanmıştır. Artan dünya nüfusu ve sağlık alanlarında yaşanan gelişmelerle birlikte salgın hastalıklara çözüm bulunması, ilaç sektörünün gelişmesi ve ilk yardım gibi konular üzerinde gelişmeler yaşanması yüz sene gibi bir zaman aralığında insan nüfusunun yüzde yüzden daha çok bir artış göstermesine sebep olmuştur (Eric, 2011).

Bölgelerdeki artan nüfus sınıfsal farklılıklarda da artış yaşanmasını hızlandırmış ve şehir hayatı oluşmaya başlamıştır. Daha çok deneme yanılma yöntemleriyle en iyiye ulaşmayı amaçlayan insanların gerçekleştirdiği ilerlemeler sonucunda Sanayi 1.0 süreci oluşmuş ve insanlık farklı bir yaşam şekline geçmiştir. Bu durum matbaanın keşfiyle ve aydınlanma döneminde oluşacak sınıfların yarattığı uzmanlaşma akımıyla boyut değiştirmiş ve İkinci Sanayi Devrimi ile birlikte teknolojik gelişmeler ve büyük buluşlar bilimsel yöntemler ışığında yaşanmaya başlamıştır.

Sağlığın ilk gelişim süreci olan Sağlık 1.0'da yaşanan gelişmeler İngiliz Hükümetinin o dönemde yaşanan salgın hastalığın kirli içme suyundan kaynaklandığını tespit etmesiyle ve 1830 yılında tek tek evlere su boruları döşemesiyle başlamıştır. 19'uncu yüzyılın sonlarına doğru yaşanan sanayi devriminden sonra ise gelişme göstermiş ve 20'inci yüzyıl boyunca sağlığı geliştirici tedbirler almaya, hastalıkları teşhis ederek önlemeye ve tedavi etme yöntemlerine odaklanılmıştır. Bu dönemde sağlığın temel bir insanlık hakkı olduğu düşünülmüş ve sağlık hizmetlerinden herkesin yararlanmasını sağlamak temel bir hükümet işlevi haline gelmiştir (Mackenbach, 2007). Bundan kısa bir süre sonra kullanılan gıda ve suyun güvenliğinin sağlanıp sağlıklı hale getirilmesi, antibiyotik ve aşı gibi tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi sonucunda bilimsel gelişmeler güçlenerek ilerlemiş ve epidemiyoloji ile laboratuvar biliminde yaşanan gelişmeler kapsamlı olarak Sağlık 1.0'ın gelişmesini sağlamıştır (Chen vd., 2020).

Sağlık 1.0 döneminde, sağlık sorunlarının ortaya çıkması veya evrenin ahenginin bozulması ya kötü ruhlara ya da doğaüstü güçlere bağlanmış, hastalıkların doğaüstü güçler tarafından ceza olarak verildiğine inanılmıştır. Bu yüzden, hastalıkları ortadan kaldırmak için dinsel veya büyüsel yöntemlere başvurulmuştur. Yani hastalığın ya vücutta yer alan organların düzenli çalışmamasından kaynaklandığı ya da yapılan bir günah nedeniyle Tanrı'nın bir cezası olarak verildiği

düşüncesi hakimdir. Bu dönemlerde ortaya çıkan tüm hastalıklarla savaşabilmek için sihir ve büyüye başvurulmuştur. Yapılan büyülerin doğaüstü unsurlarla temasa geçerek insanların sağlıklarını iyileştirme konusunda etkili olduğu düşünülmüştür. Kötü güçler insana musallat olduğunda devreye giren rahip-hekimler, büyücüler, şamanlar ise doğaüstü güçler ile iletişime giren, hastalığı iyileştiren kişiler yani günümüzün doktorları olarak görülmüştür.

Hastalıklardan korunmak ve kurtulmak için çözüm yolları düşünülmüş böylece sağlığın geliştirilmesi yolunda önemli temeller atılmıştır. Böylelikle dinsel inançlarla büyülerden oluşan bu geleneksel sistemlerde hastalık, insan vücuduna yabancı ruhların girmesiyle ve kişinin yaptığı kötülükler ile açıklandığı için hastalıklardan korunmak ve kurtulmak için geliştirilen tedavi yöntemleri de bunları ortadan kaldırmaya yönelik geliştirilmiştir. Ancak hastalıklar büyüsel yöntemler kullanılarak iyileştirilmeye çalışılırken aynı zamanda tedaviyi destekleyen deneysel yöntemler de kullanılmıştır (Davidson, 1983). Bu devirde tecrübeye dayalı olarak yapılan tedavi süreçlerinde tedavi için bir uzmana ihtiyaç duyulmamış ve sağlık hizmeti sağlık konusunda bilgisi olan herhangi bir akraba, din adamı veya çevreden biri tarafından verilmiştir. Bu dönemde görülen toplu ölümler ise genellikle çözümü bulunamayan salgın hastalıklardan dolayı gerçekleşmiştir. Okuma-yazma bilen az sayıdaki kişiler olan rahip-hekimler ise tıbbi gözlemlerini derleyerek kaydetmiş ve ilk tıp kitapları bu dönemde oluşmuştur.

Kısaca Sağlık 1.0'da yaşanan bu bilimsel ve örgütsel ilerlemeler, etkili olan birincil korunma yöntemlerinden bilim temelli tıbbi tedaviye ve üçüncül korunma yöntemlerine kadar olan kapsamlı sağlık korumalarına başvurmanın genel nüfus için mümkün olduğu bir sistem sunmaya çalışmaktadır (DeSalvo vd., 2017).

1.2.2 İkinci Sanayi Devrimi

İkinci Sanayi Devrimi, Sanayi 1.0'ın son zamanları olarak ifade edilen 1870'li yılları ile Birinci Dünya savaşının çıktığı 1914 yılına kadar olan süreçte oluşan teknolojik ilerlemelerin meydana getirdiği sosyal ve ekonomik değişim dönemi olarak tanımlanmaktadır. İkinci Sanayi Devrimi genel olarak birinci sanayi devriminde yaşanan büyük gelişmeler ve buluşların toplumsal dönüşümünü ifade eden ve aydınlanma döneminde gelişme gösteren bilimsel yöntemlerin oluşturduğu

bir sanayi devrimidir (Mokyr, 2011). Bu devrim İkinci Sanayi Devrimi veya Sanayi 2.0 (Endüstri 2.0) ismiyle adlandırılmaktadır. Bu devrimin kimilerine göre Birinci Dünya Savaşına, kimilerine göre de İkinci Dünya Savaşına dek sürdüğü düşünülmekte ve Sanayi 2.0 döneminin temellerinin atılmasında en mühim etken olarak demiryollarının daha çok gelişmesi, uzak pazarlara ulaşım imkânındaki artışlar ile hammadde tedarikinde yaşanan kolaylıklar gösterilmektedir.

Sanayi 2.0'ın gerçekleştiği yıllar olarak çoğunlukla 1870-1914 yılları kabul edilmektedir. Dokumacılıkta iplik makinelerinin mekanizasyona tabi tutulması ve buhar gücünün kullanılmasıyla başlayan süreç, 19. yüzyılın sonlarında bilhassa petrol tabanlı içten yanmalı motorların bulunması sonucunda Sanayi 2.0'a dönüşmüştür. Bu dönemde ortaya çıkan diğer teknolojik ilerlemeler ise kimyasal, petrol ve petrol türevlerinin ekonomideki öneminin artması, otomotiv ve elektrik sektörün de yaşanan gelişmelerdir. "Teknoloji Devrimi" ismiyle de nitelendirilen bu dönem, basit mekanik aletlerle bilim adamlarının kimya ve fizik alanında yaptıkları buluşları teknolojiye aktarması ile daha karmaşık bir duruma gelmiştir. Mokyr (2011), Sanayi 2.0'ın, zamanla gelişen aydınlanmış fikir ve akıl doğrultusunda bilimin daha yöntemsel araçlarla bilimsel süreçlere odaklanması sonucunda oluştuğunu savunmuştur. Ayrıca zamanla kullanılmaya başlanılan enerji kaynakları ile hammaddelerin değişiklik göstermesi, teknolojinin gün geçtikçe daha da gelişmesine ve Sanayi 2.0'ın temellerinin atılmasına katkıda bulunmuştur.

20'inci yüzyılın ilk yıllarında sanayi alanında yenilenme ihtiyacı doğmuş, fosil yakıtların önemi artmış, haberleşme alanında yaşanan köklü yenilikler, taşımacılık alanlarının gelişmesi ve elektrik kullanımı, sanayiye yeni bir ivme kazandırmıştır. Sanayi 2.0'a geçişte ki en önemli gelişmelerinin başında, gelişen demiryollarının etkisiyle istenilen ürünlerin uzak pazarlara ulaştırılmasının kolaylaşması gelmektedir. Demiryolları ve trenler bu dönemden önce üretiliyor olmasına rağmen çeliğin geliştirilmesi ile daha dayanıklı yollar üretilmiş ve sektörde maliyetler azalmaya başlayarak yeni seçenekler keşfedilmiştir. Petrolün işlenmesi ile birlikte kullanılan benzinli araçlar Sanayi 2.0 döneminde üretilmeye başlanmış içten yanmalı motorların üretilmesi de bu dönem ile birlikte gelişme göstermiştir (Arslan, 2017).

Sanayi 1.0 buhar motorlu teknolojiler, demir ve tekstil sektöründe gelişme gösterirken, Sanayi 2.0 petrol, kimya, çelik, demir yolu ve elektrik enerjisinde gelişmeler sağlamanın yanında ilk defa kullanılan enerji kaynakları, bilim ve teknik gelişmeler ile seri üretimde bulunan yüksek enerjiye sahip olan toplumların oluşmasına katkıda bulunmuştur. Sanayi 2.0 telefon, telgraf ve telsiz gibi iletişim sistemlerinin yaygınlaşması ile yeni bir bilgi döneminin doğmasını sağlamış, ulaşım aracı olarak kullanılan demiryolunu geliştirilerek daha güvenli, konforlu ve verimli hale gelmiştir. Sanayi 2.0 ulaşım konusunda karayolunda meydana gelen gelişmeler ile kendisini göstermiş, enerji rejiminde meydana gelen değişimler sonucunda ise dizel ve elektrikli motorların otomobillerde ve trenlerde kullanılmaya başlanmasıyla ciddi bir dönüşümün yaşanmasına sebep olmuş ve karayolları çok yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır.

Sanayi 2.0 ile birlikte gelişen ve daha sonra oluşan devrimleri de etkileyen en önemli gelişme ise hava gazı ve petrol türevleriyle çalışabilen arabaların icat edilmesi olmuştur. İcat edilen arabalar ile insanların yer değiştirme kabiliyetleri artmış bu da insanların daha çok gezmesine ve sorgulamasına yol açarak farklı konularda keşiflerin yaşanmasını sağlamıştır. Ulaşımın yaşanan gelişmeler hammadde teminini de kolaylaştırmış üretim sürecinde yer alan tüm ürünlerin yeni ve uzak pazarlara kolay bir şekilde ulaşmasına katkıda bulunmuştur. Bu dönemde demir yerine çelik kullanılmaya başlanmış ayrıca hammadde içinde kimyasal maddelerin kullanılması yaygınlaşmıştır. Enerji kaynağı olarak ise kömür ve buharın yerini petrol ile elektrik olarak petrol tabanlı içten yanmalı motorların kullanımının yaygınlaşması, üretimin daha yüksek bir hıza ulaşılmasına elektrik teknolojisini geliştirerek montaj hattı yardımıyla seri üretim hatlarının kurulmasına neden olmuş ve böylece kitle üretiminin oluşumu sağlanmıştır.

Bu süreçte yaşanan diğer bir gelişme ise makineleri çalıştıran fosil yakıtlı enerji kaynakları ve üretim bantlarının yerine elektriğin kullanılıyor olmasıdır. Elektrik enerjisi uzun yıllardan beri biliniyor olmasına rağmen Sanayi 2.0 dönemine dek çoğunlukla aydınlatma için kullanılmış, makineleri çalıştıracak bir enerji kaynağı olarak görülmemiştir. Yıllar boyunca fosil yakıtlar yerini elektrik enerjisinin kullanılmaması sanayi sektöründeki firmaların temkinli davranmalarından kaynaklanmış ve elektrik enerjisinin daha yeni gelişen bir enerji türü olduğu bu

yüzden güvenilemeyeceği kanısına varmışlardır. Ancak zamanla elektrik teknolojisinin gelişmesiyle sanayi sektöründeki firmaların bu düşüncesi değişmiş hem makinelerde hem de üretim bantlarında elektrik enerjisine geçilerek üretim süreçleri daha düzenli bir hal almıştır. Mesela üretim bantları yarı otomatik duruma getirilmiş ve personellerin ihtiyaç duydukları anda üretim bantlarını hızlandırabilmesi veya yavaşlatabilmesi imkânı verilmiştir (Görçün, 2016). Buhar gücünden daha güçlü olan bu yeni ve üstün teknoloji, makinelerde yaşanan gelişmelerin artmasına ve üretim süreçlerinin büyük oranda ilerlemesine katkı sağlamıştır.

Frederick W. Taylor kaleme aldığı “Bilimsel Yönetimin İlkeleri” kitabında çelik fabrikasında çalıştığı zaman diliminde yaptığı gözlemlerle, işletmelerin en yüksek verime ulaşmaları için kaynakları en verimli şekilde kullanmaları gerektiğini ve iş yerindeki bütün görev ve fonksiyonların birbirlerinden keskin ve sistemli olarak ayrılmasının gerekliliğini vurgulamış ancak bu şekilde verimli ve düzenli üretimin mümkün olacağını dile getirmiştir. Taylor’ın yönetim alanındaki düşünceleri yönetimin bilimsel çerçeveye ele alınışının ilk örneği olarak kabul edilerek literatürde “Taylorizm” olarak adlandırılmıştır.

Taylorizmden sonra İkinci Dünya Savaşı’nın ilk başlarında 1970’lere kadar üretim alanında farklı bir yaklaşım daha ortaya çıkmış ve bu yaklaşım da Henry Ford’un otomobil üretiminde kullanmaya başladığı seri üretim bantları dikkate alınmış olmakla birlikte terim literatürde sıkça “Fordizm” olarak anılmıştır ve bu dönemde seri üretimin en dikkat çekici örneklerinden biri, Henry Ford’a ait olan Ford Motor Şirketi’dir. Henry Ford tarafından geliştirilen ve otomotiv sektöründe kullanılan bant tipi seri üretim yöntemi ile seri üretim imkanı elde edilirken esasında yeni bir devriminin başlamasına da öncülük edilmiştir (EKOIQ, 2014). Fordizm seri üretimde Taylorizm tarafından benimsenen ilkeleri değiştirerek üretimi daha ufak parçalara ayırmış ve tüm makineleri tek bir işi yapacak tarzda görevlendirmiş böylece işçilerin alanında yetkinleşmesine ihtiyaç duyulmadan hızlı ve daha basit bir biçimde üretim yapılabilmiştir. Fordizm, yapılan işin standartlara uygun olarak yapılması düşüncesi ile her işi bir makineye, her makineyi de bir çalışana vererek insanın yapacağı hata oranını en aza indirmeye çalışmış ve üretimde aynı üründen fazla miktarda ve tek tip üretilmesini amaçlamıştır (Öztuna, 2017). Bu teknoloji

beraberinde yeni üretim şekillerinin gelişmesine de katkı sağlamış ilk olarak otomotiv ile başlayan seri üretim, sonrasında birçok sektörde kullanılmaya başlamıştır (Alçın, 2016). Fordizm teknik olarak ise sanayi üretiminin büyük oranda kitlesel üretim biçiminde gerçekleştirildiği, iş tanımları ve iş bölümünün katı bir tarzda gerçekleştirildiği, ürünlerin standartlaştırılmasının talep artışlarına sebep olduğu ve bu talep artışlarının standartlaştırmayı artırdığı üretim şeklidir (Eraydın, 1992). 1945-1973 yılları arasında geçerli olan Fordizm 1960 yıllarının ortalarında sıkıntılar çıkarmaya başlamış bu sorunların ana nedeni olarak ise esnek bir yapıya sahip olmaması gösterilmiş ve esnekliğin daha çok olduğu üretim süreçlerine geçiş yapılmaya başlanmıştır. Esnekliğin olmaması iki şekilde sorun yaratmıştır. Birincisi kitle üretimini uygulamak için yapılan büyük oranlardaki sabit sermaye yatırımlarının müşterilerin değişen taleplerini karşılayabilecek esnekliğe sahip olamaması, ikincisi ise emek piyasasında yapılan anlaşmaların esnek olmamasıyla birlikte değişime karşı çıkan işçi direnişlerinin yaşanması, Fordist üretim sistemlerinin kendini yenilemesine engel olmuştur. 1970'lerden itibaren ise üretimde bilgi teknolojileri önem kazanmış, otomatikleşme yaygınlaşmaya başlamış, emek gücü yerine daha çok makineler kullanılmıştır (Saklı, 2013).

Sanayi 2.0 döneminde telefonun ve elektrikli haberleşme sistemlerinin kullanılmaya başlanmasıyla insanlar arasındaki ilişkiler ciddi oranda değişerek insanların farklı coğrafyadaki insanlarla iletişim kurabilmesine olanak tanınmıştır. Hammadde olarak çeliğin ve demirin yaygın olarak kullanıldığı ve ağır sanayinin gelişme gösterdiği, Sanayi 2.0'ın temsilcileri ise İngiltere, Amerika, Almanya ve Japonya'dır (EBSO, 2015).

Sağlık alanında ise Sanayi 2.0 ile beraber başlayan modern tıp dönemindeki hastalıklar mikroplardan dolayı ortaya çıkan bir olgu olarak nitelendirilmiştir. Mikrobun keşfedilmesi sonucunda biyoloji, fizyoloji, anatomi, ve patoloji gibi bilim dallarının 19'uncu yüzyılda hızlı bir şekilde gelişmesiyle birlikte modern tıp alanında büyük oranda ilerlemeler kaydedilebilmiştir (Sargutan, 2005). Bu yüzyıl içinde tüberküloz ve koleranın nedeninin bulunması, tetanos, difteri ve çocuk felci aşılarının icat edilmesi tıbbın beklenmedik bir biçimde gelişmesini sağlamıştır. Bütün bunların yanında modern toplumda yiyeceklerde, kozmetik malzemelerinde kullanılan kimyasal maddeler insan sağlığında tehdit oluşturmuştur. Ayrıca teknoloji modern

tıbbi birçok konuda hizmet etmiş ancak fiziksel, ruhsal, kültürel ve ekonomik olarak zarar da vermiş, bu yüzden bu dönemde tıp, insan psikolojisi üzerine de birçok çalışma yapmış ve çözüm yolları aramıştır.

Sanayide yaşanan gelişmelerin ve değişimlerin devam etmesi, montaj hatlarının kullanımıyla seri üretime geçilmesiyle birlikte yaşanan ilerlemeler sağlık alanında da büyük gelişmelerin yaşanmasına katkıda bulunmuştur. Örneğin Hoffmann-La Roche gibi büyük ilaç firmaları endüstriyel seri üretim teknolojisi kullanıp, birkaç yıl sonra piyasa için çeşitli antibiyotikler geliştirmişlerdir (Zaffiri vd., 2012).

Sağlık 2.0 sağlığın kronik hastalıklarda yaşanan artışa ve AIDS (Acquired Immune Deficiency Syndrome), HIV (Human Immunodeficiency Virus) gibi yeni bulaşıcı tehditlere karşı hazırlıksız olduğunun kabul edilmesiyle birlikte sağlığın temel işlevlerinin ve temel hizmetlerinin geliştirilmeye çalışılmasının da başlangıcını oluşturmuştur. Bu dönem yaşanan hastalıkların tedavisi ve korunma tedbirlerinin birçok araştırma ve deney sonucunda ulaşılan bilimsel bilgiye dayandığı için daha kesin ve rasyonel olduğu söylenebilir. Hasta bireylerin tanı ve tedavisi sağlık alanında eğitim almış uzman kişiler tarafından yapılmaya başlanarak tanı ve tedavi süreçlerinde gelişmiş teknolojik araç ve gereçler kullanılmıştır. Önceki yüzyıllarda pek çok kişinin ölümüne sebep olan birçok bulaşıcı ve salgın hastalıklar bu dönemde geliştirilen aşular yardımıyla kontrol altına alınmıştır (Kızılcıkelik, 1995). Bu dönemde yaşanan hızlı gelişmeler ruhsal, fiziksel, ekonomik ve kültürel olarak insanların sağlıklarını olumsuz yönde etkilemiş bundan dolayı bu dönemde sağlık alanında insan psikolojisi üzerine de birçok çalışma yapılarak çözüm yolları aranmıştır. Ayrıca bu dönemde tıp eğitiminde temel bilim eğitimi ile klinik eğitim eşit derecede önemli olmuştur. Hastaneler büyüyerek daha fazla profesyonel tarafından hizmetin verildiği ve doktorların daha fazla hastayı tedavi ederek daha karmaşık koşullarla başa çıktığı büyük bir uzmanlık kurumları haline gelmiştir (Chen vd., 2020).

1.2.3 Üçüncü Sanayi Devrimi

İnsanlık tarihinin belirli zaman aralıklarında gelişme gösteren birinci ve ikinci sanayi devrimleri oldukça büyük bir etkiye sahip olmakla birlikte iki sanayi devriminde de görülen benzer durum fosil yakıtlardan ortaya çıkarılan enerjilerin

kullanılması ve zamanla meydana gelen büyük ekonomik gelişmeler olmuştur. Dünya üzerinde yaşayan devletler bu ekonomik değişimlere uyum sağlamak için ilk başta doğa olmak üzere insan gücünü ve elindeki kaynakları yüksek oranda kullanmış daha sonra ise bu kaynakların sınırlı olduğu ve rezervlerin tükeneceği gerçeğiyle karşı karşıya kalındığı için üretimin sağlandığı kaynakların sürdürülebilir olmadığı görülmüştür. Fosil yakıtların kullanılması ile birlikte artan küresel sıcaklığın canlıların hayatlarını tehlikeye sokması sonucu çevreye, doğaya ve insana olan duyarlılık artmış bu yaklaşımla birlikte 1990'lı yılların ikinci yarısında sanayi tarihinde yeni bir devrimin filizlenmeye başladığı görülmüş ve İkinci Dünya Savaşı sonrası Üçüncü Sanayi Devriminin veya Sanayi 3.0 (Endüstri 3.0)'ın temellerini oluşturan faktörler oluşmaya başlamıştır.

Sanayi 1.0'da en önemli enerji kaynağının kömür ve buharlı makineler olduğu, Sanayi 2.0'da en önemli enerji kaynağının elektrik enerjisi olduğu ve Sanayi 3.0'da ise en önemli enerji kaynağının nükleer enerji olduğu görülmektedir. İlk olarak deniz ve kara ulaşımında yaşanan gelişmeler ile kendini gösteren Birinci ve İkinci Sanayi Devrimleri'ne ilaveten Sanayi 3.0'da havayolu ulaşımı kendini göstermiştir.

Sanayi 3.0, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra başlayıp 2000'li yıllara kadar olan zamanı ifade etmiş ve İkinci Dünya Savaşı, Sanayi 3.0'ın yaşanmasını geciktirmiş olmakla birlikte devrimin oluşmasının da temel nedeni olmuştur. 1950'li yıllarında savaş sırasında duyulan ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilen dijital teknolojiler Sanayi 3.0'ın temellerinin atılmasını sağlamıştır. Sanayi 3.0, İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra adım adım oluşan değişiklikler ile birlikte 1970'li yıllarda büyük bir sıçramaya neden olmuş ve elektriğin seri üretimde kullanılması ile üretim hattında yaşanan gelişmeler de bu devrimi tetiklemiştir.

Sanayi 3.0'da üretim süreçlerinin otomasyonuna bağlı olarak gelişmesiyle mekanik ve elektronik teknolojiler yerini dijital teknolojiye bırakarak programlanabilir makinelerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Diğer sanayi devrimlerinden daha farklı özellik ve niteliklere sahip olan bu çağ, "Dijital Devrim Çağı" olarak adlandırılmış ve temel bileşenleri, internetin yaygınlaşmasıyla ortaya çıkan haberleşme ve bilgi işleme teknikleriyle bunları ortak olarak gerçekleştirmeyi sağlayan mikro-elektroniklerden oluşmuştur. Sanayi 3.0'da dikkat çeken

özelliklerinden bir diğeri de üretimde otomasyonun artması ile üretim süreçlerinde beden gücüne duyulan ihtiyacın azalmasıdır. Sanayi 3.0, sürekli olarak farklı teknolojilerin denendiği ve üretim sürecinde en önemli faktörün Ar-Ge çalışmaları olduğu bir dönemdir.

Sanayi 3.0'ın temel maddesini bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişmeler oluşturmuş, nükleer faaliyetler, bilgisayarların kullanılmaya başlanması, genetik bilimi ve benzer konularda yenilikler ortaya çıkmıştır. Bilgi teknolojilerindeki gelişmeler, internetin yaygınlaşması ve bilişim sektöründeki artış ürünlerin üretiminde maliyetlerin azaltılması sağlanmış ve belli sektörlerin ön plana çıkmasına katkıda bulunmuştur.

Sanayi 3.0'ı ortaya çıkaran önemli gelişmelerden biride bilgisayarın iletişim teknolojilerinin gelişmesine katkı sağlaması olmuş ve bu teknolojik gelişim insanlar arasında ki mesafeyi ortadan kaldırmış, bir birey dünyanın öbür ucundaki habere saniyeler içerisinde ulaşabilir hale gelmiştir. İletişim ve ulaşımın kolaylaşmasına bağlı olarak küreselleşme giderek artmış ve üretim süreçlerinde bilgisayar ve iletişim teknolojilerinin kullanılmaya başlanması, çok daha küçük, mekanik ve pratik ürünlerin gündelik hayata girmesini sağlamıştır. Makineler, iş hayatında olduğu gibi gündelik hayata da hakim olmaya başlamış, böylece beden gücüne duyulan gereksinim kişisel yaşam içerisinde de ortadan kalkmaya başlamıştır (EBSO, 2015).

Sanayi 3.0 sürecinde iletişimde yaşanan en büyük değişim olan internet teknolojisindeki gelişmeler Soğuk Savaş döneminde Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği'nin dünya yörüngesine uydu göndererek atılım yapmasıyla ve ABD'nin 1957 yılında başlatmış olduğu askeri bir program olan ARPAnet projesiyle başlamıştır (Curran, Fenton, & Freedman, 2012). ARPAnet projesi ABD'li araştırmacıların dünyanın ve ülkelerinin farklı yerlerinde rahat bir şekilde iletişim sağlayamamalarından kaynaklanan soruna çözüm bulmak amacıyla başlatılan bir proje olarak savunma sanayisinin ortaya çıkardığı ve insan hayatını kolaylaştırıcı teknoloji olarak topluma kazandırdığı bir buluştur. ABD'li araştırmacılar bu projeye olası bir Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği saldırısına karşı gerçekleşecek savaşın kurgulanması, yönetilmesi ve iletişimin sağlanması için kazanılan bilginin bir araya getirilmesini ve beraber çalışmanın mümkün olmadığı durumlarda iletişimin rahat sağlanmasını hedeflemiştir.

ARPAnet'in kuruluşundan sonra 1969-1977 yıllarında bu ağa ABD'de yer alan çeşitli üniversiteler ve kurumlar katılım göstermeye başlamıştır. 1973'te Stanford Üniversitesi'nde yapılan çalışmalarla ilk e-posta adres formatı oluşturulmuş, 1974 yılında Harvard Üniversitesi'nde yapılan çalışmalarda ise ilk olarak ethernet yerel alan ağı protokolü tamamlanmıştır. 1983 yılında IP (Internet Protocol) geliştirilerek network protokol kontrolünden IP'ye geçiş yapılmıştır. İnternet alt yapısının oluşmasını sağlayan ilk yapılanma, 1986 yılında Ulusal Bilim Vakfı tarafından gerçekleştirilmiş 1989 yılında ise internet halkın kullanımına sunulmuştur. İlk internet kullanıcıları kütüphaneler, araştırma kurumları ve üniversiteler olmakla birlikte kurulan ağ üzerinden dosya ve bilgi paylaşımına yönelik çalışmalar ise 1989 yılında başlamıştır. 1989 yılında İngiliz fizikçi ve bilgisayar bilimci olan Tim Berners-Lee başlattığı çalışmayla 1991 yılında "www (World Wide Web)" protokolü geliştirilmiş ve kullanıma açılmıştır. Daha sonra firmalar web siteleri aracılığı ile kendilerini tanıtmaya olanağı yakalamış böylece internet ticari olarak kullanılmıştır. İnternetin tanımı ise 24 Ekim 1995'te Federal Networking Council İnternet'i tanıtan bir bildiri yayınlamasıyla ortaya çıkmış ve internet, "IP protokolüne dayalı global bir adres uzayı ile birbirlerine bağlı bilgisayarların meydana getirdiği bir bilgi sistemi" olarak tanımlanmıştır.

İletişimdeki bu gelişmeler bilginin yayılma hızını artırmış ve dünya genelinde bir gelişme yaşanmasını sağlamıştır. Sanayi devrimlerinde, insan hayatına etki eden yeniliklere bakıldığında, insanlık tarihi boyunca yaşamı internetin etkilediği kadar etkileyen ve dönüştüren başka bir araç çok nadir olarak görülmektedir. İnternet, toplumda insan ilişkilerini yeniden tanımlamaya yardımcı olurken, insanoğlu internet yardımı ile dünyayı anlık olarak takip edebilme ve dünya üzerinde internetin olduğu her yerde süreçlere katılma şansı elde etmiştir (Kleinrock, 2008). Bu dönemde bilgisayarlarda yaşanan büyük gelişmeler yazılım sektörünün de gelişmesini sağlamıştır. Yazılım sektöründe yaşanan gelişmelerle birlikte makineler de değişime uğramış ve özellikle elektrikle çalışan hesap makinesinin üretilmesiyle başlayan ve bilgisayarın gelişimine kadar uzanan dijital gelişmeler üretim süreçlerine de farklı bir boyut kazandırmıştır.

20'inci yüzyılın ortalarında Fordizm yavaş yavaş önemini kaybetmesiyle 1970'li yılların başında geliştirilen programlanabilir makinalar sanayileşmede yeni

bir dönemin habercisi olmuş, bilgi, iletişim ve elektronik teknolojileriyle beraber Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC)'ler geliştirilmiş, üretimde otomasyon sistemlerinin ileri düzeyde gelişimi sağlanmış ve tüketici tercihlerinin ön planda olduğu üretim şekli ortaya çıkmıştır. Üretim süreçlerin de elektronik ve bilgi teknolojileriyle otomasyonun sağlanması üretim teknolojilerine yeni bir boyut kazandırmış, ilk mikro bilgisayar geliştirilmiş, dijital teknolojiler öne çıkmış mikroişlemciler, elektronik ve bilgisayar temelli bir üretim yapısını belirginleştirmiştir (SIEMENS, 2016).

Üçüncü Sanayi Devriminin eş zamanlı gelişmekte olduğu beş bileşeni mevcuttur. Bunlar (Rifkin, 2011);

- Ulaşım araçlarının elektrikli ve yakıtlı araçlar ile değiştirilerek akıllı ve etkileşimli araçların kullanılması,
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmaya başlanması,
- Dünyadaki tüm binaların mikro enerji santrallerine dönüştürülmesiyle kendi yerleşim alanlarında yenilenebilir enerji toplayabilmesi,
- İnternet teknolojileri sayesinde tüm dünyadaki enerji kaynaklarından enerjiyi paylaşan bir şebeke ağının meydana getirilmesi,
- Binalarda hidrojen depolama teknolojilerin oluşturulmasıyla kesintili enerjilerin depolanmasının sağlanmasıdır.

Sanayi 3.0'da enerji kaynağı kullanımında değişime gidilmeye çalışılmış, kullanılan kaynakların tükenme tehlikesiyle karşı karşıya kalınması ile yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim başlamış ve bu yönelimler devlet yardımlarıyla desteklenmiştir. Bu doğrultuda güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, hidroelektrik ve jeotermal enerji santralleri kullanımı yaygınlaştırılmaya çalışılmış ve çağın en önemli kavramı olarak sürdürülebilirlik ve sürdürülebilir büyüme kavramları büyük önem kazanmıştır (Redclift, 2005).

Sanayi 3.0 süreci genel hatlarıyla ele alınacak olursa bilgi sistemleri ile iletişim ve haberleşme alanlarında görülen büyük gelişmeler, teknolojilerin sanayilerde etkin olarak kullanılmasına ve ulaşım sistemlerinin hızlanmasına etki etmiştir. Diğer taraftan hızla büyüyen teknolojik ve çevresel etkilerle dünyada rekabet giderek artmış ve bu durum sürecin hızlanıp uygun yöntem, programlama ve

bilgi sistemlerinin kullanılmasıyla Sanayi 4.0 sürecinin başlamasına olanak sağlamıştır.

Sanayi 3.0 gelişimleri doğrultusunda sağlık bilgi sistemlerinin gelişim süreci incelendiğinde, Sağlık 3.0'ın da teknoloji ve tıp alanındaki gelişmelerle paralellik gösterdiği görülmüştür. 1960'lı yıllarda tek tip dokümantasyon yaklaşımı ile bilgisayar tabanlı hasta kayıt sistemlerinin ilk uygulamaları kullanılmaya başlanmış ve 1960'lı yılların sonunda finans, muhasebe, istatistik ve faturalama amacıyla ilk hastane bilgi sistemleri geliştirilmiştir. 1980'li yıllardan itibaren klinik enformasyon sistemlerini içeren entegre hasta kayıt ve dijital görüntüleme sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayar ve iletişim teknolojileri alanındaki gelişmeler, 2000'li yıllarda elektronik sağlık sistemlerinin oluşturulmasına katkıda bulunmuştur (Bayın vd., 2016). Ayrıca bu dönemde hastalıkların yalnızca mikroba dayalı olmayacağı bunun yanı sıra psikolojik gibi birçok nedeninin olabileceği saptanmıştır.

Bu dönemde verilen sağlık hizmetlerinde eşitliğe ulaşmak amaçlanmış ve sağlığın sosyal belirleyicilerine daha fazla önem vererek, hem sağlık hem de sağlık dışı sektörlerde işbirliğinin gerçekleştirilmesini sağlamaya yönelik adımlar atılmıştır. Sağlık 3.0 sağlığın sosyal belirleyicilerini doğrudan etkileyen çevresel, politik ve sistem düzeyinde eylemleri vurgulayan modern bir versiyondur (DeSalvo vd., 2016). Yaşanan ilerlemeler 1980'lerde hızlı hesaplama ve büyük veri depolama kapasitesine sahip daha küçük bilgisayar ve tesislerin üretilmesine izin veren mikroişlemcilerin gelişmesini sağlamış ve iletişim ve bilgisayar teknolojileri alanında yaşanan gelişmeler, 2000'li yıllarda elektronik sağlık sistemlerinin oluşumunun sağlanmasına katkı sağlamıştır (Jadad & Enkin, 2007). Hızlı ilerleyen bilgisayar teknolojileri tomografi görüntülerinin de gelişmesini sağlayarak doktorların yaralanmaları daha ayrıntılı inceleyebilme ve hastalıkları daha önce tanımlayabilme olanaklarını artırdı. Ayrıca, bu dönemde internette yaşanan gelişmelerde öğrenme şeklimizin değişmesine büyük katkılar sundu. Çoğu tıbbi kaynağın e-kütüphaneler ile elde edilebilmesi kanıta dayalı tıbbın gelişimini hızlandırdı. Bu nedenle bilgi teknolojilerinde yaşanan gelişmelerin Sağlık 3.0'ın temelini sağlaştırdığını söylemek doğru olacaktır (Chen vd., 2020).

Teknolojinin gelişimiyle doğru orantılı bir şekilde gelişme gösteren görüntüleme tekniklerindeki ilerlemeler, cerrahi alanında kullanılmak üzere daha

küçük olan aletlerin geliştirilmesi ve lazerlerin kullanılmasından bazı müdahaleleri gerçekleştiren robotların geliştirilmesine kadar birçok teknolojik yenilik hastalıkların teşhis ve tedavisini pratikleştirerek hekimlerin hastalarını daha ayrıntılı incelemesine hastalıkları ise daha önceden tanımlayabilmesine olanak sağlamıştır. Bu dönemde gelişen teknolojilerle birlikte yapılması olanaksız olan birçok operasyon ve organ nakilleri başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Sağlık 3.0 bütüncül bir yaklaşımı benimsediği için hastaların, hastalıkları hakkındaki özetleri alınırken ekonomik, kültürel ve sosyal durumları da sorgulanarak, tedavi aşamasında bu özellikler de dikkate alınmaktadır. Bu dönemde diğer yüzyıllarda pek çok kişinin ölümüne sebep olan birçok bulaşıcı ve salgın hastalıklar geliştirilen aşilar ve ilaçlar yardımıyla kontrol altına alınmıştır. Ancak bu dönemde insanlar için büyük riskler oluşturan Domuz Gribi, SARS, AIDS, Kuş Gribi gibi yeni bulaşıcı hastalıklar gelişmiş ayrıca bu hastalıkların yalnızca mikroba dayalı olmayacağı bunun yanı sıra psikolojik, sosyolojik gibi birçok nedenin olabileceği saptanmıştır.

1.2.4 Dördüncü Sanayi Devrimi

Teknolojik gelişmeler, sanayi devrimlerinin ilk dönemlerinden bu yana endüstriyel verimlilikte büyük oranlarda artışın yaşanmasına neden olmuştur. Bu dönem üç temel devrimin üstesinden gelinmesine katkıda bulunmuştur. Sanayi 1.0'da fabrikalarda buhar gücüyle çalışan makineler kullanılmış, Sanayi 2.0'da daha çok mekanik-elektronik aletler, elektrik gücü kullanılarak Henry Ford'un üretim bantları ile seri üretime geçiş sağlanmış, Sanayi 3.0'da ise dijital çağın başlamasıyla beraber yeni bir üretim standartı oluşmuş elektronik ve bilgi teknolojileriyle sanayide otomasyon büyük oranda yaygınlaşmıştır. 20'inci yüzyılın ilk yıllarında yani sanayi üretiminin ve fabrikanın doğuşuyla üretimde kökten bir değişim yaşanmaya başlamış ve 1960'ların sonlarında ise endüstriyel süreçler elektronik ve bilgisayar teknolojilerinin kullanımıyla yeniden düzenlenmiştir. Böylece otomatik üretim çağı başlamış ve siber-fiziksel sistemlerin, aktif veri işlemeyle değer zincirlerine uçtan uca bağlandığı, dördüncü sanayi devrimi evresi yaşanmaya başlanmıştır (Gerbert vd., 2016).

21'inci yüzyıl başlarında ise bilişim ve iletişim teknolojilerinde yaşanan ciddi ilerlemeler internetin yaygınlaşmasını, yazılım alanında yaşanan gelişmeler de akıllı

sistemlerin ilerlemesini sağlamıştır. Bu aşamada gelişme göstermeye başlayan dijital ve fiziksel sistemler ile bağlantı kurularak üretim aşamalarının robotlar yardımıyla kurgulandığı yeni üretim sistemleri “Sanayi 4.0, Dördüncü Sanayi Devrimi, Endüstri 4.0 veya Dördüncü Endüstri Devrimi” isimleriyle tanımlanmıştır.

Dördüncü sanayi devriminin başlangıcı olan Sanayi 4.0 tedarik zincirindeki ağ ve üretim bağlantılarıyla dünyayı bütünleştirmeyi amaçlamıştır. Yeni teknolojik sürecin temel aygıtlarının birleşiminden meydana gelen ve çok yönlü etkiye sahip ürünlerin toplumsal hayata girmesiyle Sanayi 4.0 süreci başlamış akıllı cihazların, ağların, sistemlerin, endüstriyel üretim aşamalarını yönetebilmek için bilgiyi bağımsız bir şekilde değiştirerek bunlara etkin bir şekilde yanıt verebilen bir dünya tasarlanmıştır. Gelecek için akıllı fabrikalar oluşturmayı amaçlayan bu model bilgisayar sistemlerinin fiziksel aşamalarını ve bu aşamaların sanal kopyasının oluşturulmasını sağlayarak merkezi kararlar alan bir dönemin başlamasına katkıda bulunmuştur.

Sanayi 4.0 ile birlikte yaşanan teknolojik gelişmeler ve küreselleşmeyle bütün firmaların temel amacı dünyaya açılmak iken, dünyaya açılmış olanların ise markalaşma isteği olmuştur. Bu gelişmeler ile sanayiler de üretimde ki etkinliklerini sağlayarak daha kaliteli olan ancak daha ucuz üretimi esas almışlardır. Bu süreçte işletmeler kendilerinin ürettiği ürüne odaklanarak, kendilerinin ilgi alanına girmeyen işleriye dış kaynak kullanımı yöntemiyle başka firmalara devretmiştir. Ayrıca teknolojik gelişmelerin ana unsurlarından biri olan bilgisayarlarda gelişme göstererek ilk başta masaüstüne, daha sonra dizüstü bilgisayarlara en son ise ceplere girecek düzeyde küçülmüş ve hiç program dili bilmeyen kişilerin dahi kullanabileceği duruma gelerek yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Görçün, 2016).

Yaşanan teknolojik gelişmelere diğer bilim dallarında yaşanan gelişmelerde eklenmiş, farklı alanların birlikte yaptıkları çalışmalar çoğalarak, mekanik aletler ve elektronik unsurlar ile zenginleştirilmiş ve akıllı hale getirilmiştir. Bu süreçte kitlesel üretim önemini kaybederek, kişiye özel üretim yaygınlaşmıştır. Bilhassa internetin yaygın kullanımıyla birlikte ortaya çıkan devasa iletişim ağları ile insanların bilgiyi üretmek işleme yeteneği artmış ve Sanayi 4.0’ın üretim alanında yapacağı dönüşüm yardımıyla yalnız üretimin kişiye özel ve esnek ürünler oluşturabilme yeteneğinin büyük verilerin işlenerek gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. İnternet ile bağlantı halinde

olan eşyaların artması etrafımızda yer alan bütün süreçlerin ham veri haline gelmesine olanak sağlamış ve gelişim için oldukça büyük bir imkânı önümüze çıkarmıştır. İnternet ile oluşan büyük veri kütlelerinin işlenerek gerekli sonuçlara ulaşılması üretim süreçler için daha hızlı ve esnek çözümler ortaya koymasını sağlamıştır. Sanayi 4.0 ile geliştirilen yazılım ürünlerinin, üretim sürecinin taşıyıcı gücü olacağı ve 3 boyutlu yazıcıların desteğiyle üretim faaliyetlerinin yaygınlaşp, üretim maliyetlerinin ise azalacağı görüşü yaygınlık kazanmıştır.

Sanayi 4.0 internet, bilişim, sensor, yapay zekâ, iletişim, robotik ve otomasyon alanında yaşanan gelişmelerin üretim aşamalarını yoğun olarak etkilemesi ve dönüştürmesiyle oluşan yeni bir durum olmakla beraber ilk müşteriden, son müşteriye kadar tüm üretim ve değer zincirini en ileri dijital teknolojileri kullanarak tamamıyla bütünleşmiş duruma getirilmesini ifade etmektedir. Gelişen teknolojiler ile üretimde yer alan bütün donanımların kişiye özel bir internet adresiyle sınırlandırıldığı, sürekli üretilen verilerin tamamının depolandığı, kullanıcılar tarafından tanımlanan algoritmalar ve formüller ile işlenerek, büyük veri teknolojileriyle verilerin anlamlandırıldığı bir akıllı üretim altyapısı oluşturmak amaçlanmıştır (Eldem, 2017).

İçinde bulunduğumuz Sanayi 4.0 süreci sadece üretim teknolojilerinde değil başta sağlık olmak üzere birçok alanda dijital dönüşümün yaşanmasına da sebep olmuştur. Yaşanan teknolojilere ek olarak gelişmiş ülkelerde yaşam süresindeki artışla ihtiyaç duyulan sağlık bakım hizmetleri arzu edilen düzeyde karşılanamamaya başlamıştır. Günümüzde yaşanan teknolojik gelişmelere ek olarak ortaya çıkan sosyal ve ekonomik gelişmeler sağlık kayıtlarında gözle görülür bir artış yaşanmasını sağlayarak artan sayıda sağlık uzmanı ve kurum, kendi sağlıklarını uzaktan izleme veya sağlık yönetimi sağlayan uygulamalar geliştirmişlerdir (Wiechert & Michahelles, 2007). Sanayi 4.0'da yaşanan gelişmelerle birlikte sağlık hizmetleri sunumunda kullanılmaya başlanan teknolojiler hemşirelerin, hekimlerin ve diğer sağlık çalışanlarının hata oranlarının azaltılmasını sağlayarak işlerini daha iyi yapma şansı verirken hastaların da daha kısa süre içinde iyileşmelerine katkıda bulunmaktadır (Demirci, 2018).

Sağlık alanında çoğunlukla tedavi, cerrahi, rehabilitasyon ve eğitim alanında kullanılan bu teknolojiler hem hastaların hem de sağlık çalışanlarının işlerini

yapmasında pratiklik sağladığı için, ulusal ve uluslararası düzeyde de sağlık hizmetlerine büyük oranda katkı sağlamaktadır. Bu yüzden 21'inci yüzyılda teknolojik ilerlemelerde yaşanan hızlı gelişmelerle birlikte özellikle çağımızda yaşanan Sanayi Devriminin sağlık sektörüne yansması ve uygulama alanları bulunmasıyla Sağlık 4.0 olarak tanımlanan bir döneme girilmiştir. Sağlık 4.0, bireysel paydaşlara doğru zamanda, doğru yerde ve doğru bilgiyi veren akıllı bir sistemin geliştirilerek komplikasyonların azaltılmasına ve klinik süreçlerin yanı sıra hasta sonucunun iyileştirilmesine yardımcı olmaktadır (Thuemmler & Bai, 2017: 30). Ayrıca, Sağlık 4.0 internet vasıtasıyla bireyler ve hastalar için gerçek zamanlı sağlıkla ilgili bilgi sağlamayı amaçlayan milyarlarca farklı yapıdaki teknolojilerin nesnelerin interneti aracılığıyla elde edilen verilerin kaynağıyla ilgilenen sağlık alanındaki mevcut sanayi devrimi olarak da tanımlanmaktadır. Bu dönemde gerçekleştirilen sağlık gelişmelerinin temel amaçları, hastalara biyomedikal parametrelerinin gerçek zamanlı olarak uzaktan izlenmesi yoluyla kişiselleştirilmiş bakım sunulabilmesidir. Bu bağlamda, giyilebilir izleme cihazları sürekli izleme ve uygun bakımın sağlanması için geliştirilmiştir (Schiavoni vd., 2020).

Özellikle yaşlanma veya kazalardan kaynaklanan fiziksel bozuklukların kişinin hareketliliğini engellediği durumlarda, Sağlık 4.0 teknolojilerinin kullanımı, yaşlı bakımı ve uzaktan hasta izleme uygulamaları için umut verici bir çözüm sunmaktadır (Jagadish vd., 2019).

Günümüzde sağlık bilgi sistemleri adı altında kurulan dijital sistemler ile bireylere ait tıbbi veriler ile sağlık kurumlarındaki çeşitli süreç ve işlemlere yönelik veriler toplanabilmekte, depolanabilmekte ve gerektiğinde ilgili paydaşlar ile paylaşılabilir. Bu yüzden bu dönem sağlık kurumlarının hizmet ve kayıtlarını tamamen dijital ortamda yürütebilmelerine imkân sağlamaktadır. Dahası bireylerin sağlık hizmetlerine erişimi açısından bakıldığında da internet tabanlı mobil hizmetler ile bireylerin sağlık hizmetlerine ulaşımını kolaylaştırdığı ve yaşam kalitelerini artırdığı görülmektedir.

Bu dönemde gelişme gösteren yeni dijital teknolojiler, nanoteknoloji ve genetik mühendisliğindeki gelişmeler sağlık alanında ciddi bir dönüşümün yaşanmasını sağlayarak insanların yaşam sürelerini arttırıp, erken teşhisi kolaylaştıracak, kişiye özel tedavi yöntemlerini ve uzaktan teşhis ve tedaviyi

mümkün kılarak yeniliklerin arka arkaya gelmesine katkıda bulunacaktır. Bu dönemde geliştirilen yeni robotlar, mini laboratuvarlar, giyilebilir cihazlar, özelleştirilmiş malzemeler kullanılırken her cihaz daha hızlı çalışarak gün geçtikçe daha da küçülecektir. Hastalıklar dakikalar içinde bir damla kandan teşhis edilebilirken kemik ve eklem cerrahisi için plakalar, vidalar ve eklem implantları özelleştirilerek üç boyutlu baskı ile kemik iskeleti hazırlanabilecektedir (Vogel, 2017).

Sağlık 4.0 ile birlikte tıbbi cihaz yönetimi, uzaktan izleme ve ilaçların uyumu gibi birbirleriyle ilişkili olan işlemlerin maliyetleri azaltılırken gelişmiş hizmet ve tedavi kalitesi şeklinde net bir fayda da sağlanmaktadır. Bu yaklaşımlar, bir hastanede veya başka bir klinik ortamda hastaya odaklanma, daha iyi klinik sonuçlar için tedaviyi optimize ederek uyarılma ve karmaşık bir sağlık sistemini sabitleştirme eğilimindedir. Bu dönemde yaşanan gelişmeler sağlık bilişiminin ilerlemesiyle sağlık sistemlerinin daha akıllı ve otomatik olduğu erken tanı, uyarı sistemleri ve öngörücü stratejilerle donatıldığı yeni tıbbi cihaz, ekipman ve araçların geliştirilmesi ile hastalık teşhisi alanında yeni bilgilerin edinilebildiği bir dönemi kapsamaktadır.

Bu dönemde tedaviye ihtiyaç duyan bireylere daha kaliteli ve düzenli bir hizmet sağlamak için geliştirilen bilgi teknolojileri yardımıyla, mobil sağlık, görüntülü tele-tıp, uzaktan hasta takibi gibi teknolojilerin geliştirilerek kullanılması sağlanmıştır. Hastalıkları hızlı bir şekilde teşhis etmek için bilgisayar destekli karar vermeye, yani verilerden bilgi çıkarmak için ise makine öğrenimine başvurulmuştur. Bireylerin tanı ve tedavi edici hizmetlerini destekleyerek, bireylerin yaşam şartlarının iyileştirilmesine de yine bu dönemde katkıda bulunmaktadır. Geliştirilen akıllı sağlık çözümleri ile sağlık hizmetlerine erişimi kısıtlı olan kişilerin verilen hizmetlere erişim olanakları da artırılmaktadır. Sağlık 4.0 ile birlikte sağlık düzeyi daha yüksek olan bir nüfus oluşturulmakta, tıbbi maliyetler azaltılmakta, bireylerin mutlu ve huzurlu bir hayat sürmeleri sağlanmakta, tüm sistem üzerindeki verimlilik artırılmakta ve sağlık göstergelerindeki eşitsizlikler ise azaltılmaktadır.

Görülebileceği üzere sosyal ve ekonomik hayattaki değişimler beraberinde yaşamı da değiştirmiş ve bu değişim sağlıkta önemli dönüşümlerin yaşanmasına neden olmuştur. Özellikle keşifler ve sanayi sistematığı sağlık alanındaki gelişmelere

katkı sağlayarak sonuçta dijital dönüşümün sağlık alanında uygulanabilmesini önemli ölçüde etkilemiş hatta bu dönüşüme zorlamıştır.

1.3 Sanayi 4.0 ve Sağlık 4.0 Teknoloji Bileşenleri

Her gelişim bir ihtiyaç doğrultusunda ortaya çıkmıştır. Sanayi 4.0'ı ortaya çıkaranda gün geçtikçe artan bu ihtiyaçlardır. Pazarların doyum noktasına ulaşması ve rekabetin artmasıyla sanayi devrimlerinin yaşanmasına öncülük eden Amerika ve Avrupa ücretleri düşürmek için birtakım uygulamalar yaparak üretim tesislerini emeğe verilen maliyetin daha düşük olduğu Arjantin, Brezilya, Türkiye, Hindistan, Çin, Endonezya gibi az gelişmiş ülkelere kurmuşlardır. Bu az gelişmiş ülkeler ise üretimin kendi ülkelerinde gerçekleşmesini gelişmiş ülkelerin sermayelerinden ve bilgi birikimlerinden faydalanmak için bir fırsat olarak kabul etmişlerdir. Daha sonra ise gelişmekte olan ülkeler, gelişmiş ülkeler için ciddi bir pazar kaynağı olmuş ancak zamanla Çin kendini geliştirerek elindeki ürünleri değişim mühendisliği ile yenilemiş ve büyük sanayi devletleri arasında yerini almıştır (SIEMENS, 2016).

Günümüzde, Almanya liderliğinde teknoloji ve sanayi bakımından gelişen ülkeler, rekabet edilebilirliğini artırmak ve maliyetlerini azaltmak için Sanayi 4.0 sürecini başlatmışlardır. Bu devrim ile emek maliyetini düşürerek nitelik düzeyi düşük olan işgücüne olan bağlılığı azaltmak ve birçok sektörde üretimdeki düşük işgücü maliyetinden kaynaklı gelişmekte olan ülkelere kayma ihtiyacını ortadan kaldırmak amaçlanmıştır.

Sanayi 4.0'ın meydana getirdiği diğer bir neden ise tüketici isteklerinde meydana gelen değişimlerdir. Günümüzde tüketiciler üretilen ürünlerin miktarının ve çeşitliliğinin artmasından dolayı yeni ürünlere hızlıca ulaşma ihtiyacı duymaya başlamıştır. Gün geçtikçe küreselleşme derecesi artan pazarlarda rekabet üstünlüğü sağlamak, kalifiye olmayan işgücüne olan bağımlılığı azaltmak, pazarlara hızlı bir şekilde hatasız ürünler çıkarabilmek ve esnekliğin artırılarak maliyetlerin azaltılmasının sağlanması Sanayi 4.0'ın ana çıkış noktasıdır.

Bu kavram için farklı ülkelerde de aynı anlama karşılık gelen benzer stratejiler gösterilmiştir. Örneğin; Almanya'da bunu karşılayan kavram "Endüstri 4.0", Avrupa'da, "Geleceğin Fabrikaları", Çin'de "Internet +" ve ABD'de

“Endüstriyel İnternet” dir. Şuan da tüm sektörleri etkileme gücüne sahip olan Endüstri 4.0 kavramı “Akıllı imalat”, “Endüstriyel internet” veya “Entegre sanayi” adlarını alarak endüstriler ve akademisyenler arasında en dikkat çekici konulardan birisi olarak görülmektedir (Qin vd., 2017).

Sanayi 4.0, gömülü sistemlerden siber-fiziksel sistemlere kadar geniş bir teknolojik gelişim sürecini ifade etmekle birlikte değer zinciri boyunca birbirleri ile bağımsız olarak iletişim halinde olan teknolojik cihazlar yardımıyla yapılan üretim süreçlerinin organizasyonu ve üretim tarzı olarak ta tanımlanmaktadır. Birçok bilim adamı ve araştırmacıya göre Sanayi 4.0 süreci çok yeni olsa da tıpkı diğer sanayi devrimleri gibi taşınabilir elektronik platformlardan, mobil uygulamalara, kendi kendine veri üretebilen sistemlerden, insan etkisi olmadan iş yapabilen akıllı makinelere kadar hayatın her alanında kendini göstermeye başlamıştır.

Tarihsel gelişim süreci olarak ise ilk defa 2011 yılında Alman Hükümeti’nin sağlamış olduğu destek ile ortaya çıkan ve uzmanların yeni bir sanayi devrimi olarak ele alıp resmî belgeleriyle ortaya koyduğu Sanayi 4.0 yeni bir devrimin başlangıcı olmuş ve Almanya’nın üretim merkezi haline dönüşmesini sağlamıştır (WacDougall, 2014). Almanya Eğitim Araştırma Bakanlığı’nın ülkenin durumunu değerlendirip gelecek ile ilgili geliştirici olan ve kalkınmaya katkı sağlayacaklarını düşündükleri on adet proje oluşturulmasıyla Sanayi 4.0 kavramı ortaya çıkmıştır. Gelecek Projesi olarak adlandırılan bu projeler “Yüksek Teknoloji Stratejisi 2020’nin Gelecek Projeleri” ismiyle yayınlanmıştır (Fang, 2016). Oluşturulan projelerin genel içerikleri gündelik yaşantımızda da karşımıza çok sık çıkan kavramlar olup sürdürülebilirlik, akıllı teknolojiler ve çevre dostu yeni enerji kaynaklarının kullanılması gibi konulardan oluşmaktadır. Bununla birlikte yayınlanan projelerden bir tanesi de, Almanca “Industrie 4.0” başlığıyla kullanılan ve ilk defa 2011 Hannover Fuarı’nda dile getirilmiş olan projeyi içermektedir. Bu projenin hemen ardından yine Hannover Fuarı’nda düzenlenen Sanayi 4.0 Strateji Belgesi 2013’te kavram ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Sanayi 4.0’ın kuramsal boyutta ise ilk defa Kagerman ve arkadaşlarının 2011 yılında yayınladığı “Sanayi 4.0: Nesnelerin İnterneti ile 4. Sanayi Devrimine Giderken” isimli makaleyle ciddi olarak konuşulmaya başlanmıştır (Kagermann vd., 2011). Makalede yeni bir dönemin başladığı ve bu dönemin Sanayi 4.0 olarak tanımlanması gerektiği belirtilerek bu süreci meydana

getiren bileşenlere ilişkin bilgi verilmiştir. Daha sonra Alman Ulusal Bilim ve Mühendislik Akademisi (Acatech)'nin 2013 yılında yayınladığı “Sanayi 4.0 Stratejik İnişiyatifinin Uygulanmasına Yönelik Tavsiyeler” isimli rapor ile konu hakkında kuramsal boyutta resmi çerçeve oluşturulmuştur (Kagermann vd., 2013). Oluşturulan strateji belgesi temel olarak Almanya odaklı olmasının yanı sıra bu yeni dönemin temel niteliklerini de açıklayarak bütün dünyaya yeni bir sanayi döneminin kapılarını açmıştır (WacDougall, 2014). Böylece Sanayi 4.0 sadece bir kavram olmanın ötesinde resmi bir boyutta kazanmıştır. Acatech Endüstri 4.0'ın final raporunda bu dönemin diğer dönemlerden farklı olan yönlerini şöyle sıralamaktadır (Kagermann vd., 2013):

- Problemlerin ortaya çıkmasıyla buna anlık cevap verebilecek akıllı yazılımların geliştirilmesi,
- Bireylerin tüketici isteklerinin önceden algılanmasını sağlayarak istenilen yanıtın vermesini sağlama,
- Gelişen teknolojiler ile işyerinde çalışanlar için yeni ve farklı bir sosyal altyapı oluşturma ve kişisel farklılıklara duyarlı iş yapısı geliştirme,
- Tüm makinaların birbirleriyle küresel etkileşimini sağlama,
- Birbirinden ayırt edilebilen ve konum bilgisi olan akıllı ürünlerin gelişmesi,
- Ürünün özelliklerine odaklanan, kaynağın verimli kullanımına katkıda bulunan akıllı fabrikaların uygulamaya geçmesi,
- Değişik iş modellerinin ortaya çıkmasıdır.

Daha sonra ise kurulan Sanayi 4.0 çalışma grubu bir yıl boyunca yapılan çalışma sonuçlarını hem Almanya Hükümeti'nde hem de Hannover fuarına sunmuştur. Yapılan grup çalışmaları ise Bosch şirketinin yöneticisi olan Siegfried Dias ile Kagermann ve SAP-AG firmasının yöneticisi olan Hennig öncülüğünde yürütülmüştür (EBSO, 2015: 7). Kagermann'a göre Sanayi 4.0'ın sağladığı akıllı izleme ve kontrol sistemleri üretimin daha kontrollü, daha hızlı, daha ekonomik ve daha kârlı olacağını göstermektedir.

WEF (World Economic Forum)'ın kurucusu ve başkanı olan Klaus Schwab'a göre Sanayi 4.0 daha önce yaşanan diğer sanayi devrimlerinden kapsamı, karmaşıklığı ve ölçeği bakımından farklıdır. Sanayi 4.0'ın üçüncü sanayi devriminin

devamı olmadığını dile getiren Schwab Sanayi 4.0'ın gelişimini üç ana nedene bağlayarak açıklamıştır. Bunlar (Schwab, 2017: 11-12);

- **Hız:** Schwab'a göre Sanayi 4.0 öteki sanayi devrimleri gibi doğrusal olarak değil üstel bir hızla gelişme göstermektedir. Yani birbiri ile bağlantılı ve çok yönlü olan yeni teknolojiler birbirlerini etkileyerek hızla gelişmekte ve her yenilik kısa zamanda bir başka yenilikle desteklenmektedir.
- **Genişlik ve Derinlik:** Dijitalleşme yaşanan devrimin hız kazanmasını tetiklemiş ve sanayi sektörünün, bireyselliği öne çıkaran değişim sonucu ilerlemesi teknoloji çeşitliliğinin artmasını sağlamıştır. Schwab yeni devrimin sonucu olarak iktisadi sorular olan “ne” ile “nasıl” sorularının yanında “biz kimiz” sorusunun da değişime ayak uydurduğunu ifade etmiştir.
- **Sistem etkisi:** Sanayi 4.0 ile tüm sektörlerin, şirketlerin ve hatta ülkelerin kendi içinde sistemselsel bir değişime gitmesi beklenmektedir.

Sanayi 4.0'ı diğer sanayi devrimlerinden ayırmak için kullanılan bu üç belirleyici unsura gelecekte uyum gösteremeyen işletmelerin ve ülkelerin büyük oranlarda kayıplar yaşayacağı belirtilmektedir. Sanayi 4.0 sürecinin yalnızca akıllı ve bağlantılı makine sistemleriyle sınırlı olmadığı, ayrıca gen biliminden yenilebilir enerjiye, nanoteknolojiden sağlık ve sosyal bilimlerin değişik alanlarına kadar farklı alanlarda yer bulduğu söylenebilir (Schwab, 2017: 16).

Sanayi 4.0'ın diğer üç sanayi devriminden farklı olmasını sağlayan dört öge vardır. Bunlar, bilgi, veri, sensör ve işlemdir. Bu dört unsurun birleştirilmesi sonucunda niteliksiz iş gücünün ortadan kaldırılacağı bunun yerine başka iş ile ilgilenmeyen, süreklilik sağlayan ve hata oranının az olduğu işlemlerin ortaya çıkacağı düşünülmektedir (Sener & Elevli, 2017).

Sanayi 4.0'ın hedefleri bilgi teknolojileri tarafından üretilen ürünlerin tamamıyla özelleştirilmesine yardımcı olmak, üretim sürecinin esnek ve otomatik uyumunu sağlayarak ürünler ya da parçaları izlemek, ürünlerin, parçaların ve makinelerin birbirleriyle iletişimini sağlamak, nesnelere interneti özelliğini kullanarak akıllı fabrikaların üretiminde optimizasyonu sağlamak ve yeni hizmetler ve iş modelleri geliştirmek olarak sayılabilir (Yıldız, 2018). Daha özet haliyle Sanayi 4.0'la hedeflenen üretim süreçlerinde yer alan bütün birimlerin karşılıklı iletişim

kurarak büyük verilere anlık olarak ulaşılabilmesi ve böylelikle istekleri en iyi şekilde karşılayacak çıktılarının oluşturulmasıdır. Akıllı, merkeze bağlı olmayan bir üretim öngören Sanayi 4.0, siber fiziksel sistemlerin üretimde insanlar, ürünler ve makineler ile yapılan sürekli iletişimini kapsamaktadır (Albers vd., 2016).

Sanayi 4.0, müşteriye odaklanan üretimin ötesinde, entegre bakım, gerçek zamanlı kontrol, daha kolay adapte edilebilirlik, tedarik zincirinde artan işbirliği, daha akıllı ürünler, daha iyi izleme olanakları ve yeni iş tarzları vadetmektedir (Branke vd., 2016). Gerçek zamanlı kontrol, üretimde şeffaflığı dikkate alarak üretim aşamasında oluşturulan bütün verileri tek bir yerde toplayıp fiziksel üretim sürecinin dijital görüntüsünü oluşturmayı amaç edinirken gözleme, kontrol etme ve optimizasyonu sağlamak da olası hale gelmektedir. Günümüzde hala emekleme sürecinde olan Sanayi 4.0 sanayi üretiminde yer alan bütün kişilerin birbiri ile haberleşmesine, tüm bilgilere anında ulaşabilmesine ve elde edilen bu bilgiler aracılığıyla yüksek katma değer elde etmesine yer hazırlamaktadır.

Bu gelişim sürecinin sağlığa yansısıyla bugünün dünyasında tıbbi bilginin değişimi ve üretimi hız kazanarak kişiselleştirilmiş ve hedefe yönelik olan tedavi yöntemlerini destekleyen yeni yaklaşımlar geliştirilmeye başlanmıştır. Bu ilerlemeler karar verme süreciyle birlikte geliştirilen teşhis ve tedavi süreçlerini de değiştirme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle Sanayi 4.0'ın sağlık üzerindeki etkisi doğrultusunda ortaya çıkan Sağlık 4.0 kişiye özel olarak oluşturulan ve sağlıklı olma koşullarının oluşmasını sağlayan, hastalıkların erken tanısı ile tedavisini içinde bulunduran yeni bir model oluşturmayı amaçlamaktadır.

Artan yaşlanan nüfus ve uzun süre yaşayan insan sayısındaki artış, sağlık hizmetlerini desteklemek için kaynaklara olan talebin artmasına neden olmaktadır. 20'inci yüzyılın ilk başlarında 1.6 milyar olan dünya nüfusu günümüzde 7.7 milyara dayanmaktadır. İngiltere Ulusal İstatistiklerine (2018) göre, dünya nüfusu hızla yaşlanmaktadır. 2015 yılında dünya nüfusunun % 12,3'e denk gelen 60 yaşın üzerinde olan yaklaşık 901 milyon kişi varken bu oranın 2030'a kadar % 16,4 olacağı ve 2050'ye kadar ise % 21,3'lük bir artış yaşanacağını gösteriyor. Bu nedenle yaşlılar ve düzenli sağlık hizmeti sunumuna sınırlı erişimi olan uzak bölgeler de dahil olmak üzere toplumumuzdaki en savunmasız kişiler için eşit ve adil bir sağlık sistemi sağlamak giderek daha fazla önem arz etmektedir. Ancak son birkaç yıldır sağlık

kuruluşları hasta güvenliği, hizmet kalitesi, finansal kısıtlamalar ve bütçe kısıtlamaları gibi birçok kritik sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır (Afferni vd., 2018; Bause vd., 2019).

Bir yandan, 65 yaşından büyük insanların sayısı önemli bir şekilde artarken, diğer yandan 15 ile 64 yaş arasında yer alan çalışma çağındaki kişilerin sayısı hızla tükenecektir. Öte yandan, yeni teknolojilerin, kimya ve ilaç maddelerinin sağlık ve bakıma yönelik bireysel beklentilerin daha yüksek olması nedeniyle sağlık hizmetleri maliyetleri artmaya devam edecektir. Sağlık hizmeti maliyetlerinde yaşanan artış ise ülke ekonomilerinin sürdürülebilirliğini tehdit etmekte ve insanların beklenen yaşam süresinde yaşanan artışlar ise sağlık hizmetlerine duyulan talebi artırmaktadır. Bu nedenle yaşlı nüfusu artan ülkelerin gelişmiş sağlık hizmetleri ve bilgi iletişim teknolojilerine dayanan ortak çözümler aramasının nedeni anlaşılabilir. Bu nedenle yaşlı nüfusu artan ülkelerin gelişmiş sağlık hizmetleri ve bilgi iletişim teknolojilerine dayanan ortak çözümler aramasının nedeni anlaşılabilir.

Sağlık alanı şüphesiz zengin bir alandır ve eski organizasyon yapılarına meydan okuyanlar için umut verici olmakla birlikte elde edilen veriler ise gizemli bir hazinedir (Paulin, 2017: 39). Sağlık 4.0, sağlık alanı için Sanayi 4.0 konseptinden türetilen stratejik bir kavram olarak tanımlanmaktadır. Sanayi 4.0 terimi, içinde ışık ve işçi bulundurmeyen fabrikalar oluşturmayı amaçlarken, Sağlık 4.0 terimi de içerisinde hasta olmayan sağlık kuruluşlarının oluşmasını sağlamaya yönelik yapılan teknolojik gelişmelere karşılık gelmektedir. Bu yüzden Sağlık 4.0 için temel amaç insansız hastaneler oluşturmak üzerinedir. Bunun sağlanması ise sağlık kavramının birkaç koldan dikkatli bir şekilde yeniden ele alınması ile mümkündür.

Kişiselleştirilmiş tıp, genomik, gen modifikasyonu ve nanoteknolojinin kullanımını Sağlık 4.0 ile birlikte gelişen önemli alanlardan bazılarıdır. Sağlık alanında teknolojilerin kullanımının avantajlarıyla birlikte risklerin belirlenmesi ise tıp etiği, güvenlik, tıp ve mühendislik gibi pek çok disiplinin iyi niyetli çabaları ile mümkün olacaktır (Thuemmler & Bai, 2017: 31).

Ağa bağlı Elektronik Sağlık Kayıt sistemleri, Yapay Zeka, görünmez kullanıcı ara yüzleri ve giyilebilir cihazlardan gelen gerçek zamanlı verilerle çalışan Sağlık 4.0, sağlık sektöründe önemli gelişmelerin yaşanmasına ön ayak olmaktadır. Sağlık 4.0 sağlık hizmetlerinin daha öngörücü ve kişisel hale getirilerek işbirliği ve tutarlılık üzerine kurulmakta ve elde edilen verilerin daha düzenli ve etkili bir şekilde toplanarak tanı koyma ve tedavi hizmetlerinde daha bilinçli kararlar alınmasını

sağlayabilmektedir. Ayrıca Sağlık 4.0 ile tüm sağlık alanında reaktif olan ve hizmet için ücrete odaklanan bir sistemden, sonuçları ölçen ve proaktif önleme sağlayan değer temelli bir sistem anlayışına yönelme söz konusudur (Bause vd., 2019: 887).

Kısaca dijital olarak birbirine bağlanan sağlık sisteminin ana paydaşı olarak, Sağlık 4.0 teknolojisinin gelişiminde, hasta ihtiyaçlarının karşılanması ve hastaların aldığı hizmetin iyileştirilmesi merkezi bir öneme sahiptir. Bunu yerine getirmek için, hastalar ihtiyaç duyduklarında en iyi tıbbi hizmeti, doğru zamanlama ile doğru yerden alabilmelidirler. Bu talep, sağlığın kişiselleştirme mücadelesine yol açmış, tamamen kişiye özel hizmetlerle hastalara en fazla yarar sunulmaya çalışılmıştır. Topol'un (2015) geleceğe dair vizyonuna göre, Sağlık 4.0, bedenlerimiz, davranışlarımız ve yaşam tarzlarımız hakkında toplanan ve analiz edilen “pratik olarak sonsuz” verilerle hastaların veya tüketicilerin sağlığımızın tek yöneticisi olmasına izin verecektir.

Günümüzde Covid-19 pandemisi de sağlık alanında teknolojiye duyulan ihtiyacı gözler önüne sermiştir. Bu yüzden Sağlık 4.0'a Covid-19'la mücadele ederken yararlanılacak önleyici tedbirlerin etkili olarak uygulanabilmesinde oldukça büyük görevler düşmesinin yanı sıra geliştirilen modern teknolojiler ülkelerin en büyük destekçisi olmaktadır. Çünkü Covid-19 pandemisi 07.09.2020 tarihi itibarıyla dünya genelindeki farklı ülkelerde 28 milyonu aşkın kişiye bulaşmış ve 900 binden fazla kişinin ise hayatını kaybetmesine yol açmıştır. Aradan geçen birkaç ayda ülkeler aldıkları önlemleri gevşetmeye başlasalar da birçok kişi virüsün tekrar yayılma ihtimalinden endişe duymaktadır. Bu yüzden çoğu ülke vaka artış sayısının yükselmesini hastayı izleyerek önleme yöntemini tercih etmekte hastalığın yayılma durumunu ise gelişmiş dijital uygulamalar ile takip edilmesi ön plana çıkmaktadır. Bütün dünyada birçok ülke, mühendislik yeteneklerini ve dijital altyapılarının gelişmesini sağlayarak, topluluk yönetimli, iletişim takibi sağlayan teknolojiler ile Covid-19 yayılımının azaltılmasını sağlamaya çalışmaktadır. Bu nedenle ortaya çıkan pandemi sürecinde teknoloji kullanımı Sağlık 4.0 ile birlikte gelişen dijital altyapılarla günümüzde ve gelecekte ortaya çıkabilecek olası krizlerin etkisini azaltacak tarzda güçlendirildi, yapay zeka teknolojileriyle sürece etkili bir biçimde bütünleştirildi ve büyük veri analizleriyle bireylerin hareketlilik düzeyi ölçülerek,

hastalığın yayılma eğilim ile sağlık durumunun takibini sağlayan teknolojiler geliştirildi.

Örneğin, bir Türk Ar-Ge şirketi Boni Global'ın geliştirdiği ve kullanan kişilerin kendi aralarında olan etkileşimlerini izleyerek kaydedilmesini sağlayan uygulama ile uygulamayı kullanan bireyin COVID pozitif olduğunu bildirmesiyle kullanıcıyla hemen iletişim kuran ve bütün diğer kullanıcılara da bildirim gönderen “Korona Takip” programı geliştirilmiştir. Bir diğer örnek ise Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu ile üç büyük operatörün işbirliği ile evde izole olması gerekli olan hastaların dijital yöntemlerle takibini sağlayan “Hayat Eve Sığar” uygulaması ve Sağlık Bakanlığı'nın yayımladığı makine öğrenme algoritmasıyla çalışan “Online Korona Önlem” sitesi de Türkiye’de Covid-19’le mücadele etme boyutunda yapılan ve Sağlık 4.0 kapsamında değerlendirilebilecek çalışmalardır. Sanayi 4.0 ve sağlık yansımaları açıklandıktan sonra araştırmanın derinleştirilmesi ve boyutlandırılabilmesi için Sanayi 4.0 tasarım ilkeleri ve bileşenlerinden bir sonraki başlıktan itibaren bahsedilmiş ve yine sağlık alanı ile olan ilişkisi takip eden başlıklarda irdelenmiştir.

1.3.1 Sağlık Hizmetleri Perspektifinde Sanayi 4.0 Tasarım İlkeleri

Thuemmler ve Bai göre Sağlık 4.0'ın amacı, “Hastalar, profesyoneller, resmi ve gayri resmi bakıcılar için gerçek zamanlı olarak sağlık ve kişisel bakımın bireyselleşmesini sağlamak için aşamalı sanallaştırmaya izin vermek” olarak ifade edilmektedir. Sağlık hizmetlerinin kişiselleştirilmesi, siber fiziksel sistemlerin, bulut bilişimin, nesnelere, hizmetler ve insanlar dahil her şeyin internetinin ve gelişen mobil iletişim ağlarının (5G) birlikte kullanımı ile sağlanacaktır (Thuemmler & Bai, 2017). Sağlık 4.0'ın Sanayi 4.0'ın bir alt kümesi olarak düşünülmesi gerektiğini gösteren çok sayıda kanıt bulunmaktadır. Hermann ve arkadaşları tarafından kapsamlı olarak yapılan literatür taramasıyla Sanayi 4.0'ın altı tasarım ilkesi şu şekilde tanımlanmıştır: (1) birlikte çalışabilirlik, (2) sanallaştırma, (3) yerinden yönetim, (4) gerçek zamanlı analiz, (5) servis yönelimi ve (6) modülerlik. Bu ilkelerin sağlık alanında da kullanılması mümkündür (Hermann vd., 2015; Schiavoni vd., 2020). Ancak sağlık hizmetlerinin yaşam için kritik bir öneme sahip olması ve riskten olabildiğince uzak durulmasını sağlayan doğası ile ek olarak Thuemmler ve Bai

(2017) Sağlık 4.0 için güvenlik, emniyet ve dayanıklılığı da içinde bulunduran yedinci bir tasarım ilkesini dahil etmiştir (Chute & French, 2019). Bu yedi tasarım ilkesine aşağıda kısaca değinilmiştir.

Birlikte Çalışabilirlik: Siber-fiziksel sistemler, akıllı teknolojiler ve insanların birbirleriyle işbirliği ve karşılıklı etkileşim içinde olmalarını sağlayacak sisteme sahip olması gerekmektedir. Sağlık alanında ise Avrupa Komisyonu tarafından 2012-2020 e-Sağlık Eylem Planı ile birlikte çalışabilirlik eksikliği, Avrupa'da e-sağlığın büyük ölçekli dağıtımını engelleyen ana engellerden biri olarak belirlenmiştir. Bu bağlamda, birlikte çalışabilirliğin sağlık 4.0 çözümlerinin önemli bir tasarım ilkesi olduğuna şüphe yoktur.

Sanallaştırma: Sanallaştırma, fiziksel süreçleri izlemek için sensör verilerinin simülasyon modelleri ile birleştirilmesiyle fiziksel dünyanın sanal bir kopyasının oluşturulması sürecidir. Bir ürünün gerçekleştirdiği tüm faaliyetlerin internet üzerinden ağ sistemleriyle gerçek ve sanal dünyanın birbirine bağlanarak olabildiğince yaklaştırılması bu yolla sağlanmaktadır. Fiziksel süreçlerin izlenmesi, sağlıkla ilgili süreçlerde neler olup bittiğinin anlaşılmasını sağlarken hastalar, dünyanın her yerinde yaygın olarak siber-fiziksel sistemler tarafından izlenebilme olanağı elde edebilmektedir.

Yerinden Yönetim (Ademi Merkeziyetçilik): Yerinden yönetim, siber-fiziksel sistemlerin kendi kararlarını verebilme yeteneğine sahip olması ve 3 boyutlu baskı gibi teknolojiler sayesinde ürünlerin yerel olarak üretilebilmesidir. Yerinden yönetim sonucunda çoğu şirket üretim merkezlerini tekrardan şirket merkezlerinin bulunduğu ülkelere taşıyacaktır. Sağlık hizmetlerinde ademi merkeziyetçilik yirminci yüzyılın sonlarından beri devam etmektedir. Hastane yatak sayıları yıllardır neredeyse tüm Avrupa ve OECD (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü) ülkelerinde azalmakta bunun yerine hastaların hastaneden ziyade evde tedavi olmalarını sağlayan bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanmaya yönelik strateji planları ortaya konmaktadır.

Gerçek Zamanlı Analiz: Gerçek zamanlı analiz, ihtiyaçlara göre materyal akışının koordine edilmesi, verilerin toplayarak analiz etme yeteneğinin ve türetilmiş analizleri hemen sunma olanağının sağlanarak bütün değer zinciri boyunca üretim ve stok sürelerinin azaltılması ve yüksek kullanım yüzdesiyle karakterize edilmesidir.

Gerçek zamanlı analiz, sağlık alanında süreçlerin uygun şekilde düzenlenmesini sağlamak için genel bir öneme sahiptir. Örneğin, kişileştirilmiş tıp kavramıyla mümkün olan her durumda hastanın, tedavi etkisini en üst düzeye çıkarmak ve yan etkileri en aza indirmek mümkünken ayrıca hastanın gerekli miktarda ilaçla hastane dışında da tedavi edilmesini sağlamak için sağlık alanında gerçek zamanlı analizlerin kullanılması önemlidir.

Hizmet Yönelimi: Hizmet yönelimi, hizmet sağlayıcı platformlar yardımıyla akıllı fabrika ve siber-fiziksel sistem servislerinin sunulmasıdır. Bu özellikte üretim, müşteriye odaklanmalı ve böylece insanlar ve akıllı cihazlar, müşterilerin isteklerine dayalı ürünler üretebilmek için hizmet sağlayıcı platformlara doğrudan bağlantı sağlayabilmelidir. Sağlık sektörü de hasta odaklı bir yaklaşım benimsediği için bu tasarım ilkesinin sağlık alanında uygulanması oldukça önemlidir.

Modülerlik: Modülerlik, zamanla değişim gösteren ihtiyaçlara karşılık veren değiştirilebilme ya da genişletilebilme imkanına sahip parçaların akıllı fabrikalardaki değişen ihtiyaçlara karşı uyum yeteneğini ve esnekliğini gösterir. Bu işletmeler, tüketici talep ve ihtiyaçlarına bağlı olarak üretim yapabilme esnekliğine sahip bir biçimde tasarlanır. Bu nedenle, mevsimsel değişiklikler veya ürün özelliklerinin değiştirilmesi durumunda modüler sistemler kolayca ayarlanabilir. Sağlık alanında ise zamanla ilerleme gösteren teknolojilerle hastalıkların tanı ve tedavisinde kullanılan yöntemlerin değiştirilmesi veya yeni teknolojilere ayak uydurulma süreci örnek olarak verilebilir.

Güvenlik, Emniyet ve Dayanıklılık: Hermann ve arkadaşları (2015) makalelerinde bu boyuta değinmemiştir. Çünkü Sanayi 4.0 gereksinimi olarak güvenlik, emniyet ve esnekliğe öncelik verme acil bir ihtiyaç olmasa da bu konular Sağlık 4.0 alanındaki temel gereksinimlerdendir. Thuemmler ve Bai (2017) bu boyutu sağlık hizmetlerinin hayati bir öneme sahip olması ve tüm ülkelere “kritik bir altyapı” olarak kabul edilmesi nedeniyle eklemiştir. Çoğu ülkede hasta güvenliği ve mahremiyetinin korunması yasal düzenlemelere tabidir. Sağlık 4.0 perspektifinden bakıldığında, güvenliği korumak ve tüm paydaşların hesaplanamayan ve öngörülemez risklerden kaçınmasını sağlamak için güvenlik, emniyet ve esnekliğin önemli bir tasarım ilkesi olarak düşünülmesi gerekmektedir.

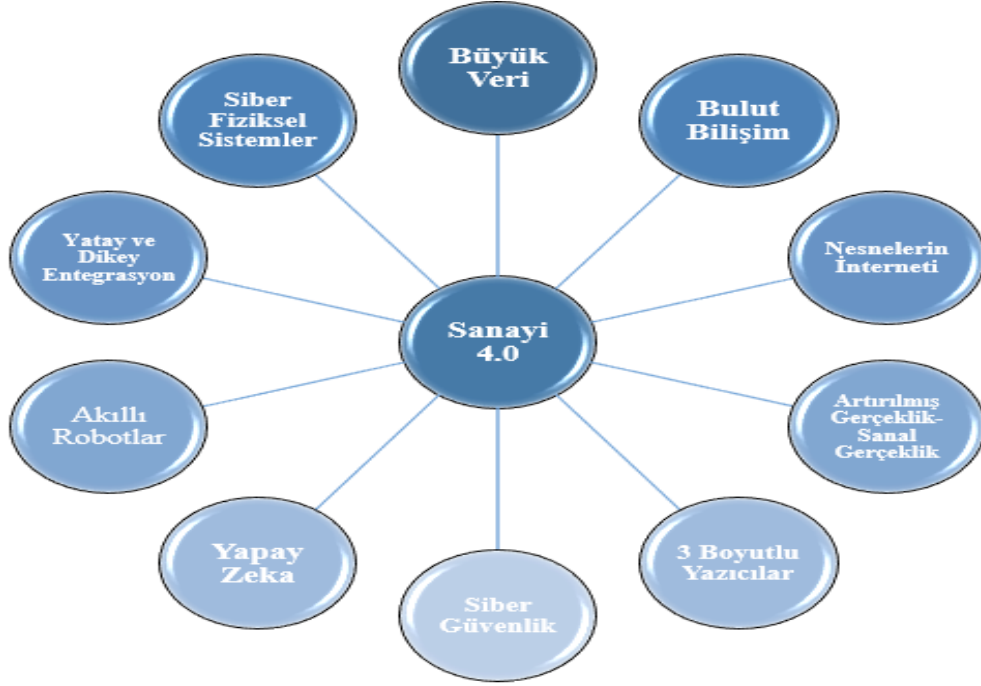
1.3.2 Sanayi 4.0 Odaklı Geliştirilen Teknoloji Bileşenlerinin Sağlık Alanına Yansımaları

Sanayi 4.0'ın en belirgin özelliği, üretim süreçlerinde bulunan bütün araç ve makinaların karşılıklı olarak etkileşime geçerek üretimi tam zamanlı olarak düzenlenmesini sağlayacak çalışma disiplinine sahip olmasıdır. Üretim için ihtiyaç duyulan verinin ise bulut bilişim teknolojisi içinde depolanacağı sanayinin bu yeni şeklinde zaman ve mekan olgusunun aşılması istenilen yerde ve zamanda işlerin yerine getirilmesi öngörülmektedir (Alçın, 2016). Bunu gerçekleştirmenin yolu ise üretimle karşılıklı ilişki içinde olan bütün bölümlerin birbirleri ile ortak çalışma alanlarını planlayarak, dijital verilerin, yazılımların ve bilişim teknolojilerinin karşılıklı etkileşim içinde çalışmasını sağlamaktan geçer (Schuh, Potente, Wesch-Potente, Weber, & Prote, 2014). Bu etkileşimin sağlanması ise temel olarak nesnelerin interneti, bulut bilişim ve siber-fiziksel sistemlerden geçmektedir. Sanayi 4.0 süreci çok geniş olduğu için bu süreci incelerken bileşenlerine ayırmak süreci anlama açısından daha faydalı olmaktadır. Bu yüzden Sanayi 4.0'ın gelişimini tetikleyen ve gelecekte oluşacak sanayi üretimini şekillendiren temel teknolojik gelişmelerin TÜSİAD (2016: 25), EBSO (2015: 9), Görçün (2016: 146) tarafından sınıflandırmasına Tablo 1'de yer verilmiştir.

BİLEŞENLER	TÜSİAD	EBSO	Görçün
Yatay ve Dikey Entegrasyon	✓	✓	✓
Nesnelerin İnterneti	✓	✓	✓
Akıllı Robotlar	✓	✓	✓
Simülasyon	✓	✓	✓
Eklemeli Üretim	✓		
Bulut Bilişim	✓	✓	✓
Büyük Veri	✓	✓	✓
Siber Güvenlik	✓		
Artırılmış Gerçeklik	✓	✓	✓
Akıllı Fabrikalar		✓	✓
Siber Fiziksel Sistemler		✓	✓
3 Boyutlu Yazıcılar		✓	✓

Tablo 1: Yazarların Sanayi 4.0 ve Bileşenleri Sınıflandırması

Diğer araştırmacıların çalışmalarında yer verdikleri Sanayi 4.0 bileşenleri Tablo 1'deki gibi incelenmiştir. Bu araştırmada ise bileşenler tabloda yer alan araştırmacılar tarafından ortak olarak tanımlanan bileşenlerden hareketle oluşturulmuş ek olarak ise Yapay Zeka'nında Sanayi 4.0 ve bileşenleri kısmında kullanılmasının daha uygun olacağına karar verilmiştir. Böylece çalışmada kullanılacak olan Sanayi 4.0 ve bileşenleri Şekil 3'te yer almaktadır.



Şekil 3: Sanayi 4.0 Teknoloji Bileşenleri

Şekil 3'te de görüldüğü üzere tez alışmamızda Sanayi 4.0 teknoloji bileşenler Büyük Veri, Bulut Bilişim, Nesnelerin İnterneti, Artırılmış Gerçeklik-Sanal Gerçeklik, 3 Boyutlu Yazıcılar, Siber Güvenlik, Yapay Zeka, Akıllı Robot, Yatay ve Dikey Entegrasyon, Siber Fiziksel Sistemler olmak üzere on bileşen üzerinden aktarılacaktır.

Sanayi 4.0 henüz yeni bir kavram olması sebebiyle şu an için kapsamı ve içeriğine yönelik yeterli oranda bir bilgi birikimi oluşmadığı söylenebilir. Bu yüzden Sanayi 4.0'ı daha iyi anlayabilmek için analitik bir bakış açısı oluşturmak daha etkili olacağı öngörülmüştür. Bu bölümde teknolojik ilerlemeler ve yapılan araştırmalar sonucunda belirlenen on bileşen ayrıntısıyla ele alınmış aynı zamanda bu bileşenlerin sağlık alanında ne gibi gelişmeler sağladığı üzerinde durulmuştur.

1.3.2.1 Büyük Veri

Günümüzde bilgi ve iletişim teknolojilerinin gelişmesiyle gündemimize yerleşen büyük veri kavramını algılamak için ilk olarak verinin ne olduğu bilinmelidir. Veri, gözlemlerden, araştırmalardan, ölçümlerden, sensörlerden, internetten ve sosyal medyadan ulaşılan bilgilere verilen genel bir isimdir (Doğan & Arslantekin, 2016). Tek olarak kullanıldığında bir anlamı olmayan veri, bilgi teknolojileri için enformasyonun temelini oluşturan yorumlanmaya, gruplandırılmaya, anlamlandırılmaya ve analize ihtiyaç duyan işlenmemiş bilgidir (Uzun & Durna, 2008).

Bilgiyi ortaya çıkaracak verilerin elde edilmesi gün geçtikçe daha fazla önemli olmaya başlamıştır. Çünkü şu anda bilgi ve iletişim teknolojilerindeki ilerlemelerle doğru orantılı bir şekilde üretilen, işlenen ve depolanan veri düzeyi sürekli olarak yükselmektedir. Enformasyona erişimin ve enformasyon paylaşımının yaygın olarak kullanılması, yanlış ve faydası olmayan bilgi sorununu da artırmıştır. Büyük miktarlarda enformasyonun üretildiği bu şartlarda güvenilir ve gerçek olan bilgilerin ayıklanarak, saklanması ise “Büyük Veri” kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Dülger’e göre büyük veri (2015); *“gerek insan gerekse makineler tarafından sayısal olarak kodlanmış her türden kurumsal veri ile internet ve sosyal medya paylaşımları aracılığıyla ortaya çıkan kişisel verilerin anlamlı ve işlenebilir biçime dönüştürülmesi durumu”* olarak ifade edilmektedir. Veri miktarının gelişen teknolojilerle birlikte bu kadar arttığı dijital evrendeki bütün verilere ve bu verilerin analizine büyük veri denmektedir (Zikopoulos & Eaton, 2011). Oldukça yüksek oranlarda bilginin var olduğu günümüzde büyük veri, farklı kaynaklardan toplanarak oluşturulan bütün verilerin, işlenebilir ve anlamlı bir duruma dönüştürülmüş şeklidir. Büyük verinin analiz edilmesini ve yönetilmesini gerekli kılan yeni teknolojiler yalnızca yapılandırılmayan büyük veri boyutunu değil, bu verinin işlenmesini ve analizini gerekli kılan teknolojileri de içerir. Bu teknolojiler büyük verinin ağ günlükleri, bloglar, sosyal medya verileri, fotoğraf, video, iklim algılayıcıları ve sensörlerden elde edilen bilgiler, GSM operatörlerinde bulunan arama kayıtları gibi değişik kaynaklardan toplanan verilerin tamamının işlenebilir ve anlamlı şekle

getirilmiş halini ifade etmektedir (EBSO, 2015:19). Bu yüzden büyük veriyle verilerin kapladığı alanın büyüklüğünden ziyade verilerin işleme sürecinde yaşanan zorluğun anlaşılması çok daha doğrudur (Kenan, 2019).

Büyük veri terimi literatürde sık sık “Big Data” adıyla da kullanılmaktadır. Bu kavram, hazır halde bulunan verilerin bağlantılı olan veri tabanları ile kolay bir şekilde yönetilemeyecek kadar devasa olduğunu ve veri artış hızının kümülatif olarak büyüyen bir yapıda olduğunu göstermektedir. Gürsakal, büyük veri kavramının ilk defa Ağustos 2000’de Francis X. Diebold’ın, “Makroekonomik Ölçümler ve Kestirim için Büyük Veri Dinamik Faktör Modelleri” adlı bildirisiyle Seattle’da 8’inci Dünya Ekonometri Kongresi’nde kullanıldığı söylenmektedir. Ancak kavramın gelişimini sağlayan, şu an Gartner şirketinin bir parçası olan Meta Group isimli şirkettir. Meta Group, 2001’de büyük veriyi tanımlayan üç karakteristik bileşenin olduğunu, bunların hız (velocity), çeşitlilik (variety) ve hacim (volume) kavramlarından oluştuğunu ve 3V ile tanımlandığını ortaya koymuştur. Daha sonra ise IBM ve Oracle şirketleri bunlara doğruluk (veracity) ve değer (value) bileşenlerini de eklemiştir. Böylelikle, bu bileşenlerin baş harfleriyle adlandırılan 5V büyük verinin bugünkü çerçevesini oluşturmuştur (Baaziz & Quoniam, 2018). Bu bileşenlerin özelliklerinden bahsedecek olursak;

Birinci bileşen olan verinin hızı, oluşturulan verinin gerçek zamanlı olarak hareket edebilmesi yani verinin üretildiği anda kullanılması olarak tanımlanmaktadır. Verinin günümüzdeki hızına ayak uydurabilen işletmeler verinin olduğu andan itibaren yanlış yapılan işleme müdahale ederek verilerin üretim hızını yükseltmektedir (Doğan & Arslantekin, 2016). Google’ın CEO’sunun 2010’da dünya genelinde geçmişten günümüze kadar üretilen veri miktarı kadar verinin, her iki günde bir üretildiğini ifade etmesi buna örnek olarak verilebilmektedir (Atan, 2016).

İkinci bileşen verinin çeşitliliği, büyük verinin sunucular, tabletler ve telefonlar gibi farklı kaynaklardan elde edilen çeşitli formatlardaki, yapısal olmayan veri türlerinden oluşmasını ifade etmektedir.

Üçüncü bileşen olan verinin hacmi, verinin boyutunu ve büyüklüğünü göstermektedir. Verinin boyutunu rakamsal olarak belirtmek pek mümkün olmamaktadır. Çünkü teknolojiyle birlikte rakamlar da hızla değişim göstermektedir. Bu yüzden ilgilenilen verinin miktarı daha önce kullanılan veri miktarından büyükse

büyük veriyle uğraşıldığını söylemek mümkündür. Bu bazı kurum ya da işletmeler için onlarca terabayt iken, bazıları için ise onlarca petabayttır (Oracle, 2013).

Verinin doğruluğu dördüncü bileşendir ve oldukça farklı kaynaklardan elde edilen veri akışının doğru katmanlardan, gerekli güvenlik ve gizlilik ilkesine bağlı kalarak geçmesi olarak tanımlanmaktadır.

Son olarak verinin değeri, büyük veriyle çalışmanın kurum ve kuruluşlara sağladığı katkıyı ifade etmektedir (Altındış & Kıran Morkoç, 2018; Yengi, 2016).

Büyük veride saklı olarak bulunan veri değerine ulaşmak için büyük verinin belirtilen özelliklerinden yararlanılmaktadır. Doğru yöntemlerin yalnızca doğru bilgiler yardımıyla üretilebildiği düşünülduğünde, bu durum en ufak bir bilginin dahi büyük önem taşıdığını ve büyük veri ile doğru bilgilere sahip olmanın gerekliliğine dikkat çekerken Sanayi 4.0'ın yakıtının veriden oluşacağını ortaya koymaktadır (Yin & Kaynak, 2015). Çeşitli hızlarda gelişen devasa verilerin analizi, işlenmesi ve kullanılması, kuruluşlara rekabet edebilme olanağı sağlamasının yanında maliyet bakımından da yararlar sağlayarak doğru analiz yöntemleriyle yorumlandığında işletmelerin riskli durumlarını daha iyi yönetmelerine, stratejik kararlar almalarına ve inovasyona katkıda bulunacaktır (Raste, 2014).

Karar vermeye yönelik farklı bakış açıları üretmede, büyük veri, değişik kaynaklardan gelen farklı tarzdaki verileri hızlı bir şekilde analiz ederken teknoloji ve insan kaynağından faydalanır. Büyük veri yalnızca teknoloji veya yönetim sürecini değil, ayrıca işletmelerin temel yönelimlerini ve kültürünü de değişime uğratmaktadır. Büyük verinin iki temel olgusu vardır. İlki ilgilenilen alanlarda oluşan büyük miktardaki verinin toplanarak depolanması iken ikincisi ise büyük veri kümelerinin analiz edilmesini içerir. Daha sonra ise kurum ve insan zekâsı yardımıyla yorumlama yapılarak ve kararlar üretilmektedir (Banger, 2016).

Büyük veri gibi sistemler firmaların bulundurmaları gereken sunucu (server) ihtiyacını azaltmakta, üretim için gerekli bilgiye ulaşmalarını kolaylaştırarak firmalar açısından birçok maliyet avantajına, tüketiciler için de düşük fiyat avantajına olanak sağlamaktadır (Alçın, 2016).

İletişim ve bilgisayar teknolojilerindeki ilerlemeler bütün sektörlerle birlikte sağlık alanında da ciddi değişimlerin yaşanmasını sağlamıştır. Günümüzde sağlık

alanı ile alakalı verilerin büyük miktarlarda olması, oluşan bu verilerin geleneksel veri işleme yöntemleriyle işlenmesini zorlaştırarak büyük veri teriminin sağlık alanında kullanılmasını sağlamıştır. Sağlık alanında kullanılan büyük veri kavramı, elektronik sağlık verilerinin doğru bir şekilde analiz edilmesi, işlenmesi ve depolanması için kullanılan teknolojiler, yöntemler ve araçlar topluluğudur (Harper, 2014). Sağlık sektöründe bir doktorun muayenehanesi, sağlık merkezleri, hastanedeki polikliniklerle hastane ağlarına değin birçok sağlık hizmeti veren kurum ve kuruluşlarda büyük miktarlarda veri oluşmaktadır (Raghupathi & Raghupathi, 2014). Bu yüzden verilen sağlık hizmetinin maliyetini azaltmak ve kalitesini artırmak için sağlık kuruluşları, dijital bilgilere dayanan veri analizine yönelmektedir.

Ulusal Kalite Forumu'nun hazırladığı raporda sağlık alanında büyük oranlarda veri bulunduğu ve bu işlenmemiş olan verilerden uygulanabilir ve anlamlı bilgiler elde edebilmenin hasta sonuçlarını iyileştirmede ve kaliteyi arttırmada kilit bir rol oynayacağı belirtilmiştir. Doğru bir biçimde analiz edilen büyük veriyle hastaların gereksinimleri, daha iyi anlaşılacak kullanılan ürün veya hizmetler optimize edilerek yeni değer yaratacak öneriler geliştirilecektir (Altındış, 2018). Bu nedenle sağlık hizmetlerinde üretilen büyük miktardaki verinin entegrasyonun sağlanması sağlık alanı içinde yer alan başta hastalar olmak üzere bütün sağlık sektörüne büyük faydalar sağlayacaktır (Herland vd., 2014).

Sağlık verileri, ayrı ayrı kaynaklardan elde edilen kesin olmayan gözlemlerden oluşan verilerin yanında tanı, teşhis, tedavi, hastalık, yaralanma, zihinsel ve fiziksel bozukluk verilerinin düzenli bir şekilde toplanarak analizinin sağlanmasıyla en iyi tanı ile tedavi yönteminin seçilmesini sağlayarak hastaların zarar görmesinin önlenmesini artırma potansiyeline sahiptir (Dinov, 2016). Kısaca sağlık alanında kullanılan büyük veri, tıbbi hataların önüne geçme, olası risklerin belirlenmesini sağlama, hastanın memnuniyet düzeyinin artırılmasına katkıda bulunma ve üretilen sağlık çıktılarının geliştirerek maliyetleri azaltma gibi sağlık sistemlerinin kalitesini artırmayı amaçlamaktadır (Manyika vd., 2011).

Büyük veri kaynakları kullanılarak hastalığın genetik özelliklerinin belirlenmesi için de sağlık sektöründe çeşitli araştırmalar yürütülmektedir (Reeder-Hayes vd., 2017). Büyük veri, doğru tedavinin doğru zamanda ve doğru hastaya ulaşılmasını sağlayan kişiselleştirilmiş tıbbi yardımcı olabilmek için geniş veri

kümelerinin analizini de yapmaktadır (Raghupathi & Raghupathi, 2014). Kurulan bazı büyük veri araştırma merkezlerinin kanser ile ilgili verileri toplayıp analiz etmesi ile kanser tedavisinde veri odaklı kişiselleştirilmiş tedavilerin uygulanması buna örnek olarak verilebilir (Reeder-Hayes vd., 2017). Büyük veri ile geliştirilen program, hastaların kişisel sağlıklarını geliştirilmesi için günlük kalori tüketimi, glikoz seviyesi gibi kişisel sağlık verilerini toplama, yönetme ve depolamada kolaylık sağlayarak kişisel sağlık hizmetinin gelişimini hızlandırmaktadır (Kim, 2014).

Büyük veri için verilerin oluşmasında kaynak olarak kullanılan Elektronik Sağlık Kayıtları (EMR) sağlık sektörü için yüksek değere sahip ve büyük miktarlarda veri sağlamaktadır (Harper, 2014). Ancak sağlık alanında farklı tarzda birçok kaynaktan üretilen bu veriler: hastalara ait demografik veriler, epikrizler, aşılar, alerjiler, ilaçlar, vital bulgular, laboratuvar ve radyoloji testlerinden elde edilen sonuçlar, patoloji raporları ve fatura kayıtları gibi idari ve mali belgeler, elektronik tıbbi kayıtlar, giyilebilir cihazlar ve sensörlerden gelen veriler, hastaların retina taramaları ve parmak izi verileri, kişilerin günlük hayatlarındaki egzersiz durumlarını gösteren adım sayıları, beslenme şekilleri, kilo değişimleri, tükettikleri gıdalar, yararlı ya da zararlı alışkanlıkları gibi yapılandırılmış ve yapılandırılmamış verilerdir. Aynı zamanda oluşan yapılandırılmış ve yapılandırılmamış verileri analiz etmeyi de kapsayan büyük veri, hastaların ihtiyaçlarını daha kolay anlamak ve hizmetleri optimize etmek ve değer yaratmak için önemli bir potansiyele sahiptir (BDV, 2016).

Büyük veri ile sağlık sektöründe yer alan ilaç ve tıbbi sigorta sektörleri reçete edilen ilaçların özellikleri hakkında da bilgi sahibi olabilir. Sağlıkta büyük veri kullanımı ile geniş topluluklardaki sağlık harcaması eğiliminden hastalıkların dağılımına, hastaların etkin tedavi yöntemlerine ulaşma oranlarından yeni üretilen ilacın hedef kitlesini tahmin etmeye kadar birçok çıkarım yapmak mümkündür (Altındış, 2018). Sonuç olarak sağlıkta büyük veri, üretilen veri miktarının oldukça büyük oranlara ulaştığı veri hızı, çeşitlilik ve hacimle baş edebilmek için bu verilerden sınırsız olasılıkların ortaya çıkarıldığı bilgilerin analizini kapsamaktadır (Herland vd., 2014).

Büyük veri, Covid-19 hastalığının dünya çapındaki yayılımını izlemek ve kontrol etmek için çok uygun analitik bir teknik olarak gösterilebilir. Bu teknoloji, virüs tarafından enfekte edilen çok sayıda hasta bilgilerinin depolanmasını sağlayarak karar vermenin daha hızlı ve gerçek zamanlı olarak değerlendirilmesine katkıda bulunur. İnsanların hayatlarını kurtarmaya ve etkili terapileri hızlı bir şekilde tanımlamaya yardımcı olabilecektir. Örneğin, bulut bilişim teknolojileri şirketleri yeni pnömoni ilaçları ve aşılarının gelişimini hızlandırmak için bilgi kaynaklarını kamu araştırma kurumlarının erişimine açmış ve teknik destek sunmuştur. Alibaba Cloud tarafından The Jack Ma Vakfı ile ortaklaşa geliştirilen Covid-19'la mücadele için Global MediXchange programı bulut bilişim teknolojisi, yapay zeka ve büyük veri kullanarak sınır ötesi çevrimiçi iletişimi ve işbirliğini kolaylaştırmakta ve pandemi ile mücadele konusunda deneyimleri paylaşmak için dünya çapında önde gelen tıbbi ekiplere gerekli iletişim kanallarını sağlamaktadır. Ayrıca, Newcastle Üniversitesi Kentsel Gözlemevi'nin bilgisayar vizyonu ve görüntü işleme yöntemlerini kullanarak kamusal alanlarda sosyal mesafeleri otomatik olarak ölçebilen algoritmalar geliştirmiş olması da örnek olarak verilebilir. Yayalar arasındaki mesafeyi ölçebilen algoritma, sosyal mesafeyi koruyan/korumayan kişileri anonim olarak tanımlayabilmekte ve bir trafik ışığı gösterge sistemi ile işaretleyebilmektedir. Sistem, fiziksel mesafenin gerçek zamanlı olarak nasıl değiştiğini göstermekte ve insanlar üzerindeki uzun vadeli davranış değişiklikleri hakkında da ayrıntılı bilgi vermektedir.

1.3.2.2 Bulut Bilişim

Bulut bilişim teknolojisi özellikle internetin kullanılmaya başlanmasıyla artan bir öneme sahip bilişim hizmeti haline gelmiştir (Laudon & Laudon, 2012). Bulut bilişim interneti temsil etmek amacıyla kullanılan bir kavramdır ve basit network diyagramlarında interneti temsil eden bulut tasarımından yola çıkılarak dizayn edilmiştir. Bulut kelime anlamı ile hizmetin sağlandığı uzaktaki bir sunucuyu belirtmekte ve kullanan kişiler istedikleri yerden, istedikleri zaman yalnızca internete bağlı olan bir bilgisayar ile sisteme bağlanabilmektedir (Velte, Velte, & Elsenpeter, 2010). Bulut bilişim ise gerçek zamanlı ve ölçülebilir altyapı, servis ve uygulamaların dünyanın çeşitli yerlerinde bulunan sunucular ile müşteri ihtiyaçlarına

göre ölçeklenebilen, anında kullanıma hazır donanım ve yazılım sunan ve kullandıkça öde modeline sahip bir bilgi ve iletişim teknolojisi anlamına gelmektedir (Marston vd., 2011). Bilişim aygıtları arasında ortak veri paylaşımını sağlayan ve kullanılan bu verinin bilgiye dönüştürülmesine katkıda bulunan hizmete verilen genel bir isim olarak bulut bilişim bir ürün olmanın ötesinde kullanılan hizmetin ortak ismidir (Mell & Grance, 2011).

Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsüne (NIST) göre bulut bilişim, “*hızla tedarik edilebilen, minimal yönetim çabası veya hizmet sağlayıcı etkileşimi gerektiren, ağ hizmeti, sunucu hizmeti, depolama hizmeti, uygulamalar ve diğer hizmetler gibi paylaşılan ve biçimlendirilebilen bilişim kaynaklarından oluşan ortak bir havuza erişimin her yerden kolaylıkla sağlandığı bir model*” olarak ifade edilmiştir (Mell & Grance, 2011). Ayrıca bulut bilişim bilgisayar ve iletişim teknolojilerini kullanan kişilerin beklentileri doğrultusunda bir ağ yapısı üzerinden sunulmasına ve kullanılmasına yönelik bir yaklaşım sunmaktadır (Köse & Armutlu, 2015). Bu yaklaşımın işletmelere sağlayacağı artılar ile ortaya çıkaracağı değişimler dikkate alındığında, internetten sonra teknoloji dünyası için yaşanan en önemli yeniliklerden bir diğerinin bulut bilişim olacağı düşünülmektedir. Ancak bulut bilişim tamamen yeni bir kavram değildir uzun yıllardır kullanılan küme hesaplama, sanallaştırma, bilgi işlem, dağıtık hesaplamalar, ağ ve yazılım hizmetleri gibi farklı pek çok teknolojiyle de bağlantısı vardır (Foster vd., 2008).

Bugün gelişen teknolojilerle birlikte çoğalan bilgi üretimi, kurum ya da kuruluşların bilgiyi ekonomik değer ve sermaye olarak kullanmasını sağlamaktadır (Machlup, 1962). Bu bilgilerin büyük bir kısmı ilk olarak elektronik koşullarda oluşturulmakta, diğer kısmı ise dijitalleştirilerek elektronik ortamlarda korunmaktadır. Bulut bilişim yalnızca veriyi paylaşmakla kalmaz, bu verilerin bulunduğu altyapıları ve verilerin analiz edilerek bilgiye dönüştürüleceği yazılım platformlarının oluşmasına da katkıda bulunur. Ayrıca verilen hizmetleri bir ağ yardımıyla kullanan kişilere ulaştırılması görevini de üstlenir. Bulut bilişimin başlıca kuramı, bilişim teknolojileri ve bilgi yönetimi çalışmalarının, dış kaynak kullanımıyla, süreçlerinin geliştirilmesi, verimliliğinin artırılması ve iş faaliyetlerinin daha ucuz ve daha hızlı olacak şekilde yenileştirilmesi için kurum çalışanlarına fırsat vermesini sağlamaktır (ISACA, 2009).

Bulut teknolojisinin servis olarak altyapı hizmeti, servis olarak platform hizmeti ve servis olarak yazılım hizmeti olmak üzere üç yapıtaşı bulunmaktadır (NIST, 2013). Bu teknolojilerin kullanılması, kişisel bilgisayarların yükünü azaltarak çok sayıda ki uygulamanın, bulut sunucusu tarafından kullanılabilirliğini artırır. Bulut bilişimde sıklıkla kullanılan bu üç hizmet sunum modeli ise sırasıyla aşağıda açıklanmıştır (Mell & Grance, 2011).

İlk hizmet sunum modeli olan Servis Olarak Altyapı (Infrastructure as a Service-IaaS) bulut bilişim altyapısındaki kümenin en alt tabakasına yer alan servisleri tanımlamak için kullanılır. Model temel donanım servislerini, sanal makineleri, yük dengeleme servislerini, ağa bağlı depolama servislerini içerir (Sevli, 2011). Bu servis modelinde hizmet sağlayıcı kullanıcıya, ihtiyaç duyduğu depolama alanını, ağ kaynağı, sunucular, işlemci ve diğer önemli olan bilgisayar bileşenlerine ağ üzerinden ulaşarak dilediği işletim sistemini kurma ve uygulamalar geliştirerek çalıştırabilme imkânı vermektedir. Servis olarak altyapı hizmetinden yararlanan müşterinin alt yapı üzerinde yönetimi ve kontrolü bulunmamakta fakat kullanmak istediği işletim sistemi üzerinde tam olarak kontrole sahip olup firewall benzeri bir takım ağ bileşenlerini yönetebilmektedirler (Yüksel, 2012). Servis olarak altyapı modelinin en büyük yararı kullanıcının en son teknolojiye hemen ulaşabilmesine olanak sağlaması ve kullanıcıların tedarikçiye kaynak kullanımları kadar ödeme yaparak gereksiz kullanım için bir maliyet oluşmasını engellemesidir (Xu, 2012). Sun Microsystems, Amazon Web Services, HP ve GoGrid gibi firmalar önemli servis sağlayıcıları arasında yer almaktadır (Alkan, 2009).

İkinci hizmet sunum modeli olan Servis Olarak Platform (Platform as a Service-PaaS) hizmet modeli servis sağlayıcılarının, program geliştiricilere kendi uygulamasını geliştirip, çalıştırabileceği bir platform vasıtasıyla web uygulamalarını, bütün sistem ve ortamları içinde bulunduran bulut tabanlı bir teknolojik altyapı yardımıyla sunmaktadır (Xu, 2012). Bu hizmeti alan kullanıcılar, servis sağlayıcısının sunduğu yazılım araçlarını ve yazılım dillerini servis olarak altyapı üzerinde kullanarak kendi yazılımlarını geliştirebilme yetkisine ve yazılımın korunması için gerekli kontrolü yapma ve yönetebilme yetisine sahiptir (Sevli, 2011). Bu durum kullanıcıya sadece işe odaklanmasını sağlamak gibi çok büyük bir avantaj sağlar. Kısaca bu servis modeliyle bulut hizmeti veren firmanın altyapısında

çalışabilecek bireysel bir uygulama oluşturulabilir ve firmanın sunucularından kullanıcılarına hizmet verilebilir. Ancak kullanan kişinin kendisinin oluşturduğu uygulama dışında kullanıcıya, platform altyapısını oluşturan bileşenler üzerinde herhangi bir kontrol ve yönetebilme olanağı verilmemektedir (Yüksel, 2012). Microsoft, Windows Azure, Salesforce.com ve Google Apps Engine en çok kullanılan platform sağlayıcılardır (Alkan, 2009).

Üçüncü ve son hizmet sunum modeli olan Servis Olarak Yazılım (Software as a Service–SaaS) modeli ise bir yazılım dağıtım modeli olmanın yanı sıra kullanıcılara herhangi bir kurulum yapmadan internete bağılı bir platformdan uygulamalara erişip talep ettikleri yazılımı kullanma olanağı verir. Bu model ile işletmelerin ihtiyaç duyduğu yazılımlar bu hizmeti veren kurumun sunucularında tutularak, yazılımı kendi bilgisayarına kurmayıp bu sunucuları çalıştırmasıyla işin yapılmasını sağlamaktadır. Ayrıca geliştirilen bu teknolojilere, internet erişiminin bulunduğu herhangi bir cihaz yardımıyla, ağ tarayıcısı gibi araçlar ile yer ve zaman kısıtı olmadan erişim sağlanabilmektedir (Armutlu & Akçay, 2013; Seveli, 2011). Bu model vasıtasıyla işletmeler yazılım ve lisans alma ücretlerinden kurtulup kullandıkları kadar ücret ödeyerek bulut bilişim hizmetlerinden yararlanmakta, kullanıcı lisans, bakım, kurulum gibi sorunlar ile uğraşmadığı için de zaman ve maliyet kayıpları yaşanmamaktadır. Sunulan hizmetlerden en popüler ve bilindik olanları ise Microsoft, Adobe gibi doküman paylaşımı, Thinkfree, Zoho gibi ofis yazılımları, Yahoo Mail, Hotmail ya da Google Mail gibi ağ tabanlı e-mail hizmetleridir (Alkan, 2009). Sonuç olarak, servis olarak altyapı modeliyle daha fazla ağ mimarları ve sistem uzmanları, servis olarak platform modeliyle uygulama geliştiriciler, servis olarak yazılım modeliyle ise çoğunlukla son kullanıcılara hizmet edilmektedir.

Bulut bilişim hizmet sunum modellerinin yanı sıra kullanım biçimlerine göre de dört ayrı şekilde karşımıza çıkmaktadır. Kurulum modelleri bulutun farklı alanlarda ve farklı biçimlerde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Özelliklerine değinecek olursak (NIST, 2013).

Özel Bulut (Private Cloud): Bu bulut hizmeti, güvenlik, servis ve veri kalitesi üstünde kusursuz kontrol sağlamak için bir kurum veya işletmenin bilgi sistemleri bölümü ile kendi binasında veya üçüncü taraf bir firmanın bulut sağlayıcısı

yardımıyla kurularak yönetilmektedir. Öyle ki, bulut bilişimin bu kurulum modeli yalnızca bir işletme veya kuruma hizmet sağlamaktadır (Turan, 2014; TBD, 2012, s.19). Özel buluta hastanenin bütün programlama alt yapısını IaaS'a dönüştürebilmesi ve Microsoft'un Hyper-V teknolojisi örnek olarak verilebilir.

Genel Bulut (Public Cloud): Bu bulut bilişim hizmeti, hizmeti sunan üçüncü kişiye ait olmakla beraber, internet yer alan web uygulamalarıyla kişilerin kullanımına açık olan hizmetlerdir. Bu modelde kullanıcılar uygulamalar vasıtasıyla hizmetlere erişebilmektedir. Genel bulut modelinde, farklı müşterilere ait uygulamalar, depolama sistemleri, bulut sunucuları ve ağlar ile birbirine karışabilmektedir (Turan, 2014; TBD, 2012: 19). Microsoft, Google Apps, Oracle, Amazon genel buluta örnek olarak verilebilir.

Karma Bulut (Hybrid Cloud): İki veya daha çok bulut modelinin kombinasyonu ile oluşmaktadır. Örnek olarak bir işletmenin oluşturduğu özel hizmetlere ilaveten birtakım hizmetleri dışarıdan alarak, özel ve genel bulutun birleşiminden ortaya çıkan bulut teknolojisi verilebilir ve şirketlerin hacmine göre birleşim oranlarında farklılıklar görülebilir. Bu modelde bulutlar kendi özelliklerini kaybetmeden verinin ve yazılımın taşınmasını sağlayacak tarzda standartlaştırılmış veya özel teknolojiyle birleştirilmiştir (Mell & Grance, 2011).

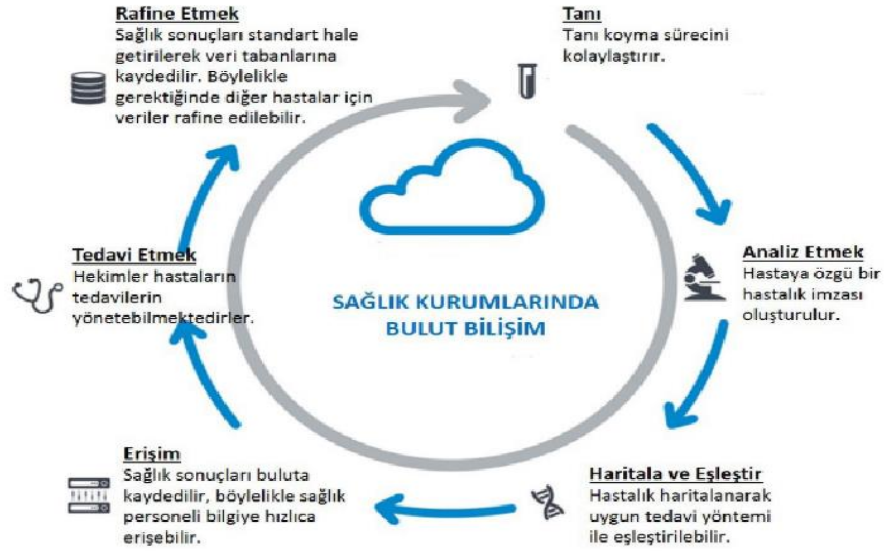
Topluluk Bulutu (Community Cloud): Birden fazla işletme, kurum ya da kuruluşun kaynaklarını ortak olarak kullanmasıyla oluşur. Burada kurulan bulut bilişim teknolojisi ortak hareket eden belirli kurum ve kuruluşlar tarafından paylaşılmakta böylelikle aynı güvenlik gereksinimlerine ihtiyacı olan, aynı amacı paylaşan, aynı şekilde yönetilen işletmeler ve organizasyonlar tarafından desteklenip, yönetilmektedir. Ayrıca sadece topluluk üyeleri, uygulama ve verilere erişmektedir (Turan, 2014; TBD, 2012: 19). Topluluk bulutuna örnek olarak aynı coğrafi lokasyonda yer alan hastane sistemleri verilebilir.

Sanayi 4.0'ın getirdiği teknolojik ilerlemelerden olan bulut bilişim teknolojisi, sağlık kurumlarına sağlık bilişim hizmeti vererek, internet vasıtasıyla güçlü bir veri depolama alt yapısının oluşumunu sağlamıştır (Turan & Kaya, 2017). Bu teknoloji, bilhassa sağlık bakım sistemlerinde veri paylaşımına büyük bir imkan yaratmakta ve özellikle sağlıklı veya hasta kişilerin bilgilerinin başka amaçlar için

paylaşılmasını sağlayarak, sağlık bakımının kalitesini yükseltmektedir (AbuKhoua vd., 2012).

Sağlık sistemlerinde bulut bilişimin kullanılması altyapıya düzenli olarak yatırım yapma, personelleri eğitme ya da geliştirilen yazılımların lisansını alma zorunluluğunu ortadan kaldırmış, enformasyona hızlı bir şekilde ulaşılmasını sağlayarak sağlık bakımının masraflı ve büyük veri merkezlerinde sürdürülmesini ortadan kaldırmış, fiziksel olarak yer kaplamadan veri toplama, veri işleme ve diğer veri sistemlerinin erişimine olanak sağlamıştır (Lenz & Reichert, 2007). Bulut bilişim teknolojisinin sağlıkta kullanıldığı alanların başında elektronik tıbbi kayıt sistemi gelmektedir. Bu teknolojiler sağlık bakım sistemlerine veri paylaşımı konusunda büyük katkılar sağlamakta, hekim, hemşire gibi sağlık çalışanları bilgisayar yardımıyla hızlı bir şekilde sağlıklı veya hasta bireylerin verilerine erişebilmektedir (Waxer vd., 2013). Bunun yanında, tedavi ve bakımda oluşan zaman kaybını önlemek için farklı coğrafyada bulunan sağlık ekibi üyeleriyle bilgi alışverişi yapma amacıyla kullanılan sağlık bakım verileri çeşitli durumlarda sağlık çalışanlarına aktarılabilir (Bayın vd., 2016). Aynı zamanda bulut bilişim teknolojileriyle sigorta bilgileri, reçeteler ve çeşitli bilgi sistemlerinde bulunan test sonuçları gibi farklı bilgilerin paylaşılması da mümkündür. Örneğin birçok sağlık kurumu radyoloji hizmetlerinin depolama maliyetlerini düşürmek ve görüntü değişimini basitleştirmek için bilgilerini buluta aktarmaktadır (Terry, 2012).

Sağlık alanında bulut bilişim teknolojilerinin kullanımının yararlı olacağı düşünülen bir diğer alan medikal görüntülerin işlendiği uygulamalarla uzaktan teşhiste kullanılan teknolojilerdir (Bayın vd., 2016; Rubner, 2011). Sağlık kurumlarında bulut bilişim Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4: Sağlık Kurumlarında Bulut Bilişimin Uygulama Alanları (Bayın vd., 2016; Dennard, 2011).

Şekil 4'te görüldüğü üzere sağlık alanında bulut bilişimin kullanımıyla tanı koymak için elde edilen veriler ile hastaya ait geçmiş verilerin de bulutta bulunması hastanın sağlık bilgilerinin analiz edilmesini kolaylaştırabilecektir. Hastanın sağlık verilerinden elde edilen bilgilerin analiz edilmesiyle birlikte hastanın hastalığı teşhis edilecek ve elde edilen sonuçların buluta kaydedilmesi sonucunda hastaya ait bilgilere ilgili sağlık personeli kolayca ulaşarak hastanın hızlı bir şekilde tedavi edilmesini sağlama olanağı elde etmiş olacaktır. En son olarak ise elde edilen sağlık verilerinin düzenlenerek kaydedilmesiyle farklı hastalar benzer sağlık sorunuyla karşı karşıya kaldığında veriler tekrardan gözden geçirilerek kullanılabilir.

Kısaca sağlık hizmetlerinde bulut bilişim yardımıyla medikal firmalar, araştırma merkezleri, eczaneler ve araştırmacılar gibi kompleks alan arasında bilgi alışverişi sağlanabilecektir (Dennard, 2011).

Sağlık bakım hizmetlerinde bulut bilişimin oluşturulması sürecinde karşılaşılan en güçlü engel ise veri doğruluğuyla alakalıdır. Sağlık kurumları için hasta bilgilerinin yetkili olmayan kişilerin eline geçmesi, çalınması, yok edilmesi ve yanlış veya sahte verilerle değiştirilmesi gibi durumlarla karşılaşılabilir. Ortaya çıkan bu problemlerin yanında deprem, sel gibi bazı özel durumlarda ise bulut bilişimin özellikle veri güvenliğini arttırdığı görülmekte ve böylece tıbbi kayıtlar ile yasal belgeler yok olmazken veriler yedeklenerek, sistem hatalarının doğal felaketlerden kurtulma düzeyi artmaktadır (Bayın vd., 2016).

Sonuç olarak bulut bilişim yardımıyla sağlık kuruluşlarındaki sağlık verilerine erişim imkânı tanımlanan yetkili kuruluş ve kişilerin ulaşılabilirliğinin sağlandığı herkesin kendi bireysel sağlık verilerine ulaşabildiği, uluslararası standartlarla uyumlu olan, karar destek sistemlerinin desteklendiği ve bütün ülkeyi içine alan bir iletişim sistemi oluşturulabilir (Turan & Kaya, 2017).

Bulut bilişim teknolojisiyle hem sağlık alanında birtakım üstünlükler yaşanmasını sağlayan hem de toplum sağlığına faydalı olan yeni bir teknoloji meydana getirilmiştir. Sağlık sektöründe birçok yeniliği birlikte getiren bu model, uygulamada birtakım zorlukların yaşanması gibi riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu yüzden bulut bilişim teknolojisi uygulanmadan önce, bu risklerin tanımlanması, planlanması ve yönetilmesinin sağlanması hizmet sağlayıcılar ile kullanıcılar için risklerin fırsata dönüşmesine katkıda bulunacaktır.

1.3.2.3 Siber - Fiziksel Sistemler

Bilgi teknolojileri ve otomasyonun yaygınlaşmasıyla siber fiziksel sistemlerde dinamik veri işlemeyle değer zincirlerinin birbirlerine bağlandığı yeni bir aşama yaşanmaya başlanmıştır (TÜSİAD, 2016). Ulusal Bilim Kurumu, Siber Fiziksel Sistemleri (Cyber Physical Systems-CPS) üretim süreçlerinde var olan gözleme, koordine etme ve kontrol gibi süreçlerdeki başlıca prensiplerin, entegre edilen iletişim, bilgi işlem, kontrol ve sensörlerden oluşan, (Jirkovsky, Obitko, & Marik, 2017) sanal ve fiziksel dünyayı birleştiren sistemler olarak tanımlamıştır (Kagermann vd., 2013). Bu kuruma göre söz konusu karma teknolojiler, fiziksel makineler ile siber teknolojilerin sanal ortamda bütünleştirilmesi yoluyla daha akıllı bir hal almasını sağlamış ve bu süreç tamamıyla siber-fiziksel sistemler olarak tanımlanmıştır (EBSO, 2015). Bir diğer tanıma göre ise siber-fiziksel sistemler, zeki makineleri esnek yazılımlarla denetlemeyi ve fiziksel dünyanın dijital veriler ile algılanmasını ve komuta edilebilmesini ifade etmektedir (Zezulka vd., 2016).

Siber-fiziksel sistemler, bütünleşik teknolojiler yardımıyla sanal ve fiziksel dünyaları bir araya getirerek, fiziksel ortamın sanal ortama geçirilmesine katkıda bulunan, akıllı nesnelere karşılıklı olarak iletişim kurarak etkileşim içinde olduğu, ağa bağlı bir dünya oluşturmaktadır. Siber-fiziksel sistemler günümüzde var olan sistemlerin bir sonraki evrimsel ilerleyişini göstermekte ve sanal ile gerçek dünyalar

arasında oluşan sınırlar yok edildiğinde ortaya çıkacak birçok yeni uygulamanın gerçekleştirilmesine katkı sağlayan teknolojileri etkinleştirmektedir. Bu bütünleşik teknolojilere ek olarak alıcılar, yazılımlar ve iletişim teknolojileri de siber-fiziksel sistemlerin içinde yer almakta ve iki mühim ögeden oluşmaktadır. Bunlardan ilki birbirleriyle internet aracılığıyla iletişim kuran nesne ve sistemlerin oluşturduğu ağ iken ikincisi ise gerçek dünyada yer alan fiziksel nesnelere ve bu nesnelere davranışlarının elektronik ortama yansıtılmasını sağlayan simülasyon yardımı ile ortaya çıkan sanal dünyadır (SIEMENS, 2016).

Sensörler ile desteklenen bu sistemler, fiziksel dünyadan elde edilen bilgileri internet aracılığıyla toplayarak nesnelere iletimine katkıda bulunmaktadır. Siber-fiziksel sistemler, akıllı bir biçimde karşılıklı iletişim içinde olmakla birlikte sanal ağlar ile kesintisiz bir şekilde veri alışverişinde bulunmaktadır. Sosyo-teknik bir düzenin içinde yer alan siber-fiziksel sistemler, operatörlerle ilişki içinde olmak için insana benzeyen makinelerin ara yüzlerini kullanmaktadır (Stock & Seliger, 2016). Siber-fiziksel sistemlerde yer alan sensörler ve gömülü yazılımlar ile önceden programlanan sistemler makine-makine bağlantısı yardımıyla hiçbir müdahaleye gerek duymadan çalışabilmektedir (Oesterreich & Teuteberg, 2016). Siber fiziksel sistemlerin en dikkat çekici özelliklerinden biri insan zekasını ve gücünü kullanarak yapılması zor olan işlemleri kısa bir süre içerisinde gerçekleştirebilme yeteneğine sahip olmasıdır. Dolayısıyla siber-fiziksel sistemler, başlangıç sürecinde yapılacak bir programlama ile sistemin bütün sürecine herhangi bir müdahale yapmadan otomatik bir şekilde kendini gerçekleştirebilme olanağı elde etmektedir (Görçün, 2016).

Günümüzde sağlık sisteminin birçok bileşeni birbirinden bağımsız olarak faaliyet göstermekte ve dolayısıyla sınırlı entegre çözümler üretebilmektedir. Hastaların uzaktan bakımını sağlamayı amaçlayan siber-fiziksel sistemler sağlık profesyonellerine gelecekte günlük yaşam aktivitelerinin sağlık hizmetlerini nasıl etkilediğini ve uygulayıcıların müdahaleleri hakkında nasıl daha bilinçli kararlar almaları gerektiğine dair bilgiler sunacaktır. Siber-fiziksel sistemler sayesinde tıbbi cihazlar, “akıllı cihaz” olarak tanımlayacağımız, sağlık izleme cihazlarının kullanılmaya başlanmasıyla uzakta yer alan hekimler ile iletişim kuran, internete bağlanan cihazlara dönüşecektir.

Literatürde kendisine giderek daha fazla yer bulmaya başlayan ve Tıbbi Siber-Fiziksel Sistemler olarak ifade edilen bu teknolojiler, hastaların tedavisine yardımcı olan ve kritik durumlarda yüksek kullanılabilirlik sağlayan tıbbi cihazların ve akıllı sistemlerin bir araya getirilmesi olarak tanımlanmakta ve karmaşık klinik senaryolarda sürekli bakım sağlamak için hastanelerde giderek daha fazla kullanılmaktadır (Insup Lee & Sokolsky, 2010). Tıbbi siber-fiziksel sistemler bir hastanın tedavi edilmesi sürecinde toplu olarak yer alan, hayati öneme sahip tıbbi cihaz ağ sistemlerini ifade etmekte ve günümüzdeki örneklerinden daha güçlü iletişim, hesaplama ve güvenlik özellikleri ile birçok tıbbi sağlık uygulamasında kullanılacağı düşünülmektedir. Örneğin hastanelerde, yapılan müdahaleleri bilgilendirmek amacıyla kullanılan başucu monitörleri, gözlem raporları, laboratuvar sonuçları gibi farklı kaynaklardan gelen bilgilerin bir araya getirilmesi basit bir siber-fiziksel sistem süreci olarak gösterilebilir. Geniş kapsamlı olarak tıbbi siber-fiziksel sistemlere örnek olarak farklı sensörler yardımıyla evdeki hastalardan bilgi toplanarak bu bilgilerin güçlü bir hesaplama kapasitesine sahip olan bulut sunucusuna aktarılması, hastanedeki doktorların hastanın fiziksel durumunu uzaktan izleyerek önerilerde bulunması veya reçete yazabilmesi verilebilir (Wang vd., 2011). Tıbbi siber-fiziksel sistemlerin kullanım avantajları arasında karşılıklı koordineli olarak çalışan otonom ve uyarlanabilir robotların dışında, programlanabilir materyaller, gövde alanı ağları, minyatür vücut içerisine yerleştirilebilen akıllı cihazlar ve yeni üretim yaklaşımları kullanarak tıbbi fiziksel sistemleri yönetme ve işletmeye yarayan yeni konseptler de sayılmaktadır (Young, 1992).

1.3.2.4 Nesnelerin İnterneti

İnternetin 1990 yılının sonunda bireylerin hayatına girmeye başlamasıyla birlikte dünyanın herhangi bir yerinde bulunan bir cihaz ile başka bir cihazın karşılıklı iletişim halinde olması olası duruma gelmiş ve internette yaşanan teknolojik gelişmelerin 2000 yıllarının ilk zamanlarındaki akıl almaz gelişimini akıllı mobil cihazların devasa bir hızla gelişmesi takip etmiştir. Bu akıllı mobil cihazlara takılan sensörlerle kişilerin içinde bulunduğu ortamdaki birçok değişik veriye ulaşılmış ve ulaşılan bu veriler, kablolu ya da kablosuz olarak internet vasıtasıyla bir merkezde toplanarak, incelenip, çözümlenmiştir. Böylece cihaza sahip olan birey ya

da cihazın bulunduğu ortamla alakalı farklı bilgilere kısa süre içerisinde ulaşılması internet vasıtasıyla nesnelerin birbirleri ile haberleşmesi teknolojilerinin gelişmesini sağlamıştır (Öcal vd., 2018). Daha sonra ise zamanla gelişen teknolojiler milyarlarca bilgisayar veya mobil cihazların internete bağlanması ile bu bilgisayarların, birbirlerine bağlı nesnelere bilgi alışverişi yapması durumu Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT) olarak tanımlayabileceğimiz aşamaya geçilmesini sağlamıştır.

Amerikan Federal Ticaret Komisyonu günlük hayatımızda kullandığımız nesnelerin, internete bağlanarak veri gönderip alması yeteneğini nesnelerin internetiyle tanımlamış ve Radyo Frekans Tanımlama (RFID) teknolojisi kavramı ile birlikte ele almıştır. Nesnelerin internetinin ilk uygulaması olarak 1991'de Cambridge Üniversitesi'ndeki 15 akademisyenin birlikte kullandıkları kahve makinesini görebilmeleri için kurdukları kameralı sistemin 2001 yılına kadar kullanılması ve sistemin dakikada üç defa kahve makinesinin görüntüsünü bilgisayara göndermesi gösterilmektedir. Sistem gerçek zamanlı ve çevrimiçi olması nedeniyle nesnelerin interneti teknolojisinin ilk örneği olarak tarihte ki yer almıştır. Ancak nesnelerin interneti kavramı ilk defa 1999'da Kevin Ashton'un Procter & Gamble şirketi için hazırladığı bir sunumda kullanmasıyla yaşamımıza girmiş ve sunumda şirketin tedarik zincirinde radyo frekans tanımlama teknolojisinin firmaya katacağı faydalar dile getirilmiş ve sistemi kullanmak için önerileri sunulmuştur. Kevin Ashton'un önerdiği sistem "Internet of Things" ifadesini oluşturan sensörler ile radyo dalgalarına bağlı bir küresel sistem standardıdır (Geng, 2016). Nesnelerin interneti kavramını literatüre kazandıran Ashton'a göre bilgi ve fikirler oldukça önemlidir ancak insanların bilgi ve fikirleri dolaysız olarak tüketmesi olası olmadığından, bunların somut olarak yorumlanabileceği nesnelerin daha önemli olması nesnelerin interneti teknolojisine olan gerekliliği artırmıştır. Bu düşünce sonucunda ortaya çıkan bu kavram, verilerin uzaktan, gerçek zamanlı olarak alınmasını sağlayarak, verilerin incelenmesini, analiz edilmesini kolaylaştıran ve çeşitli amaçlarla elde edilen bu bilgileri paylaşarak birbiriyle iletişim halinde bir çevre oluşmasını sağlayan yenilikçi bir teknolojidir (Ashton, 2009). Kavram hakkındaki tanımlamalar hala oluşum aşamasında olmakla birlikte nesnelerin internetinin günlük hayatta kullanılan nesne veya aygıtların çeşitli teknolojiler

yardımla diğr nesne, insan ve aygıtlarla internet aracılığı ile iletişim kurabilmesini ifade ettiği genel olarak kabul görmüştür (Andersson & Mattsson, 2015).

Bilgi ve iletişim teknolojilerinde yaşanan ilerlemelerle kullanıcılar ve bilgisayarlar arasındaki iletişimin yoğunlaşması, akıllı sistemlere duyulan ihtiyaçı artırmıştır. IoT’de sensör ağlardan ve akıllı nesnelere oluşan, gerçek zamanlı verilerin veya zamanla toplanan farklı verilerin analiz edilebilmesini sağlayan ve bütün nesnelere birbirine bağlamayı amaçlayan bir sistemdir (Can vd., 2016).

Nesnelerin interneti, mevcut iletişim ve teknoloji altyapısını kullanırken zgn çözümler sunarak insanların her yerden bilgilere ulaşabilmelerini sağlamakta ve çeşitli aygıt, sistem veya hizmetlerin birbiriyle ve insanlarla iletişim kurabilmesi neticesinde, fiziki ürünler internet aracılığıyla “zeka” kazanmakta böylelikle fiziksel ürünlerin temsil ettiği gerçek dünya ile internetten doğan sanal dünya arasında bir bağ kurulmaktadır (Sundmaeker vd., 2010). Ayrıca bu nesnelere, zeka kazanarak insanların yaşamlarını denetim altında tutabilmek için onların belirli alışkanlıklarını öğrenebilmektedir (Ju vd., 2016).

Nesnelerin interneti fiziksel nesnelere birbirleri ile bilgi paylaşarak birbirlerini görebilmelerine, duyabilmelerine, dşnebilmelerine ve konuşabilmelerine imkan verip, algılayıcı ağlar, gömülü cihazlar, haberleşme protokolleri gibi temel teknolojilerin geleneksel sistemlerden akıllı bir sisteme dönüşümünü sağlamaktadır (Aktaş vd., 2016; Al-Fuqaha vd., 2015).

Nesnelerin interneti iletişim perspektifiyle ele alındığında ise çevremizde yer alan fiziksel olayların kontrolünü sağlayarak analize yardımcı olan yazılım, cihaz ve erişim hizmetlerini içine alan iletişim ağını ifade eder. Bu fiziksel olaylar, hastaların takip edildiği sistemler, üretim süreçleri, akıllı binalar, taşımacılık gibi ölçülmesi mümkün olan büyüklükler ya da kontrol sistemleri olabilir. Aynı zamanda bu ağdaki algılayıcılar ve cihazlar makine-makine, insan-makine iletişimi kurabilen sistemlerdir (Gökrem ve Bozuklu, 2016). Kısaca nesnelere interneti, fiziksel nesnelere birbirleri ile veya kendisinden daha büyük olan sistemler ile karşılıklı bağlantı içinde olduğu iletişim ağıdır (Karagöz, 2018).

Nesnelerin İnternet’inde yer alan akıllı nesnelere kendilerine ait kimlikleri bulunmaktadır. Bu nesnelere çevreyle iletişim kurabilirler, veri toplayıp saklayabilirler ve durumlarıyla alakalı karar verebilirler (Torđl vd., 2016). Bu

yüzden nesnelerin, sistemlerin, aygıtların ve servislerin nesnelerin internetiyle kendi aralarında bir iletişim kurması için mevcut ortamda çeşitli teknolojilerin bulunması gerekmektedir. Bu teknolojilerden en çok kullanılanları (Gubbi vd., 2013):

- Radyo Frekansı ile Tanımlama (Radio Frequency Identification-RFID),
- Kablosuz Sensör Ağlar (Wireless Sensor Networks-WSN),
- Ara Yazılım (middleware),
- Bulut Bilişim (cloud computing).

Bu bileşenlerden kısaca bahsetmek gerekirse RFID, kökleri İkinci Dünya Savaşı yıllarına dayanan bir teknoloji olmakla birlikte Amerikalılar Japonlar ve Almanlar bu teknolojiyi kilometrelerce uzaklıkta yer alan düşman uçaklarını tespit etme amacıyla kullanmışlardır. Bu yöntem, tarihte bilinen ilk RFID teknolojisiyle kimlik tespit yöntemidir. RFID teknolojisinde ana bileşen olarak okuyucu ve aktif veya pasif etiketler kullanılmaktadır. RFID etiketlerinin eklendiği küçük elektronik cihazlar hakkında radyo dalgaları aracılığıyla, insan müdahalesi olmadan ve kablosuz bir şekilde bilgi alınmakta ve aktarılmaktadır (Yang vd., 2013). Daha basit bir anlatımla RFID, bir okuyucuyla etiket ya da etiketlerden oluşan otomatik bir tanımlama sisteminden oluşmakta, okuyucuyla etiket arasında, elektromanyetik dalgalarla etkileşim sağlanarak okuyucuya veri transferi yapılmaktadır. Bütün bunlar hiçbir şekilde bir temas gerçekleştirmeden, belli bir uzaklıktan, kablosuz olarak sürdürülmektedir (Pala, 2009). Ancak bu sistemin işleyebilmesi için internet ve okuyucuların ulaşılabilir olması gerekmektedir.

Kablosuz sensör ağlar (WSN); heterojen sensör kaynaklarına dağıtımdan bağımsız bir şekilde ulaşabilen, birbirine bağlı çok sayıda sensör düğümlerinden oluşan ve bu düğümler sayesinde kablosuz bir şekilde iletişimin gerçekleşebilmesini olanaklı kılan bir mekanizmadır (Gubbi vd., 2013). Burada, kablosuz sensörler neticesinde nesnelerin durumu fark edilebilmekte ve nesnelere veriler alınıp kontrol edilebilmektedir (Li vd., 2016).

Ara yazılım ise yazılım uygulamaları arasında bulunarak iletişim kurma ve girdi/çıkış hesaplamalarını kolaylaştıran bir ara katmandır. Bu sayede, siber-fiziksel sistemlerin oluşabilmesi için çeşitli işlevler arasında bir bağlantı sağlanır.

Bulut bilişim teknolojisi ise nesnelerin internetiyle gerçekleştirilen iletişim neticesinde veri depolamanın gerçekleştirilebildiği veri toplama ve veri analizi arasında bir bütünleşmenin sağlandığı erişime açık ve paylaşımlı bir havuz oluşturulması süreci olarak ifade edilebilir. Sunduğu havuz neticesinde bulut bilişim teknolojisi, karmaşık karar verme süreçlerine destek sağlayan çok güçlü bir bilişim kaynağı sunabilmektedir (In Lee & Lee, 2015).

Nesnelerin internetinin oluşumuna katkı sağlayan bütün gerekli teknolojiler üç seviyede gerçekleşmektedir. Bu seviyelerden ilki gerçek ve sanal dünya arasında bağ kurabilmeyi sağlamak için gerekli olan teknoloji seviyesidir. İkincisi dinamik, güvenilir ve esnek bir iletişim ağı kurabilmek için gerekli olan iletişim ve ağ seviyesidir. Üçüncüsü ise RFID ve WSN gibi teknolojilerle ağ bağlantısının kurulmasını sağlayan nesnelere tarafından veri toplama ve yayılması işlemlerinin gerçekleştirilmesi için gerekli olan zeka seviyesidir (Yang vd., 2013). Yani nesnelerin interneti sisteminin var olabilmesi için gerekli teknolojilerin sağlanması sonrasında bu teknolojiler vasıtasıyla sürekli hale gelen bir nesnelere-insanlar, nesnelere-nesnelere arası iletişimin kurulması en son ise verilerin toplanıp işlenerek kontrol mekanizmalarından geçirilmesi ve nihayetinde kullanıcılar için değer yaratması söz konusudur (Tümer Kabadayı & Koçak Alan, 2018).



Şekil 5: Nesnelerin İnterneti Bileşenleri (Evans, 2011)

Şekil 5’de gösterildiği gibi nesnelerin interneti teknolojisinin bileşenleri ise insan, nesne, veri ve süreç olmak üzere dört kategoride toplanmaktadır. Nesnelerin interneti bu dört bileşeni birlikte inceleyerek kurumlara, ülkelere ve bireylere daha farklı uygulama fırsatları sunmaktadır (Evans, 2011).

İnsan bileşeni, nesnelere elde edilecek verilerden faydalanarak bir eylemin gerçekleştirilmesine katkıda bulunmaktadır. Elde edilen büyük miktarlardaki veriler işlenmeden sonra bir anlam ifade etmemekte ve en doğru kararların alınarak doğru olan davranışın uygulanması için bu verilerin insanlar tarafından kullanılacak yararlı bilgilere dönüştürülmesi gerekmektedir. İnsanın veriyi kullanabilmesine yardımcı olmak için verinin ortaya çıkarılması makine-makine, makine-insan ve insan-insan etkileşimi olmak üzere üç şekilde mümkündür.

Makine-Makine (Machine to Machine-M2M) etkileşimi makinelerin birbirleriyle iletişim kurmasını sağlayan teknolojileri tanımlamak için kullanılır ve internet vasıtasıyla verinin bir nesne ya da makineden başka bir nesne ya da makineye gönderilmesiyle oluşan bağlantı biçimi olarak tanımlanır. Makine-makine birleşimi çoğunlukla nesnelere interneti ismiyle de ifade edilmektedir. Bu etkileşim türüne eve giden bir arabanın, evin bulunduğu ağa sinyal yollayarak ışık düzeni ile ev sıcaklığını ayarlaması için komut göndermesi örnek olarak verilebilir. Makine-makine bağlantısında kontrolörler, aktivatörler ve sensörler kullanılan en önemli elemanlardır. Makine-makine etkileşiminin en dikkat çekici özelliği, açık ve yaygın bir altyapıya sahip olan IP üzerine kurulu olmasıdır.

Makine-İnsan (Machine to People-M2P) etkileşimi bilginin insanla makine arasında oluşan transferini tanımlayan etkileşim biçimidir. Bu bağlantı şekliyle her iki taraf da karşılıklı olarak veri transferinde bulunabilirler. Makine-insan etkileşimi, insanlara karar verme noktasında bilgi sağlayarak, makineler yardımıyla bilginin taşınmasını veya bildirilmesine yardımcı olmayı amaçlar. Makine-insan etkileşimi veri analizi ismiyle de kullanılmaktadır.

İnsan-İnsan (People to People-P2P) etkileşimi bir kişiden başka bir kişiye veri aktarımıyla oluşan etkileşim biçimidir. İnsan-insan etkileşimi mobil cihazlar, sosyal ağlar ve videolar vasıtasıyla oluşmaktadır. İnsan-insan etkileşimi çoğunlukla birlikte çalışabilirlik durumunu göstermektedir (Gündüz & Daş, 2018).

Sağlık sektöründe yer alan nesnelere interneti uygulamaları; teşhis, tedavi ve izleme sistemleri, koruyucu sistemler, uzaktan bakım ve mobil sağlık uygulamaları olarak sınıflandırılabilir. Bu uygulamalar içinde yer alan radyo frekanslı tanımlama sistemleri ve kablosuz vücut alan ağları ise nesnelere interneti teknolojisinin önemli bileşenleridir (Aktaş vd., 2016). Nesnelere İnterneti teknolojisinde kablosuz tıbbi

algılayıcıların kullanılmasıyla kronik hastalıkların uzaktan takibi ölçümlerin anlık olarak doktor ve hasta yakınlarıyla paylaşılmasını, herhangi bir mekan kısıtı olmaksızın gerçek zamanlı olarak hastanın izlenebilmesini sağlamakta ve özellikle acil durumu olan hastaların erken tespitini kolaylaştırmaktadır (Stankovic vd., 2005). Sağlık yönetimi açısından Nesnelerin İnterneti kullanımının avantajlarından bir diğeri ise kişiye özel çözümlerin yaratılabiliyor olması ve daha nitelikli bakım için global olarak erişilebilir ve düzenli bir veri tabanı erişimi sunulmasına imkan tanınmasıdır (Da Xu vd., 2014).

Sağlık sektörü, Nesnelerin İnternetinin tanıtılmasıyla beraber hastaların yaşamsal (vital) bulguları hakkında veri ve istatistik toplayabilecek diğer cihazlarla ilgili teknik araştırmalara da devam etmektedir. Bu durumun sağlık verilerinin anlık ve otomatik bir şekilde toplanmasını ve süreç içerisinde hastalara çok daha hızlı müdahale edebilmesini sağlayarak karar destek sistemlerinin kullanımının önünü açacağı öngörülmektedir.

Hastanede uygulanan uzun süreli tedaviler hastanın hastaneye yatışıyla ilgili olarak çok fazla sosyal, psikolojik ve fiziksel soruna sebep olabilmektedir. Ortaya çıkan bu sorunların düşürülebilmesi ise gün geçtikçe gelişen kablosuz teknolojileri kullanarak hastanın içinde olduğu ortama özgü fiziksel verilerin (ışık, nem, sıcaklık) ya da hastalardan alınan fizyolojik verilerin (elektrokardiyografi, nabız, kan şekeri) toplanması ve bunun bireyin günlük yaşamında bir değişikliğe neden olmadan ve kullanıcının rahatlığı dikkate alınarak yapılması ile mümkündür (Kırbaş vd., 2010).

Günümüzde sağlıkla ilgili ölçümlerin birçoğu sağlık uzmanları için oldukça zaman alıcı, hastalar için ise pahalıdır çünkü bir sağlık uzmanına danışmayı veya etkileşimi gerektirmektedir. Nesnelerin İnterneti teknolojisi, tıbbi cihazlarla ölçüm yapabilmek için doğrudan hasta-hekim/hemşire etkileşimi ihtiyacını azaltarak değerli medikal verileri elde etmenin ve sunmanın yenilikçi yollarını sağlamaktadır. Öyle ki; vücuda takılabilen, deri altına yerleştirilebilen veya giyilebilen çok çeşitli internet bağlantılı cihazlar hastalara tanıtılmaya ve kullanılmaya başlanmıştır. Konu sağlık olduğu zaman toplanan verilerin kalp ritmi ile ilgili olması, kan şekeri seviyesini bildirmesi veya toplam atılan adım ve yakılan kalori bilgisi olması fark etmemekte, her türlü sağlık bilgisinin izlenmesi insanlar için ciddi bir önem taşımaktadır. Bu nedenle artan sayıda sağlık uzmanı ve kurum, uzaktan izleme veya sağlık yönetimi

sağlayan uygulamaları şimdiden hayata geçirmiş, birçok insan da hali hazırda kendi sağlıklarını kontrol altında tutmak için mobil sağlık uygulamalarını kullanmaya başlamıştır (Wiechert & Michahelles, 2007).

Sağlık sektöründe Nesnelerin İnterneti teknolojisinin başarılı ve geniş bir şekilde uyarlanması, sektörün daha iyi izleme, algılama, iletişim kurma ve kontrol etme yeteneklerine sahip olmasını sağlayacaktır. Yönetim, finans, lojistik, tanı, tedavi, iyileşme, meditasyon ve günlük faaliyetler gibi farklı sağlık yönetimi ve hizmetleri disiplinlerinden gelen veri türleri Nesnelerin İnterneti alt yapısı aracılığıyla toplanabilecektir (Domingo, 2012; Xu vd., 2014). Bu durum; eş zamanlı ve güvenilir maliyet enformasyonu sağlama, teşhis ve tedavi için anlık ve güvenilir veri aktarımı gibi artıların yanında kontrol ve geri bildirim için de çok önemli avantajlar sağlamaktadır.

Günümüz gelişmiş toplumları, sağlıklı olma ve yaşama bilincinin artmasıyla birlikte öz bakım olarak adlandırılabilir, insanların kişisel sağlık göstergelerini sürekli izleme ve kontrol altında tutma eğiliminde olduğu yeni bir olgu ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu olgu, sağlık hizmetlerinde sürekli irtibat halinde olunabilen, kişisel medikal verilerin elektronik ortamda iletilebildiği ve sürekli iletişim kurulabilen sağlık profesyonellerine olan talebi artırmaktadır. Kişisel sağlık verilerini anlık olarak toplayarak kaydedebilen teknolojik cihazların, Nesnelerin İnterneti denilen kablosuz iletişim teknolojileri ve internet üzerinden uzak sunucularla bağlantı kurulmasını ve veri alışverişinde bulunulmasını sağlayan yenilikçi sistemlerin entegre edilmesiyle birlikte pek çok iş kolunda ve özellikle de sağlık sektörü hizmet sunumunda devrimsel nitelikte gelişmeler olmaya başlamıştır. Bütün bunlara, zaten hayatımıza girmiş olan mobil telefon ve tabletler üzerinden erişim sağladığımız akıllı uygulamalar da eklenince teknolojik döngü tamamlanmış olmaktadır (İleri, 2018).

Nesnelerin İnterneti teknolojisinde kablosuz tıbbi algılayıcıların kullanılması, herhangi bir mekan kısıtı olmaksızın gerçek zamanlı olarak hastanın izlenebilmesini sağlamakta ve özellikle hastalık riski yüksek olanlar için acil durumların tespitini kolaylaştırmaktadır (Stankovic vd., 2005). Sağlık hizmetlerinde Nesnelerin İnterneti mimarisinde özellikle RFID teknolojisi ile yakın alanlarda kablosuz iletişim sağlanmakta, GPS teknolojisi ile ise tıbbi cihaz ve hastaların konum takibi

yapılmaktadır. Radyo frekansı tanımlama sistemi, cihazlar arasında kablosuz iletişim kurabilen, Nesnelerin İnternetine dahil olan cihazları otomatik olarak tanımlayabilen ve hassas veriyi iletebilen bir teknolojidir (Weinstein, 2005). Örneğin; yeni doğan kliniğinde hasta kimliğinin takibinin yapılarak tıbbi tedavinin izlenmesi ve doğrulanması (Katz & Rice, 2009), bir sağlıklı yaşam merkezinde hastanın kurum içi konumunun takip edilmesi, geçilmesi gereken süreçlerin uzaktan izlenmesi ve cerrahi süreç yönetimi (Yao vd., 2012) gibi pek çok işlem RFID teknolojisinin Nesnelerin İnternetine entegre edilmesiyle mümkün olmaktadır. Özellikle Avrupa ülkelerinde nüfusun yaşlanması ile hasta bakımını sağlayacak insan sayısının azalması, doktorların hastaların durumunu hastane dışında da uzun süre takip etme arzusu (Bonato, 2003) ve evde yapılabilecek temel bakım çalışmalarının artması gibi nedenlerin (Pentland, 2005) yanında bilinç düzeyi artan kullanıcıların kendi sağlık düzeylerini kontrol edebilme istekleri bu teknolojilere duyulan ihtiyacın artmasına sebep olmaktadır.

Sağlıkta çoğunlukla hastanın durumunun izlenmesi, teşhis koyma, hem eylemsel hem de tıbbi hareketlerin takibi için veri toplama amaçları ile akıllı cihazlar kullanılmaktadır (Lewy, 2015). Sağlık bilgi sistemleri; tele-tıp cihazlarını, elektronik sağlık kayıtlarını, mobil sağlık (mHealth) uygulamalarını içinde bulunduran oldukça büyük bir alandır. Birçok farklı cihazdan elde edilen hasta verilerinin analiz edilmesi sonucunda, kronik hastalıkların takibi, yaşlı bakımının sağlanabilmesi, sağlıklı yaşam ve hareketlilik programlarının devam ettirilebilmesiyle uzaktan hastanın izlenebilmesi faaliyetleri etkin bir biçimde gerçekleştirilebilmektedir. Yapılan tedavinin ve ilaç takibinin etkin bir biçimde uygulanabilmesi için tercih edilen sensörler ve tıbbi cihazlarda Nesnelerin İnterneti teknolojisinin nesnelerini meydana getirmektedir. Örneğin; ateş ölçer, tansiyon aleti veya kalp atışı sensörlerinden elde edilen bilgiler, hastanın sağlık durumunu izlemede kullanılabilir. Elde edilen bu sağlık verilerinin sorgulanması, saklanması, belirli standartlar çerçevesinde analiz edilmesi ve acil durumlar için alarmların oluşturulabilmesi, kişisel sağlık hizmetlerinde bilhassa zaman bakımından ciddi artılar sağlayabilecektir. Bu nedenle tutarlılığın sağlanabilmesi için verinin farklı cihazlarla paylaşılmasının sağlanarak veri güvenliği ile kullanıcı mahremiyetinin korunması gerekmektedir (Can vd., 2016).

Nesnelerin İnterneti'nin sağlık hizmetleri uygulamaları, insanların (hasta, personel, sağlık çalışanı) ve nesnelerin takip edilmesi, kimlik doğrulaması ve kimlik tanımlamaları, uzaktan algılama ve otomatik veri toplama olarak sınıflandırılabilir (Atzori vd., 2010). Tıp sektöründeki Nesnelerin İnterneti uygulamalarında en sık kullanılan donanımlar ise tablet biçiminde olan yutulabilir kameralar, vücut içerisine yerleştirilebilen algılayıcılar, giyilebilir EMG/EKG/SpO2/EEG, sıcaklık ölçerler ve kan basıncı gelmektedir. Bu şekilde kronik rahatsızlığı ya da hayati riski olan hastalar ise uzun süre ve aralıksız olarak hiçbir mekan kısıtlaması olmadan izlenebilme olanağı elde etmektedir. Ayrıca bütün bu özellikleriyle nesnelerin interneti Covid-19 ile mücadelede çok yardımcı olmuştur. Örneğin, karantina sürecinde evden çıkmanın yasak olduğu zamanlarda ve maske takmanın zorunlu olduğu bölgelerde kontrolü sağlamada dronlar gözetim için kullanılmıştır. Bu teknolojiyle salgının gidişatı izlenebilir. Hastaları ve hastalarla temas eden kişileri belirlemede yardımcı olurken aynı zamanda karantinayı ihlal eden hastalar izlenebilir. Ayrıca, bu teknoloji evdeki hastaların uzaktan izlenmesini sağlayarak sağlık personelinin iş yükünü azaltıp tehlike oranının düşmesine katkı sağlayabilir. Örneğin, Robert Koch Enstitüsü Thyre şirketi ile işbirliği yaparak, ülke çapında daha fazla veri toplamaya yardımcı olmak için Corona Datenspende (Korona Veri Bağışı) adlı bir uygulama geliştirmiştir. Uygulama, Apple, Fitbit ve Garmin gibi şirketlerin akıllı saat ve spor bilekliği ile çalışmaktadır. Uygulama, kullanıcıların hastalık belirtisi olup olmadığını analiz etmek için nabız, sıcaklık ve uyku dahil olmak üzere kişi verilerini toplayarak bir algoritma aracılığıyla kullanıcı verilerinde Covid-19 enfeksiyonuna bağlı çeşitli semptomları tanımakta ve sonuçlar, etkileşimli çevrimiçi bir haritada gösterilmektedir.

1.3.2.5 Yatay ve Dikey Entegrasyon

Bir sektörde hammadde, ara mal tedarikçileri, üreticiler, pazarlamacılar ve satış sonrası servis sağlayan birimler birbirleriyle iletişim halinde olmalıdırlar. Sanayi 4.0 ve akıllı üretim bu iletişimin eş zamanlı olarak gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. Sanayi 4.0'ın temelini oluşturan birbiriyle karşılıklı ilişki içinde olan yapıların sağladığı devamlı akış, üretim için kritik bir öneme sahiptir. Bu akışı

sağlamanın yolu ise yalnızca belli noktalarda değil, her noktada yatay ve dikey entegrasyon etkileşiminin sağlanması ile mümkündür (SIEMENS, 2016).

Sanayi 4.0’da yatay ve dikey birleşmelerin nitelikli bir şekilde çalışmasında “bilgi ve veri” çok önemlidir. Avrupa Birliği Komisyonuna göre Sanayi 4.0 paradigması, değer yaratan ağlar arasında yatay entegrasyonun yer aldığı, ürün yaşam döngüsünün uçtan uca mühendislik yardımıyla oluşturulduğu, imalat sistemlerinde ortaya çıkan bağlantıların dikey birleşme yardımıyla gerçekleştirildiği üç boyuttan oluşmaktadır (European Commission, 2015).

Yatay birleşme, aynı müşteri tipine sahip farklı şirketler arasındaki firmaların pazar payını yükseltmek için birleşerek, kendi içlerinde iş birliği ve iletişim sağlama sürecini ifade etmektedir. Pazarlama, üretim, satış, tedarik ve lojistik gibi birbiriyle alakalı şirket içi ya da dışı değer yaratım süreçlerinin birbiriyle ilişkili olmasını ve dijital yollarla veri alışverişinin sağlamaya katkıda bulunarak bütünleşik ve uçtan-uca sistemler kurulmasını sağlamaktadır. Yatay birleşme Sanayi 4.0’ın yarattığı rekabet ortamında şirketlerin içinde bulunduğu tehlikelerden korunma yöntemi olarak da nitelendirilmektedir (Stock & Seliger, 2016). Türdeş sektör veya aynı alanlarda hizmet veren ortakların yatay birleşmeyle bir arada bulunmaları maliyet ve rekabet açısından avantaj sağlamaktadır (Tarver, 2019).

Yatay entegrasyonda hammadde tedarikinden satışa kadar tüm aşamalarda tam kapasite çalışmak mümkündür ve bu durum maliyetlerin düşmesine de katkıda bulunur. Yatay entegrasyonda en önemli amaç aynı sektör içerisinde yer alan farklı şirketleri inceleyerek bu doğrultuda olumlu ve olumsuz yönlerini ortaya çıkarıp kısa veya uzun dönemdeki tehditlerini görerek büyüme potansiyelini incelemek ve bütün risklerin analiz ederek doğru olan stratejik planlamayı oluşturmaktır. Kısaca işletmeler çevrelerindeki karışıklığı azaltmak ve ar-ge çalışmalarına ağırlık vermek istediklerinde yatay birleşmeyi kullanırlar. Yatay entegrasyonla bütünleşen şirketlerin çoğu genellikle risk oranı yüksek olan yatırımlara ilgi göstermektedirler. Bunun sebebi ise tek başına olmadıklarından dolayı riskli yatırımlarda piyasada var olabilme olanaklarını arttırabileceklerini düşünmeleridir. Yatay entegrasyon yönteminde aynı sektörde yer alan birçok şirket birleştiği için pazarlama ve satışta maliyetler de düşmektedir (Yelis, 2017). Kısacası buradaki amaç, şirketin kendi değerlerini incelemesini sağlamaktır.

Dikey entegrasyon ise üretim hatları ve fabrikalar arasındaki farklı hiyerarşik yapının ve birikimin zincirleme olarak değer yaratım noktalarına aktarılmasındaki dijitalleşme ve bağlantılılık durumu olarak tanımlanmaktadır (Alçın, 2016). Dikey birleşmeyi, bir şirketin birden çok tedarik zincirine sahip olması durumu olarak da ifade etmek mümkündür. Bu birleşme hammaddenin üretilmesi, bir ürüne dönüştürülmesi ve müşterinin kullanımına sunulması süreçlerinin tamamını kapsamaktadır (Amadeo, 2019). Sanayi 4.0 için dikey birleşme, hiyerarşik bir yapı içinde bulunan çeşitli bilgi teknolojilerinin tedarik zincirlerindeki iletişimi ve işleyişi olarak tanımlanmaktadır (Nováková, 2017). Dikey birleşmeler sadece süreçler arasında değil, bütün süreçlerde kullanılan teknolojik altyapıda sürekli akış ile iletişim sağlamayı hedeflemektedir.

Dikey entegrasyon, aynı sektörde bulunan tedarikçi ya da müşteri kanalını kullanarak ayrı bir şirketi işleyişine ekleyerek büyümesi ve genişlemesidir. Dikey entegrasyon sistemine bir hava yolu şirketinin sigorta şirketi ile birleşmesi örnek olarak verilebilir. Dikey entegrasyon, geriye doğru dikey birleşme, ileriye doğru dikey birleşme ve dengeli dikey birleşme olmak üzere üç alt başlıkta incelenebilir. Girdi kaynaklarına yönelik olarak gerçekleştirilen entegrasyon geriye doğru dikey birleşmeyi, satış ve dağıtım süreçlerinin kontrol edilmesini amaç edinen ve işletmenin ürettiği malı kullanan kişilere bir adım daha yaklaştıran genişleme ileriye doğru dikey birleşmeyi, firmaların girdi kaynakları ve pazarlama kısmıyla birleşmesi ise dengeli dikey birleşmeyi ifade etmektedir (Yelis, 2017).

Sanayi 4.0 ile birlikte gelişme gösteren yatay ve dikey birleşme, üretim süreçlerinde yaşanan sorun ve değişikliklere hızlı bir şekilde karşılık vermek, müşteriye özel üretimin hızla çoğalmasını sağlamak, kaynak verimliliğini artırarak küresel tedarik zincirinde optimizasyon elde etmesine katkıda bulunmaktadır. Aynı zamanda şirketler esnekliğin daha fazla olduğu bir yapıya kavuşmakta ve ihtiyaç duyulan değişiklikler kolay arayüz güncellemeleri ile yapılabilmektedir. Hammaddenin tedarik edilmesinden ulaştırmaya kadar her noktada sürekliliği sağlayabilmek için yatay ve dikey birleşmenin sağlanması gerekmektedir (SIEMENS, 2016: 10).

Sağlık kurumları, topluma daha kapsamlı hizmetler sunmak, hizmet sunarken verimlilik ve kaliteyi artırmak, rekabetin ortaya çıkardığı negatif etkilerinden

korunarak rekabet üstünlüğü sağlamak ve dış çevreyi etkileme potansiyelini geliştirmek için diğer sağlık kuruluşları ile işbirliği içerisindedir. Sağlık kurumları ile yapılan bu bütünleşme ve işbirliği entegre sağlık hizmeti veren kurumların oluşmasını sağlamaktadır. Sağlık hizmetlerinde yatay entegrasyon oluşan tüm sağlık sıkıntılarının genel sağlık hizmetleri olarak ifade edilen sistemde yerleşik kurumlar yaratma yolu ile sorunları uzun dönemde ve geniş bir açıdan bakarak çözmeyi amaçlar. Dikey entegrasyon ise belli bir sağlık sorununu çözmek için, özel bir yöntemin ve örgütün kullanılması temeline dayanmaktadır (Kavuncubaşı & Kısa, 2002). Örneğin, bir hastanede hasta potansiyelinin artması ile var olan yatak kapasitesini ve teknik olanakları daha etkili kullanmak amacıyla sağlık ocakları, doktorlar veya hemşirelik bakım merkezleriyle işbirliği yapılmakta ve bu durum sağlık sistemlerinde yatay ve dikey entegrasyonu ortaya çıkarmaktadır.

Sağlık kurumlarında yatay entegrasyon benzer sağlık kurumları arasında yapılan işbirliğini ifade etmektedir. Aynı bölgede bulunan iki ya da daha fazla hastanenin kendi içlerinde karşılıklı olarak iş yapmaya başlaması, yatay entegrasyona örnek verilebilir. Yatay entegrasyon, sağlığın geliştirilmesini ve tedaviyi sağlamak gibi farklı amaçlar için çalışan sağlık personeli vasıtasıyla verilir ve yatay entegrasyonun amacı, rekabetin olumsuz etkilerinden korunmaktır (Etiler, 2016).

Sağlık kurumlarında dikey entegrasyon ise farklı hizmet sunan sağlık kurumları arasında yapılan işbirliğidir. Bir hastanenin pazar payını artırmak amacıyla uzun dönemli bakım merkezi, evde bakım kurumu ya da günü birlik cerrahi hizmet merkezi ile işbirliği yapması veya bu kurumları satın alması durumunda ortaya çıkmaktadır. Dikey entegrasyon sadece doğrudan sağlık hizmeti sunan kurumlar arasında ortaya çıkmamaktadır. Bir hastanenin ilaç firması ya da araştırma merkezi ile işbirliği yapması da dikey entegrasyondur (Mills, 1983). Sağlık alanında dikey birleşme, ileriye doğru dikey birleşme ve geriye doğru dikey birleşme olarak iki türe ayrılır. İleriye doğru dikey entegrasyon sağlık kurumlarının üretim hacmini ve hizmet sunum kanallarını genişletmeye yönelik bir işbirliği yaklaşımını ifade etmektedir. Örneğin bir hastanenin evde bakım kurumu, hemşirelik bakım merkezi veya terminal dönem hasta bakım merkezi ile işbirliği yapması ileriye doğru dikey birleşme olarak nitelendirilir. Geriye doğru dikey birleşme ise bir sağlık kurumunun resmi işlevlerini yürütmek için kullandığı girdileri sağlayan kurumlarla işbirliği

yapmasıdır. Örneğin organ nakli konusunda uzmanlaşan bir hastanenin, organ temin eden kurumlar ile yaptığı işbirliği ya da bir hastanenin özel bir kan bankası ile sözleşme imzalaması, ortaklık kurması ya da kan bankasını satın alması geriye doğru dikey entegrasyondur (Kavuncubaşı & Kısa, 2002).

Yatay ve dikey entegrasyon tıp eğitiminde de oldukça önemli bir yaklaşım olarak kabul görmüştür (Harden, 2000). Çoğu kaynaklar farklı konu alanları arasındaki entegrasyonu dikey entegrasyon, klinik ve klinik öncesi eğitimin birleşimlerini ise yatay birleşme olarak tanımlamaktadır (Brynhildsen vd., 2002). Dikey birleşme tıp eğitimin başlangıç zamanlarından başlayarak klinik bilimlerin ve temel bilimlerin birlikte sunulabilme durumu olarak tanımlanırken, yatay birleşme histoloji, anatomi, iç hastalıkları, farmakoloji ve cerrahi gibi paralel disiplinler arasındaki ilişki olarak tanımlanmaktadır.

1.3.2.6 Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik

Türk Dil Kurumu sözlüğünde gerçek kelimesi “*bir durum, bir nesne veya bir nitelik olarak var olan ve varlığı inkâr edilemeyen bir olgu*” olarak tanımlanırken, gerçeklik, “*gerçek olan, var olan şeylerin tamamını*” ifade etmektedir. Sanal kavramı ise “*gerçekte yeri olmayıp zihinde tasarlanan, mevhum, farazi, tahmini*” olarak tanımlanır. Sanal çevre, sanal dünya, siber uzay ve yapay gerçeklik sanal gerçeklik kavramı yerine kullanılan ifadeler olmakla birlikte bu terimi ilk olarak sanal gerçeklik teknolojisinin gelişmesinde önemli bir yere sahip olan Jaron Lanier tarafından kullanılmaya başlanmıştır (Lanier vd., 1989).

Gelişen teknolojilerle birlikte bilginin bilgisayar yardımıyla işlenmesi ve sunulması için farklı arayışlara girilmesi, farklı kavramların ortaya çıkmasını sağlayarak iletişim için geliştirilen donanımsal ve yazılımsal araç ve gereçlerin görselliğini de dikkate alarak gerçek manada sanal bir ortam oluşturmaya çalışmıştır. Böylece Sanal Gerçeklik (Virtual Reality-VR) kavramı ortaya çıkmış ve bu kavram gerçeğin yeniden inşa edilmesi olarak tanımlanmıştır (Dündar, 2011). Sanal gerçeklik geçmişte, günümüzde ya da gelecekte var olan nesne ya da kişilerin sanal ortamlarda gösterilmesini sağlamak üzere simüle edilmesi için bilgisayarlar yardımıyla üretilen sesler ve görüntüler dizisi olarak tanımlanabilir. Sanal gerçeklik, bilgisayar ortamında oluşturulan 3D resimler ve animasyonların teknolojik araçlar ile

insanlarda gerçek bir ortamda bulunma hissi yaratmasının yanı sıra ortamda bulunan objeler ile de karşılıklı ilişki içinde olmalarını sağlayan teknolojilerdir (Orhan Özen & Karaman, 2011). Bu uygulamalar, kullanıcılarına bilgisayar yardımıyla oluşturulan yapay dünyaya girebilme ve o dünyayı istekleri doğrultusunda yönlendirme fırsatı sunar (Deryakulu, 1999). Sanal gerçeklik teknolojileri, insan-makine etkileşiminin işitsel ve görsel iletimiyle yetinmeyerek aynı zamanda hissetme yoluyla da gerçekliği artırmaya çalışmaktadır. Sanal gerçeklik teknolojisini kullanan bireyler sanal olarak oluşturulan ortamlarda yaparak ya da yaşayarak öğrenmektedir (Kayabaşı, 2005).

Sanal gerçeklik teknolojilerinde etkileşim yalnızca görsel ve işitsel olarak değil doku, koku ve tat gibi başka duyarlar yardımıyla da oluşabilmektedir. Bu hislerin oluşumunu sağlamak için özel olarak tasarlanan eldivenler ile vücudun tamamını kaplayan elbiselerde bulunan algılayıcı ve uyarıcılarla hem sanal gerçeklik donanımını kullanan kişinin yaptığı hareketleri sistemin algılaması sağlanırken hem de sistemden gelen ikazları kullanan kişinin algılaması sağlanmaktadır (Ferhat, 2016).

Literatürde sanal gerçeklik teknolojileri birçok farklı şekilde tanımlanmaktadır. Bu alanda çalışan bir kısım araştırmacı sanal gerçeklik teknolojisini kullanan kişinin uzak bir çevreye daldığı dürbünlü teleskop olarak tanımlarken, bir kısmı da sanal gerçeklik teknolojisini işlevine ve amacına göre değil de kullandıkları ekipmanlara göre ifade etmektedir. Fakat büyük bir kısım sanal gerçeklik teknolojilerini, duyarlı eldivenler ve hazır görüntülerle açıklamaktadır çünkü bunlar kullanılan ilk sanal gerçeklik ekipmanlarıdır.

İşlevselliğine göre sanal gerçeklik teknolojilerini gerçekmiş gibi görünen bir dünya oluşturmak için bilgisayar grafiklerinin kullanıldığı bir simülasyon olarak tanımlayabiliriz. Sanal gerçeklik teknolojileri, birleştirilmiş durağan bir dünyanın ötesinde kullanıcının girdisine göre tepki göstererek bunu gerçek ile karşılaştırıp bilgiyi işleyerek sanal dünyaya uyarlayan teknolojilerdir (Kayabaşı, 2005). İlk dönemlerde eğlence sektörü ve askeri kurumlarda kullanılmaya başlanılan sanal gerçeklik teknolojilerinin sağlık sektöründe de kullanılmaya başlanmasıyla birlikte sağlık alanında cerrahide, sağlık çalışanlarının hastalık ve diğer sağlık sorunlarını teşhis etmesinde, sağlık sektöründeki diğer meslek gruplarının eğitiminde ve araştırmalarında, koruyucu sağlık hizmetlerinde, hastaların rehabilitasyonunda ve

kabiliyetlerinin arttırılması veya iyileştirilmesi gibi birçok alanda kullanılmaya başlandı (Lányi, 2006). Bu alanda yapılan çalışmalar sağlık hizmetleri kalitesini yükseltmekle beraber maliyetlerin azaltılmasını da sağladı (Riva, 2000).

Sağlık hizmetlerinde 1993 yılının başlarında, ruh sağlığı bozukluklarını tedavi etmek için kullanılan sanal gerçeklik teknolojileri ile yükseklik korkusu, asansör korkusu, gök gürültüsü korkusu ve uçma korkusu gibi özel fobileri olan hastalar için sanal ortamda tedavi imkanları sunulmaktadır (Wiederhold, 2006). Sanal gerçeklik uygulamaları doğuştan var olan beyin hasarları, Parkinson hastalığı ve felç gibi hastalıkların tedavisinde kullanılırken ortopedik rehabilitasyonda, denge problemlerinde ve günlük hayattaki aktiviteleri yapmakta sıkıntı çeken sağlığı bozuk kişilerin alıştırmalar yardımıyla bu aktiviteleri yeniden eskisi gibi yapmalarına da katkıda bulunmaktadır. Sanal gerçeklikle insan anatomisi derinlemesine incelenerek doktorların hastalarının ihtiyaçlarını daha iyi anlamalarına yardımcı olmaktadır.

Son zamanlarda geliştirilen farklı uygulamalardan ötürü hasta güvenliği ve hasta bakım hizmetini iyileştirmek için yaygınlaşan sanal gerçeklik teknolojileri cerrahi eğitim için de kullanılmaya başlanmıştır (Gaba, 2004). Bilhassa tıp öğrencilerini eğitirken, verilen teorik bilginin uygulamaya aktarılmasıyla alakalı olarak yaşanan güçlükler sanal gerçeklik uygulamalarıyla aşılabilmektedir. Geliştirilen uygulamaların dikkat çekici ve eğlenceli bir öğretim yöntemi olması öğrencilerin algılama düzeyini artırarak öğrenme aşamasına sürekli katılımını sağlarken motivasyonlarını da arttırmaktadır (Davis, 2019). Bu teknoloji ile öğrenciler kendilerini hastanede gibi hissederek hastaya zarar vermeksizin hastayı tedavi etme, klinik karar verme ve takım çalışması yeteneklerini gösterme şansı elde ederler (Wilford & Doyle, 2006). Ayrıca sanal gerçeklik teknolojileri öğrencilerin kolay bir şekilde damar yolu bulmalarını, temel yaşam desteği sağlamalarını ve vücutta yer alan organların durumunu değerlendirmelerini sağlamak gibi öğrencilerin gerçek hastada somut bir şekilde deneyimleyemeyeceği olayların sanal ortamda uygulanmasına ve aldıkları teorik eğitimi uygulamaya dönüştürmesine katkı sağlayabilmektedir (Simpson, 2003). Bu teknoloji öğrencilerin defalarca deneyerek öğrenmelerini sağladığı için profesyonel olarak cerrahi beceriler edinmelerine de katkıda bulunmaktadır (Székely & Satava, 1999).

Tıbbi araştırmalarda kadavra bulma sıkıntısı yaşandığı için tıp eğitiminde sanal kadavra kullanmak büyük kolaylık ve avantaj sağlamakta ve bilgisayar yardımıyla bir insan vücudunun gerçekçi bir taklidi kullanılarak sürdürölen eğitimin daha yararlı olduğu görölmektedir. Çünkü sağlık çalışanının bir kadavrada kan damarını kesmesi durumunda kan kaybı gibi olumsuzlukları görme imkanı yokken ve kadvralarda yapılan hiçbir işlem tersine çevrilemezken sanal gerçeklik ile yapılan eğitimde ise bir damar kesilince neler yaşanabileceğini görmek ve işlemi geri almak ve yeniden yeni bir strateji ile sürdürmek mümkündür. Bu yüzden tıp eğitimde kullanılmakta olan sanal kadavra teknolojisi, öğrencilerin kadvraya ihtiyaç duymadan cerrahi işlemler yapmasına ve anatomiyi bilmesine bir seçenek olarak düşünölmektedir (Lee & Wong, 2014).

Eğitim ve ders kitaplarında da sanal gerçeklik uygulamalarının kullanılmaya başlanmasıyla bir ameliyat masası etrafını dolduran cerrahi öğrenciler, operasyonu 3D olarak izleyerek ameliyatın nasıl gerçekleştiğini öğrenebilme imkânı elde etmişlerdir. 3600 ve sanal gerçeklik çekimler ile öğrenciler ve doktorlar, farklı cerrahi uygulamaları ve ameliyat süreçlerini görebilme, yeni teknikler paylaşabilme olanağı elde ederken doktorlar ciddi ameliyatlara başlamadan önce sanal gerçeklik yardımıyla ameliyatı gerçekleştirip ameliyatta oluşabilecek aksaklıkları ya da yan etkileri önceden deneyimleyebilmektedir (Bayraktar & Kaleli, 2007). Kısaca sağlık hizmetlerinde tedavi, cerrahi, eğitim ve rehabilitasyon gibi alanlarda kullanılan sanal gerçeklik teknolojileri, gün geçtikçe gelişen teknolojilerle birlikte hastalara ve sağlık çalışanlarına işlerini yapmada rahatlık sağlayacaktır (Demirci, 2018b).

Sanal gerçeklik kavramının bir türevi de artırılmış gerçeklik kavramı olarak gösterilebilir. Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality-AR) kavramı ilk olarak 1990 yılının başlarında David Mizell ve Tom Caudell tarafından kullanıldığı söylenmektedir. Artırılmış gerçeklik uygulamaları ise Mort Heiling 1950’li yıllarının sonlarına doğru Sensorama simölatörünü icat etmesiyle ortaya çıkmıştır (Bimber & Raskar, 2005). 2000 yıllarında Nokia, mobil artırılmış gerçeklik uygulaması projesini başlatmış, Bruce Thomas ve arkadaşları ise artırılmış gerçeklik oyunu olan Quake geliştirmişlerdir (Kipper & Rampolla, 2013). 2013’te ise Google’un geliştirdiği ve Goggle Glass ismiyle bilinen gözlükler sanal dünyayla gerçek dünyayı bütönlöştirmiştir (Uğur & Apaydın, 2014)

Artırılmış Gerçeklik gerçek dünyadaki çevreden elde edilen görüntü, ses ya da grafik verilerinin bilgisayar ile çoğaltılarak duyuşal girdi yardımıyla artırılıp canlandırılan öğelerin fiziksel dünya ile birleştirilmesi sonucunda oluşturulan algı ortamının canlı, doğrudan veya dolaylı görünümüdür (Graham vd., 2014). Türkçe’de artırılmış, genişletilmiş veya zenginleştirilmiş gerçeklik ifadeleriyle tanımlanan kavram basitçe gerçekliğin bilgisayar ile değiştirilerek artırılmasıdır (EBSO, 2015).

Azuma’ya göre artırılmış gerçeklik *“sanal gerçekliğin bir türevidir ve gerçek dünya ile sanal karakter ve unsurların birleştiği, gerçek ve sanal nesnelere arasında eş zamanlı etkileşimin sağlandığı bir teknolojidir.”* Azuma (1997) Artırılmış gerçeklik uygulamalarının gerçek ve sanalın gerçek koşullarda birleştirilmesi, gerçek zamanlı etkileşimin sağlanması ve 3 boyutlu ortamlarda bu öğelerin konumlandırılması olmak üzere üç adet karakteristik özelliğe sahip olduğunu belirtmiştir. Yani artırılmış gerçeklik dijital objelerin herhangi bir zamanda genellikle kare kodlar kullanılarak gerçek objelere dönüşmesi olarak düşünülebilir ve artırılmış gerçeklik gerçekliğin sil baştan oluşturulduğu ortamlardan ziyade var olan gerçekliğin desteklendiği ortamlardır (Erbaş & Demirer, 2014).

Artırılmış gerçeklik, bilgisayar tarafından üretilen sanal objelerle gerçek yaşamın kombinasyonunu içermektedir (Cirulis & Brigmanis, 2013). Başka bir deyişle artırılmış gerçeklik kullanıcıların gerçek dünya ve gerçek dünyadaki sanal nesnelere etkileşime girdiği bir sanal gerçeklik uygulamasıdır (Zhu vd., 2004).

Artırılmış gerçeklik, normal şartlarda insanların duyuları ve öngöruları tarafından anlaşılır olmayan bilgileri elde ederek, gerçekliğin güçlendirilip desteklenmesini sağlamaktadır (Azuma, 1999). Artırılmış gerçeklik teknolojisi, sanal nesnelere veya bilgi ipuçlarının gerçek dünyaya yerleştirilmesiyle kullanıcının algısını iyileştirmektedir.

Artırılmış gerçeklik uygulamaları, teknolojik olarak optik temelli sistemler ve video temelli sistemler olmak üzere iki ana kategoride incelenmektedir (Azuma, 1997). Optik temelli teknolojiler, kullanan kişinin başına taktığı kask veya gözlük şeklindeki cihazlar ile gerçek dünyayı sanal dünyayla beraber görmesini sağlamaktadır. Optik temelli sistemlerde kullanılan saydam lenslerden meydana gelen gözlükler, kullanan kişinin gerçek dünyayı gözlemlemesine ve optik lenslerden oluşan yarı geçirgen görüntüler ile sanal dünyada ki verilerin de kullanıcıya

aktarılmasını sağlamaktadır. Örnek olarak bir tıp öğrencisinin gözlük yardımıyla iskelete baktığında iskeletteki organların isimleri, işlevleri ve özellikleri gibi bilgileri yapının üzerinde görebilmesini verebiliriz.

Video temelli teknolojilerde, gerçek dünyanın görüntüsünün sanal dünyaya aktarılması için video kameraları kullanılır. Gerçek dünyada ki görüntüleri içinde bulunduran bu kameralardaki videolar ile sanal dünyada hazırlanan görseller, bilgisayar yardımıyla birleştirilir. Böylelikle video temelli sistemleri kullanan kişiler bilgisayara baktığında, gerçek dünya ile sanal dünyayı bütünleştiren sanal bir sahne ile karşı karşıya kalır. Örnek olarak ise kafatasıyla ilgili bir görselin barkodunun telefonun video kamerasına okutulmasıyla, kağıt üzerinde gerçekte var olmayan üç boyutlu bir kafatasının telefonun ekranında görüntülenebilmesini verebiliriz (Somyürek, 2014).

Optik temelli teknolojiler ile video temelli teknolojiler arasındaki en büyük fark sanal ve gerçek dünyanın birleştirilmesi ile elde edilen sahnenin oluşturulduğu yerden kaynaklanmaktadır. Optik temelli teknolojide bütünleştirilen sahne gözlük yardımıyla gerçek dünyaya yansıtılırken, video temelli teknolojilerde bütünleştirilen sahne bilgisayar, telefon ve tablet ile yansıtılmaktadır.

Artırılmış gerçeklik uygulamaları başlangıçta savunma sanayi, tıp ve endüstri alanlarında kullanılmaya başlanmıştır (Caudell & Mizell, 2003). Zaman içinde teknolojinin ucuzlaması ile mobil telefon, bilgisayar ve tablet gibi birçok cihazın yaygınlaşması artırılmış gerçeklik uygulamalarının sanat, turizm, oyun, eğitim, mimari, mühendislik ve ticaret gibi çeşitli birçok alanda kullanılmasını sağlamıştır (Nee vd., 2012).

Tıpta 1960 ve 1990 yılları arasında artırılmış gerçeklik uygulamaları yapılmış olsa da, artırılmış gerçeklik terimi 1990'lardan sonra kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde artırılmış gerçeklik, tedavi süreçlerinde hekimlere ve cerrahlara Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI) ve Bilgisayarlı Tomografi (CT) gibi görüntüleme yolları aracılığıyla artırılmış bilgi sağlamaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisi, sağlıkta hastanın doku altının görülmesini ve damarların yeniden birleştirilmesini mümkün hale getirebilmektedir. Bu yüzden artırılmış gerçeklik teknolojileri yalnızca göze değil, bütün duyu organlarına da hitap etmektedir (Azuma, 1997: 374).

Dunleavy, Dede & Mitchell, (2009) artırılmış gerçeklik uygulamalarının her zaman ve her yerde kullanıma hazır olan bir ortam yaratmasının en önemli özelliklerinden biri olduğunun düşünmektedir. Örneğin artırılmış gerçeklik ile birbirleriyle gerçekte aynı ortamda olmayan doktorlar sanal konferans yardımıyla aynı ortamdaymış gibi tartışma ve fikir alış verişi yapabilir, dokunmatik ekranlar ile ortak görselleştirmelerin kullanıldığı toplantılar sağlanabilir.

Sağlıkta artırılmış gerçeklik uygulamalarına Boston'da bulunan Beth Israel Deaconness Tıp Merkezi doktorlarının 2013 yılından beri hasta kayıtlarına ulaşmak için Google Class gözlüklerini kullanarak tıp merkezindeki hasta odalarının kapılarında veya duvarlarında bulunan QR (Quick Response) kodları örnek olarak verilebilir. Bu kodlar sayesinde doktorlar odaya girdiğinde ilgili hasta kayıtları ve bilgiler Google Class sayesinde taranarak gözlük camına yansımakta ve doktorlar hastayla ilgili bilgilere gözlük yardımıyla ulaşabilmektedir. Google Class yardımıyla sağlık sistemleri ve doktorlar için teknoloji tabanlı dokümantasyon hizmeti sunan Augmedix ile doktorlar hasta vizitesini yaparken bilgisayarlarını kontrol etme durumunda kalmayarak tıbbi bilgilere anında Google Class gözlük ekranından ulaşabilmektedir. Bu hizmet ile sağlık çalışanları üzerindeki yönetim yükü hafifletmekte ve daha fazla hastanın tedavisine olanak sağlanmaktadır (Mesko, 2017).

Artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik kavramları günümüzde birbirleriyle karıştırılan teknolojik terimlerdir. Sanal gerçeklik uygulamaları artırılmış gerçeklikle aynı temel unsurlara, sahip olmalarına rağmen birbirlerinden farklı olan özellikleri de bulunmaktadır (Sin & Zaman, 2010). Sanal gerçekliğin temel amacı, gerçek dünyanın model olarak alındığı 3D ve etkileşimli sanal ortamlar oluşturmaktır. Artırılmış gerçeklik ise gerçek dünyanın gerçek zamanlı ve etkileşimli olarak bilgisayar ortamında geliştirilen sanal veriler ile zenginleştirilmesini amaçlamaktadır.

Artırılmış gerçeklik gerçek zeminde sanal objeler kullanır. Sanal gerçeklik bu ortamı sanal objelerle oluşturur. Sanal gerçeklik tamamen bir yazılım ile oluşturulur ve sanal ortamda deneyim sağlamak amaçlıdır. Sanal gerçeklik kaskı veya gözlüğüyle kendisini 3D ortamda hisseden birey bu deneyim ile daha kaliteli ve etkin bir öğrenme süreci yaşar ve ortam, bilgisayarlar tarafından oluşturulur. Artırılmış gerçeklikte ise fiziksel bir ortamda sanal objeler yardımıyla oluşturulan yeni ortam ile deneyim yaşatılır (Aslan, 2017). Bu şekilde dijital veya bilgisayar ortamlarından

elde edilen ses, görüntü, video ve grafik içerikleri ile desteklenen bilgilerden gerçek zamanlı yeni bir görüntü ve ortam elde edilir (Kipper & Rampolla, 2013). Diğer bir ifadeyle, sanal gerçeklik kavramı gerçeği olduğu gibi sanal dünyaya aktarmayı amaçlarken, artırılmış gerçeklik kavramı sanal görüntüler ile gerçek dünyayı zenginleştirmeye çalışmaktadır (Somyürek, 2014: 67).

Artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojilerinde yaşanan son gelişmeler ışığında, etkileşimde ve görselleştirmede doğruluk düzeyini artıran, daha gerçekçi ve hastaya özgü sonuçlar veren sistemler doğmaya başlamıştır (Rahman vd., 2013). Günümüzde tıbbi görüntüleme teknolojilerinde, gerçek zamanlı bilginin görsel olarak edinilmesine odaklanılmış bu durum neticesinde ise gerçek zamanlı veri yüksek düzeyde erişim, teşhis ve tedaviyi daha hızlı ve güvenilir hale getirmiştir. Özellikle bir ameliyat esnasında, iki veya üç boyutlu yapılandırılmış görüntüler gerçek zamanlı erişim için kritik öneme sahip olabilmektedir (Vávra vd., 2017).

Sağlık hizmetleri alanında sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri özellikle eğitim ve tanı alanında kullanılmaktadır. Bu teknolojilerle birlikte sağlık çalışanları zorlu görevleri daha kısa sürede gerçekleştirebilecek, yüksek doğrulukta teşhisler koyabilecek ve her zamankinden daha yüksek güven düzeyinde tedavi planları geliştirebileceklerdir (Steinbach, 2017).

1.3.2.7 Akıllı Robotlar

Robotik Sistemlerinin tarihsel gelişimini gösteren başlangıç çalışmalarına 1100 yıllarında yaşayan El-Cezeri'nin gerçekleştirdiği robotik uygulamalar örnek olarak verilebilir. Ancak günümüzde kullanılan anlamıyla robot sözcüğü ilk defa 1920'de yazılan "Rossum's Universal Robots" isimli oyunda kullanılmıştır. Daha sonra ise 1940 yıllarında otomatik kontrol sistemleriyle çalışan boya makinesi kullanılmış ve daha çok endüstriyel robotların çeşitli türleri geliştirilmiştir.

Robotlar ilk zamanlar önceden belirlenen görevleri yerine getiren elektromanyetik cihazlar olarak tanımlanmıştır. Zamanla gelişen teknolojiler sonucu ortaya çıkan akıllı robot kavramı ise gömülü halde içerdiği teknolojik donanım ve yazılım yardımıyla yapay zeka uygulamalarını gerçekleştirerek, karar seçenekleri ortaya çıkaran ve bunların içinden en iyisinin seçilmesini sağlayan, bağlantı içinde olduğu

çevreden veri elde edebilen, diğer akıllı ve bağlantılı nesnelere ile iletişim kurabilen makinelerdir (Banger, 2016). Karar verme yetisi eskisi gibi dar çerçeveli yerel otomasyona bağlı olmamakla birlikte nesnelere internet vasıtasıyla elde edilen bilgiler ışığında daha rasyonel kararlar verebilmektedir (Banger, 2018). Akıllı robotlar, otomatik olarak iş yapma özelliği bulunan robotlardan ziyade, belirli bir zeka seviyesi olan robotik sistemlerdir. Bu akıllı robotlar, bir uzman kontrolüyle çalışabildikleri gibi bir bilgisayar programı aracılığıyla da çalışabilmektedir. Akıllı robot kavramı yerine otonom robot, öğrenen makine veya akıllı makine gibi terimler de kullanılmakta günümüz literatüründe ise robotik veya mekatronik olarak isimlendirilmektedir (Eldem, 2017).

İnsanların devamlı kendilerine destek olacak aygıtlar geliştirmeye çalışmaları sonucunda bitkilere, hayvanlara ve özellikle kendilerine benzer robotik cihazlar geliştirme istekleriyle ortaya çıkmıştır. Farklı tarihi dönemlerde mekanik olarak çalışan robot denemeleri yapılmış olsa da temel gelişmeler 20'inci yüzyıl ile başlamıştır. 1900'lü yılların başlarında robotlar dokuma tezgâhlarında yardımcı iş makineleri olarak kullanılmasıyla yaşantımıza girmiş olmakla birlikte temel olarak hedeflenen insanların yaptığı işi yapabilen robotların geliştirilmesini sağlamak olmuş ve General Motors bu yaklaşıma sahip robotları ilk olarak otomotiv sanayisinin montaj hattı için geliştirmiştir. Bu da maliyeti daha düşük olan, daha hızlı, hata oranı az ve seri üretimlerin yapıldığı üretim hatlarının gelişmesine katkıda bulunmuştur (Acar, 2007). Daha sonra ise teknoloji ve yazılım dünyasında yapılan devasa atılımlar yapay zekâyâ dayalı doğada ve insanda bulunması gereken özellikleri kendisinde bulunduran robotik uygulamaların hızla gelişmesini sağlamıştır (Çayırpunar, 2009). Robotik sistemlerin gelişmesiyle birlikte 1956 yılında, John McCarthy yapay zekâyâ zeki makinelerin yapılmasının mümkün olacağını ortaya atmıştır. 1966 yılında geliştirilen, etrafındakileri algılayabilen ve algılamalar doğrultusunda karar vererek hareket edebilen SHAKY isimli mobil robot yapay zekâyâ çalışan zeki makinelere örnek olarak gösterilebilir (Yazıcı, 2016).

Akıllı robotlar daha önceki türlerinden verimlilik, güvenlik, esneklik ve bağlantılılık yönleriyle ayrılmaktadır. Akıllı robotlar gömülü olarak buldukları yazılım ve donanım olanaklarıyla yapay zekâ görevlerinin bir kısmını yerine getirme yeteneğine sahiptir. Genellikle operasyonel seviyede olmak üzere bazı karar

seçenekleri oluşturarak yöneticinin müdahalesine gerek duymadan karar vererek uygulayabilir. Diğer yandan bir cihazın akıllı makine olarak tanımlanmasının dayanaklarından bir diğeri ise iletişim kurabilme yeteneğidir (Banger, 2016). Çünkü akıllı robotlar üretim içerisinde yer alan bütün unsurların otonom halde bulunduğu ve birbirleriyle iletişim kurarak fonksiyonları yerine getirdiği sistemlerdir.

Akıllı robotlarla birlikte Sanayi 4.0'ın temel felsefesi olan üretim sürecinde insan kullanımının en aza indirilmesi, sensörler, otomasyon ve iyileştirilmiş süreçlerden oluşan bir üretim aşaması oluşturma düşüncesi hayata geçirilmiş olacaktır. Verimliliği artırarak, esnek üretim oluşmasına katkıda bulunan akıllı robotlar, şirketlerin karlılık düzeyini ve pazar gücünü artırıp, sistem entegrasyonu ile maliyet üstünlüğü sağlanmasını, süreçlerin izlenebilir olmasını, müşteriye ve ihtiyaca özel üretim yapılmasını sağlamaktadır (zsoylu, 2017). Sanayi 4.0 süreci 3 boyutlu yazıcılar, yapay zeka ve uzay teknolojisi gibi alanlarda yaşanan gelişmeler sonucunda oluşan ve bunların nesnelerin internet vasıtasıyla birbirleri ile iletişim kurabileceği akıllı robotlar oluşturma sürecini ifade eden teknolojileri içermektedir (EKOIQ, 2014: 4). Akıllı robot teknolojileri, teknoloji seviyeleri ve yaygınlıkları açısından incelendiğinde üretimden dağıtıma kadar bütün süreçlerde yaygın olarak kullanılacaktır (Yazıcı, 2016). Öyle ki sağlık, ulaşım, eğitim, gibi sektörlerde akıllı robotların kullanımı ilerleyen zamanlarda artış gösterecektir.

Tarihsel gelişimi açısından bakıldığında robotlar eklem tarzlarına, kontrol yöntemlerine, kullanıldığı alanlara, çalışma standartları ile işlevsellik özelliklerine göre endüstriyel robotlar ve mobil robotlar olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Mobil robotlar genellikle ebatlarına, sayılarına, çalışma prensiplerine ve uygulama alanlarına göre çoklu robotlar, mikro nano robotlar, sr robotlar, insansı robotlar, biyolojik robotlar duyargalar ve işbirlikçi robotlar şeklinde sınıflandırılır. Endüstriyel robotlar ise ISO 8373 tarafından “* veya daha fazla programlanabilir eksen olan, otomatik kontrollü, çok amaçlı, bir yerde sabit duran veya tekerlekleri olan endüstriyel uygulamalarda kullanılan maniplatr*” olarak ifade edilirken eklem sayılarına, işlevlerine, boyutlarına, hassasiyetine, kullandığı enerjiye ve fonksiyonel yeteneklerine göre çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır (Grgze & Türkoğlu, 2019).

Robotlar yapılan işlerde daha verimli ve geleceğe yönelik sonuçlar elde edecek şekilde tedarik zincirlerini rasyonelleştirmektedirler (Schwab, 2017). Kendisi için belirlenen işi yapmak için programlanan endüstriyel robotlar, otomatik üretim sistemlerindeki gelişmeleri epeyce yükseltmişlerdir (Şabanoviç & Yannier, 2003). Günümüze bakıldığında akıllı robotlar bilgi ve iletişim teknolojilerinin bir alt alanı olarak anılmaya başlanmış ve sağlık sektöründe ameliyat ve hastaya refakat etmeden, üretim sistemleri ve ulaşım sektörüne kadar birçok alanda kullanılmıştır. Akıllı robot sisteminde özellikle kuş, balık, arı, karınca gibi küçük canlılara odaklanılmış ve küçük boyutlardaki canlıların aynı davranışlarını gösterebilecekleri biyolojik robotlar geliştirilmiştir (Oh vd., 2017). Özellikle insan ve hayvan vücudundaki bir takım durum ve olayların tespit edilmesi amacı ile mikro-nano robot çalışmaları ve ortam bilgisini doğadaki canlılar gibi alabilen duyurga robot çalışmaları yapılmıştır.

Sağlık alanında ise robotlar 1985 yılından itibaren hayatımıza giren bir kavram olmasına rağmen son zamanlarda yapay zeka uygulamaları ile çalışan robotik cerrahi uygulamaları her kesimin ilgisini çeken bir konu olmuş ve robotlar otomatik çalışan sistemler olmayıp bir cerrah kontrolünde çalışan sistemlerden oluşmuştur (Davies, 2000). Cerrahi olarak ilk robot otuz yıl önce beyin biyopsisinde iğne konumlandırmak için kullanılan Westinghouse Electric'in geliştirdiği PUMA 560'dır (Kwoh vd., 1988). Tıp alanında önemli bir yere sahip olan Da Vinci robotik cerrahi sistemi ise Intuitive Surgical tarafından 1999 yılında üretilerek üroloji, kulak burun boğaz, genel cerrahi gibi pek çok alanda çeşitli ameliyatlarda kullanılmıştır. Da Vinci robotik cerrahi sisteminin ilk modeli cerrah konsolu, görüntü konsolu ve hasta ünitesi olmak üzere üç koldan oluşurken daha sonraki modellerinde ise dört kol yer almaktadır. 2011 yılında geliştirilen SOCRATES sistemi ise bir cerrahın aynı ortam içinde bulunmadığı diğer bir cerrahın robot kolunu kontrol etmesine, ameliyatları gerçek zamanlı olarak görüntülemesine ve ameliyat sırasındaki ses iletişimini sağlamasına izin veren bir tele-iletişim sistemidir.

Robotlarla sanal gerçeklik ve yapay zeka gibi teknolojiler harmanlanarak yeni tarz ameliyathanelerin oluşturulması amaçlanmaktadır. Beyin dalgalarının robotlar yardımıyla uzaktan kontrolünü sağlayarak yapılan ameliyatlarda gelecek beklentileri arasında yer almaktadır. Geleceğin ameliyathaneleri, doktorların, birçok akıllı robot asistan ile birlikte çalıştığı, bir hastanın vücut dokularını simülasyon yardımıyla

görebildikleri ve cerrahi robotları kontrol edebildikleri ortamlardan oluşacaktır. Birçok araştırma merkezi sağlık alanında büyük bir öneme sahip olan vücut içinde kendi başına dolaşabilen küçük cerrahi robotlar geliştirmeye başlamıştır. İnsan vücuduna küçük bir delik yardımıyla girebilen ve insan elinin ya da geleneksel aletlerin ulaşamadığı yere ulaşabilen küçük cerrahi robotlar yenilikçi tasarımlar arasındadır.

Sağlık alanında robot kullanılmasındaki en önemli amaç, hassasiyet gerektiren insan kaynaklı hataları en aza indirebilmektir. Kısa süre içerisinde robotlar hastanın nabzını ölçerek, fotoğraf çekerek, hayati belirtilerini tarayarak, hastaya ait epikrizi okuyarak ve sonrasında da hastayı tedavi edecek duruma gelerek kısa süre içerisinde tıbbi personelin yardımcısı olacaktır. Sonuç olarak, tıbbi ortamda çeşitli rollerde hizmet vermek için hastayı tedavi etmede uzmanlaşmış robotlar, cerrahi robotlar ve rehabilitasyon robotları gibi çok çeşitli robotlar geliştirilmektedir. Örneğin pandemi süreciyle birlikte geliştirilen Guangzhou Gosuncn Robotics, nesnelere interneti, yapay zeka, bulut bilişim ve büyük veri teknolojileri entegre edilerek üretilen 5G devriye robotları, çevresel ve davranışsal algılama, dinamik karar verme, otonom hareket kontrolü ile vücut sıcaklığının temassız ve güvenilir bir şekilde ölçülmesini sağlayarak metro ve tren istasyonları, havaalanları ve alışveriş merkezleri gibi insan yoğunluğunun ve hareket kabiliyetinin yüksek olduğu noktalarda kullanılmaktadır. Bu robotlar vatandaşlara ellerini yıkamaları gerektiğini hatırlatarak maske takmayan veya yüksek vücut sıcaklığına sahip birini keşfederse de yetkililere uyarı gönderme yetisine sahiptir.

1.3.2.8 Üç Boyutlu (3D) Yazıcılar

Üç boyutlu yazıcı sanal ortamda tasarlanmış bir üç boyutlu nesnenin katı şekilde basılması işlemlerinden oluşmakla birlikte bilgisayar ortamında saklanan verinin fiziksel olarak gerçek nesnelere dönüştürülmesi işlemini gerçekleştiren cihazlara verilen isimdir (Gilpin, 2014). Günümüzde farklı teknolojiler yardımıyla farklı türlerde baskı yapabilen üç boyutlu yazıcılar geliştirilmiştir. Temel çalışma standarttı ise bilgisayarda oluşturulan 3D bir nesnenin sanal katmanlarına bölünmesine ve her katmanına eritilen hammaddenin dökülerek üst üste gelecek biçimde basılmasına dayanır (Berman, 2012).

Üç boyutlu yazıcılara yönelik yapılan çalışmaların yeni olduğu düşünülse de üç boyutlu yazıcıların tarihsel süreci araştırıldığında yapılan çalışmaların 1970’li yıllara kadar uzandığı görülmüştür (Schubert vd., 2014). Bugün Üç Boyutlu Yazıcı (Three Dimensional Printing-3D) olarak tanımlanan teknoloji aslında 1970’li yıllarda hızlı prototipleme ile tasarımların ilk örneklerini yapmayı hedeflemiştir. 1980’li yılların ilk zamanlarından beri numune yerine gerçek parça imalatı konuşulmaya başlanmış ve patentlerin alınmasıyla, bu teknolojinin ticarileştirilmesi sağlanarak ilk defa bir katı maddenin yazdırılması işlemi 1982 yılında Hideo Kodlama tarafından yapılmıştır. Charles Hull 1984 yılında, Stereolithography (SLA) yöntemi kullandığı 3D yazıcının patent başvurusunu yapmış ve başvurunun iki yıl sonra kabul edilmesiyle 3D Systems Corporation şirketini kurmuştur. Bu gelişmeler ışığında 1988 yılında Scott Crump, Fused Deposition Modelling (FDM) teknolojisini kullanarak adından sıklıkla bahsedilen Stratays şirketini kurmuş ve on yılda belli başlı özellikleri içinde barındıran 3D baskı sisteminin ortaya çıkarılmasına katkıda bulunmuştur. 3D yazıcıların pazara girmesi ise 1995 yılında gerçekleşmiştir. 1990’lı yıllarda metal ve seramikten fonksiyonel parçaların üretilmeye başlanmasıyla bu yöntem “Eklemeli Üretim (Additive Manufacturing)” olarak tanımlanmaya başlanmıştır (Roşker & Shellabear, 2004).

Eklemeli üretim yöntemi geleneksel üretim yönteminin tam tersi şeklinde çalışmakta ve kat kat üretilen ürün birbiri üzerine eklenerek oluşmaktadır. Geleneksel üretim yöntemlerinde ise eksiltmeli üretim tekniği kullanılarak oyma, çıkarma veya kesmeye dayalı bir yöntem kullanılmaktadır. Eklemeli imalat, üç boyutlu geometrik verilerin sıvı, köpük, toz gibi farklı malzemeleri çeşitli biçimlerde, katmanlar halinde tabaka tabaka yığarak, katılaştırılmasıyla elde edilmesi planlanan karmaşık geometrik şekillere sahip fiziksel parçaların bir biri ardına gelecek şekilde üst üste eklenmesi ile hızlıca gerçekleştiren bir imalat tekniğidir (Çelik vd., 2013).

2006 yılında ise Regrap (kendin yap, kendin geliştir) adıyla ilk açık kaynak kodlarına sahip yazıcılar piyasaya çıkmış, çoğu sıradan kullanıcı ve hobi sever bu cihazları kullanmaya başlamış (Turan & Şahin, 2018) ve açık kodların kullanılmaya başlaması üç boyutlu yazıcıların gelişimine katkı sağlamıştır (Sönmez vd., 2018). Regrap projesi sayesinde bilgisayar destekli tasarım ile hazırlanan ürün modeli saatler hatta dakikalar içerisinde tasarlanarak karmaşık yüzey geometrisine sahip

olan nesnelere dahi kolayca istenilen nesne haline dönüştürülebilmektedir (Lipson & Kurman, 2013).

3D yazıcılar farklı malzeme ve yöntem kombinasyonları kullanılarak tıptan bilişim teknolojilerine, genetikten sanayiye, gıdadan uzay ve savunma sanayisine kadar oldukça büyük bir alanı içine alırken bilhassa sağlık sektöründe yaşanan uygulamalar dahilinde baskı durumu da değişiklik göstermektedir. Bir ürünün 3D yazıcıda üretilmesi için ilk olarak ürünün 3D görüntüsünün CAD (Computer Assisted Design-Bilgisayar Destekli Tasarım) adı verilen 3D çizim yazılımlarıyla çizilmesi ya da radyolojik görüntüleri görüntüleme programlarından Volume Rendering adı verilen işlem ile 3D halinin oluşturulması gerekmektedir. Daha sonra ise 3D yazıcıya gönderilen veriler yazıcı tarafından basılır. Baskı için plastik, metal, polimer, alçı, seramik, reçine ve deney aşamasındaki çalışmalar dahilinde insan dokusu gibi bir çok malzeme sıvı, katı ya da toz olarak kullanılmakta, malzeme yerleştirildikten sonra yazdır tuşuna basılarak lazer ünitesi istenilen ürünü aşağıdan yukarıya doğru tabaka tabaka işleyip kısa sürede hazır hale getirmektedir (Özsoylu, 2017). Yapılması istenilen tasarımın sanal ortamda oluşturulması çeşitli CAD programları ile mümkünken, 3D tarayıcılar vasıtasıyla var olan bir nesne de sanal ortama taranarak aktarılabilmektedir (EBSO, 2015). Bilim ve teknolojide önemli gelişmelerin yaşanmasını sağlayan 3D yazıcılar düşük ücret, esneklik ve sıfır stoklu üretim sistemlerini desteklemesiyle Sanayi 4.0 için önemli olan teknolojiler içerisinde yer almaktadır (Montes, 2016).

3D yazıcılar, bilgisayar destekli tasarım programlarından oluşturulmuş 3D modellerden gerçek dünya için 3D katı nesnelere üretme sürecini kapsamaktadır (Kruth vd., 1998). 3D yazıcılarla üretilen objelerin endüstriyel boyutta kullanılmasına ise “Katmanlı Üretim” adı verilir. Aynı 3D yazıcılar ve katmanlı üretim gibi, “Hızlı Prototipleme” de bu yeni üretim teknolojilerinden bahsederken kullanılan bir diğer terim olmakla birlikte 3D bilgisayar modellerinin, gerçek hayattaki nesnelere dönüştürülmesinde kullanılan yöntemlerin genel ismidir (Özkol, 2009).

Çok geniş kullanım alanına sahip olan 3D yazıcılar zamandan ve maliyetten kazanç sağlanmasına katkıda bulunur. Başlangıçtaki yatırım maliyeti düşük olmakla birlikte ürün fiyatı üretimden önce hesaplanabilir. Dönüştürülebilir malzeme tercih

edildiği için çevre dostudur ve kullanılan malzemeden minimum fire verilmesi esasına dayanır (Işıktaş, 2018). 3D teknolojisinin olumsuz yönleri ise şu şekilde özetlenir; ücretlerinden dolayı bireysel kullanımda yaygınlaşmamıştır. Hammaddenin kısıtlı olması sonucunda renk ve doku seçenekleri sınırlanmıştır. İzinsiz çoğaltma işlemlerinin artması ile kötü amaçlı kullanıma (silah, tüfek vb.) yol açabilmektedir (Berman, 2012; Yıldırım vd., 2018).

3D yazdırma teknolojileri; 3D yazıcılar, 3D modelleme yazılımları, 3D mürekkep ve 3D tarayıcılar şeklinde ifade edilen pek çok kavram ile karşımıza çıkmaktadır. 3D yazıcılar modellenen nesnelere fiziksel nesnelere elde edebilmek için 3D modelleme yazılımlarına ihtiyaç duymakta ve bilgisayar destekli programlardan yararlanmaktadır (Palousek vd., 2014). 3D baskı teknolojilerinin en yaygın kullanımı tıp alanında gerçekleşmiş ve tıp alanında açık ameliyatların yapılmasından eğitimde yüksek teknoloji simülasyonlarının kullanılmaya başlanılmasına kadar pek çok ilerlemeler yaşanmıştır (Buckley & Gordon, 2011). Gelişen teknolojilerle 2B yazıcılarda elde edilemeyen dokunsal özelliklerin 3D yazıcılar yardımıyla ürünlere aktarılabilmesi ile 3D baskı materyali üretimi sağlık sektöründe özellikle tıp eğitiminde görselleştirmede yaygın olarak kullanılmıştır (Malik vd., 2015). 3D yazıcıların sağlık sektöründe yaygın olarak kullanıldıkları diğer alanlar ise eğitim ve simülasyon alanları olmuş ve sağlık alanında yaşanan teknolojik ilerlemelere önem verilerek her çeşit uygulama sağlık alanına uyarlanmaya çalışılmıştır (Arslan vd., 2018). Böylece 3D yazıcılar tarafından tıp alanına ait birçok ürün üretilmesiyle sağlık sektörüne giriş yapılmıştır.

Gelişen teknolojilerle beraber sağlık sektöründe tanı ve teşhis için kullanılan görüntüleme cihazları farklı alanlarda ki teknolojiler ve ekipmanlarla bütünleştirilebilmektedir (Çelebi vd., 2017). Sağlık sektöründe farklı tekniklerle çalışan 3D yazıcılardan yararlanılmakta ve bu yazıcılarla daha çok protez ve ortez üretimi ile ilgili çalışmasının yanında doku ve organ üretimi yapmak için de biyoyazıcılardan faydalanılmaktadır (Aydın vd., 2015). 3D yazıcılarla hastanın kendi dijital görüntüsünü kullanarak kısa sürede, kişiye özel, ucuz protez ve implant üretebilmesinin sağlanması dişçilik, ortopedi, plastik cerrahi, nöroşirurji, kalp ve göğüs cerrahisi gibi birçok alanda kullanılmasına katkı sağlayarak önemli bir avantaj sağlamıştır. Trakeobronkomalazili çocuklarda hızlı prototiplemeyle üretilen stent

uygulaması (Morrison vd., 2015), tümör, travma veya cerrahi sonrası oluşan kemik yaralanmalarının mürekkep püskürtmeli üç boyutlu yazıcıyla üretilen artifisyel kemikle onarılması (Saijo vd., 2009), 3D yazıcılarla hastaya özel üretilen sentetik kalp kapakçıklarının kapak replasmanında kullanılması (Lueders vd., 2014) bu teknolojiye verilecek örneklerdir.

3D yazıcılar sağlık hizmetlerinde BT (Bilgisayarlı Tomografi) ve MR (Manyetik Rezonans) gibi tıbbi görüntüleme cihazları aracılığıyla elde edilen dijital görüntülerin 3D modellemelerini geliştirerek fiziki materyallere dönüştürülmesini sağlamaktadır. Sağlık hizmetlerinde 3D yazıcılar, implantlar ve protezlerin oluşturulmasında, tıbbi modellemeler ve tıbbi cihazların geliştirilmesinde, doku ve organ baskısı gibi çalışmalarda kullanılmaktadır (Dodziuk, 2016). Bu yazıcılar ile canlı doku ve yapay organ, kişiye özel tıbbi ve cerrahi cihaz üretimi, bacak, kol, yüz gibi organ protezleri üretiminin yanı sıra, diş alanında dental implant üretimi, ortopedik implantlar ve diş hizalayıcıları çoğunlukla kullanılan uygulamalar arasındadır (Wohlers Report, 2013). Örneğin, Dr. Peckitt üst çene kemiğinden kesit parça alma ve yeniden yapılandırma operasyonunu standart implantların kullanılmasıyla 13 saatte gerçekleştirirken, eklemli imalat yöntemiyle kişiye özel implant üreterek aynı operasyonu 2,5 saatte gerçekleştirmiştir (Lohfeld vd., 2007).

Sağlık hizmetlerinde birçok kullanım alanı bulunan 3D yazıcılar yardımıyla birçok organ ve doku oluşturulmaktadır. Duyma problemi yaşayan bireyler için kulak tasarlanması, 3D tarayıcılar yardımıyla kemiklerin kopyalanması, diş hekimlerinin kullanımı için köprü, dolgu ve protezlerin oluşturulması, hamile kadınlar için fetüsün 3D şeklinin gösterilmesi, hastaların organ nakli beklemesi yerine kendileri için uygun organın oluşturulmasının sağlanması, uzuvlarını kaybeden bireyler için yapay uzuvların geliştirilmesi, bireye özel ilaç geliştirilmesi, çenesi kırılan bireyler için yeni çene geliştirilmesinde kullanılmaktadır (Kaur, 2012).

Bunlara ek olarak ise yumuşak doku üretimi, hücre baskısı, cerrahi enstrüman üretimi, biyomedikal iskelet sistemleri ve ortopedik ayak gibi ürünlerin üretiminde 3D yazıcıların kullanımı yaygınlaşmaktadır (Lioufas vd., 2016). Örneğin, İngiltere’de eklemli imalat yöntemi ile üretilen leğen kemiğinin nakledildiği kanser hastası değnek yardımı ile yürüebilmiştir. 2013’te ABD’li bilim adamlarının 3D yazıcıda canlı hücrelerden fonksiyonları yerinde olan insan karaciğeri üreterek

laboratuvar ortamında bu organın 40 gün canlı kalmasının sağlanması, Cornell Üniversitesi'ndeki bilim adamlarının üç yazıcıyla insan kulağı üretmesi bu teknolojinin hayatımızın her alanına kısa zamanda etki edeceğini göstermektedir (Alkan, 2013). Ayrıca 3D yazıcılarla çoğu ülkede, pahalı olduğu için engelliler tarafından kullanılamayan protez organlarının üretimi daha uygun fiyata yapılarak daha kolay ulaşılabilir duruma gelecektir (Gilpin, 2014).

Çelebi ve arkadaşları (2017), yaptıkları uygulamayla BT verileri üzerinden CAD programlarıyla hasarlı olan kafatasını tespit ederek bu bölgenin 3D yazıcıyla baskısını yapıp hasarlı olan bölgeye uygun implant tasarımı ve imalatını gerçekleştirmişlerdir. Ayrıca BT tarama görüntülerinin çıktılarının cerrahi operasyonlarda yardımcı olarak kullanılabilmesi ve böyle cerrahi operasyonun daha kısa sürede yapılabileceği sonucuna ulaşmışlardır (Çelebi vd., 2017). Hasselt Üniversitesi'nin ise Dr. Jules Poukens tarafından 83 yaşındaki bir hastaya 3D yazıcıyla titanyumdan üretilen alt çene implant edilmiştir. İmplant sonunda hasta çok kısa bir sürede sağlığına kavuşmuştur (BBC, 2012). Sağlık hizmetlerinde daha çok implant ve protezlerin üretiminde kullanılan 3D yazıcılar henüz sağlık hizmetleri için gelişim aşamasındadır (Demirci, 2018). Hasta ile tamamen uyumlu implant ve protezlerin üretilmeye başlanmasında 3D yazıcıların kullanılması hastaya hem estetik hem de fonksiyonellik açısından fayda sağlayacağı için hastaların sağlık alanındaki memnuniyet oranı artıracaktır (Aydın & Kahraman, 2018).

3D yazıcıların kullanıldığı muhtemel alanlarından bir diğeri de ilaç sektörüdür. Bu alanda yapılan çalışmalar çoğunlukla kişiye özel dozların hazırlanması ve birçok ilacın aynı zamanda alınmasını sağlayan çok katmanlı ilaçların oluşturulması üzerine yapılan çalışmalardır. Kişiye özgü dozda oluşturulan tabletler her köşesinde eşit doz olacak şekilde, aynı anda çok fazla ilaç kullanması gereken hastalar için aynı tablete tabaka tabaka sığdırılmış bir şekilde üretilir. Böylece yaşlılarda, çocuklarda, unutkan bireylerde veya doz ayarlaması zor olan organ yetmezliği hastalarında ilaçların kullanılmaması neticesinde karşılaşılan sorunlar önlenmiş olur (Robles-Martinez vd., 2019). 3D yazıcılar ile üretilen ilaçlara ek olarak gelecekte organlar ve dokuların da bu yöntem ile yaygın olarak üretileceği öngörülmektedir (Hausman & Horne, 2014).

Ameliyat öncesinde planlama yaparken ameliyat başarısını arttırmada anatomik modeller yaygın olarak kullanılmaktadır. 3D baskı teknolojisi anatomik modellerin hızlıca fiziksel nesnelere dönüştürülmesini sağlar (Malik vd., 2015). Böylece cerrahi işlemlere başlamadan önce cerrahlar 3D modellerle daha hızlı düşünebilme olanağı elde ederken teknik zorlukların da daha kolay tahmin edilebilir olması sağlanır (D'Aveni, 2015).

3D yazıcılarla ilgili ekonomik verilerin ve gelişmelerin yıllık olarak değerlendirilerek yayınlandığı 2012 yılında ki Wohler Raporu'nda üç boyutlu yazıcıların, tüm alanlardaki kullanımını kapsayan 2,2 milyar dolarlık sektörde, sağlık alanında ki kullanımı 361 milyon dolarla altıncı sırada yer almaktadır. 2020 yılında ise 3D yazıcı piyasasının 8,4 milyar dolarlık bir ekonomik büyüklüğe erişeceği düşünülmektedir.

1.2.5.9 Yapay Zeka

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde Bilgisayar Bilimleri laboratuvar yöneticilerinden olan Edward Fredkin BBC'yle yapmış olduğu röportajda tarihte üç büyük olayın gerçekleştiğini ve bunlardan ilkinin evrenin oluşumu olduğu, ikincisinin yaşamın başlangıcı olduğu, üçüncüsünün ise ikisiyle aynı derecede öneme sahip olan yapay zekânın ortaya çıkışı olduğunu vurgulamıştır.

Yapay zekanın bu kadar önemli olmasının en önemli nedeni yüzyıllardır insanlığın düşünce pratiğinde yer alan bir hayali gerçekleştirme isteğidir. Örneğin, Antik Yunan, Çin ve Mısırlı çağ öncesi bilim adamları robotlar ile ilgili mitler geliştirmiş olmakla birlikte yüzyıllardır cansız olan varlıkları canlandırmayı veya harekete geçirmeyi planlamışlardır. Yapay zekanın 4000 yıl önceden başlayan bir geçmişi olmasına karşın yapay zekâ alanından yaşanan asıl gelişmeler son elli yılda gerçekleşmiştir. Modern yapay zekânın ilk izlerine ise klasik filozofların insan düşünce sistematiğini simgesel sistem olarak tanımlama girişimi gösterilmektedir. Ancak yapay zeka terimi resmi olarak ilk defa John McCarthy öncülüğünde 1956 yılında 'Dartmouth College Artificial Intelligence' konferansında ortaya çıkmıştır. Günümüzün dönüştürücü gücü olarak kabul edilen yapay zeka teknolojisinin ilk adımlarının bu toplantıyla atıldığı kabul görmüştür. Avrupa Komisyonu tarafından görevlendirilen üst düzey uzman grubuna göre yapay zeka, "*belirlenen kompleks bir*

hedef kapsamında, fiziksel ya da dijital dünyada çevresini algılayarak, yapılandırılmış veya yapılandırılmamış olan veriyi anlamlandırıp, bu veriden edinilen bilgiye bağlı mantıksal çıkarımda bulunan ve verilen hedefe ulaşmak için yapılacak en doğru eylemi önceden belirlenmiş parametrelere göre belirleyen, insanların tasarladığı sistemlerdir.” (Öztürk & Şahin, 2018). İlk yapay zeka laboratuvarıysa 1959 yılında Massachusetts Teknoloji Enstitüsü’nde John McCarty ve Marvin Minsky tarafından kurulmuştur.

Yapay zekayı tam olarak anlayabilmek için yapay ve zeka terimlerini genel olarak değerlendirmek gerekmektedir. Yapay denilince akla doğal bir şeyin yerine geçen benzeri gelmektedir. Zekâ ise insanın, karşılaştığı bir olayı, durumu ve gerçekleri algılayabilme ve buna karşı çözüm üretebilme yeteneği olarak tanımlanmıştır. Başka bir deyişle zekâ beyinde var olan bilginin, doğru ve hızlı bir şekilde analiz edilmesi olarak tarif edebilir. Zekâ zaman içinde kazanılan bir değer olduğu için ölçülebilir bir niteliğe sahiptir (Adalı, 2017). Literatürde "Artificial Intelligence (AI)" olarak adlandırılan ve dilimize "Yapay Zeka" olarak geçen kavram herkeste farklı bir çağrışım yaratmaktadır. Fakat insan gibi davranabilen ve hayatı kolaylaştıran teknolojik aletlerin tümü yapay zeka olarak tanımlanabilir.

Tanımının ötesinde yapay zekâ mantığının altında aslında öğrenme becerisi yatmaktadır. Örneğin makinelerin programlanıp zeki davranışlar göstermeye başlaması zayıf yapay zekâ kavramı olarak, makinelerin programlanıp zeki ve bilinçli olabilmeleri ise güçlü yapay zekâ kavramı olarak bilinmekte ve kabul görmektedir (Pirim, 2006). Slage’ye göre yapay zeka sezgisel programlama temelli bir yaklaşım olup, "*Yapay zeka insanların yaptıklarını bilgisayarlara yaptırabilme çalışmasıdır.*" Genesereth ve Nilsson’a göre yapay zeka, "*akıllı davranış üzerine bir çalışmadır ve ana hedefi, doğadaki varlıkların akıllı davranışlarını yapay olarak üretmeyi amaçlayan bir kuram oluşturmaktır.*" Axe göre yapay zeka, "*akıllı programları hedefleyen bir bilimdir ve bu programlar, insanın düşüncesini taklit ederek karmaşık problemleri çözebilme, yorumlarını açıklayabilme, yani bir durum karşısında kişiye yanıt verebilme, öğrenerek uzmanlığını geliştirmeyi ve eski bilgileri yenilerle uyumlu biçimde kullanarak bilgi tabanını genişletebilme*lidir.". Tanınan fizikçi Stephen Hawking ise İngiltere’de Cambridge Üniversitesi’nin 2016 yılında ki Yapay Zekâ Araştırma Merkezi’nin açılışında yapay zekâyı "*güçlü bir*

yapay zekanın yükselişi insanlığın başına gelen en iyi ya da en kötü şey olabilir ancak hangisinin olacağı belirsizdir." şeklinde tanımlamıştır.

Aslında bu tanımlardan da anlaşılacağı üzere yapay zeka kavramıyla bir öğrenme sürecinden bahsedilmekte ve nasıki bir insanın bir işi öğrenmeden yapması mümkün değilse yapay zekânın da ilk olarak yapılması gereken işi öğrenmesinin gerekliliği vurgulanmaktadır. Yapay zeka hakkındaki çalışmalar 1960'lı yıllardan günümüze kadar gündemde olmasına rağmen yapay zeka uygulamalarının büyük oranda bilgisayar gücüne ihtiyaç duyması nedeniyle araştırmacıların bu alanda yeni bir şey geliştirmeye çalışma çabası günümüze kadar beklenen etkiyi gösterememiştir. Bu bilgiler doğrultusunda yapay zekanın tarihsel gelişimi ise literatürde şöyle açıklanmıştır (Lewis, 2014; Öztürk & Şahin, 2018);

Tarih Öncesi Dönem: Bundan binlerce yıl önce insanoğlu insan vücudu haricinde bir zeka yaratmayı amaçlamıştır. Bu konuyla ilgili ortaya atılan ilk örnek olarak eski Yunan mitolojisinde rüzgârın yaratıcısı olarak bilinen Daedalus'un yaptığı "yapay-insan" yaratmaya kalkışması gösterilir.

Karanlık Dönem (1965-1970): Bu dönem de çok fazla bir gelişme yaşanmamıştır. Çünkü tarih öncesi dönemde oluşturulan aşırı iyimser ve aceleci yaklaşım, yapay zeka ile ilgilenen bilim adamlarını akıllı bilgisayar yapımının kolay bir işlem olduğuna inandırmıştır. Böylece bilgisayar uzmanları düşünen bir mekanizma oluşturabilmek için uğraşmış ve yalnızca verileri yükleyerek akıllı bilgisayarlar yapabilmeyi umut etmişlerdir. Bu da tam olarak karanlık bir bekleme döneminin yaşanmasına neden olmuştur.

Rönesans Dönemi (1970-1975): Bu dönem artık önüne geçilmesi mümkün olmayan teknolojik gelişmelerin başlangıç süreci olarak kabul edilmiş ve yapay zekanın hızlı bir şekilde gelişme gösterdiği bir dönemin önü açılmıştır. Yapay zeka uzmanları bilhassa hastalık teşhisi gibi sistemlerin gelişimini sağlayarak, bu dönemde bugünkü teknolojik gelişmelerin temellerinin atılmasını sağlamıştır.

Ortaklık Dönemi (1975-1980): Rönesans döneminin hemen ardından yaşanmaya başlayan ortaklık dönemi yapay zekâ araştırmacıları, psikoloji, dil ve mühendislik gibi diğer bilim dallarından da yararlanmaya ve karşılıklı olarak işbirliği içine girmeye başlamışlardır.

Girişimcilik Dönemi (1980-?): Yapay zekâ laboratuvarlarının dışına çıkılarak, gerçek dünyanın ihtiyaçlarına göre daha karmaşık ve yüksek oranda teknoloji içeren uygulamaların yapılmasının düşünüldüğü dönemdir. Bu dönem günümüzde de devam etmektedir (Pirim, 2006).

Yapay zekâ varlığının oluşturulması çok basit olmamakla birlikte 1974 ile 1980 yılları arasında "AI Winter" yani "Yapay Zekâ Kışı" olarak bilinen dönemde, yapay zekâ geliştirme aşamalarını kötileyen çok fazla rapor yayımlanmış ve bu raporlardan sonra, yapay zekâ teknolojisine devletin ilgisi ile desteği azalmıştır. 1980'li yıllara kadar somut bir gelişme yaşanmayan yapay zeka alanında Japon bilim adamlarının çalışmalarına rakip olmak isteyen İngiliz bilim adamlarının tekrardan bu alana ilgi duymasıyla canlanma yaşanmaya başlamış ve yapay zekanın üretiminde en büyük rolü Japonlar ile İngilizler oynamıştır (Lewis, 2014).

Bilgisayarlara birçok bilgi ve bu bilgileri nasıl kullanacağı temel olarak yüklenir ve bilgisayarlar, verilen bu bilgileri ile arama ve model uyurma tekniklerini kullanarak bir sonuç üretir. Bilgisayarların yaptığı şeyi, alternatifleri test etmek ve belirtilen ölçütlere uyan kombinasyonlar oluşturmaya çalışmak olarak tanımlayabiliriz. Bu da bilgisayarların gerçekten zeki olmadıkları yargısına varmamıza sebep olmaktadır.

Bilgisayarların düşünebilme yeteneği ile ilgili olarak Alan Turing tarafından 1950 yılında kapsamlı bir çalışma oluşturulmuş ve literatürde "Turing Testi" olarak anılan bir test yöntemi geliştirilmiştir. Hazırlanan test ile duvarın arkasında yer alan bilgisayar ve insana, duvarın öteki tarafındaki bilgisayarı kullanarak farklı sorular sorulmuş ve verilen cevaplar sonucunda hangi kullanıcının insan, hangisinin bilgisayar olduğu anlaşılmaya çalışılmıştır. Yapay zeka teknolojileriyle geliştirilen bilgisayar, soruların bir kısmına normal bir insanın verebileceği cevapları verirken sorular farklılaşmaya başlayınca istenilenin dışında cevaplar vermeye başlamıştır. Testten elde edilen sonuç neticesinde bilgisayarların yalnızca kendisine öğretilen kadar mantıklı cevaplar verebildiği ve gerçek anlamda düşünme yeteneklerinin olmadığı kanısına varılmıştır.

Bilgisayarlar, insanlara oranla karmaşık sayısal işlemleri daha hızlı çözebilmesine karşın insan beyni gibi, kavramlar arasındaki ilişkiyi yorumlayarak karar verebilme ve gözlem ve öğrenme yolu ile bilgileri anlayarak kullanabilme

gücüne sahip değildir. Dolayısı ile bilgisayarlar ile insan beynini karşılaştırdığımızda insan beyninin daha üstün çıkmasının temelinde tecrübe ve deneyim ile problemleri daha iyi analiz edebilme yeteneği gösterilmektedir (Nabiyev, 2012).

Yapay zekâ ile doğal zekâ arasında farklar bulunmaktadır bu farklardan bazıları, doğal zekâyı üstün kılarken bazıları ise yapay zekâyı üstün kılmaktadır. Örneğin yapay zeka daha kalıcı olmakla birlikte doğal zeka zamanla çalışanlar yer değiştirmesiyle birlikte değişebilir ya da doğal zekaya sahip kişiler edindikleri bilgileri unutabilirler. Yapay zeka kolay bir şekilde kopyalanarak oldukça büyük gruplara gönderilebilir fakat doğal zekada elde edilen uzmanlığın birinden diğerine aktarılması uzun bir çıraklık dönemini gerektirir ve bu sağlansa dahi uzmanlık tam olarak diğer kişiye aktarılamaz. Yapay zeka bir bilgisayar teknolojisi olarak bütünüyle tutarlıdır ancak doğal zeka ise kararsız, değişken ve düzensizdir. Doğal zeka, insanlara duyuları ile öğrendikleri deneyimleri kullanma ve bunlardan yararlanma fırsatı sunarken, yapay zeka sistemlerinin bir çoğu sembolik girdiler yardımıyla çalışır. Doğal zekanın en önemli avantajı, problemleri çözmek için edinilen tecrübeleri, karşılaşılan konuya göre hemen kullanmasını sağlarken yapay zeka sistemleri ise kendilerine sağlanan daha dar çözüm yöntemlerini kullanmaktadır (Adalı, 2017).

Yapay zekâ teknolojilerinin uygulama alanlarını ise uzman sistemler, makine öğrenmesi, derin öğrenme, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar ile bulanık mantık olarak sınıflandırabiliriz. Uzman sistemler, ortaya çıkan problemi o konuda uzman olan kişilerin çözdüğü gibi çözen bilgisayar programlarının geliştirilmesine katkıda bulunan teknolojilerdir. Uzman, belli bir konuda çoğu insanda bulunmayan bilgiye sahip olan kişidir. 1970’de ortaya çıkan uzman sistemler bu uzmanların problemleri çözerken başvurdukları bilgi ve deneyimlerini kullanırlar. Uzman sistemler çoğunlukla iki temel unsurdan oluşur ilki Bilgi Tabanı olup doğruluğu önceden bilinen gerçekleri içerir, ikincisi Karar Motoru olup Bilgi Tabanında bulunan bilgi yardımıyla kullanıcının sorduğu sorulara uygun sonuçlar çıkarır (Aydın, 2000: 3). Herbert Schilt'e göre ise uzman sistemler, *“bir uzmanın hareket ve düşünce tarzını taklit ederek ve kullanıcının sağladığı bilgileri kullanarak, belirli bir konu hakkında fikir veren programlardır.”* (Benfer, Edward E. Brent Jr., & Furbee, 1991). Uzman sistemlerle genel olarak uzmanlık gerektiren bir konuda karar verici konumda

bulunan kişilere yardım etmek amacıyla tasarlanmaktadır ve tıpta tanı koymada ve tedavi planlamasında kullanılır.

Makine öğrenmesi ise bilgisayarların öğrenmesini sağlayan teknolojilerdir. 1980'li yıllarda ortaya çıkarak veri madenciliğinin kullanılmasıyla birlikte daha yaygın olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Makine öğrenmesi, bir veri kümesi yardımıyla sınıflandırma yapabilen, öğrenebilen, modelleme geliştirebilen ve tahmin oluşturabilen algoritmalardır. Yani bir veri setinden girdiler alarak aralarındaki ilişkileri öğrenerek benzetme yapar ve veri setinde olmayan veri için elde ettiği model sayesinde tahmin yapar (Öztemel, 2012). Makine öğreniminin yaygın olarak kullanılmasını sağlayan uygulamaların en önemlisi resim tanıma özelliğidir. İlgili resmin ne olduğunun makinenin öğrenebilmesi için binlerce kez benzer resimlerin gösterilmesi gerekir. Çünkü sistemde ne kadar çok veri elde edilirse sistem o kadar iyi çalışmaktadır. Bu şekilde makine benzer dizileri, motifleri ve pikselleri tanıyarak artık o resimlerin ne olduğunu anlayabilir ve farklı olan resimleri ayırt ederek aynı tip resimlerin ortak noktalarını tespit edip tanımlayabilir duruma gelir.

Çok fazla veri işleme katmanından oluşan, desen sınıflandırmasında ve özellikle çıkarım yapmada kullanılan makine öğrenme tekniklerinin kullanıldığı hiyerarşik mimariler ise derin öğrenme içermektedir. Derin öğrenmede, bilgisayar sınıflandırma işlevini görüntüden, metinden ya da ses yardımıyla gerçekleştirmeyi öğrenir (Say, 2018). Kısaca derin öğrenme makine öğreniminde kullanılan hesapları tek seferde yapan, makine öğreniminde tanımlanması gereken parametreleri bile kendisi üreten bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Genel olarak açıklamak gerekirse işler karmaşıktıkça ilk olarak yapay zekadan, makine öğrenimine geçişler başlamış, daha da karmaşık duruma gelince ise makine öğreniminden, derin öğrenmeye kaymalar başlamıştır.

Üçüncü başlık olan Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyninin öğrenme sürecini taklit ederek beynin hatırlama, algılamak ve genelleme yapmayla oluşturduğu verilerden yeni veri oluşturma gibi fonksiyonların gerçekleştirildiği bilgisayar yazılımlarıdır. Yapay sinir ağlarının çalışma mantığında, insan beyninin öğrenme ve öğrendiği bilgileri kullanma aşamalarındaki işleyişi dikkate alınır ve insan beyni örnek alınarak, öğrenme sürecinin matematiksel olarak modellenmesine çalışılmasıyla gelişme göstermiştir. Yapay sinir ağları, bağlantılı ağlar ve paralel

dağıtılmış ağlar olarak da isimlendirilebilmektedir (Keskenler & Keskenler, 2017). İlk yapay sinir ağı modeli 1943'te bir matematikçi olan Walter Pitts ve bir sinir doktoru olan Warren McCulloch tarafından "Sinir Aktivitesinde Düşüncelere Ait Bir Mantıksal Hesap" başlıklı makaleyle ortaya çıkarılmıştır (Eğrioğlu vd., 2009). Bu modelleme ile bilgisayarlar öncelikle bir öğrenme aşamasından geçer daha sonra insan beyninin doğumdan itibaren dışarıdan aldığı tepkilere, beş duyu organıyla tepki vermesi gibi öğrendiği bu bilgileri karşılaştığı olaylarda tepki olarak kullanır. Vücuda aşıyla verilen mikroplar için vücudun virüslere karşı bir savaş vermesi buna örnek olarak verilebilir. Çünkü vücut bu savaşı kazanmak için geliştirmiş olduğu mekanizmaları kaydeder ve tekrardan aynı virüsler ile karşı karşıya kaldığında ne yapacağını bildiği için o doğrultuda tepki verir (Doğan, 2003). Yapay sinir ağları, tıpta kanserli hücrelerin tespitinde, savunma sanayisinde hedeflerin algılanmasında ve izlenmesinde, haberleşme sektöründe veri ve görüntü sıkıştırma, otomasyon ve kontrol sistemleri gibi daha birçok alanda kullanılmaktadır (Karaduman, 2009). Yapay sinir ağları uygulamaları daha çok tahmin yapma, sınıflandırma yapma, veri ilişkilendirme, veri yorumlama ve veri filtreleme işlemlerinde kullanılmaktadır. Yapay sinir ağlarının girdi değerinden çıktılarını tahmin etme üzerine çalışması tahmini, kodlanan yapay ağlar ile toplanan veriler arasında en fazla faydası olan verilerin kullanılması veri filtrelemeyi, girdi değerlerini sınıflandırarak sistemin daha hızlı sonuca varması sınıflandırmayı, önceden eğitilen ağ girdilerinin analiz edilerek bir olay hakkında elde edilen girdiler ile yeni yorumlamalar yapılması veri yorumlamasını, öğrendiği bilgiler ile konuları ilişkilendirip bunun neticesinde oluşan eksik bilgileri tamamlamak ise veri ilişkilendirmesi olarak adlandırılmaktadır (Öztürk & Şahin, 2018).

Yapay Sinir Ağları gibi Genetik Algoritmalar da karmaşık optimizasyon problemlerinin çözülmesini sağlamada kullanılan bir teknolojidir. Bir problemi çözebilmek için ilk olarak rastgele bir başlangıç çözümü belirlenmekte daha sonra bu çözümler birbirleriyle eşleştirilip performansı daha yüksek olan çözümler üretilmektedir. Bir genetik algoritmanın başlıca elemanları kromozom ve gen, mutasyon, çaprazlama, yeniden üretim ve uygunluk fonksiyonudur (Öztemel, 2012). Son olarak Bulanık Mantık ise 1965'te Prof. Dr. Lutfi Aliasker Zadeh tarafından tanımlanarak bulanık küme teorisine dayandırılmıştır. Hava sıcaklığını "Sıcak ve

Soğuk” olarak değil de “Sıcak-Ilık-Az Soğuk-Çok Soğuk” gibi ara değerleri kapsayan sınıflandırma prensibine göre çalışmaktadır (Keskenler & Keskenler, 2017).

Tüm bu teknolojilerden hareketle yapay zeka temelde iki fikre hizmet etmektedir. İlki zekanın ne olduğunun anlaşılabilmesi için insan düşünce sürecinin araştırılması, ikincisiyse bu sürecin bilgisayarlar ve robotlar ile gösterilerek somutlaştırılmasının sağlanmasıdır (Penrose, 1989).

Sağlık alanında gelecekte doktorların yerini yapay zekaya sahip doktorların alacağı kesinlik kazanmasa da yapay zeka uygulamalarının doktorların daha iyi klinik kararlar vermelerine yardımcı olabileceği konusunda araştırmacılar fikir birliği içerisinde. Sağlık verilerinin hızla artması ve büyük veri analitik yöntemlerinin geliştirilmesi ile yapay zeka sağlık alanında daha çok kullanılmış ve özellikle radyolojide yapay zeka uygulamalarının kullanılması daha başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. Sağlık sektöründe yapay zeka kullanımının hızla artmasıyla birlikte Frost ve Sullivan (2015), hazırladığı sektör raporunda, yapay zeka sistemlerinin 2021 yılına kadar sağlık hizmetlerinden elde ettiği toplam gelirin 6,7 milyar dolar olacağını belirtmiştir.

Tıbbi yapay zekanın ilgi alanına giren konular klinik teşhis işlemlerini gerçekleştirebileceği ve tedavi önerilerinde bulunabileceği yapay zeka programlarının oluşturulmasını sağlamaktadır. Çünkü yapay zeka teknolojisi, karmaşık tıbbi verileri analiz edebilme yeteneğine sahiptir. Hasta kayıtlarındaki bilgilerin analiz edilerek, hastalıkların erken teşhisi ile tespit edilebilmesi ve hastanın sürekli kontrol altında tutulması sağlık hizmetlerinin kalitesinin artırılmasına büyük katkıda bulunmaktadır. Yapay zeka teknolojilerinin bir veri kümesinde bulunan anlamlı ilişkileri ortaya çıkarabilme yeteneği sağlık alanında tanıyı, tedaviyi ve sonucu tahmin etmede kullanılmaktadır. Sağlık alanında kullanılan yapay zeka yöntemleri uzman sistemler, bulanık mantık ve yapay sinir ağlarından oluşmaktadır. Sağlık alanında kullanılan uzman sistemler sağlık çalışanlarının tavsiyeleri ile geliştirilir ve elde edilen hasta verileri doğrultusunda hekime tavsiye ve önerilerde bulunulmasına yardımcı olur. Bulanık mantık grinin çeşitli düzeylerini bilimsel olarak ifade ederek yaklaşık sonuçlar çıkarabildiği için ve sağlık alanında kullanılan çoğu kavram da bulanık olduğundan bu kavramlar ve arasındaki ilişkiler bulanık mantık yöntemi ile

ifade edilmektedir. Yapay sinir ağıları biyolojik sinir sisteminin çalışmasını taklit eden nöronları içerir ve bu nöronların farklı şekillerde birbirlerine bağlanması sonucunda bir ağ oluşturulur. Yapay sinir ağıları tıbbi araştırma verileri içinden daha önce fark edilmemiş desenlerin belirlemesi, sınıflandırması, tıbbi aygıtların ve görüntülerin tespit edilmesi gibi çok fazla uygulamada aktif olarak kullanılmaktadır.

Yapay zekanın robotik cerrahideki ilk örneklerinden biri Amerikan şirketi olan Intuitive Surgical tarafından üretilen Da Vinci Cerrahi Sistemi'dir ve bu robotik cerrahi sistemi, 2000 yılında FDA tarafından onaylanmıştır. Doktorlar tarafından bir konsol yardımıyla kontrol edilen bu robotik cerrahi sistemi karmaşık olan cerrahiye kolaylaştırmak amacıyla tasarlanmış ve prostatektomiler için yaygın olarak kullanılmıştır. Da Vinci Cerrahi Sistemleri 2012 yılında histerektomi ve prostat ameliyatları başta olmak üzere yaklaşık 200.000 ameliyat gerçekleştirmiştir (Intuitive Surgical Technology, 2018).

IBM Watson'un sağlık alanında kullanımı ile yapay zeka pratik olarak kullanıma açılmış ve bir yapay zeka yaklaşımı olan bilişsel hesaplama aracılığıyla, yapısal ve yapısal olmayan tüm sağlık bilgi kaynaklarına bakarak muhtemel süreçleri ve tedavi planlarını iyileştirecek analizleri bir araya getirme potansiyeline sahip olarak doktora yardımcı olması beklenen bir araç ortaya konmuştur (H. Lee, 2014).

Radyoloji ise yapay zekanın özellikle görüntü işleme algoritmaları açısından ilgilendiği önemli tıbbi alanlardan biridir. Örneğin, düz radyografi görüntülerinde otomatik kırık tespiti için medikal olmayan görüntülerle Derin Konvolüsyonel Sinir Ağları kullanılan bir çalışmada, 11.112 adet el bileği radyografi görüntüleri kullanılmış ve elde edilen öğrenilmiş model ile görüntülerin, kırık değil ya da kırık sınıflandırılmasında yüksek oranda başarı elde edilmiştir (Kim & MacKinnon, 2018).

Teşhis ve tedavi süreçlerinde tıbbi görüntüleme zorlu bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır. Görüntülerin analizi ve sonuçların değerlendirilmesinde zaman ve doğruluk önemli bir faktördür ve görüntü işlemenin hızlı biçimde yapılması doktorların karar verme sürecinde etkin rol oynamaktadır. Yapay zeka ise bu zorlukların üstesinden gelebilmek için kullanılacak en uygun teknolojidir. Kanseri araştırmalarında, biyopsi ve klinik taramalarda görüntü işleme ile erken teşhis ve tedavi gerçekleştirilebileceğinin anlaşılması üzerine bu süreci hızlandıran ve doğruluk derecesini artıran uygulamalar ilgi çekmektedir.

Henüz analiz edilmemiş veri miktarı, doğal dil işleme ve analiz algoritmalarındaki gelişmelerle birleştiğinde, yapay zeka uygulamaları tıp için giderek daha faydalı hale gelecektir. Özellikle tıbbi hasta kayıtlarından ve giyilebilir cihazlar tarafından toplanabilecek birçok veri, tıp ve sağlık hizmetlerinde kullanılabilir ve bu veriler sadece sağlıklarıyla ilgili bilgi almak isteyen kişilere değil, aynı zamanda hastaların ihtiyaçlarına ve alışkanlıklarına dayanan sağlık hizmetleri tasarımı iyileştirmeye yönelik bilgi üretimi için ayrıntılı bir şekilde analiz edilmesine de katkı sağlayacaktır (Hamet & Tremblay, 2017).

Örneğin, pandemi döneminde Çin'de bulunan birçok şirket test ve araştırmaları desteklemek ve verimliliği artırmak için kullandıkları algoritmaları halka açık hale getirmiştir. Salgına yönelik Ar-Ge ve test çalışmaları yürüten kurumlar için büyük öneme sahip bu algoritmalar, Covid-19 RNA ikincil yapısını tahmin etme ve inceleme için harcanan zamanı kısaltarak, virüs tespiti ve teşhisinde geleneksel yöntemlere göre çok daha yüksek verimlilik sağlamıştır. Şüpheli vakaların genetik analizinin yarım saatte yapılmasını sağlayan ve virüs mutasyonlarını doğru bir şekilde tespit edebilen bir yapay zeka algoritması geliştirilmiştir. Diğer bir örnek Ping An, yapay zeka, bulut ve blockzincir teknolojisi ile Covid-19 salgın kontrolünü sağlamak ve yayılımı önlemek amacıyla akıllı ses tarama sistemi geliştirmiştir. Aynı anda çalışan 3.000 adet AI robotu kapasitesine sahip olan "Akıllı Ses Tarama Sistemi" 580.000'den fazla tarama gerçekleştirmiş ve takip için 1.600'den fazla şüpheli vakayı başarıyla tespit etmiştir. Çağrı merkezinde her bir operatör günlük maksimum 300 arama yapabilirken, her bir robot 500 otomatik arama yapabilmekte ve günlük toplam 1,5 milyon tarama gerçekleştirilebilmektedir. Aramalar sonucunda, vücut sıcaklığı ve semptomlar sınıflandırılarak ilgili kurumlara raporlama sağlanmaktadır. Bir diğer Yapay zeka tabanlı VigilantGantry, ortalama 2 saniyelik bekleme süresiyle temassız bir şekilde kişilerin vücut sıcaklıklarını ölçmekte ve anormal bir sıcaklık tespit ettiğinde uyarı vermektedir. Modüler bir sistem olarak tasarlanan VigilantGantry farklı elektronik cihazlara entegre edilebilmekte ve temas takibi için yüz tanıma özelliği eklenebilmektedir.

1.2.5.10 Siber Güvenlik

Siber güvenlik ilk defa bilgisayar mühendisleri tarafından 1990 yıllarında, ağa bağlı bilgisayarlara ilişkin güvenlik sorunlarına çözüm bulmaya yönelik olarak kullanılmaya başlanılmıştır (Hansen, 2009). Bu sistemden yararlanmak isteyenlerin sisteme zarar verebilecekleri veya zarar vermek isteyecekleri ilk başlarda kimsenin aklına gelmemiş dolayısıyla da güvenlik kaygısı yaşanmamıştır (Goodman, 2008). Güvenlik kaygısının yaşanmamasının bir başka nedeni de ilk dönemlerde bu sistemi kullanan kişi sayısının kısıtlı olması ve bilgisayarların her eve girebilecek düzeyde yaygın kullanılmıyor olmasıdır. Siber güvenlik, internetin entegre ve bağımlı hale gelmesiyle teknolojiye yaşanan ilerlemelerin sistemlere yetkisiz erişim sağlamasına, bilgi hırsızlığına ve hatta fiziksel zararların ortaya çıkması gibi ciddi sorunlarla karşılaşılmasına neden olmuştur. Öyle ki şu an teknoloji temelli senaryoların çoğunda siber güvenlik, siber saldırı ve siber savaş kavramları yer almaktadır (Buzan & Hansen, 2009). Teknolojinin hızla geliştiği günümüzde artan internet kullanımı ile daha güçlü ve etkili savunma sistemlerinin geliştirilmesi, acil durumlara karşı önlemlerin alınması ve bunların kullanım aşamalarının oluşturulması çok önemlidir. Saldırıların, gerçekleştiği anda tespit edilerek sanal veya fiziksel engellerin oluşturulması, bölgesel ve ulusal siber güvenlik politikalarının belirlenmesi gibi siber güvenlik tedbirlerinin alınmasını zorunlu duruma getirmiştir (Goodman, 2008). Siber güvenlik kavramı, üzerinde tam olarak fikir birliğine ulaşılan bir kavram olmayıp bilgisayar güvenliği ve bilgi güvenliği kavramlarıyla benzer anlamlara gelmektedir. Çünkü bilgi güvenliği kavramı genellikle kurumsal ve kişisel verilerin güvenliği ile ilgili bir kavram olmakla birlikte bilgisayar güvenliği kavramı ise bilişim sistemlerinin güvenliğinin sağlanması olarak tanımlanmaktadır. Her iki kavram da ortak unsurlar içermekte fakat odaklandıkları konular açısından farklılıklar göstermektedirler. Siber güvenlik, sadece bilgi kaynaklarının korunmasını değil, kişinin kendisi de dahil olmak üzere diğer varlıkların korunmasını da içine alarak tüm iletişim altyapılarını kapsadığı için geleneksel bilgi güvenliği sınırlarını aşmaktadır (Von Solms & Van Niekerk, 2013). Siber güvenliğin literatürde birçok farklı tanımı bulunmaktadır. Bu kapsamda Bilgi Teknolojileri Kurumu (2018) siber güvenliği; “siber ortamda kurum, kuruluş ve kullanıcıların varlıklarını korumak amacıyla kullanılan araçlar, politikalar, güvenlik kavramları, güvenlik teminatları,

kılavuzlar, risk yönetimi yaklaşımları, faaliyetler, eğitimler, en iyi uygulamalar ve teknolojiler bütünüdür.” şeklinde tanımlamaktadır.

Siber güvenlik başka bir tanıma göre bilgisayarların, bilgisayar donanım, yazılım ve ağlarını; siber suçlulardan, yetkisiz erişimden, bilgisayar korsanlarından internet ve bilgisayardan kaynaklı güvenlik açıklarından korumak için oluşan teknolojiler ve süreçler olarak ifade edilmekte ve internete erişimi olan bütün cihazları yetkilendirilmemiş erişimlerden ve değişikliklerden korumaktadır (Goutam, 2015).

Bu kavram, Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi, 2013-2014 Eylem Planı’nda “siber ortamı oluşturan bilişim sistemlerinin saldırılardan korunması, bu ortamda işlenen bilginin gizlilik, bütünlük ve erişilebilirliğinin güvence altına alınması, saldırıların ve siber güvenlik olaylarının tespit edilmesi, bu tespitlere karşı tepki mekanizmalarının devreye alınması ve sonrasında ise sistemlerin yaşanan siber güvenlik olayı öncesi durumlarına geri döndürülmesi” şeklinde ele alınmaktadır (Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2013).

Son olarak 2016-2019 Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi ve Eylem Planı ise siber güvenliği; “siber uzayı oluşturan bilişim sistemlerinin saldırılardan korunmasını, bu ortamda işlenen verinin gizlilik, bütünlük ve erişilebilirliğinin güvence altına alınmasını, saldırıların ve siber güvenlik olaylarının tespit edilmesini bu tespitlere karşı tepki mekanizmalarının devreye alınmasını ve sonrasında ise sistemlerin yaşanan siber güvenlik olayı öncesi durumlarına geri döndürülmesi” olarak tanımlar (Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, 2016).

Sanayi 4.0 kapsamında üretim sistemlerinde var olan önemli verilerin yalnızca yetkili kişilerin ulaşımına açık olması, üretim sistemine dahil olan tüm cihazlardan gelen verilerin, veri kaynaklarının ve bütünlüğünün doğru olarak aktarımının sağlanması ve işlenebilir olması gerekmektedir. Güvenlik önlemleri yalnızca gelen tehdidi önlemeye çalışmak yerine, gelecek tehditlere karşı da stratejiler oluşturup önlemler alabilmelidir. Çünkü işletmeler ancak geniş bir siber koruma sağlayabildikleri oranda Sanayi 4.0 sürecinde üretimlerini koruma altına alabileceklerdir (SIEMENS, 2016).

Sanayi 4.0’ın büyük şirketleri siber risk tehdidi ile karşı karşıya bırakacağı düşünülmekte ve bunu önlemeye yönelik çözüm yolları aranmaktadır. Eski cihazlarla

yeni cihazlar arasında oluşan bağlantılardan meydana gelen sorunlar en yaygın olarak ortaya çıkan güvenlik tehditlerinden biridir. Siber güvenlik veri güvenliğinin denetim altında olmasını sağlamak ve kişinin kendisi de dahil olmak üzere diğer varlıkların korunmasına da katkıda bulunmaktadır. Aksi halde cihazların internette aktif olarak var olmaları verinin yok olmasına ve bilgi güvenliğinin sağlanamamasına neden olabilmektedir (TÜSİAD, 2016: 28).

Carnegie Mellon Üniversitesi tarafından yayınlanan Security 1017 isimli çalışma siber güvenliğin sağlanmasındaki temel hedeflerin bilginin bütünlüğünün, erişilebilirliğinin ve gizliliğinin sağlanmasından kaynaklandığını göstermiştir (Goodrich & Tamassia, 2010). Gizlilikle bilginin yalnızca yetkisi olan kişiler tarafından erişilebilir olması ifade edilmektedir. Bilginin bütünlüğüyle bilişim sistemleri yardımıyla toplanan bilginin değiştirilmemiş, kısmen veya tamamen de olsa silinmemiş olması anlatılmaktadır. Erişim kavramı ise yazılı bir bilginin okunması anlamına gelebileceği gibi erişim yetkisi olan kullanıcıların ihtiyaç duyduklarında bilgi ve ilişkili varlıklara ulaşabilmesini hatta önemli olan bazı bilgilerin varlığından yalnızca yetkili kişilerin haberdar olmasını da kapsamaktadır. Özellikle erişilebilirlik ile bilgi bütünlüğünün korunması ve güvenlik arasında ters bir ilişki vardır. Çünkü bilginin bütünlüğünü ya da gizliliğini geliştirmeye yönelik alınacak önlemler erişilebilirliği ters doğrultuda etkilemekte buna karşı erişilebilirliğin geliştirilmesi bütünlüğü veya gizliliği tehlikeye sokabilmektedir.

Siber güvenlik politik olarak kullanılmasının yanında gün geçtikçe önem kazanan ekonomik bir sektörün oluşmasını da sağlamıştır (Weimann, 2006). Siber güvenlik alanına özel kuruluşlar ve devlet kurumları tarafından yüksek oranlarda yatırımlar yapılmaya başlanmıştır. Güvenlik açıklarından dolayı oluşması muhtemel zararlar ve itibar kaybı dikkate alındığında devlet ve özel kurumların siber güvenlik alanına yapılacak yatırımlardan kaçınmadığı görünmektedir.

Siber ortamda karşılaşılabilecek önemli saldırı araç ve yöntemleri arasında Truva atları, istem dışı elektronik postalar, virüsler, şebeke trafiğinin dinlenmesi, klavye işlemlerini kaydeden uygulamalar, casus yazılımlar, kurtçuklar, servis dışı bırakma, propaganda ve aldatma gösterilebilir (Ünver & Canbay, 2009).

Siber güvenlik hala yeterli oranda gelişme gösterememiş bir kavramdır. Çünkü internet ortamında meydana gelen olaylara karşı gerekli müdahalenin

yapılamaması siber savunma konusunda oluşturulan yapılanmaların şu an için yeterli olmadığını ortaya koymaktadır (Connolly, 2011).

Sanayi 4.0 fiziksel sistemlerin siber ortama entegre edilmesi, endüstrilerin siber güvenlik sorunlarıyla karşı karşıya kalmasına sebep olmuş ve bu durum, güvenlik bakış açısını fiziksel ortamdan siber ortama doğru genişletmiştir. Sağlık verisi siber saldırıların öncelikli hedefi konumunda olmakla birlikte kritik bilişim altyapılarını istismar eden ve değerli hasta verisini ele geçiren fidye yazılımı gibi sürekli değişen siber güvenlik tehditlerine maruz kalmaktadır (Kruse vd., 2017). Sağlık kurumları kan grubunuz, genetik geçmişiniz gibi birçok önemli hasta verisini bünyesinde bulundurmaktadır. Bu nedenle hastaların sağlık verileri çalıandıktan sonra bir ülkenin gen haritası çıkarılarak biyolojik savaş ilan edebilir ve bir ülkeden çaldığımız sağlık verileri ile saldırı politikaları bile geliştirebilir. Bu yüzden siber güvenlik tehditleri, sağlık hizmetlerine duyulan güveni azaltabilmekte, sağlık sistemlerinin çalışmasını aksatabilmekte ve daha da önemlisi hasta güvenliğini tehlikeye atabilmektedir bu nedenle siber güvenlik, hasta güvenliği açısından kritik öneme sahiptir.

Sağlık alanında siber güvenliği tehdit eden öncelikli unsurlar arasında büyük verinin taşıdığı güvenlik açığı gelmektedir. Bir insanın geçmişi ve belki de geleceği hakkında çok şey ortaya koyabilen zengin veri dünyası, sunacağı faydalarla birlikte toplumların ve bireylerin risklerle karşılaşmasına da sebep olabilmektedir. Çünkü başta internet kullanıcıları olmak üzere büyük veri üreten kişiler, kişisel bilgilerin ortaya çıkması konusunda savunmasız hale gelebilmektedir. Örneğin büyük verinin analiz edilmesi, kişinin tedavi gerektirecek bir sağlık raporunu veya gelecekte bir rahatsızlığın oluşma riskini ortaya çıkarabilir. Bu noktada tıbbi geçmişe dair ya da gelecekte bir hastalığın çıkma riskine işaret eden veriden elde edilecek bilginin işe alımlarda ya da sigorta kayıtlarında kişilerin aleyhine kullanılması, sağlık alanındaki büyük verinin gizlilik değerini ortaya koymaktadır (Charney, 2012).

Sağlık kayıtlarının dijitalleşmesinden önceki zamanlarda da güvenlik ihlali endişeleri olmuştur ancak geçmişte hastaneler içinde kağıtlara yazılmış halde arşivlenen kayıtlara sadece fiziksel ihlaller yoluyla erişilebilmekteydi. Günümüzde ise kayıtların siber fiziksel sistemler üzerinden birbirlerine bağlı olması veriye erişimde birçok potansiyel ağ geçidi oluşturmakta, veriye uzaktan erişilme

yeteneği sağlamakta ve veri hırsızlığının fark edilmemesine yol amaktadır. Eskiden sağlık kayıtları birçok farklı hastaneler ve bölümler arasında dağıtılarak muhafaza edilirken günümüzde sağlık verisine tek bir noktadan eksiksiz bir Şekilde erişim olanağının olması siber saldırıların etkisini daha da artırmaktadır (Coventry & Branley, 2018). Siber güvenlik alanında yatırım ve Ar-Ge alıŐmaları yapan STM¹, sağlık sektöründe kullanılan nesnelerin interneti tabanlı cihazların siber güvenliğine yönelik BaŐkent niversitesi'yle bir protokol imzalamıŐ ve bu protokole göre sağlık sektörüne yönelik yapılan siber saldırılar, hastaya ait bilgilerin ortaya çıkmasına, hasta ile alakalı verilerin deđiŐtirilmesine ve hastanın hayatını kaybetmesine kadar uzanan sonuçlara neden olabilmektedir. STM göre geliŐtirilecek olan IoT-Medic proje ile hastanelerde kullanılan medikal nesnelerin interneti, cihazların envanterinin çıkarılmasını ve bu tür cihazlara yapılan saldırıların tespit edilerek raporlanmasını sağlayacaktır. Kullanıcılar, bu sistem ile hastanede bulunan bütün medikal nesnelerin interneti cihazlarını tek noktadan takip ederek bu cihazların oluşturduğu trafikteki anormallikleri ve olası saldırıları canlı olarak takip edip müdahale edebilme fırsatını elde etmiş olacaktır (Haberal, 2019).

Sağlık hizmetleri, içsel güvenlik zayıflıkları nedeniyle diğer sektörlere kıyasla daha yüksek oranda siber risklere maruz kalmaktadır (Martin vd., 2017). Tıbbi cihazlarda ve ağa bağlı olarak sunulan sağlık hizmetlerinde dört önemli siber güvenlik sorunu vardır. İlki hastanın kişisel verisinin güvenliğinin korunamamasına dayanan gizlilik ihlalidir, ikincisi teknolojilerin birbirlerine bağlanmasıyla yaşanacak zorlukların ortaya çıkardığı rastlantısal hatalardır, ncs tıbbi ağ sistemlerinde çok fazla güvenlik açığı bulunduğu için kalp implantı üzerinden hastaya ölümcül elektro Çok uygulanması gibi kasıtlı hataların yapılması, dördüncüsü ise sadece tek bir cihaza saldırarak sistemin tamamına zarar verilmesi gibi zararlı yazılımlar üzerinden maruz kalınan sorunlardan oluşmaktadır.

Dünya genelinde yaygınlığı artmaya devam eden elektronik sağlık teknolojileri, klinik sonuçlarını ve hasta bakımlarını iyileştirmek ve geliştirmek adına büyük bir potansiyel oluşturmaktadır. Buna karşın, sağlık alanındaki cihazların ve sağlık verisinin güvenliği ile ilgili endiŐeler de boy göstermekte, mevcut bilgisayar

¹ Savunma alanındaki kritik teknolojileri ülkemize kazandırmayı hedefleyen, askeri ve sivil alanlarda teknoloji odaklı danıŐmanlık ve mühendislik zmleri üreten uluslararası düzeyde saygın bir hizmet kuruluŐudur.

ağlarına bağlantıların her geçen gün artması, tıbbi cihazları yeni siber güvenlik açıklarına maruz bırakmaktadır. Sağlık alanı siber suçlar için zengin bir değerli veri kaynağına sahip olması ve siber saldırılara karşı savunmalarının zayıf olmasından dolayı çekici bir hedef konumundadır. Başlıca siber güvenlik ihlalleri arasında; fidye yazılımlar yardımıyla veriye ulaşımın engellenmesi, sağlık verisinin çalınması, implante edilen tıbbi cihazlara karşı yapılan saldırılar ve test sonuçları gibi hasta için hayati öneme sahip verilerin bozulması örnek olarak verilebilir (Coventry & Branley, 2018).

ABD Federal İlaç İdaresi'ne (FDA) göre akıllı ve bağlantılı medikal cihaz ve araçlara yönelik siber güvenlik tehditleri sürekli artmakta ve değişmektedir. İlaç sektöründe siber saldırılar yoğunluklu olarak yaşanmaktadır. Bunun yaşanıyor olmasının en büyük nedeni ise ilaç şirketlerinin ilaç formüllerini dijital ortamlarda saklıyor olmasından kaynaklanmaktadır. Hastane ağları da sürekli olarak saldırı girişimi altındadır ve bu durum hasta güvenliği açısından ciddi tehditler oluşturmaktadır. Tıbbi cihazların hastane bilgi teknolojileri ağlarına olan bağlantılarının artması, hastanın bakımı için önemli faydalar sağlamanın yanında aynı zamanda sağlık personelleri ve hastalar tarafından kullanılmakta olan 10 ila 15 milyon arasında ki cihazı siber güvenlik riskine maruz bırakmaktadır. O yüzden cihazlar hastaneler ve kullanıcılara ulaştıktan sonra mutlaka bir risk yönetimi oluşturulmalı ve ürünün kullanılmasından sonra bile siber güvenlik risklerini yönetmek için yapılandırılmış ve kapsamlı bir program geliştirerek, bir cihazın tüm yaşam döngüsü boyunca siber güvenliğine dikkat edilmelidir. Hasta insanların yaşam kalitesini artırmak için üretilen medikal cihazlar insan hayatına direk olarak etki ettiği için cihazların siber güvenliğinin sağlanması oldukça önemlidir. Bu yüzden hayatımızı daha iyi hale getirmek için tasarlanıp üretilen bu teknolojileri kullanırken mutlaka siber güvenlik açıkları olabileceğini de unutmamalıyız (Hancı vd., 2018).

Sağlık alanı genellikle finansal kazanç elde etmek için siber saldırıların hedefi olmaktadır. Bu noktada siber güvenlik uygulamaları, yüksek değere sahip sağlık verisinin gizliliğini, bütünlüğünü ve erişilebilirliğini korumayı amaçlamaktadır (Martin vd., 2017). Sağlık organizasyonlarının siber tehditlerle başa çıkabilmeleri için tesis edilmesi gereken başlıca güvenlik uygulamaları: büyük veri güvenliği,

erişim kontrolü, bilgi güvenliği yönetim sistemleri, güvenlik yama yöntemi, güvenlik duvarları, şifreleme, yalıtılmış ağlar, standartlaştırılmış politika ve prosedürlerdir.

Sağlık alanında siber güvenliğin sağlanması için ele alınması gereken öncelikli husus büyük verinin mahremiyetinin korunarak kişilerin özel hayatlarına dair verilerin gizli tutulması vurgulanmaktadır. Bilgi sistemlerini hedef alan en büyük tehditlerden biri veri hırsızlığı olduğu için sağlık sektöründe ele alınması gereken kritik güvenlik konularının başında gelir. Sağlıkta veri güvenliği, veri yaşam döngüsü boyunca veriye erişimi yönetirken, veri gizliliği, politikalara ve yasalara bağlı olarak tıbbi, finansal veya gizlilik değeri taşıyan kişisel veriye kimin erişebileceğini belirlemektedir.

Sağlık organizasyonları, uygun hasta bakımının belirlenmesi ve hasta bakımında verimliliğin artırılmasını desteklemek amacıyla çok miktarda hasta verisini depolamakta ve transfer etmektedir. Bu noktada organizasyonlar, sağlık hizmetleriyle ilgili yasal düzenlemelere uyumluluk sağlarken veri güvenliği çözümlerini de hayata geçirmelidir. Yaygın olarak kullanılan veri güvenliği teknolojileri arasında; kimlik doğrulama, veri maskeleyme, şifreleme ve erişim kontrolü yer almaktadır (Abouelmehdi vd., 2017). Sağlık alanında siber güvenlik için dikkat edilmesi gereken en önemli husus insanların, teknolojilerin ve süreçlerin bir bütün olarak bu değişime sürekli olarak ayak uydurmasını sağlamaktır.

1.4 Sanayi 4.0 ve Sağlık 4.0'ın Avantaj ve Dezavantajları

1.4.1 Sanayi 4.0 ve Sağlık 4.0'ın Avantajları

Sanayi 4.0'ın gelişimini dikkate aldığımızda bu kavramın ortaya çıkması birçok olumlu ve olumsuz etkiyi de beraberinde getirmiş ve gerçekleşen sanayi devrimlerinin tamamında benzer durumlar yaşanmıştır. Sanayi 4.0'ın avantajlarından genel hatlarıyla bahsedecek olursak, düşük maliyet oluşturmasıyla etkinlik, verimlilik ve kalite de büyük artışlar yaşanmasını sağlamış, hızlıca gerçekleştirilen işlerle üretimde performans artışı sağlanmış, geliştirmiş olduğu teknolojik sistemler insan müdahalesini en aza indirmiş ve insan kaynaklı hataları yok ederek insansız imalat kavramının oluşturulmasını sağlamıştır.

Sanayi 4.0'ın en çok tartışılan boyutu istihdamın yapısında ve boyutunda yaşanması beklenen değişimlerden dolayı neden olacağı tahmin edilen işsizliktir. Çünkü Sanayi 4.0 ile birlikte robotik sistemlerin yaygınlaşacağı ve sonucunda ise iş kayıplarının yaşanacağına dair görüşler ortaya atılmaktadır. Ancak ekonomik büyümeyle dünya genelinde kaydedilen her gelişme, yeni iş olanakları ve mesleklerin ortaya çıkması gibi birçok değişim sürecini meydana getirmiş ve bu değişim süreci de yeni fırsatları beraberinde getirmiştir. Gelişen teknolojilerle emek ve dijital teknolojiler arasında yeni ve öngörülemeyen tamamlayıcı ilişkilerin doğacağı, özellikle bilgi ve iletişim teknolojilerinin kaçınılmaz bir şekilde istihdamın yapısını ve boyutunu değiştireceği, yüksek vasıflı emeğe olan ihtiyacın artacağı, yaratacağı verimlilik artışına bağlı olarak yatırımların süreceği dolayısıyla da istihdamın makul seviyelerde devam edeceği düşünüldüğünde teknolojik işsizlik durumuyla karşılaşılmayacağını söylemek mümkündür.

Sanayi 4.0 karar verme etkinliğinin artmasına da yardımcı olmaktadır. Çünkü bugünün teknolojileri tedarikçiye üreticiye ve müşteriye tüm tedarik zinciriyle iletişim kurup üretim, satın alma ve pazarlama bölümlerinin birlikte çalışabileceği bütüncül bir alan sunuyor. Bu da daha etkin ve hızlı kararlar alınabilmesine katkıda bulunuyor. Operasyonel maliyetlerinin azaltılmasını sağlayarak sensörlerdeki gelişimle daha fazla cihazın nesnelere internetine bağlanabilmesini sağlıyor. Üretim aşamasında olan ürünler bile gömülü sistemlerdeki ağa katılabiliyor ve böylece etkililik artarken iş gücü planlamasında daha iyi sonuçlar alınabiliyor.

Sanayi 4.0 ile gelişen teknolojilerden olan nesnelere interneti ve siber-fiziksel sistemler sayesinde daha karmaşık ve akıllı ürünler üretilmesiyle seri üretimden müşteri ihtiyaçları doğrultusunda şekillenen özel üretime geçilmesi de sağlamış olduğu avantajlar arasında yer almaktadır. Çünkü Sanayi 4.0, değer zincirindeki cihazların karşılıklı iletişimi üzerine kurulu olduğundan, büyük miktarda veri üretir ve bunları daha otomatikleştirilmiş şekilde birbirine bağlı olarak izleyerek müşteri ihtiyaçlarına göre şekillenen üretim sisteminin kurulmasını kolaylaştırıp hammadde ve kaynak tüketiminin azalmasını sağlayarak, verimlilik artışı ve yeşil enerji dönemine geçilmesine katkıda bulunur.

Sanayi 4.0 ile kendi kendine çalışan üretim yöntemleri sayesinde üretim için ihtiyaç duyulan insan, enerji, makine gibi kaynaklara olan gereksinim azalmış,

robotlar üretim süreçlerini yönetebilir duruma gelmiştir. İş sağlığı ve güvenliği, robotlar yardımıyla daha kolay sağlanmış ürün ve yaşam döngüsü süresi kısalıp, üretimdeki hata payı en aza inmiştir. Robotlar üretim süreçlerini hızlandırması, çalışma saatlerinin daha esnek hale gelmesini sağladı ve Sanayi 4.0'a ayak uyduran firmaların küresel pazarda ki payı büyüyerek, 3D yazıcılar yardımıyla dünyanın her yerinde her türlü hammadde, ara mamul ve nihai ürün üretilerek üretimin sanal dünyayla iç içe geçmesi sağlandı.

Tüm bu anlatılanlar doğrultusunda sektörde verimlilik artışına ve ekonomik büyümeye katkısı olan Sanayi 4.0'ın faydalarını dört başlıkla genellemek mümkündür. Bunlar (EBSO, 2015);

1. Üretkenlik: Önümüzdeki 5-10 yıl içerisinde birçok şirket Sanayi 4.0'a ayak uyduracak ve hammadde hariç üretim maliyetleri %15-25 arasında iyileşecektir. Hammadde maliyetleri de dahil edildiğinde, toplam üretkenliğin %5-8'e arasında olacağı belirtilmektedir.

2. Ciro artışı: Sanayi 4.0 ile birlikte üreticilerin gelişmiş ekipman ve yeni veri uygulama isteği, müşterilerin kişiselleştirilmiş ürünlere yönelik gün geçtikçe çoğalan talebi doğrultusunda artış gösterecektir.

3. İstihdam: Sanayi 4.0 yatırımlarının kısa vadede %6 istihdam artışı sağlayacağı, uzun vadede başta teknoloji ve mekatronik alanlarında olmak üzere nitelikli iş gücü beklentisinin büyük oranda yükseleceği düşünülmektedir. Bununla birlikte düşük nitelikli işgücüne yönelik istihdam ihtiyacı azalırken, farklı özelliklere sahip çalışanlara olan talepte ise artış yaşanacaktır.

4. Yatırım: Üretim süreçlerini Sanayi 4.0'a uyarlayabilmek için üreticilerin cirolarının %1-1,5'ini yatırıma ayırması öngörülmektedir. Avrupa genelinde ise Sanayi 4.0 yatırımlarının yıllık tutarının 140 milyar Euro'ya ulaşacağı öngörülmektedir.

Özetle Sanayi 4.0 süreçleri dinamik yapısından kaynaklanan zaman, kalite, fiyat, sağlamlık, çevre dostu olma, rekabet ve esnekliği artırma, talep zincirindeki arızaları ortadan kaldırma, gerçek zamanlı uçtan uca iletişim ile karar vermeyi en uygun hale getirme, verimlilik sağlama, enerji ve kişisel maliyetleri düşürme potansiyellerine de sahiptir.

Sağlık sektöründe de kullanılan Sanayi 4.0 ile gelişen teknolojilerle, doğru teşhisin, uygun tedavi yöntemlerinin ve müdahalenin daha hızlı bir şekilde gelişme göstermesi beklenmektedir. Gelişen teknolojilerle birlikte kişiye özel sağlık veri tabanı uygulaması ve sistemde gömülü algoritmaların kullanımıyla farklı hastalıklara yakalanma olasılığı önceden fark edilerek bireylerde hastalık semptomları görülmeden önce müdahale edilip gerekli önlemler alınabilecektir. Sağlık personelinin yönlendirilmesiyle kullanılan yapay zekâ ve algoritmalar, doğru teşhis ve tedavilerin uygulanmasını sağlayacak bu şekilde yanlış ya da eksik tanı, teşhis ve tedavinin önüne geçilecektir. Her hastaya özel ilaç kullanım düzeni ve miktarı ve kişisel ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak ilaç kullanımları en uygun biçimde düzenlenecek böylece hem yanlış ya da aşırı dozda ilaç kullanımının önüne geçilecek hem de gereksiz ilaç kullanımının önlenmesiyle ilaç ithalatına yapılan harcamalar azaltılabilecektir.

Ayrıca geliştirilen bu teknolojilerle birlikte sağlıkta çağımızın en önemli sorunlarından biri olan yaşlanan nüfusun sağlık hizmetlerine duydukları ihtiyaçları daha hızlı ve daha kaliteli olarak alabilmesi sağlanacak ve hastanın hastane dışında da gözetim altında tutularak gerekli müdahalelerin anında yapılmasına aynı zamanda kişiye özel tedavi planlarının geliştirilerek uygulanmasına katkı sağlanacaktır.

Akıllı cihaz ve giyilebilir teknolojilerin yaygın kullanımıyla hastaların sağlık durumları sağlık personelleri tarafından anlık olarak takip ve kontrol edilerek, belli oranda bir risk düzeyine ulaşmadan önce uzaktan ve erken müdahale olanağı elde edilmiş olacaktır. İnsanların yaşam süreleri ve kaliteleri artma eğiliminde olurken sağlık giderlerinde ise azalma yaşanacaktır. Dijital sağlığın yaygınlaşması neticesinde, kâğıda dayalı, hastane ve doktor odaklı olan süreçler değişim göstererek hasta odaklı duruma doğru geçiş sağlayacaktır.

Sisteme yeni dahil olan giyilebilir, yutulabilir ve cilt altına yerleştirilebilir teknolojiler, akıllı telefonlar ve kişisel bilgisayarlar hasta ve sağlıklı kişilerin sağlık kuruluşlarıyla iletişim kurmalarını sağlayacak ve bakımın sürekli bir hal almasına yardımcı olacaktır. Kolaylık sağlayan uygulamalar ile kronik bir rahatsızlığı bulunan hastanın doktoruyla görüntülü şekilde evinden görüşmesi, ilaç tedavisine uyması, egzersiz yapması ve sağlıklı beslenmesi cep telefonları yardımıyla bile kontrol edilebilecek, e-Reçete uygulamalarıyla ilaçlarını alabilecektir. Böylece hasta ve

sağlıklı bireylerin elektronik sağlık kayıtlarını kolaylıkla yanlarında taşıma imkanı oluşmuş olacaktır.

1.4.2 Sanayi 4.0 ve Sağlık 4.0'ın Dezavantajları

Sanayi 4.0 vasıtasıyla gelişen teknolojiler birçok konuda olumlu katkılar sağlamasına rağmen yeni olan her kavram gibi tehdit ve olumsuzlukları da beraberinde getirmiştir. Bu olumsuz durumlara örnek olarak veri güvenliği, büyük miktarlardaki verinin işlenememesi, kötü amaçlı yazılımlar, veri gizliliği ve mevcut sistemler ile entegrasyonun sağlanamaması gibi sorunlar gösterilebilir.

Veri güvenliğinin sağlanamaması en küçük açıta dahi büyük tehlikeler ve sorunlar oluşturabileceği için Sanayi 4.0'ın gelişimi ile birlikte ortaya çıkan sorunların en başında gelmektedir. Sanal saldırıların artmasıyla endüstriyel casusluğa ve güvenliğe karşı koruma sağlamak en fazla dikkat edilmesi gereken unsurlardan birisi haline gelmiştir. Bu sebeple verilerin korunması, çalışan ve müşteri bilgilerinin bir siber saldırısıyla elde edilmemesi için veri koruma ilkelerinin en başında oluşturulması ve protokollerle desteklenmesi gerekmektedir. Şayet veri ihlali sonucunda müşteri bilgileri saklanamazsa, bu durum müşterinin güveninin yok olmasıyla birlikte veri kaybına da sebep olur. Bu nedenle veri güvenliği yalnızca gizlilik veya fikri mülkiyet haklarının savunulması için değil şirketin faaliyetlerini sürdürebilmesi açısından da önemlidir ve teknoloji şirketlerinin çoğu bu bilgilerin gizliliğini ve güvenliğini sağlamak için siber güvenlik üzerine çalışmalar yapmaktadırlar. Sanayi 4.0, değer zinciri içinde yer alan cihazların birbirleriyle bağımsız iletişimi üzerine kurulu olduğu için büyük miktarlarda veri üreterek bu verileri daha otomatikleştirilmiş biçimde birbirine bağlı olarak izleme olanağı da sağlamaktadır. Dolayısıyla, akıllı şirketlerin bir siber saldırıya uğraması şirketin yalnızca bir kısmını değil, şirketin tamamını etkileyecektir. Bunun için, Sanayi 4.0'ın çalışabilirliği, güvenlik standartlarının ne kadar sağlam olduğuna bağlı olmakla birlikte veri güvenliğini basit hale getirmek ve kolaylaştırmak da önemlidir.

İnternet ortamı her iki saniyede bir virüsün üretildiği geniş bir alanı kapsamaktadır. Öyle ki günlük olarak binlerce kötü niyetli yazılım sisteme gönderilmektedir. Bu yüzden teknolojilerle birlikte gelişen virüslere karşı da gerekli önlemler alınmalıdır. Çünkü kullanılan sistem büyüdükçe ve sistemde yer alan

bilgisayarın kullanımı arttıkça veri güvenliği daha da zorlaşacaktır. Sisteme yapılan olası bir virüs saldırısının yaşanması tüm makinelere virüs bulaşma riskiyle karşı karşıya kalınmasını sağlayacaktır. Bu durum da akıllı fabrikaların üretim sürecini tahrip edebilir. Böyle durumlarda çoğu zaman sistemi kapatmak çözüm olarak görülür ancak bir fabrikada, bir işlemi bir saatten daha kısa bir süre dahi durdurmak, çok ciddi oranda finansal ve lojistik sorunlara neden olmakla birlikte bazı saldırıların sebebi fabrikalarda üretimi durdurmaya yönelik dahi olabilir.

Sanayi 4.0 ile birlikte gelişen teknolojiler kesintisiz veri kaydı yapmaktadır. Ancak bu kayıtların kesintisiz olarak yapılması büyük verinin depolanması ve ölçeklendirilmesi sorunlarını doğurabilir. Depolama ve veri işleme konularında önemli iyileştirmeler yapılması gerekmektedir. Günlük hayatımızda sağladığı kolaylıklar ile kişisel bilgilerimizi sürekli olarak kaydederek bilgilendirme yapan teknolojik ürünler kişisel bilgilerimizi içinde bulunduran gizli verilerin işletmelere satılması riskini de beraberinde getirmektedirler. Bu cihazların kablosuz bağlantılar ile akıllı bir cihaz ya da başka bir bilgisayara bilgi aktarması sırasında veri çalınması, sisteme müdahale edilerek sistemlerin kötü amaçlı kişiler tarafından engellenmesi riskleriyle de karşı karşıya kalınabilir.

Sanayi 4.0 ile gelişen teknolojilerde karşılaşılan sorunlardan bir diğeri ise entegrasyondur. Entegrasyon akıllı ürünün diğeri bir akıllı cihazla beraber çalışabilmesini ifade eder ve bazı cihazlar akıllı ürünlerin tamamının takibini desteklemeyebilir. Ortaya çıkan bu soruna çözüm olarak ise ürünlere web arayüzü konulması, kullanıcıya kendi şifresini oluşturma imkanı verilmesi ve Malware olarak tanımlanan kötü amaçlı yazılımlara karşı bilgisayar ve telefonların korunduğu gibi korumaların sağlanması önerilebilir.

Bir diğeri olumsuz etkisi ise gelişmiş teknolojileri içinde bulunduran bir değişim sürecini içinde bulundurmasından dolayı yüksek bilginin ve yüksek eğitimin bu devrimde büyük oranda gereksinim duyulan bir olgu olmasıdır. Bu nedenle toplumların daha gelişmiş ve bilgi temelli olmalarının sağlanması gerekmektedir. Bu durum gelişmiş ülkelerin Sanayi 4.0'a kolayca ayak uydurmasını sağlarken sanayi açısından şu an için ikinci ya da üçüncü sanayi aşamalarını bitirememiş ülkelerin ise olduğundan daha da geri de kalmalarının söz konusu olacağını göstermektedir. Ayrıca geliştirilen yeni teknolojilerin ilk aşamada kullanılabilmesi ve

uygulanabilmesi belli oranda maliyet gerektirmektedir. Bu yüzden olaya geniş bir açıdan bakıldığında küçük işletmeler bu gelişen teknolojileri maliyet açısından uygulama zorluğu yaşayabilmektedir.

Sanayi 4.0 sağlık alanında da bir takım sıkıntıların baş göstermesini sağlamıştır. En önemli sorunların başında ise hastalara ait kişisel bilgilere ulaşarak bu kişilere yönelik güvenlik sorunlarının yaşanmasıyla karşılaşılma durumu gelmektedir. Özellikle ilaç sektöründe bu kayıpların çok yüksek olacağı öngörülmektedir. Bu yüzden Sağlık 4.0 teknolojilerinin kullanılmasıyla birlikte yaşanan verimlilik artışı gibi konular incelenirken bu büyüklükteki kayıpların maliyetlerinin verimliliğe karşı etkilerine bakılmasına da ihtiyaç vardır. Hastalara ait bilgiler internet aracılığıyla belirli araçlar ya da sistemler üzerinde depolanabilmekte ve depolanan bu bilgiler bireyler hakkında önemli sağlık ve kişisel bilgileri içermektedir. Olası bir veri hırsızlığı ya da teknik problemler bireylere ait bu bilgilerin herkes tarafından erişilir hale gelmesine neden olabilmektedir. Sistem güvenliğinin yeterli düzeyde olmaması ve verilerin korunamaması, hem kullanılan araçlar hem de birey için tehdit oluşturabilecektir.

Sağlık 4.0 teknolojilerinin dezavantajlarından bir diğeri de, bireylerin sağlık durumları hakkında bilgi sahibi olabilmesinde ve sağlıklarıyla alakalı kararlar alabilmesinde yardımcı olan bilgisayar teknolojilerinin kullanım düzeyleri ile sağlık okuryazarlıklarının yeterli düzeyde olmaması sonucunda m-Sağlık, e-Sağlık ve tele-tıp gibi uygulamaları kullanmakta zorluk çekmesi, dijital sağlık teknolojilerini kullanamamaları bireylerin bu teknolojilerden yeterli düzeyde faydalanamamasına neden olacaktır.

Sağlık 4.0 teknolojilerinden faydalanmayı engelleyen diğer bir durum ise birey ve sağlık çalışanının bağlantısını sağlayacak internet ve teknoloji altyapısının yetersizliğidir. Bu yetersizlik sağlık çalışanı ve birey arasında etkileşimin gerçekleşmesine engel olarak dijital sağlık teknolojilerinin önemli bir özelliği olan uzaktan bağlantı sağlayarak sağlık hizmeti sunulmasına engel olabilmektedir.

Sonuç olarak teknolojinin hızla ilerlemesi insan hayatını kolaylaştırdığı gibi bazı hayati sorunları da ortaya çıkartabilmektedir. Bu yüzden bir teknolojiye sahip olmadan önce en etkin kullanım ve korunma yollarının bilinmesi gerekmektedir.

2. YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı bilimsel yayınların incelenerek Sanayi 4.0 sürecinde gelişim gösteren teknolojilerin sağlık sektöründe ne ölçüde yer edindiğini tespit etmek ve bu tespitleri haritalandırarak bundan sonra yürütülecek olan sektörel ve akademik araştırmalara katkı sağlamaktır. Bu kapsamda, sağlık alanında Sanayi 4.0 uygulamalarının ne şekilde kullanıldığı ise keşfedici bir araştırma formatında retrospektif olarak evrimsel bir perspektifle incelenmiştir. Araştırma sorusu; “Sanayi 4.0 ile birlikte öngörülen teknolojik devrimin sağlık alanına yansımaları nelerdir ve gelişim süreci nasıl evrilmiştir?” olarak belirlenmiştir. Bu amacı gerçekleştirmek için veriler bilimsel yayınlardan yararlanılarak elde edilmiştir. Çalışma sanayi alanında gelişme gösteren teknolojilerin sağlık alanına hangi alt başlıklarla girdiğini ve hangi fonksiyon alanlarıyla uyarlandığını göstermesi açısından önemlidir. Çalışmanın analizinde kantitatif ve kalitatif analizler birlikte yürütülmüş, kalitatif analiz literatür incelemesi ile kantitatif analiz ise bibliyometrik analizle gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan yöntem akışı şu şekildedir:

1. Kalitatif Analiz

- a. Veri tabanının seçilmesi,
- b. Tarama stratejisine karar verilmesi,
- c. Yayınların çalışmanın amacına uygunluğuna istinaden filtrelenmesi,
- d. Tam metin incelemelerinin gerçekleştirilmesi,
- e. Raporlama

2. Kantitatif Analiz

- a. Veri tabanının seçilmesi,
- b. Tarama stratejisine karar verilmesi,
- c. Verilerin araştırma için hazırlanması,
- d. Bibliyometrik analizlerin gerçekleştirilerek verinin görselleştirilmesi,

e. Raporlama

Bahsedilen yöntem akışı aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

2.1 Veri Tabanı Seçimi

Yapılan çalışma keşfedici bir çalışma olduğundan dolayı ilk olarak verilerin toplanacağı veri tabanına karar verilmesi gerekmektedir. Çünkü çok farklı alanlarda çeşitli kapsam ve veri setlerine sahip birçok akademik veri tabanı bulunmaktadır. Bu veri tabanlarının kapsamı ülkelerin ulusal yayınlarından, sadece belli disiplinlere özgü yayınların derlenmesine kadar farklılık gösterebilmektedir. Bu yüzden literatür incelemesi sonucunda Web of Science, Scopus, Pubmed ve Google Akademik gibi bir çok bilimsel yayının yer aldığı veri tabanları gözlenmiştir. Ancak hem Scopus hem de WoS veritabanlarının oldukça kapsamlı olması ve analize uygun düzenlenmiş veri setlerine kolay erişim imkanı sunmaları yapılan araştırmalarda bu veritabanlarının sıklıkla kullanılmasını sağlamıştır. PUBMED ise sağlık odaklı yayınları içermesi açısından bu çalışmada değerlendirilmiştir. Yürütülen çalışmada hem kalitatif hem de kantitatif yaklaşımlardan yararlanılacağı ve bulgular veriye dayalı olduğu için hem içerik olarak hem de metaveri olarak güçlü veri tabanlarından yararlanılmaya çalışılmıştır.

PubMed veri tabanı metaverisi bibliyometrik analizler için daha zayıf olması nedeniyle kalitatif analiz ile makalelerin incelenmesine karar verilmiştir. Kantitatif analizde ise geniş kapsamlı ve yarı yapılandırılmış veriyle çalışma avantajı sağlayabilen WoS veri tabanının kullanılmasına karar verilmiştir. Ayrıca analizlerin gerçekleştirilmesinde veri tabanının kapsamı kadar indirilebilir veri miktarı ve metaverisinin içeriğinin de güçlü olması önemli olarak görüldüğünden WoS veritabanının tercih edilmesinin daha uygun olacağı düşünülmüştür. WoS veritabanının kapsamının mühendislik ağırlıklı olması da Sanayi 4.0-sağlık kesişiminin gözlenmesinde önemli olacağı değerlendirilmiştir.

2.2 Verilerin Elde Edilmesi

Bu çalışmada yayınlara erişilebilmesi için PubMed ve WoS için eş zamanlı yürütülen iki veri toplama stratejisi tercih edilmiş ve bu veri tabanlarından verinin elde edilmesi için Şekil 6'da gösterildiği gibi iki ayrı akış benimsenmiştir.



Şekil 6: Verilerin Elde Edilmesi Süreci

Şekil 6'da görüldüğü üzere çalışmada eş zamanlı iki süreç yürütülmüş, bu süreçler aracılığıyla kelimesel tarama stratejisine karar verilmiştir. Araştırmada elde edilen bulguların aktarımı ise bu doğrultuda yapılmıştır.

2.2.1 PubMed Veri Tabanı

MEDLINE (Medical Literature Analysis and Retrieval System) veri tabanı, günümüzden 1950 yılına değin olan dergi ve gazete makalelerine yapılan atıflara özgü bibliyografik bir veri tabanını ifade etmektedir. MEDLINE, 80'den fazla ülkede, 39 dilde tıp, beslenme, hemşirelik, kimya, diş hekimliği, farmakoloji, klinik tıp, veterinerlik ve biyomedikal araştırmaları içinde bulunduran 5,516'dan fazla uluslararası yayını içermektedir (Mosa & Yoo, 2013: 2).

PubMed ise 1950 yılından günümüze kadar MEDLINE ve diğer kaynaklardan, sağlık ve tıp alanındaki dergilerden konu taraması yapma fırsatı sunan ve en yoğun şekilde kullanılan serbest erişim sağlayan bibliyografik sağlık veri tabanı olarak

tanımlanmaktadır (Lu, 2011). Ulusal Tıp Kütüphanesi (National Library of Medicine-NLM)'nin bir bilgi erişim hizmeti olan PubMed, NLM bünyesinde bulunan Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi (National Center for Biotechnology Information-NCBI) tarafından geliştirilerek Ocak 1996'da NCBI'nin Entrez erişim sistemi üzerinden MEDLINE veri tabanına tam erişimin sağlanmasıyla deneme yayınına başlamıştır. 26 Haziran 1997'de ise Capitol Hill Press konferansında PubMed üzerinden MEDLINE veri tabanına ücretsiz olarak erişimin yapılabileceği resmi olarak açıklanmıştır. Oldukça kısa bir zamanda büyük ilerlemeler yaşanmasını sağlayan PubMed yayın hayatının ilk zamanlarında MeSH (Tıbbi Konu Başlığı) diye adlandırılan kontrollü sözcük dağarcığını da sisteme katarak tarama yapmada kolaylık sağlayan uygulamaları başlatmış ve veri tabanının kullanılabilirliğini artırarak kullanıcıların tıp literatürüne erişiminde anahtar rol üstlenmiştir (Coletti & Bleich, 2001: 319). 2000 yılında ise beta sürümü yayınlanarak LinkOut gibi hizmetler ile makalelere tam metin erişimi sağlayan bağlantılar oluşturulmuştur (Canese, 2006). PubMed, ücretsiz bir kaynak olmakla birlikte, bilimsel her hangi bir makalenin tamamına PubMed kullanılarak, yazarların da izin vermesi halinde kolayca erişim sağlanıp araştırmak istenilen konuya yönelik kaynaklara ulaşılma olanağı sunmaktadır. Günümüzde hızlı gelişmeye devam eden PubMed boyut olarak elektronik kitaplar, yaşam bilimleri dergileri ve MEDLINE veri tabanından oluşan 20 milyondan fazla bibliyografik kaydı bünyesinde bulundurmaktadır (Binici, 2011).

Bu nedenle tez çalışmamızda Sanayi 4.0 ile birlikte ilerleme gösteren bileşenlerin Sağlık 4.0 alanına yansımaları sonucunda ortaya çıkan gelişim sürecine yönelik bilimsel yayınları kalitatif olarak inceleyebilmek amacıyla sağlık konulu yayınları içeren PubMed veri tabanı veri kaynağı olarak kullanılmıştır.

İçerik analizi yapılırken analiz sonuçlarının doğru olmasında veri kaynağının çalışmanın amacı ile uyumlu olması gerekmektedir (Huang vd., 2015: 2006). Bu yüzden bu çalışmada ilk olarak Sanayi 4.0 ve bileşenlerinin teknolojik olarak Sağlık 4.0 sürecine nasıl yansıdığıyla ilgili literatür taraması yapıldıktan sonra elde edilen bilgiler dahilinde anahtar kelimeler seçilmiştir. PubMed'de yapılan bu incelemelerin kapsamı, makale türü olarak "Dergi Makaleleri", yıl olarak "Son 10 Yıl (2010-2020)", dil olarak "İngilizce", metin kullanılabilirliği ise "Özet" seçilerek sınırlandırılmıştır. Kapsama alınacak yayınlara ilişkin anahtar kelimelerin taranması

için “OR” mantık operatörü kullanılmış, indirme işlemi ise tam metin formatında yapılmıştır. Yayınların tarama işlemi ise 26-29 Şubat 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

2.2.2 Web of Science Veri Tabanı

WoS resmi olarak 2004 yılında, internet aracılığı ile erişilebilen atıf endekslerini kullanmak için Thomson Scientific tarafından kurulmuştur. WoS araştırma yapılan konuyla bağlantılı olan araştırmaları bulmak için sosyal bilimler, bilim ve teknoloji, sanat ve beşeri bilimler gibi alanlarda 45’in üzerinde farklı dil seçeneğiyle 9,200’ün üzerinde dergiyi içerisinde bulundurarak geniş ölçekli bir tarama yapma fırsatı sunmaktadır. WoS’u ihtiyaç duyulan bilgilerin aranarak bulunmasını sağlamada, çalışmacıya kılavuzluk eden bir keşif aracı olarak tanımlamak mümkündür. Aynı zamanda WoS veri tabanı kullanıcılarının aramaları hızlı ve sorunsuz olarak yüksek kalitede yapabilmelerini sağlar. Taramalar anahtar kelimeler yardımıyla başlık, konu, yazar, kaynak adı, özet, yayın tarihi veya kategori gibi kıstaslara dayalı olarak çalışmanın amacına göre yapılabilmektedir. Taramayı yayının orijinal dili, doküman türü veya zaman aralığı ile sınırlandırabilme olanağı da söz konusudur. Ayrıca kullanılan anahtar kelimeler OR, AND veya NOT mantık operatörleriyle kümeler arasında ilişkilendirilebilme olanağı sunar.

WoS yaygın olarak kullanılan bir veri tabanı olmasının yanında güçlü metaverisi ve veri indirme kolaylığı sağlaması açısından çok tercih edilen kaynak olarak gösterilebilir. Çalışmamızda elde edeceğimiz veri seti ve görseller ile hem sağlık alanındaki kavramsal odakları hem de bunların kavramsal gelişim ve ilişki ağlarının kolayca izleneceği bir sürecin ortaya koyulması amaçlanmıştır. Bu nedenle çalışmada anahtar kelimeleri belirlerken ve veri toplama stratejisini belirlerken literatürde daha önce Sanayi 4.0 ile ilgili bibliyometrik analiz yapan 8 makale incelenmiş ve bu çalışmalarda kullanılan anahtar kelimeler ve tarama stratejileri dikkate alınmıştır. Ek 1’de bu makalelerin kapsamından ve Sanayi 4.0 ile ilgili yapmış oldukları araştırmalar ile ulaşılmış oldukları sonuçlardan kısaca bahsedilmiştir.

Yapılan literatür taraması sonucunda Sanayi 4.0 için yapılan bibliyometrik analizlerin çeşitli amaçlar ile farklı ölçeklerde ve farklı anahtar kelimeler kullanılarak yapıldığı görülmektedir. Ancak Sanayi 4.0’ı sağlıkla birlikte ele alan bibliyometrik

bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu yüzden çalışmamızda Sağlık 4.0 alanının entelektüel yapısının kavramsal ilişki ağı ve dönemlere bağlı olarak ortaya konulması temel hedef olduğundan elde edilen yayınların özetlerinde yer alan anahtar kelimeler kullanılarak analizler yürütülmüş ve çalışmada analiz edilen makaleler "Industrie 4.0" OR "Industry 4.0" OR "Fourth Industrial Revolution" OR "4th Industrial Revolution" OR "Health 4.0" OR "Healthcare 4.0" OR "Care 4.0" OR "Healthcare Industry 4.0" OR "Surgery 4.0" anahtar kelimeleriyle "OR" mantık operatörü kullanılarak taratılmıştır. Veri tabanı Web of Science Core Collection olarak seçilmiş ve tarama 30.06.2020 tarihinde yapılmış ve taramada 1975-2020 yılları arasındaki zaman aralığı dikkate alınmıştır. Bütün diller ve bütün belgeler ile dil ve belge sınırlaması olmadan tarama yapılması uygun görülmüştür. Ayrıca WoS'ta alan etiketleri kısmında bulunan Web of Science Category (WC)'sinden sağlık alanıyla ilgili olan kategoriler OR mantık operatörüyle bağlanarak elde edilen sağlık verileriyle, Konu (Topic-TS) olarak oluşturulan sanayi ve sağlık kümesinin AND bağlacıyla bağlanmasıyla araştırma kapsamı oluşturulmuştur.

2.3 Verilerin Düzenlenmesi

Verilerin elde edilmesinden hemen sonra verilerin düzenlenmesi aşamasına geçilmekte ve analiz yapılmadan önce veri üzerinde yapılması planlanan son hazırlıklar gerçekleştirilmektedir. Çünkü analiz etmek için bilgisayar ortamına indirilen verilerin bir kısmı çoğunlukla hatalı veya duplike olabilmektedir. Bu yüzden veriler indirildikten daha sonra üzerinde belli başlı düzeltmelerin yapılması gerekmektedir (Van Raan, 2003: 26). Örnek olarak ise aynı anlama gelen farklı kelimelerin kullanılması veya aynı kelimelerin kısaltmalarının da farklı bir kelime gibi algılanması verilebilir. Bu yüzden doğru verilerin elde edilmesi için bibliyometrik analizler yapılmadan önce elde edilen verilerde bir ön işlemin uygulanarak verilerin revize edilmesi gerekmektedir (Ahmi, Elbardan, & Raja Mohd Ali, 2019). Bu hataların büyük bir kısmı analiz edilen öğelerin yeterince düzenli olmaması veya veri kaynağından kaynaklı hatalardan oluştuğu için verilerin düzenlenmesinde veri tekrarlarının giderilerek, yanlış yazımların düzeltilmesi ve farklı yazılan kelimelerin tek şekilde yazılması gibi düzenlemelerle ortaya çıkabilecek hatalar en aza indirilmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda bibliyometrik

analiz için kullanılacak verilere ön analiz kapsamında küçük-büyük harf değişimi gerçekleştirilmiş ve eklerden arındırılmıştır (lemmatization ve stemming).

2.4 Veri Analizi Aşaması

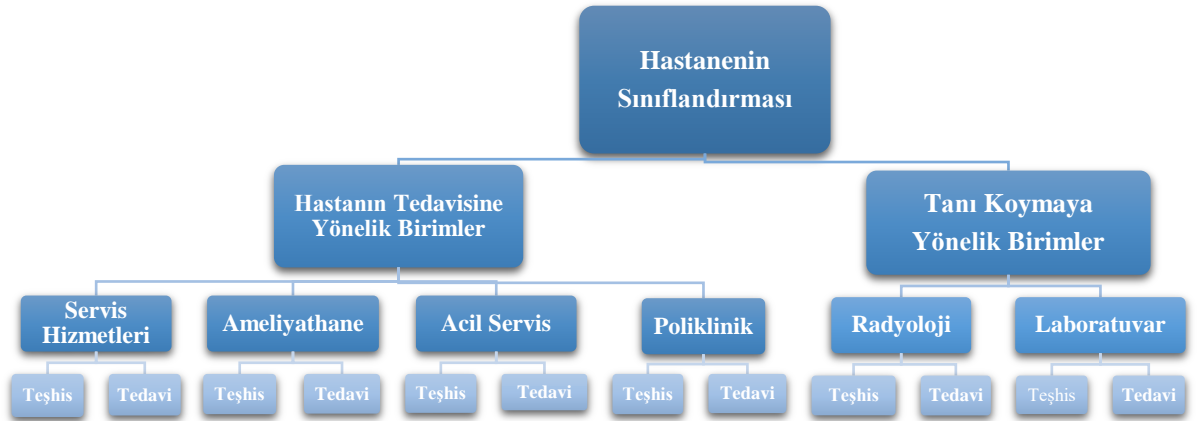
2.4.1 İçerik Analizi

İçerik analizi, toplanan sözel veya yazılı verilerin önce belirli bir problem ya da amaç bakımından sınıflandırılarak özetlenmesini daha sonra da ortaya çıkan kavramlara göre mantıklı bir şekilde düzenlenmesini içermektedir. Böylece veriyi oluşturan kümeden belirli bir anlam çıkarılarak elde edilen verilerin belirli kategorilere ayrılması sağlanabilmektedir (Kaya, Fışkın, & Nas, 2013: 127). İçerik analizi, temelde nitel verilerin bir sistematik dahilinde sayısal bulgulara dönüştürülmesini sağlama sürecini de ifade etmektedir.

İçerik analizi ilk başlarda gazete ve dergilerdeki metinsel yazıları, reklamları, politik konuşmaları, halk hikâyelerini ve bilmeceleri analiz etmek için kullanılmıştır (Harwood & Garry, 2003). Ancak psikoloji, sosyoloji, tarih, edebiyat, gazetecilik, siyasal bilimler gibi değişik alanlarda da kullanılabilen bir araştırma yöntemidir. Ayrıca sözel veya yazılı malzeme içeriğindeki eğilimleri tasvir etmek, öğrenmenin nitelik, nicelik ve bilgi düzeyi gelişimini izlemek, kişilerin, grupların psikolojik durumlarını, yeteneklerini, tutumlarını, ilgilerini, değerlerini, kültürünü tespit etmek veya yapılan çalışmaların incelenen alanın gelişimine ne gibi katkılarının olduğunu ortaya koymak gibi amaçlar doğrultusunda da uygulanabilir. Çünkü içerik analizi, verilerden doğrudan görülemeyen, ancak kavramsal kodlama ve sınıflama yoluyla temaların bulunmasını ve bu temalar arası anlamlı ilişkilerin ortaya çıkarılmasını sağladığı için araştırmacılara araştırdıkları konu hakkında kolaylık sağlamaktadır (Kaya vd., 2013: 128).

Tezin amacına uygun olarak PubMed veri tabanından elde edilen yayınlarda yapılan uygulamalar, incelenen yayınlarda belirtilen amaçları ve önerilen uygulamaların işlevleri arasındaki ilişkiler dikkate alınmış ve uzun yıllar sağlık yönetimi alanında profesyonel tecrübeye sahip bir uzman görüşüne başvurularak hastane sınıflandırma kategorizasyonuna göre makaleler sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmada hastane, hastanın doğrudan tedavisine yönelik kısımlar ve tanı

koymaya yönelik alanlar olmak üzere iki şekilde incelemiştir. Hastanın tedavisine yönelik kısımlar, servis hizmetleri (yataklı servis), ameliyathane, poliklinik (ayaktan hasta hizmetleri) olmak üzere dört alt başlık altında incelenirken, tanı koymaya yönelik alanlar radyoloji (görüntüleme) ve laboratuvar (biyokimya, mikrobiyoloji) olmak üzere iki alt başlık altında incelenmiştir. Daha sonra ise hastanın tedavisine yönelik kısımlar ve tanı koymaya yönelik alanların hepsi tek tek teşhis ve tedaviye yönelik uygulamalar alt başlığıyla Şekil 7’de gösterildiği üzere sınıflandırılmıştır.



Şekil 7: Hastane Sınıflandırması

Şekil 7’de belirtilen hastanın tedavisine yönelik birimler ile tanı koymaya yönelik birimlerin tanımlarından ise aşağıda kısaca bahsedilmiştir:

Servis Hizmetleri: Klinik hizmetleri olarak da bilinmektedir. Belli disiplinlere ait ileri araştırmaların, yatarak tedavilerin yapıldığı hastane bölümleridir. Türkiye’de birçok anabilim ve bilim dallarının klinikleri vardır. Örneğin Kardiyoloji Kliniği, Psikiyatri Kliniği gibi birçok servis mevcuttur. Kliniklerde çoğunlukla sorumlu asistan doktorlar, hemşireler, hasta bakıcılar, üniversite hastanelerinde ayrıca intörn doktorlar 7 gün 24 saat çalışırken mesai saatlerinde ise sorumlu uzman hekim ve birden fazla asistan ve intörn doktorlar hizmet vermektedir.

Ameliyathane: Sağlık profesyonellerinin görüşleri dahilinde cerrahi işlemlerin hastane içinde yer alan steril ve geniş ortamda gerçekleştirildiği odalar olarak tanımlanmaktadır. Ameliyathaneler, çoğunlukla tepegöz cerrahi ışıklarıyla iyi bir şekilde aydınlatılan ayrıca izleme ekranları ile monitörlere sahip olan ortamlardır. Çoğunlukla penceresiz olan ameliyathaneler kontrollü nem ve sıcaklık değerlerine

aynı zamanda da elektrik desteğine sahip olduğu için, elektrik kesintisi olduğu zamanlarda yedekleme sistemleri devreye girmektedir.

Acil Servis: Hastane ya da diğer sağlık kuruluşlarına ulaşımın kolayca sağlanabildiği bölgelerde kurulu olan ve acil sağlık hizmetine ihtiyaç duyulduğunda hastalara bu hizmeti sunan birimlerdir. Acil servis bölümünde sağlık durumu randevu sistemini bekleyemeyecek kadar ciddi olan trafik kazası, yaralanma, kalp krizi, yanık gibi hastalıklara ilk müdahaleler yapılır. Bu servislerde pratisyen hekimler, hemşireler, acil tıp uzman doktorları ya da diğer uzman doktorlar, ambulans ve acil tıp teknisyenleri gibi sağlık çalışanları görev yapmaktadır.

Poliklinik: Hastaneye gelen hastaların ayakta muayene, tetkik, teşhis ve tedavi hizmetlerinin yapıldığı ve hastaların yataklı tedavi kurumlarında ilk müracaatının alındığı üniteleridir. Bu sağlık hizmetinde doktor hastaya tedavi hizmetleri, teşhis testleri ve küçük cerrahi prosedürler sunmaktadır. Örneğin Dahiliye Polikliniği, Cildiye Polikliniği, Göğüs Hastalıkları Polikliniği, Kadın Doğum Polikliniği gibi bir çok poliklinik mevcuttur.

Radyoloji: Hastalıkları teşhis etmek için vücut içi görüntülerinin elde edilerek yorumlandığı ve hastalıkların tanı ve tedavisinde bu görüntüleme teknolojilerini kullanan tıbbi bir uzmanlık alanıdır ve ışın bilimi olarak da adlandırılmaktadır. Sağlık sektörünün hemen hemen her alanında radyolojik muayene yapılır. Çünkü radyolojide çekilen röntgen filmleri, hastalıkların tanısını yapmada epeyce önemlidir. Öyle ki bazı durumlarda yalnızca röntgen filmleri ile bile kesin tanı konulabilmektedir. Radyolojide teşhis ve tedavi amacı ile ultrason, BT, MR, Mamografi, Pozitron Emisyon Tomografi (PET) taraması gibi farklı görüntüleme yöntemlerinden yararlanır. Bu yöntemlerin teşhis amacı ile kullanımıyla elde edilen görüntülerden hastalıkların tespit edilmesinde yararlanılırken, tedavi amacı ile kullanıldığında ise cerrahi müdahalelerin bazılarının görüntüleme yöntemleri ile daha az zararla yapılması sağlanmaktadır.

Laboratuvar: Deneylemlerin, ölçümlerin ve bilimsel araştırmaların kontrollü olarak yapılabilmesini ve ölçümlerinin geliştirilmesini sağlayan birimdir. Hastalığın teşhisi, tedavisi ve önlenmesine yönelik bilgi sağlama ya da bir bireyin sağlık durumunu incelemek amacı ile insan vücudundan alınan parçalarla ilgili olarak biyolojik, kimyasal, hematolojik, patolojik gibi analizleri yapabilen aynı zamanda

sonuçların yorumlanmasıyla tüm laboratuvar araştırmalarını içine alarak konsültasyon hizmeti sağlayan bir birimdir. Laboratuvarda yapılan analizler, ayrıca ölçme, anlama ya da çeşitli maddelerin veya mikroorganizmaların yokluğunu ya da varlığını açıklamaya yardımcı olan işlemlerdir.

2.4.2 Bibliyometrik Analiz ve Görselleştirme

Bibliyometri, teriminin kavramsal olarak kullanılması ve yaygınlaşması yaklaşık olarak 1970 yıllarına tekabül etse de ilk uygulamaları 1900 yıllarına dayanan epeyce eski bir yöntemdir. 1970 yıllarından bugüne kadar yönetimin ve bilginin her sektörde önemli bir hal alması, bilimsel bilginin değerlendirilme sürecinde oldukça önemli bir araç olan bibliyometrinin daha sık başvurulan bir yöntem olmasına katkıda bulunmuştur. Bu doğrultuda Pritchard (1969), bibliyometri terimini istatistiksel ve matematiksel yöntemlerin kitaplar veya diğer iletişim ortamlarına uygulanması olarak ifade etmektedir (Pritchard, 1969: 348). Bibliyometrik analiz bilimsel yayınların veya belgelerin yazar sayısı, yapılan atıflar, yayımlandığı dergi, sayfa sayısı, konu gibi birincil seviye analizlerinin ve bu bilgilerden faydalanılarak matrisler oluşturulmasını içeren ikincil seviye analizlerin istatistikler ve nicel analizler yoluyla incelenmesini sağlamaktadır (Porter & Cunningham, 2004: 136). Ayrıca Bibliyometrik araştırmalar, belgelerin ya da yayınların içeriklerinin belirli özelliklerinin analiz edilmesi ve bilimsel iletişime ilişkin çeşitli bulguların elde edilmesi esasına dayanmaktadır (Polat vd., 2019).

Bibliyometrik incelemelerde yayınların veya belgelerin bir takım özelliklerinin çözümlenebilmesi için örneğin, belli yıllar arasında yayımlanan makale sayısının belirlenmesi gibi tanımlayıcı nitelikte veya yayımlanan makalenin kendisinden sonra yapılan araştırmalara nasıl etki ettiğinin analiz edilmesini sağlayan atıf analizine başvurulması gibi değerlendirici nitelikte bir takım bilgiler dikkate edilmektedir (McBurney & Novak, 2002). Bibliyometrik olarak yapılan çalışmalarda herhangi bir konu hakkında en verimli olan araştırmacılar tespit edilirken ayrıca bunlar arasında bulunan ilişkilerin boyutlarının da analizi sağlanmaktadır. Bibliyometrik çalışmalar, bilimsel yayınların etkinliğini açıkça ortaya koyduğundan, söz konusu literatürün ya da yayının kullanım durumu hakkında araştırmacının fikir sahibi olmasını sağlayacaktır (Doğan vd., 2008: 394; Polat vd., 2013: 275). Koehler

(2001), bibliyometrik analizle ilgilenen kişilerin genel olarak yaptıkları analizleri dört gruba ayırmış ve yazarların analiz yaparken bunlara odaklandığını belirtmiştir (Koehler, 2001). Bu grupları; (1) Atıf analizine odaklananlar, (2) Ortak atıf (co-citation) analiziyle ilgilenenler, (3) Kurumların, ülkelerin veya bireylerin verimliliğine odaklananlar, (4) Patent, makale, kitap gibi bilgi ürünleriyle ilgili olan çalışmalara odaklananlar olarak sınıflandırmıştır.

Çalışmamızda Sanayi 4.0 gelişimi ve bileşenlerinin sağlık alanına etkisi kavramsal bir boyutta incelendiği için temel analiz ögesi olarak anahtar kelime kullanımı seçilmiştir. Bu yüzden çalışmanın hem tematik analizi için hem de dönemsel analizi için eş-kelime analizinden yararlanılmıştır. Eş-kelime analizi ilk defa Callon, Courtial, Turner, ve Bauin (1983)'in çalışmasıyla ortaya çıkmış ve problematik ağların gelişim sürecinin yayınlar üzerinden incelemelerinin sağlanmasıyla geliştirilerek günümüzde pek çok farklı çalışma alanında yaygın olarak kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Bu nedenle eş bulunma analizlerinin anahtar kelimelerle gerçekleştirilmesinin sağlanması eş-kelime analizi olarak tanımlanmaktadır. Eş-kelime analizi, metinlerin genel özelliklerini ortaya koyan anahtar kelimelerin bir arada ve bir yayında beraber bulunma durumuyla ilişkilendirilmesi dahilinde gerçekleştirilmektedir. Bu durum kavramlar arasındaki bağlantı kuvvetini ortaya koymasının yanı sıra alanın bütününe ilişkin bir bağlantı ağı oluşturulmasına da katkı sağlar. Bu nedenle eş-kelime analiziyle, çalışma konularındaki ilişki modellerini tanımlamak ve alandaki araştırma odaklarını belirlemek mümkündür. Bu yüzden çalışmamızda alanın kavramsal gelişimini anlamak, kavramlar arasındaki ilişkileri ve alandaki çalışma kümelerini belirlemek amacıyla eş-kelime analizine başvurulmuştur.

Elde edilen bibliyometrik sonuçların haritalama işlemi için ise VosViewer (Version 1.6.15) görselleştirme yazılımı kullanılmıştır. Nees Jan Van Eck tarafından geliştirilen VOSviewer, veriler arasında bir ilişki kurulmasını ve bu ilişkilerin gösterilmesini sağlamaktadır. VOSviewer programı Java tabanlı olarak çalışmakta ve bibliyometrik ağların analizinde kullanılmaktadır. VOSviewer kümeleme tabanlı çalıştığı için verilerin analiz edilmesini daha kolay bir hale getirmektedir. Bu yüzden çalışmada ücretsiz ve kolay kullanıma sahip olan VosViewer görselleştirme yazılımının kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmüştür.

3. BULGULAR

3.1 Nitel (Kalitatif) Araştırma Bulguları

PubMed veri tabanında tarama “Industry 4.0” OR “Health 4.0” OR “Smart Manufacturing” anahtar kelimeleriyle yapılmış ve makale türü olarak “Dergi Makaleleri”, yıl olarak “Son 10 Yıl (2010-2020)”, dil olarak “İngilizce”, metin kullanılabilirliği ise “Özet” seçilerek sınırlandırılmıştır. Konu dahilinde elde edilen makale sayısı ise 181’dir. Ancak ulaşılan makalelerin tam metinleri indirildikten sonra yapılan incelemeler yazarların makalelerinde işledikleri konular dahilinde yapılan hastane sınıflandırması dikkate alınarak sınıflandırılmış ve bu makalelerin 125’nin konuyla ve yaptığımız sınıflandırmayla bir ilgisi olmadığına karar verilmiş ve geriye kalan 56 makalenin ise konu kapsamına dahil edilmesiyle birlikte çalışma 56 makale üzerinden yapılmıştır.

Tam metin araştırmalarında yer alan önemli çalışmalardan yola çıkarak çalışmaya dahil olan 56 yayını ise sağlık alanındaki kullanım alanlarına göre sınıflandırmanın incelenen makaleleri anlamlandırma konusunda daha net bir görüş sunacağı düşünülmüştür. Bu yüzden incelenen makalelerin içeriklerinin dikkate alınmasıyla ve uzman görüşüne başvurulması sonucunda yöntem kısmında yer alan Şekil 7 ile ifade ettiğimiz Hastane Sınıflandırması şekli oluşturulmuştur. Bu bölümde ise Hastane Sınıflandırılması sonucunda oluşan ve Hastanın Tedavisine Yönelik olan dört birim (Servis Hizmetleri, Ameliyathane, Acil Servis ve Poliklinik) dört farklı tabloyla ayrıntılarıyla aktarılmış, Tanı Koymaya Yönelik oluşturulan iki birim (Radyoloji ve Laboratuvar) ise iki farklı tablo ile aktarılmış ve tablonun genel sonuçlarına Ek 2’de yer verilmiştir.

Oluşturulan bu tabloların sınıflandırılarak aktarılmasının esas amacı ise bu alanda çalışma yapmak isteyen araştırmacılara kaynak oluşturmaktır. Bu nedenle ilk olarak Tablo 2’de PubMed’den elde edilen veriler dahilinde sınıflandırılan ve Hastanın Tedavisine Yönelik olan Servis Hizmetleri birimine yer verilmiştir.

		Teşhise Yönelik Yapılan Çalışmalar	Tedavi Yönelik Yapılan Çalışmalar
Hastanın Tedavisine Yönelik Birimler	Servis Hizmetleri (Yataklı Servis)	1. Assessment of Noise Pollution in and Around A Sensitive Zone in North India and Its Non-Auditory Impacts (Khairwal vd., 2016).	1. Implications of the Minimal Clinically Important Difference for Health-Related Quality-of-Life Outcomes: A Comparison of Sample Size Requirements for an Incontinence Treatment Trial (Halme vd., 2015). 2. Development of a Wireless Mesh Sensing System with High-Sensitivity LiNbO3 Vibration Sensors for Robotic Arm Monitoring (Du vd., 2019). 3. Morphology Development in Solution-Processed Functional Organic Blend Films: An In Situ Viewpoint (Richter vd., 2017). 4. Health Related Quality of Life of Patients and Their Caregivers In Rare Diseases Results of the Burqol-Rd Project In Hungary (Péntek vd., 2014). 5. Introducing Care 4.0: An Integrated Care Paradigm Built on Industry 4.0 Capabilities (Chute & French, 2019). 6. Securing the Continuity of Medical Competence in Times of Demographic Change: A Proposal (Hasebrook vd., 2016).

Tablo 2: Servis Hizmetleri Birimine Yönelik Yapılan Hastane Sınıflandırması

Tablo 2’de yer alan ve hastanın tedavisine yönelik olan Servis Hizmetleri birimi için PubMed’den elde edilen veriler dahilinde yapılan sınıflandırmada teşhise yönelik 1 uygulama, tedaviye yönelik ise 6 uygulama elde edilmiştir. Servis hizmetleri için geliştirilen bu uygulamalar gelişmiş sağlık ve bakım politikası geliştirerek geleneksel bir tıbbi modelden, birlikte yönetilen ve entegre bir yaklaşım benimsemeye yönelik çalışmaları içermekle birlikte dijital sağlık ve bakım girişimlerinin sağlık hizmeti sunumunu optimize etmesinde Sanayi 4.0 teknoloji bileşenlerinin kullanılmasını sağlamaya yönelik çalışmalara odaklanılmıştır.

Örneğin Chute ve French (2019), “Introducing Care 4.0: An Integrated Care Paradigm Built on Industry 4.0 Capabilities” başlıklı çalışmalarında, ortak tasarlanan bir bakım aracılığıyla, Sanayi 4.0 teknolojileriyle bakım için daha hasta merkezli bir uygulama geliştirmeyi amaçlarken insanların dijital sağlık ve bakım hizmetlerinin şeklini değiştirebilecek, güvenilir, entegre edilebilen kuruluş, insan ve teknoloji ağlarına odaklanan yeni bir paradigma olan 'Bakım 4.0'ı tanıtmayı amaçlamıştır. Bu teknolojik ağlar ve araçlar, insanların kendi bakım çevreleri ve toplulukları bağlamında kendi varlıklarını yönetmelerine ve kullanmalarına yardımcı olacaktır.

Bakım ihtiyaçlarına ve isteklerine daha duyarlı kişiselleştirilmiş hizmetler sunarak, elde edilen sonuçlarla anlamlı katılım ve etkileşimleri destekleyen daha esnek ve sürdürülebilir bir dizi entegre sağlık ve sosyal bakım hizmetleri yaratan önleyici yaklaşımlar geliştirilmesini sağlayacaktır. Bu nedenle bu çalışma süresince, her uygulama örneğine, önemli Sanayi 4.0 yeteneklerini ve söz konusu örnek için bir tür hizmet modelini nasıl etkileyebileceklerini vurgulayan, bir özet tablo (Astım bakımına uygulanan Sanayi 4.0 araç seti ve güven modeli karşılaştırması) eşlik etmiştir (Chute & French, 2019).

İkinci olarak ise Tablo 3'te PubMed'den elde edilen veriler dahilinde sınıflandırılan ve Hastanın Tedavisine Yönelik olan Acil Servis birimine yer verilmiştir.

		Teşhise Yönelik Yapılan Çalışmalar	Tedaviye Yönelik Yapılan Çalışmalar
Hastanın Tedavisine Yönelik Birimler	Acil Servis	1. Utilizing Health Analytics in Improving the Performance of Healthcare Services: A Case Study on a Tertiary Care Hospital (Khalifa & Zabani, 2016).	1. Linear Temporal Logic (LTL) Based Monitoring of Smart Manufacturing Systems (Heddy vd., 2015).

Tablo 3: Acil Servise Yönelik Yapılan Hastane Sınıflandırması

Tablo 3'te yer alan ve hastanın tedavisine yönelik olan Acil Servis birimi için PubMed'den elde edilen verilerle yapılan sınıflandırmada teşhise yönelik 1 uygulama, tedaviye yönelik ise 1 uygulama elde edilmiştir. Bu yüzden hastanın tedavisine yönelik birimlerde en az uygulamanın acil servise yönelik olarak yapıldığı görülmektedir. Üçüncü olaraksa Tablo 4'te PubMed verileri dahilinde sınıflandırılan ve Hastanın Tedavisine Yönelik olan Ameliyathane birimine yer verilmiştir.

		Teşhise Yönelik Yapılan Çalışmalar	Tedaviye Yönelik Yapılan Çalışmalar
Hastanın Tedavisine Yönelik Birimler	Ameliyathane	1. In-Mold Sensors for Injection Molding: On the Way to Industry 4.0 (Ageyeva, Horváth, & Kovács, 2019).	1. Surgery 4.0: the natural culmination of the industrial revolution? (Feußner & Park, 2017). 2. New Directions for Artificial Cells Using Prototyped Biosystems (Friddin vd., 2019) 3.3D Printed Functional and Biological Materials on Moving Freeform Surfaces (Zhu vd., 2018a) 4.The Quality of Life of Patients Treated With Robotic Versus Traditional Surgery Results From An Italian Observational Multicenter Study (Turchetti vd., 2014)

Tablo 4: Ameliyathaneye Yönelik Yapılan Hastane Sınıflandırması

Tablo 4’te yer alan ve hastanın tedavisine yönelik olan Ameliyathane birimi için PubMed’den elde edilen veriler dahilinde yapılan sınıflandırmada teşhise yönelik 1 uygulama, tedaviye yönelik ise 4 uygulama elde edilmiştir. Ameliyathaneye yönelik yapılan uygulamalar da genel olarak gelecekte yaşanan dönüşümün veri ve bilgi tarafından yönlendirileceği bilindiği için sağlık profesyonelleri ile cihazlar ve teknolojiler arasında akıllı bir işbirliğinin sağlandığı bilgi çağına yönelme söz konusudur. Yapılan uygulamalar ise bu yönelmeye destekleyecek niteliktedir.

Örneğin, Feußner ve Park (2017) “Surgery 4.0: The Natural Culmination of The Industrial Revolution?” isimli makalelerinde ilk olarak cerrahi süreçlerin gelişimine yer vermiştir. Bilimsel cerrahinin gelişimi 150 yıl öncesine dayanmaktadır. Başlangıçta cerrahlar, karın ile başlayıp beyinle biten farklı anatomik bölgelerin belirli zorluklarını anlayarak bilinçli olarak tedavi etme sürecini öğrenmiş daha sonrasında ise gelişen teknolojik gelişmelerle birlikte cerrahi alanda yapay implantlar, tüm organların (kalp, karaciğer, böbrekler gibi) nakledilmesi ve laparoskopik cerrahinin başlamasıyla, cerrahi travmayı, fonksiyonel bozukluğu ve operatif müdahaleye bağlı ağrıyı en aza indirmesini sağlayan yenilikçi etki cerrahide bilgi ve dijitalleşme sürecini başlatarak “Cerrahi 4.0” olarak tanımlanmıştır. Bu makale okuyucularına Cerrahi 4.0 ile gelişen IoT, süreç modelleme, işbirlikçi öğrenme makineleri ve cerrahiye etkileyecek teknolojik bilgilerin üretilmesinde yeni yaklaşımların açıklanmasına dair yeni teknolojilerin ve yöntemlerin “nasıl gelişeceğini ve nedenlerini” sunarak cerrahi bakımın kalitesini, verimliliğini ve sonuçlarını iyileştirmeyi amaçlamıştır. Böylece Cerrahi 4.0’ın gelişimi bize günümüzde büyük miktarda ve karmaşık olarak bulunan yapılandırılmamış verileri rutin olarak kullanma fırsatı sunarak çözüm odaklı ve tedavi edici tekniklerde yaşanan gelişmelerdeki zor durumların üstesinden gelmemize yardımcı olmaktadır. Cerrahi 4.0 dijital teknoloji cerrahların meslektaşları ve hastalarla iletişim kurma biçimini değiştirirken, ayrıca, cerrahi eğitim ve öğretim üzerindeki önemli etkileri olmaktadır. Sonuç olarak, Cerrahi 4.0, robotların gelecekte kendi başlarına ameliyat yapmalarından ziyade yapay zeka, robotik, model tabanlı cerrahi ve Ameliyat 4.0 gibi birçok ek prensibi kullanarak, hasta için daha iyi bir sonuç elde edilmesini ve

deneyim sağlayarak cerrahinin daha kanıta dayalı, daha güvenli ve daha kolay hale getirmesine yardımcı olacağı görüşüne varılmıştır (Feußner & Park, 2017).

Diğer bir örnek olan Zhu ve diğerleri (2018) ise “3D Printed Functional and Biological Materials on Moving Freeform Surfaces” isimli makalelerinde hareketli ve serbest biçimli yüzeylerde bulunan çok işlevli cihazların otonom üretimi için yeni ve uyarlanabilir 3D baskı yöntemi sunmaktadır. 3D baskı ile hedef yüzeylerin geometrisindeki ve hareketlerindeki değişimleri, bilgisayar yardımıyla görebilme olanağı sunan entegre bir robotik sistem tarafından algılanabileceği gösterilmiş ve hareketli ve serbest biçimli yüzeylerde çok işleve sahip olan cihazların üretimi için adaptif 3D baskı adı verilen yeni bir yöntem önerilmiştir. Hareket ettirme yeteneği, otonom olan, minimal insan müdahalesi gerektiren ve bir mikrofabrikasyon (yarı iletken aygıt üretimi) tesisine bağlanmaya gerek kalmadan çevre ile etkileşim kurarak işlenebilme yeteneğine sahip olan vücut üstü cihazlar için bir iş akışı oluşturulmuştur. Özellikle, bu yöntem kapalı döngüye sahip geri besleme ve kontrol sistemini kompakt ve taşınabilir ekstrüzyon tabanlı bir 3D yazıcıya entegre etmektedir. Uygulamada hedef yüzeyin geometrik bilgisi ilk olarak yapılandırılmış bir ışık tarayıcısı aracılığıyla yoğun bir nokta bulutu şeklinde elde edilir. Örneklenen geometrik bilgiler daha sonra hedef yüzeyin sert cisim hareketinin gerçek zamanlı bir tahmini ile birleştirilir ve bir bütün olarak uyarlanarak 3D baskı için hareket kontrolörüne gönderilir. Baskı sırasında, otomatik olarak hedef yüzeye LED gibi ayrı bir elektronik bileşen alınır ve yerleştirilir. Daha sonra ise iletken ve izolator mürekkepler gibi fonksiyonel mürekkepler ile oluşturulan elektronik devreler hareketli olan hedef yüzeye basılarak oda sıcaklığında kurutulur ve kablosuz bir iletim ağı ile güçlendirilir. Aynı yaklaşım kullanarak, hücre yüklü hidrojeller ile canlı farelerin basılması veya yaraların iyileştirilmesi sağlanabilir. Bu uyarlanabilir 3D baskı yöntemi, yüksek kaliteye sahip elektrikli ve biyolojik malzemelerde, giyilebilir cihaz endüstrisinde, biyolojik ve biyomedikal araştırmalarda ve sağlık koşullarının araştırılmasında ve tedavisinde yeni olanaklar yaratarak, vücuda doğrudan basılabilen veya giyilebilen cihazlarla ileri tıbbi tedaviler için yeni gelişmelerin yaşanmasını sağlayacaktır (Zhu vd., 2018).

Dördüncü olaraksa Tablo 5’te PubMed’den ulaşılan verilerle sınıflandırılan ve Hastanın Tedavisine Yönelik olan Poliklinik birimine yer verilmiştir.

		Teşhise Yönelik Yapılan Çalışmalar	Tedaviye Yönelik Yapılan Çalışmalar
Hastanın Tedavisine Yönelik Birimler	Poliklinik (Ayaktan Hasta Hizmetleri)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Coronary Artery Disease Diagnosis: Ranking the Significant Features Using Random Trees Model (Joloudari vd., 2020). 2. User Profiling in Elderly Healthcare Services in China: Scalper Detection (Xie vd., 2018). 3. Robust Activity Recognition for Aging Society (Chen vd., 2018). 4. Effect of order of presentation of a generic and a specific health-related quality of life instrument in knee and hip osteoarthritis: a randomized study (Rat vd., 2008). 5. Psychosocial Vocational Rehabilitation in a World of Work 4.0-Between Demands and Needs 6. System Interdependency Modeling in the Design of Prognostic and Health Management Systems in Smart Manufacturing (Malinowski vd., 2015). 7. Measurement Science for Prognostics and Health Management for Smart Manufacturing Systems: Key Findings from a Roadmapping Workshop(Weiss vd., 2015) 8. Patient-Reported Outcomes In Moderate To Severe Hemophilia Patients: Finding From A Cross-Sectionalstudy In Korea (Lee & Cha, 2014). 9. Validation of Online Versions of Tinnitus Questionnaires Translated into Swedish (Müller vd., 2016). 10. A review of diagnostic and prognostic capabilities and best practices for manufacturing (Vogl vd., 2019). 11. Combination of Medical and Health Care Based on Digital Smartphone-Powered Photochemical Dongle for Renal Function Management (Fu vd., 2019). 12. Adaptive Multi-scale Prognostics and Health Management for Smart Manufacturing Systems (Choo vd., 2016). 13. Adaptive Multi-scale PHM for Robotic Assembly Processes (Choo vd., 2015). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Robust Activity Recognition for Aging Society (Chen vd., 2018). 2. Industry 4.0 and its applications in orthopaedics (Haleem vd., 2019). 3. Deep Learning for Industrial Computer Vision Quality Control in the Printing Industry 4.0 (Villalba-Diez, Schmidt, vd., 2019). 4. Industry 5.0 and its applications in orthopaedics (Haleem & Javaid, 2019). 5. Occupational consequences after isolated reconstruction of the insufficient posterior cruciate ligament (Ihle vd., 2014). 6. Computer-assisted client assessment survey for mental health: patient and health provider perspectives (Ferrari vd., 2016). 7. Early weaning in idiopathic scoliosis (Steen, Lange, & Brox, 2015). 8. Is the Disease-Specific Lupusqol Sensitive To Changes of Disease Activity In Systemic Lupus Erythematosus Patients After Treatment of A Flare? (McElhone vd., 2014). 9. Decentralized manufacturing of cell and gene therapies: Overcoming challenges and identifying opportunities (Harrison vd., 2017). 10. Relationship between chronic complications, hypertension, and health-related quality of life in Portuguese patients with type 2 diabetes (Sepúlveda vd., 2015). 11. Low back pain and patient-reported QOL outcomes in patients with adolescent idiopathic scoliosis without corrective surgery (Makino, Kaito, Kashii, Iwasaki, & Yoshikawa, 2015). 12. Parental acceptance of inactivated polio vaccine in Southeast Nigeria: A qualitative cross-sectional interventional study (Tagbo vd., 2014). 13. Quality of Life (Qol) With Psoriasis: Ethnography Study Evaluating the Impact of Psoriasis On Moderate To Severe Patients In Europe (Eu), From A Patient's Perspective (Narayanan & Franceschetti, 2014). 14. Single Muscle Fibre Biomechanics and Biomechatronics - The Challenges, the Pitfalls and the Future (Friedrich vd., 2019). 15. Current trends of digital solutions for diabetes management (Neborachko vd., 2019).

Tablo 5: Polikliniğe Yönelik Yapılan Hastane Sınıflandırması

Tablo 5’te yer alan ve hastanın tedavisine yönelik olan Poliklinik Hizmetleri birimi için PubMed’den elde edilen veriler dahilinde yapılan sınıflandırmada teşhise

yönelik 13 uygulama, tedaviye yönelik ise 15 uygulama elde edilmiştir. Araştırmadan incelenen konular dahilinde en fazla uygulamanın ise poliklinik hizmetlerine yönelik olarak yapıldığı görülmektedir. Genel olarak yapılan uygulamaların ise gün geçtikçe artan küresel yaşlanma, kronik hastalıklar, sağlık hizmetleri sunucularının yetersizliği ile birlikte sağlık harcamalarında yaşanan artışları azaltacak teknolojik gelişmeler ve Sanayi 4.0 süreciyle birlikte gelişme gösteren teknoloji bileşenlerinin sağlık alanında aktif olarak kullanılmasını sağlamaya odaklandığını söylemek mümkündür.

Örneğin, Chen ve diğerlerinin (2018) “Robust Activity Recognition for Aging Society” isimli makalede, makinelerin kendi kendini organize etme yeteneğine bağlı olarak Sanayi 4.0 ile birlikte gelişen insan hareketlerini tanımaya yönelik teknolojileri birçok endüstride uygulandığını ve yaşlıların sağlık hizmetleri ile bakımlarını sağlama noktasında da yaygın olarak kullanılabileceği görüşünü ortaya atmışlardır. Bu çalışmada, yaşlılar için uzun süreli ve göze batmayan izlemeler için uygulanabilecek, rahatsız edici olmayan bir hareket tanıma yöntemi önerilmektedir. Sağlık senaryoları, Sanayi 4.0 bağlamında endüstriyel uygulama senaryolarından farklı olduğu için, içinde bulunulan ortam dikkate alınmalıdır. Bu yüzden geliştirilen yöntem, engelleme ve hedef olmayan nesnelere müdahalelerine karşı dayanıklıdır ve iskeletin tamamı sıradan bir kamera kullanarak RGB² görüntüleri yardımıyla tahmin edilmektedir. Daha sonra bu ayırt edici özellikleri otomatik olarak öğrenmek için bir evrişimli sinir ağı³ kullanılmıştır. Önemli bilgilerin gözden kaçmasını önlemek için ise uzamsal-zamansal bilgilerin tam olarak kullanıldığı kareler arası eklem mesafelerine dayanan yeni bir etkinlik kodlama yöntemi geliştirilmiştir. Sonuç olarak geliştirilen hareket tanıma yöntemi, yaşlı bakımı, uzaktan tıbbi müdahale ve birinci basamak sağlık hizmeti için uzun süreli izleme yöntemleriyle çeşitli sağlık alanlarında uygulanabilir (Chen vd., 2018).

Haleem ve diğerlerinin (2019) “Industry 4.0 and Its Applications in Orthopaedics” isimli makalelerinde gelişen Sanayi 4.0 teknolojilerinin Ortopedi alanına yansımaları, ilerlemeleri ve uygulamaları hakkında bilgi vermeyi

² Kırmızı, mavi, yeşil olan üç temel rengin baş harflerin türetilmiş teknik bir terim ve bilgisayar monitörlerinde kullanılmakta olan temel olarak bir komponent video sinyalidir.

³ Görüntüleri sınıflandırarak nesnelere tanınmasını sağlamaya yarayan derin yapay sinir ağları.

amaçlamıştır. Sanayi 4.0'da kullanılan akıllı üretim makineleri ve süreçleri, farklı malzeme çeşitlerini kullanarak daha iyi, daha doğru ve kişiye özel implant ve protezlerin üretilmesine yardımcı olur. Bu implantlar ve protezler, spesifik hasta problemine göre çeşitli uygun materyalleri kullanarak karmaşık cerrahi vakaların çözümü kavuşturulmasında kolaylık sağlar. Aynı zamanda doktorlar ve hastalar arasındaki iletişimi geliştirmeye yardımcı olur. Sanayi 4.0'ın geliştirdiği akıllı üretim teknolojileriyle, farklı hastalardan toplanan veriler hastalık tespiti, kontrolü ve iyileştirilmesinde daha erken analiz edebilme olanağı sunacaktır. Yazarlara göre Sanayi 4.0'ın Ortopedi alanına getireceği teknolojik yenilikler ve uygulamalarla birlikte tıp öğrencileri problemleri tespit etme ve ilişkilendirmede daha iyi eğitilebileceklerdir. Ayrıca Ortopedi alanında akıllı üretim teknolojilerinin kullanılması, çeşitli temel gereksinimlerin etkin bir şekilde karşılanabilmesini, kişiye özel olarak yapılan Ortopedik implantların daha kısa sürede ve daha düşük maliyetle yapılabilmesini, Ortopedik ameliyat gerçekleştirilmeden önce hastanın özelliğine göre alet ve cihazların üretilmesini, Sanayi 4.0'da kullanılan akıllı teknolojiler yardımıyla hastaya özgü prosedür ve tedavi bilgilerini elde etmek için çeşitli verilerin kapsamlı bir şekilde incelenmesini, ameliyat öncesi ve sonrası vücut parçalarının durumunu izlemeye yardımcı olan sensörlerin kullanılmasını, hastanın nem, sıcaklık, eklem, diz, protez ve kan basıncı hakkında ki bilgileri kolayca elde etmesini, Medikal ve Ortopedik implantlardaki sensörlerin çeşitli ağrı ve baskıları hissetmesini sağlayarak protez ve implantların daha iyi bir tasarımının oluşturulmasını, makine öğrenimi yardımıyla karmaşık Ortopedik vakalarda problem çözme, karar verme ve eyleme geçmesini sağlamaktadır (Haleem vd., 2019).

Fu ve diğerleri ise (2019) "Combination of Medical and Health Care Based on Digital Smartphone-Powered Photochemical Dongle for Renal Function Management" isimli makalesine göre günümüzde, Sağlık 4.0'ı uygulayabilmek için tıbbi verilerin elde edilmesi ön koşul olmakla birlikte yaygın olarak kullanılan akıllı telefon, en iyi biyomedikal bilgi toplama istasyonu olarak hizmet verebilir. Bu çalışmada, akıllı telefonla çalışan bir fotokimyasal dongle'in (özellikle kablosuz geniş banda erişim veya korumalı yazılım kullanımına izin vermek için bir bilgisayara bağlanabilen ve bilgisayarla kullanılabilen küçük bir aygıt) kandaki kreatinin oranını parmak ucundan alınan kan ile tahmin edebildiği bir uygulama

geliştirilmiştir. Geliştirilen bu uygulama kronik böbrek hastalığının değerlendirilmesi ve tedavisi için konvansiyonel laboratuvar tesisi ile karşılaştırıldığında ise iki testinde benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Önerilen fotokimyasal dongle sisteminde kreatinin tespiti için yansıyan ışığın yoğunluğu, minyatür bir optoelektronik devre okuyucu ile karakterize edilerek kreatinin konsantrasyonunu değerlendirmek ve akıllı telefonda görüntülemek için haritalandırılır. Uygulanan kan örneği, dongle'a entegre edilen yuvaya yerleştirilen tek kullanımlık bir iğne ile toplanır ve OTG (On-The-Go) kablosu, dongle'dan akıllı telefona kreatinin değerlendirme verilerini ileterek test sonuçlarının elde edilmesini sağlayan bir uygulama geliştirilmiştir. Kronik böbrek hastalığının tedavisini ve iyileşme süresini tahmin etmek için önerilen bu fotokimyasal dongle, sağlık çalışanlarına tanı koymada esnek ve hızlı bir platform sağlayacaktır. Ayrıca test cihazının, kompaktlık, maliyet etkinliği, kullanılabilirlik ve yansıtma spektral analizörü (hayali tahlil cihazı) olarak taşınabilir tarama platformu gibi birçok avantajlı yanı da bulunmaktadır. Bu yüzden yazarlara göre bu uygulama uzaktan kronik böbrek hastalığı yönetiminin acil ihtiyacını karşılamak için gelecekte çok umut verici bir teknoloji olarak kullanılacaktır (Fu vd., 2019).

Beşinci olarak ise Tablo 6'da PubMed'den elde edilen veriler dahilinde sınıflandırılan ve Tanı Koymaya Yönelik olan Radyoloji birimine yer verilmiştir.

		Teşhise Yönelik Yapılan Çalışmalar	Tedaviye Yönelik Yapılan Çalışmalar
Tanı Koymaya Yönelik Birimler	Radyoloji (Görüntüleme)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Health State Monitoring of Bladed Machinery with Crack Growth Detection in BFG Power Plant Using an Active Frequency Shift Spectral Correction Method (Sun vd., 2017). 2. Vision-Based Apple Classification for Smart Manufacturing (Ismail vd., 2018). 3. Characterization of Industry 4.0 Lean Management Problem-Solving Behavioral Patterns Using EEG Sensors Deep Learning (Villalba-Diez vd., 2019). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. A Real-Time Health 4.0 Framework with Novel Feature Extraction and Classification for Brain-Controlled IoT-Enabled Environments (Jagadish vd., 2019). 2. In-Line monitoring and control of rheological properties through data-driven ultrasound soft-sensors (Tronci vd., 2019). 3. Magneto-Impedance Sensor Driven by 400 MHz Logarithmic Amplifier (Nakai, 2019).

Tablo 6: Radyolojiye Yönelik Yapılan Hastane Sınıflandırması

Tablo 6'da yer alan ve tanı koymaya yönelik olan Radyoloji birimi için PubMed'den elde edilen veriler dahilinde yapılan sınıflandırmada teşhise yönelik 3 uygulama, tedaviye yönelik ise 3 uygulama elde edilmiştir. Geliştirilen bu

uygulamalar genel olarak hastalıkları teşhis etmek için vücut içi görüntülerinin elde edilerek yorumlanmasını sağlayan ve bunu hastane ortamı dışında da yapan uygulamalar geliştirip, Sanayi 4.0 bileşenlerini kullanarak daha küçük, taşınabilir veya bağlanabilir özelliğe sahip teknolojilerin geliştirilmesine odaklanılmıştır.

Örneğin Jagadish ve diğerleri (2019)'nin hazırladıkları “A Real-Time Health 4.0 Framework with Novel Feature Extraction and Classification for Brain-Controlled IoT-Enabled Environments” isimli makale beyin kontrolü ile çalışan ve nesnelerin interneti özelliğine sahip ortamlar için yeni ve gerçek zamanlı olarak uygulanabilen Sağlık 4.0 mimarisini geliştirdikleri çalışmadır. Yazarlar çalışmalarında yaşlı ve engelli bireylerin bakımlarını sağlamada başkalarına olan bağımlılıklarını azaltarak iyileşebilmelerini ve kendi ihtiyaçlarını görebilmelerini sağlamayı amaçlayan bir uygulama geliştirmişlerdir. Geliştirilen uygulama nesnelerin interneti özelliğine sahip elektrikli cihazları kontrol etmek için kullanıcı tarafından gerçekleştirilen ve hastaların içinde buldukları ortamları etkin bir şekilde kontrol etmelerini sağlayan hareket kaslarına ait Motor Görüntü (Motor Imagery-MI) tabanlı ve Beyin Kontrollü Ortamları (Brain Controlled Environments-BCE) içeren bir Sağlık 4.0 uygulaması geliştirmektedir. Bu uygulamada kullanıcılardan dil hareketlerini, ayaklarını, sol ellerini veya sağ ellerini hareket ettirerek dört hareket kasına ait motor görevden birinin gerçekleştirilmesini hayal etmeleri istenir ve bu görevlerin her biri, nesnelerin interneti özelliğine sahip ortamdaki tek bir elektrikli cihazın kontrolüyle senkronize edilir. Kullanıcı tarafından istenilen motor görüntü görevi gerçekleştirildikten sonra sistem toplanan EEG sinyallerinden elde edilen özellikleri düşük donanıma sahip basit bir karmaşık sınıflandırıcı kullanarak sınıflandırır. Daha sonra tanımlanan görevlerle birlikte geliştirilen IoT kablosuz ağın kullanılmasıyla istenilen elektrikli cihazı kontrol etmelerini sağlayacak (açma veya kapama) gerçek zamanlı eylemin gerçekleştirilmesi sağlanmış olur. Böylece birey başka birine ihtiyaç duymadan nesnelerin interneti teknolojisi ve beyin gücünü kullanarak istediği eylemi gerçekleştirme olanağını elde etmiş olur (Jagadish vd., 2019).

Altıncı olarak ise Tablo 7’de PubMed’den elde edilen veriler dahilinde sınıflandırılan ve Tanı Koymaya Yönelik olan Laboratuvar birimine yer verilmiştir.

		Teşhise Yönelik Yapılan Çalışmalar	Tedaviye Yönelik Yapılan Çalışmalar
Tanı Koymaya Yönelik Birimler	Laboratuvar (Biyokimya, Mikrobiyoloji)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitoring Chemical Processes Using Judicious Fusion of Multi-Rate Sensor Data (Wang & Chiang, 2019). 2. The Effect of Light Intensity, Sensor Height, and Spectral Pre-Processing Methods when using NIR Spectroscopy to Identify Different Allergen-Containing Powdered Foods (Rady vd., 2020). 3. Research Process on Hyperspectral Imaging Detection Technology for the Quality and Safety of Grain and Oils (Yu vd., 2016). 4. From industry 4.0 to lab 4.0 (Lake, 2019). 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Chinese Medicine Industry 4.0: Advancing Digital Pharmaceutical Manufacture Toward Intelligent Pharmaceutical Manufacture 2. System of Sensors and Actuators for the Production of Water Used in the Manufacture of Medicines (da Silva vd., 2019). 3. Cyber-physical-based PAT (CPbPAT) framework for Pharma 4.0 (Barenji vd., 2019) 4. Photochemistry with Cyanines in the Near Infrared: A Step to Chemistry 4.0 Technologies (Strehmel vd., 2019)

Tablo 7: Laboratuvara Yönelik Yapılan Hastane Sınıflandırması

Tablo 7’de yer alan ve tanı koymaya yönelik olan Laboratuvar biriminde PubMed’den elde edilen veriler dahilinde yapılan sınıflandırmada teşhise yönelik 4 uygulama, tedaviye yönelik ise 4 uygulama elde edilmiştir. Laboratuvara yönelik olarak geliştirilen uygulamaların ise genel olarak erken tanı ve tedaviyi sağlamaya yönelik olduğunu ve bireyin sağlık durumunu her yerden ve kolay bir şekilde kontrol edilmesini sağlayarak doğru sonuçların elde eden uygulamaların geliştirilmesine odaklandığını söylemek mümkündür.

Tabloların tamamına ayrıntılı bir şekilde bakılması ve makalelerin kalitatif olarak incelenmesi sonucunda elde edilen kategorizasyon sonuçlarını genel olarak aktaracak olursak. İncelenen makaleler ve yapılan sınıflandırma sonuçları en fazla Sanayi 4.0 uygulamasının Poliklinik hizmetlerine ve Servis hizmetlerine yönelik olduğunu, en az uygulamanın ise Acil Servise yönelik geliştirilen uygulamalardan oluştuğu göstermektedir. Yapılan çalışmaların büyük bir kısmı ise tanı koymaya yönelik geliştirilen uygulamalardan oluşmaktadır. Uygulamalar genellikle hastanın hayatını kolaylaştırarak daha kaliteli bir yaşam sürmesini sağlamaya yönelik olarak geliştirilmiştir. Geliştirilen uygulamaların çoğunlukla yaşlanan nüfus ve kronik hastalıkların tedavisine yönelik yapılan çalışmalara odaklandığı görülmektedir. Ayrıca uygulamalar verilen sağlık hizmetlerinin hastane dışında da devam etmesini sağlamaya ve hastanın tam zamanlı olarak kontrolünü sağlayarak kişiye uygun tedavi yöntemleri geliştirmeye yöneliktir.

3.2 Nicel (Kantitatif) Araştırma Bulguları

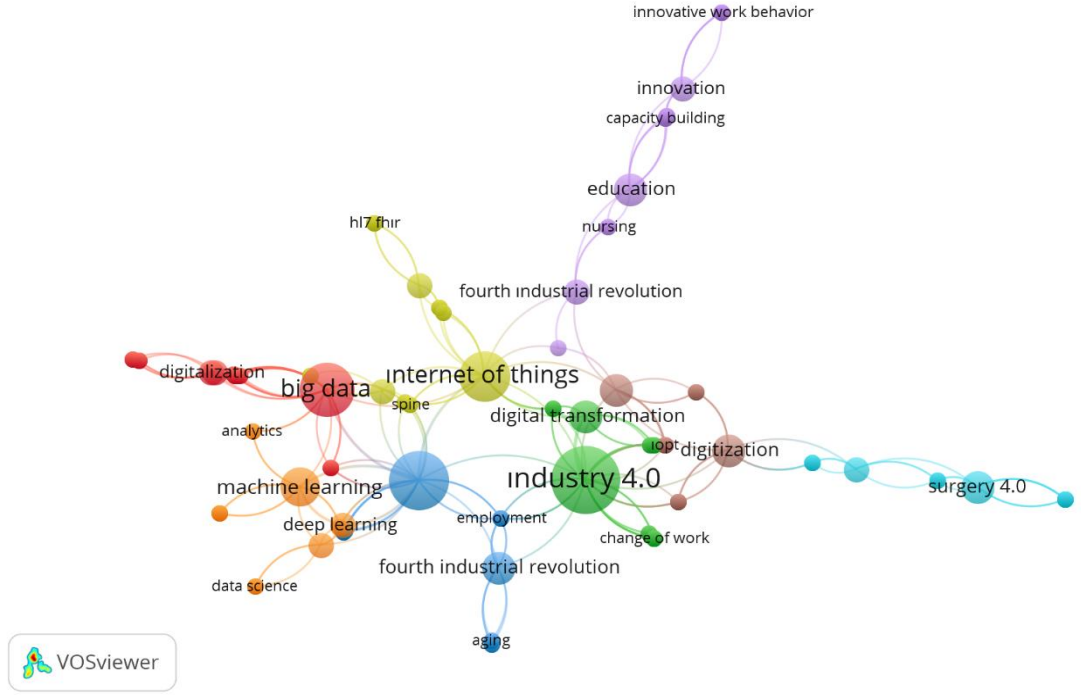
WoS veritabanında yürütülen analizde elde edilen veriler Tablo 8’de kullanılan anahtar kelimeler, tarama yapılan metaveri alanı adı ve yapılan taramalar sonucunda gösterilmiştir.

Alan Etiketi	Anahtar Kelimeler	Sonuçlar
Konu (TS)	TS=("Industrie 4.0" OR "Industry 4.0" OR "Fourth Industrial Revolution" OR "4th Industrial Revolution" OR "Health 4.0" OR "Healthcare 4.0" OR "Care 4.0" OR "Healthcare Industry 4.0" OR "Surgery 4.0")	6,893
Bilim Ağı Kategorisi (WC)	WC=("Emergency Medicine" OR "Endocrinology" & "Metabolism" OR "Physiology" OR "Allergy" OR "Primary Health Care" OR "Psychiatry" OR "Psychology" OR "Biology" OR "Medical Ethics" OR "Medical Informatics" OR "Medical Laboratory Technology" OR "Medicine, General & Internal" OR "Radiology, Nuclear Medicine" & "Medical Imaging" OR "Cardiac & Cardiovascular Systems" OR "Medicine, Research & Experimental" OR "Rehabilitation" OR "Cell & Tissue Engineering" OR "Gastroenterology & Hepatology" OR "Reproductive Biology" OR "Genetics & Heredity" OR "Microbiology" OR "Respiratory System" OR "Microscopy" OR "Rheumatology" OR "Chemistry, Medicinal" OR "Social Sciences, Biomedical" OR "Clinical Neurology" OR "Gerontology" OR "Health Care Sciences & Services" OR "Neurosciences" OR "Health Policy & Services" OR "Hematology" OR "Nursing" OR "Nutrition & Dietetics" OR "Obstetrics & Gynecology" OR "Substance Abuse" OR "Surgery" OR "Oncology" OR "Toxicology" OR "Immunology" OR "Transplantation" OR "Orthopedics" OR "Infectious Diseases" OR "Otorhinolaryngology")	23,323.170
Konu Bilim Ağı Kategorisi	Konu (TS) AND Bilim Ağı Kategorisi (WC)	146

Tablo 8: WoS’ta Anahtar Kelime Kullanılarak Yapılan Tarama Sonuçları

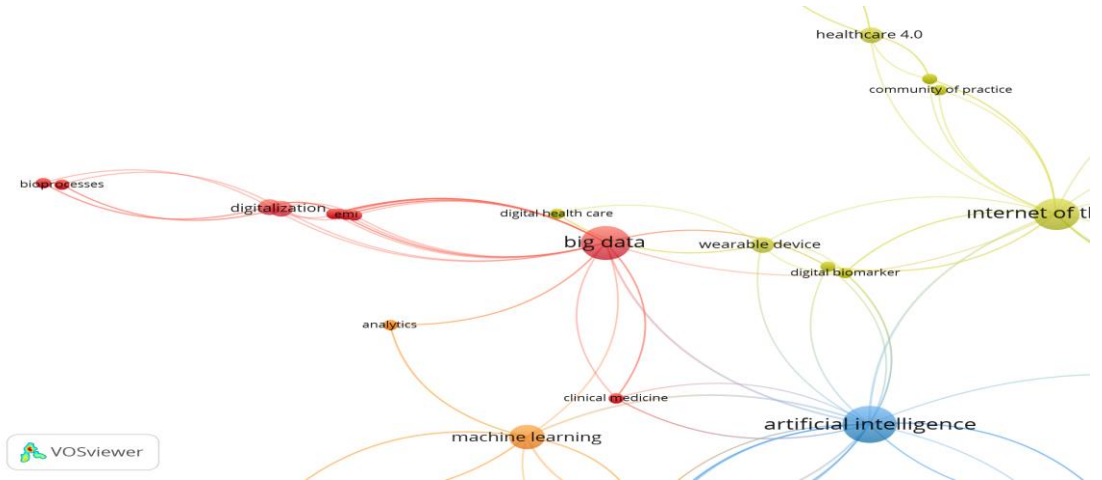
Tablo 8’de de görüldüğü üzere TS için kullanılan anahtar kelimeler dahilinde yapılan taramada 6.893 bilimsel yayına ulaşılmış, WoS’ta yer alan sağlık kategorilerini elde etmek için oluşturulan WC verisi ile tarama yapıldığında ise 23.323.170 bilimsel yayına ulaşılmıştır. Bu iki kümenin “AND” mantık operatörü ile kesiştirilmesi sonucunda ise çalışma kapsamına alınabilecek 146 sonuç elde edilmiştir.

İlk olarak WoS veri tabanından "Industrie 4.0" OR "Industry 4.0" OR "Fourth Industrial Revolution" OR "4th Industrial Revolution" OR "Health 4.0" OR "Healthcare 4.0" OR "Care 4.0" OR "Healthcare Industry 4.0" OR "Surgery 4.0" anahtar kelimelerin taranması ve oluşturulan sağlık kümesiyle birleştirilmesi sonucunda elde edilen 146 yayının özet kısımları BibExcel yardımıyla alınıp bir text dosyası oluşturulmuş ve VOSviewer için uygun formata dönüştürülmüştür. Elde edilen text dosyasıyla terim çıkartma ve haritalama işlemi ise VOSviewer ile yapılmıştır. Sayım Yöntemi (Counting Method) için Tam Sayım (Full Counting) yöntemi seçilmiş ve işlem sonucunda 180 terim elde edilmiştir. Elde edilen bu terimlerden “0, industry 4.0, bioprocess control, career counseling, closed-loop, feedback control, cast-benefit, digitalization, electromechanical or robotic assisted therapy, enterprises, ethanol fermentation, fourth industrial revolution, health outcome, healthcare systems, history, industry 4.0., industry 4, industry 4, indicators, inline noninvasive raman spectroscopy, lean thinking, medical, network” gibi tekrar edenler ve konuyla ilgisi olmayanlar çıkartılarak terim sayısı toplam 153’e indirilmiştir. Analiz edilecek terimlere karar verildikten sonra Kümeleme Çözünürlüğü (Clustering Resolution) belirlenirken kümelerin ayrılığı 0.75 değerinde daha net olarak görüldüğü için küme çözünürlüğü 0.75 olarak seçilmiş ve kümeler en az 14 anahtar kelime sınırıyla oluşturulmuştur. Bunun sonucunda ise 8 alt küme elde edilmiş ve bu alt kümelerde kullanılan anahtar kelimelere ise Ek 3’te yer verilmiştir. Normalleştirme metodu olarak ise Association Strength tercih edilmiştir. Daha sonra analiz türü ve hesaplama yöntemi için co-occurrence yöntemi seçilmiş, analiz anahtar kelimeler üzerinden yapılmıştır. Bu doğrultuda aşağıda VOSviewer anahtar kelimeleriyle yapılan Ağ Görselleştirme (Network Visualization) ve Zamansal Görselleştirme (Overlay Visualization) sonuçlarına yer verilmiştir. Ağ görselinin genel görünümünü ortaya koyan harita Şekil 8’de gösterilmiştir.



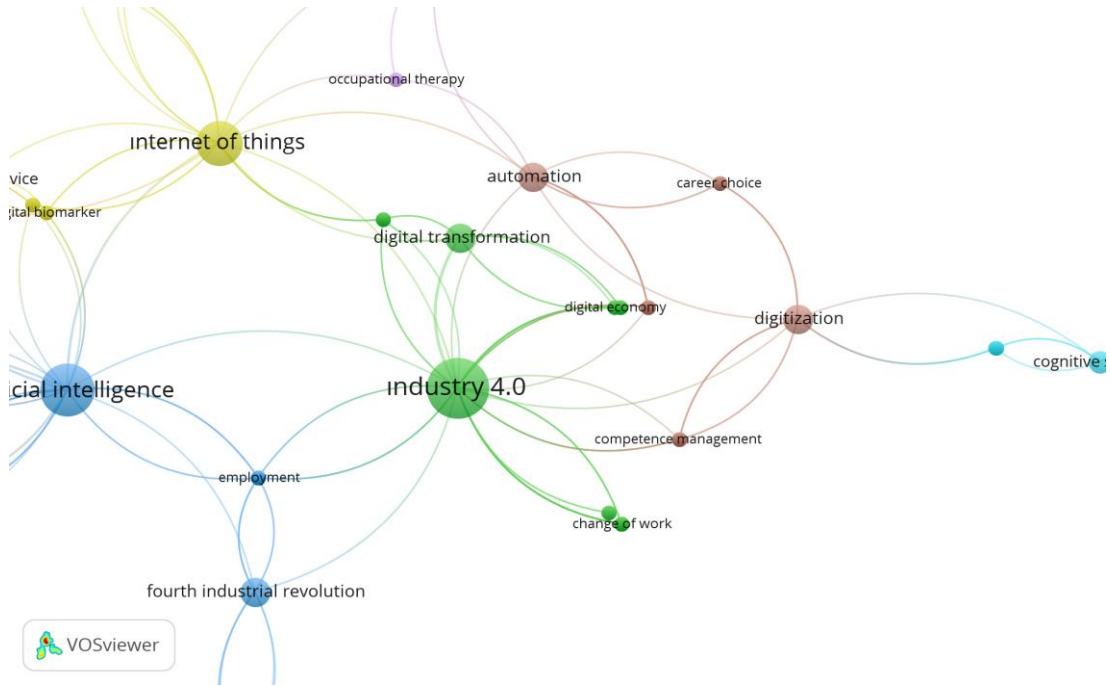
Şekil 8: Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası

Şekil 8’de yer alan ağ haritası, yapılan çalışmaların yoğunlaştığı konuları ve aralarındaki bağlantıları genel hatlarıyla göstermektedir. Bu yüzden görselde yer alan daire büyüklükleri en çok ele alınan ve yoğunlaşılan konuyu, renkler birlikte ele alınan kelimelerin oluşturduğu kümeleri, çizgiler ise kelimeler arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu doğrultuda sekiz küme elde edilmiş aşağıda ise bu kümelerden elde edilen bulgular ayrıntılı olarak aktarılmıştır. Sağlık alanında Sanayi 4.0’ın yansımalarını gösteren ilk küme Şekil 9’da yer alan ağ haritasıyla görselleştirilmiştir.



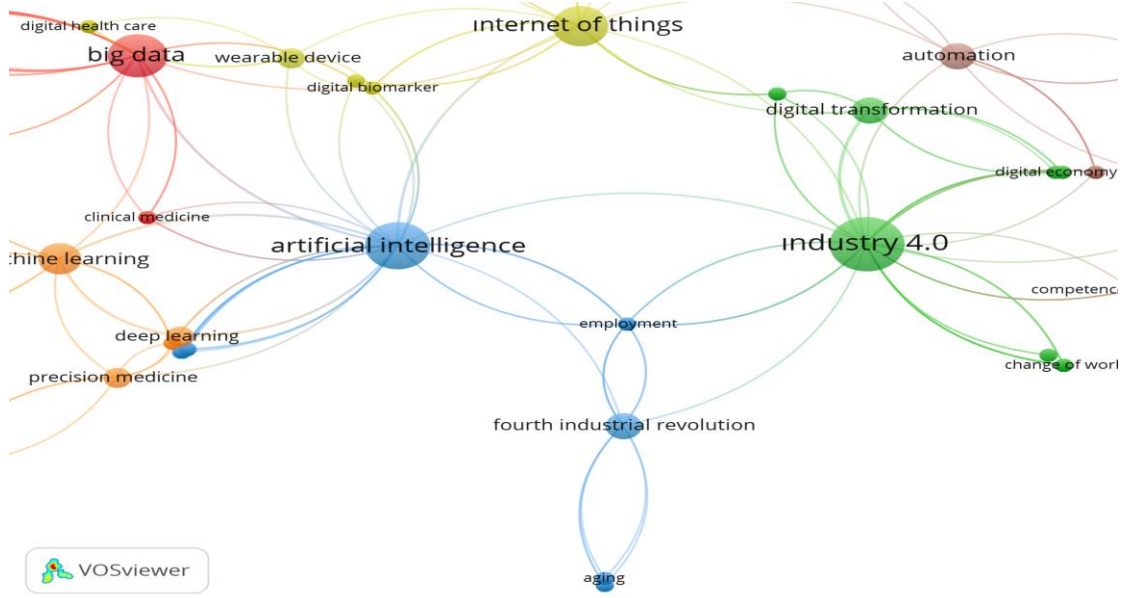
Şekil 9: Kırmızı Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası

Şekil 9’da yer alan birinci küme 28 anahtar kelimedenden oluşmakta ve kırmızı renkli olan kısmı ifade etmektedir. Bu küme içerisinde bulunan terimlerin, daire büyüklüğü en geniş olan Büyük Veri bileşeniyle kurulan ilişki ağları ile birbirlerine bağlandığı görülmektedir. Çizgiler dahilinde büyük verinin sağlık alanında yer alan ilaç sektörüyle birlikte kullanıldığı ve dijitalleşmenin sağlanarak çevre dostu uygulamalar yapıldığı ise ilişki ağlarıyla görselleştirilmiştir. Ayrıca büyük veri teknolojilerinde yaşanan gelişmelerle klinik sağlık alanına odaklanıldığı da görselde yer almaktadır. Sağlık alanında Sanayi 4.0’ın yansımalarını gösteren ikinci küme Şekil 10’da yer alan ağ haritasıyla görselleştirilmiştir.



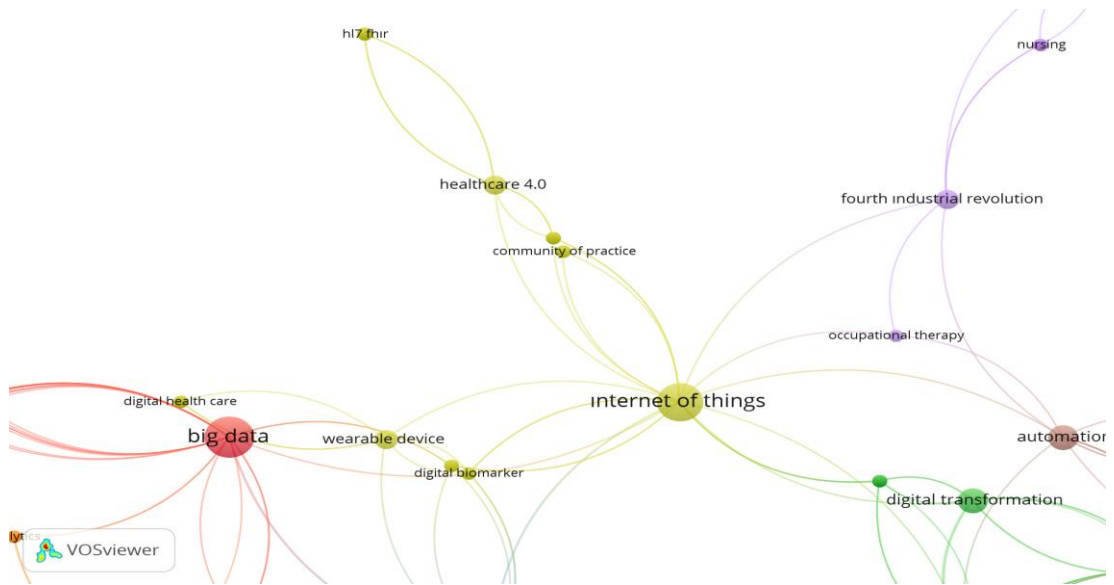
Şekil 10: Yeşil Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası

Şekil 10’da yer alan ikinci küme 24 terimden oluşmakta ve yeşil olarak gösterilen kısmı ifade etmektedir. Genel olarak Sanayi 4.0 ait terimleri içinde bulunduran küme, diğer kümelerin oluşumunu ve gelişmesini sağlamada çizgiler dahilinde doğrudan veya dolaylı bir şekilde ilişki kurarak katkıda bulunduğu görülmektedir. Sağlık alanında Sanayi 4.0’ın yansımalarını gösteren üçüncü küme Şekil 11’de yer alan ağ haritasıyla görselleştirilmiştir.



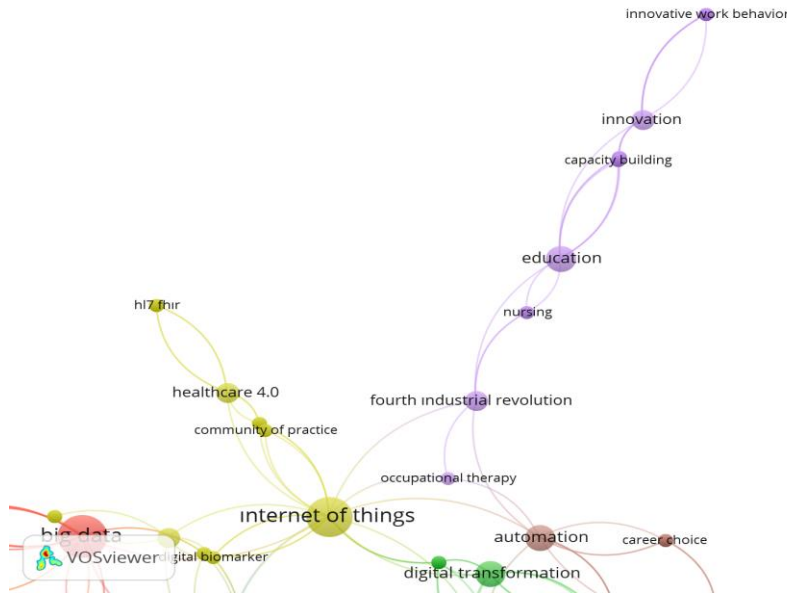
Şekil 11: Koyu Mavi Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası

Şekil 11’de yer alan üçüncü küme 21 terimden oluşmakta ve koyu mavi olarak gösterilen kısmı ifade etmektedir. Kümede en çok ele alınan konu Yapay Zeka’dır. Sanayi 4.0 ile ilişki içinde olan Yapay Zeka merkezli kümenin ayrıca bağlantı çizgileriyle sağlık alanının önemli sorunlarından biri olan yaşlanma ve psikolojik sorunlar üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Sağlık alanında Sanayi 4.0’ın yansımalarını gösteren dördüncü küme Şekil 12’de yer alan ağ haritasıyla görselleştirilmiştir.



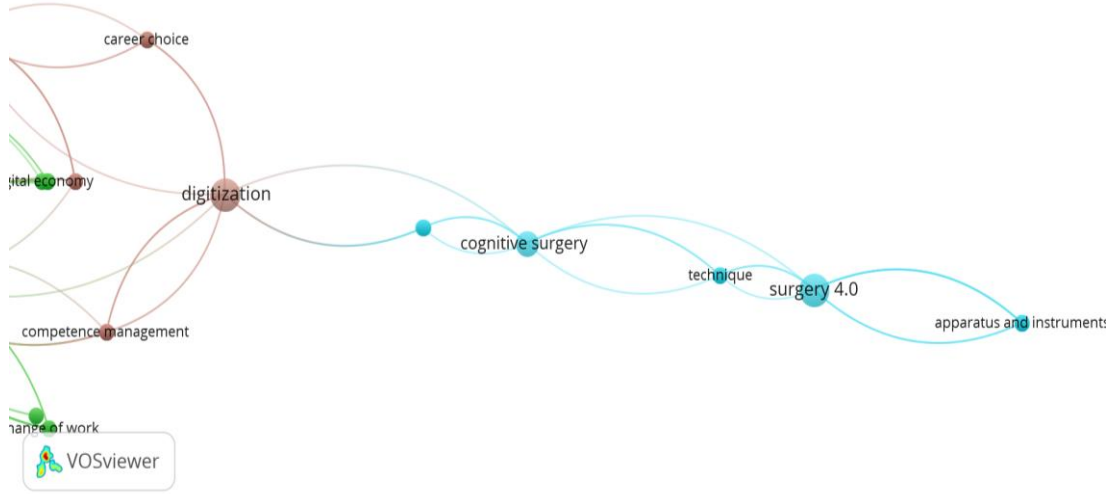
Şekil 12: Sarı Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası

Şekil 12’de yer alan dördüncü küme 19 terimden oluşmakta ve sarı renkli olan kısmı ifade etmektedir. Nesnelerin interneti üzerinde şekillenen kümenin daha çok Sanayi 4.0 ile sağlık alanı arasında geniş çaplı bir bağlantı ağı oluşturduğu ve bu bağlantı ağlarının nesnelerin internetinde yaşanan gelişmeler dahilinde çeşitlenerek gelişme gösterdiği görülmektedir. Şekilde görülen ilişki ağları, nesnelerin internetinin giyilebilir teknolojilerde yaşanan gelişmeler ile sağlık alanında dijital sağlık, Sağlık 4.0 kavramlarıyla bağlantı kurduğunu ve büyük verinin oluşmasına etki ettiğini, tıpta yeni teknolojilerin ve uygulamaların geliştirilmesine katkı sağladığını göstermektedir. Bu yüzden bu kümenin genel itibariyle nesnelerin interneti teknolojisi vasıtasıyla Sanayi 4.0’ın sağlık alanında ki ilerlemelerine katkıda bulunan ve gelişim alanlarını gösteren kümeyi ifade ettiği görülmektedir. Sağlık alanında Sanayi 4.0’ın yansımalarını gösteren beşinci küme Şekil 13’te yer alan ağ haritasıyla görselleştirilmiştir.



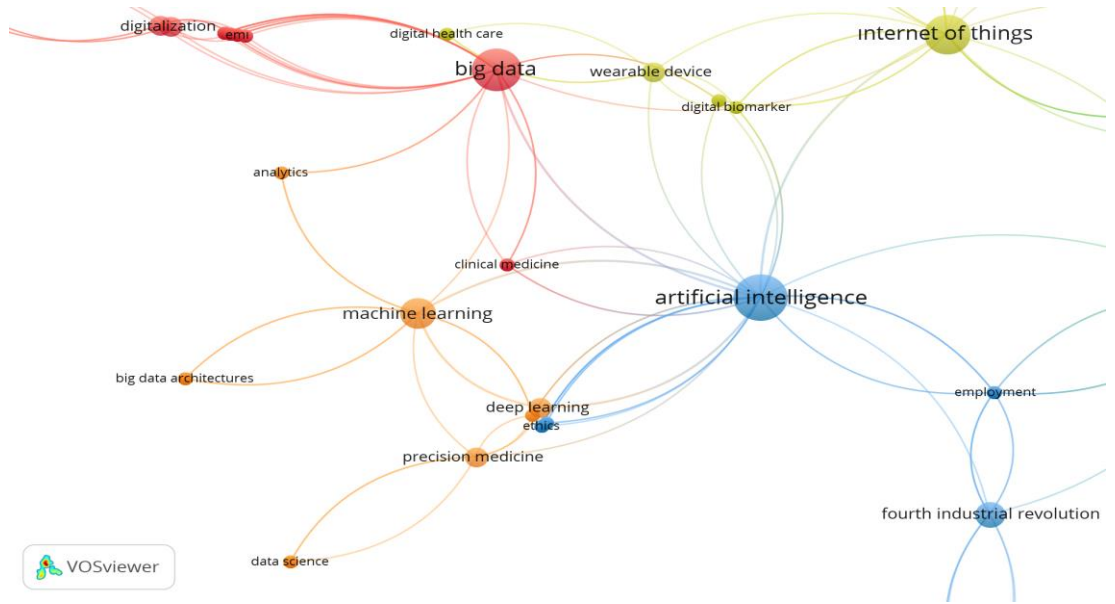
Şekil 13: Mor Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası

Şekil 13’te yer alan beşinci küme 17 terimden oluşmakta ve mor renkli olan kısmı ifade etmektedir. Bu kümede en çok ele alınan konun eğitim olduğu ve ilişki ağlarıyla Sanayi 4.0’da yaşanan teknolojik gelişmelerin sağlıkta çoğunlukla eğitim alanında yoğunlaştığı, ayrıca otomasyonda yaşanan ilerlemelerle mesleki terapi alanında gelişmelerin yaşandığı görülmektedir. Sağlık alanında Sanayi 4.0’ın yansımalarını gösteren altıncı küme Şekil 14’te yer alan ağ haritasıyla görselleştirilmiştir.



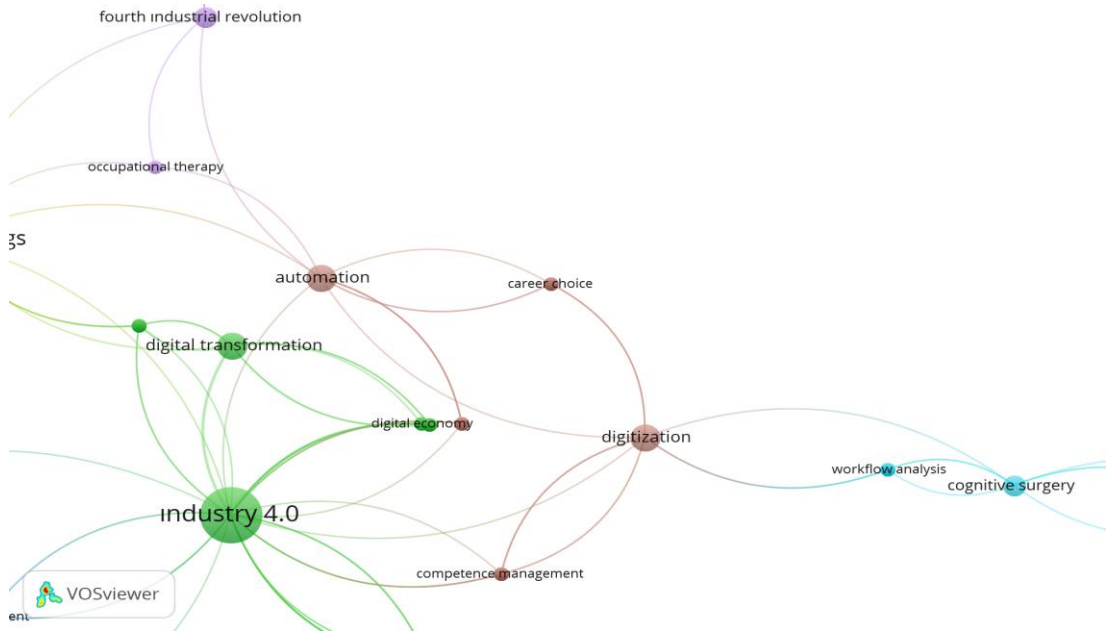
Şekil 14: Açık Mavi Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası

Şekil 14’te yer alan altıncı küme 16 terimden oluşmakta ve açık mavi renkli olan kısmı ifade etmektedir. Dijitalleşmeyle birlikte gelişme gösteren Cerrahi 4.0 kavramının varlığı ile güçlenen küme bağlantı ağlarıyla sağlık alanında cerrahi veri güvenliği, bilişsel cerrahi, minimal invaziv cerrahi ve cihaz ve aletlerin gelişimini sağlamada bağlantılı olduğu görülmektedir. Sağlık alanında Sanayi 4.0’ın yansımalarını gösteren yedinci küme Şekil 15’te yer alan ağ haritasıyla görselleştirilmiştir.



Şekil 15: Turuncu Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası

Şekil 15'te yer alan yedinci küme 14 terimden oluşmakta ve turuncu renkli olan kısmı ifade etmektedir. Kümenin Yapay Zeka teknolojilerinde yaşanan ilerlemelerin derin öğrenmeyle kurduğu bağlantının, sağlık alanında hassas tıp⁴ kavramıyla bağlantı kurmasını sağladığı görülmektedir. Sağlık alanında Sanayi 4.0'ın yansımalarını gösteren sekizinci ve son küme ise Şekil 16'da yer alan ağ haritasıyla görselleştirilmiştir.

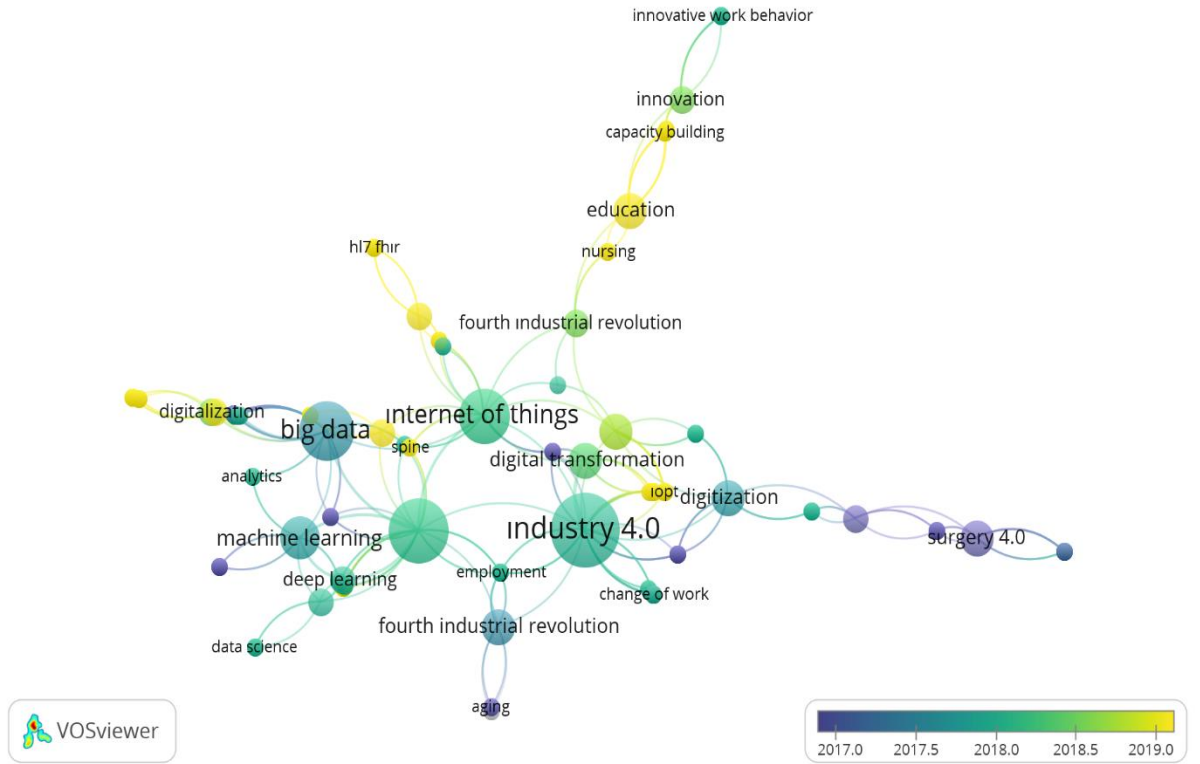


Şekil 16: Kahverengi Renkli Kümede Anahtar Kelimelerle Oluşturulan Ağ Haritası

Şekil 16'da yer alan sekizinci küme 14 terimden oluşmakta ve kahverengi olarak gösterilen kümeyi ifade etmektedir. Otomasyon ve dijitalleşme dahilinde gelişme gösteren kümenin, otomasyon ile Sanayi 4.0 ve nesnelerin interneti kümeleriyle bağlantı kurduğu daha sonra ise dijitalleşme ile sağlık alanında dijital hastane kavramının gelişimine katkıda bulunduğu görülmektedir.

Kavramların zamansal bağlamında ele alındığı ve zamanlara göre sıklıkla kullanılan terimlerin renklerle görselleştirildiği ağ haritası görseli ise Şekil 17'de yer almaktadır.

⁴ Sağlığı korumak ve hastalığı tedavi etmek hususunda, kişinin çevre ve gen gibi kişisel özelliklerinin de hesaba katıldığı yöntemdir. Genel bir yaklaşım yerine kişiye özel uygulamaları ifade etmektedir.



Şekil 17: Anahtar Kelimelerin Zamansal Geçişini Gösteren Ağ Haritası

Şekil 17’de gösterilen ağ haritası mor ve sarı arasındaki renk geçişleriyle 2017’den günümüze kadarki olan süreçte kelimelerin hangi yoğunlukta ve hangi tarihler arasında kullanıldığını göstermektedir.

Yayınlara, yayın yılları göz önünde bulundurulduğunda sağlık alanında Sanayi 4.0 uygulamalarının yeni yeni inceleme alanı bulunduğu ve oldukça güncel bir konu olduğu görülmektedir. Ağ haritası Sanayi 4.0’ın sağlık alanına 2017 yıllarında Cerrahi 4.0 kavramı ile giriş yaptığını ve ilk çalışmaların klinik ilaç, bilişsel cerrahi, yaşlanma gibi konular üzerinde olduğu göstermektedir. 2018’den itibaren ise daha çok Sanayi 4.0 ve bileşenlerine odaklanıldığı ve bunların sağlık alanıyla birleştirilmesini sağlamaya yönelik çalışmaların daha çok nesnelerin interneti, büyük veri, yapay zeka gibi teknolojilerle birlikte yapıldığı görülmektedir. 2018’in ikinci döneminde dijital değişim, otomasyon, nesnelerin interneti teknolojilerine odaklanılmış 2019’dan itibaren günümüze kadar ise sağlık alanında Sanayi 4.0 gelişiminin büyük oranda eğitim alanına yoğunlaştığı ayrıca biyoprosesler, giyilebilir cihazlar, sağlık uygulama arayüzleri, dijital hastane gibi kavramların gelişimine de odaklanarak bu alana yönelik çalışmaların yapıldığı görülmektedir.

SONUÇ

Yapılan analizler sonucunda çalışmada elde edilen sonuçlar Sağlık 4.0'a oranla Sanayi 4.0'ın daha hızlı bir şekilde gelişme gösterdiği bunun sebebinin ise sanayi sektöründe yer alan birçok firmanın, Sanayi 4.0 ile birlikte ilerleyen teknoloji sürecinin gelişmesine katkıda bulunmak için çalışmalar yapmasından kaynaklandığını göstermektedir. Bu nedenle Sağlık 4.0 sürecinin Sanayi 4.0 sürecine oranla teknolojik gelişmelere adapte olmakta biraz daha yavaş ilerlediğini söylemek mümkündür. Çünkü sağlık sektörü geleneksel bir hizmet sektörünü içinde barındırmaktadır ve bu yüzden sağlık alanında gelişme gösteren teknolojilerin tamamının uygulanması ise biraz daha zaman almaktadır. Aynı zamanda sağlıkta hem kişisel verilerin korunmasından dolayı veri transferinde yaşanan zorluklar hem de tüm verilerin kaydedilmesinde ve işlenmesinde yaşanan zorluklar sağlık alanında Sanayi 4.0 teknolojilerinin gelişimini zorlayan diğer bir etkidir. Ancak sağlık alanında yapılması planlanan en önemli gelişmelerden biri entegre bakım platformlarının uygulanması ve bu entegre bakımın sanallaştırılması çalışmalarıdır. Sanallaştırma ile bakımın artık bire bir ortamlarda sağlanmasından ziyade rutin görevlerin ve süreçlerin otomatikleştirilmesi ve sanal dünyadan gerçek dünyaya iletilmesi üzerinde durulmaktadır.

Bu bağlamda, giyilebilir cihazların sağlık, teşhis ve tedavi açısından devrim yaratan teknolojiler arasında yer aldığı ve yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğunun sağlık bakım sonuçlarını iyileştirmek için hastadaki hayati belirtileri erken tespit ederek kişiselleştirilmiş ve koruyucu bakım sağlamaya yönelik olarak geliştirildiğini söylemek mümkündür. Diğer sektörlerde daha yaygın olarak kullanılan ileri teknoloji uygulamalarının sağlık alanında da kullanılmaya başlanmasıyla sağlık hizmetlerinde iyileşmenin, kolaylaşmanın, hızlanmanın gerçekleştiği ve böylece hasta güvenliğinin desteklenip toplumun genel sağlık durumunun güçlendiğini söylemek mümkündür. Sağlık alanında özellikle Sanayi 4.0 bileşenlerinden olan Nesnelerin İnterneti ve Büyük Veri teknolojileri yardımıyla

nesnelerin sanallaştırılmasına katkıda bulunulması sağlık alanındaki fiziksel dünyanın anlık görüntülerinin gerçek zamanlı olarak analiz edilmesini sağlayarak gerekli tedavilerin yapılmasına izin vermektedir.

WoS verilerinden elde edilen sonuçlar, sağlık alanında büyük veri, nesnelerin interneti ve yapay zeka teknolojilerinin kullanımının önemli olduğunu ve Sanayi 4.0 uygulamalarının bu teknolojiler ile sağlık alanında 2017 yılından itibaren günümüze kadar yoğun olarak kullanılmaya başlandığını göstermiştir. Teknoloji bileşenlerine yönelik elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, sağlık alanına yönelik birçok teknolojik gelişim yaşandığı görülmektedir. Büyük veride yaşanan gelişmeler sağlık alanındaki teknolojilerin ilaç sektörüyle birlikte kullanılmasını sağlarken ayrıca klinik sağlık alanında da çalışmalar yapılmıştır. Yapay Zeka ise daha çok sağlık alanının önemli sorunlarından olan yaşlanma ve psikolojik sorunlar üzerine yoğunlaşmış, hassas tıp alanında ise gelişmelerin yaşanmasını sağlamıştır. Nesnelerin İnterneti ise giyilebilir teknolojilerde yaşanan gelişmeler ile sağlık alanında dijital sağlık, sağlık 4.0, hassas tıp gibi tıpta yeni kavram ve teknolojilerin gelişmesine katkı sağlamıştır. WoS verileri ayrıca Sanayi 4.0 ile birlikte yaşanan teknolojik gelişmelerin sağlıkta çoğunlukla eğitim alanında ve Cerrahi 4.0 alanında yoğunlaştığını ve sağlık alanında yaşanan gelişmelerin ilk olarak bu iki alana etki ederek geliştiğini göstermiştir. Cerrahi 4.0 ile birlikte cerrahi veri güvenliği, bilişsel cerrahi, minimal invaziv cerrahi ve cihaz ve aletlerin gelişiminin sağlanması noktasında da ilerlemeler kaydedilmiştir. WoS verilerinden elde edilen tüm bu gelişmelerin dijitalleşmeyi ortaya çıkardığı bunun ise sağlık alanında dijital hastane kavramının gelişimini sağlama amacına hizmet ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

PubMed ile incelenen makaleler sonucunda ise genel olarak sağlık alanında en fazla uygulamanın hastanın tedavisine yönelik olarak yapıldığı bunlardan ise Poliklinik hizmetlerine ve Servis hizmetlerine yönelik olarak yapılan uygulamaların yoğun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çünkü geliştirilen uygulamalar genel olarak Sanayi 4.0 teknolojilerinin sağlık alanına uyarlanmasıyla hastalığın başından itibaren tedbirlerin alınması üzerine yoğunlaşmıştır. En az uygulamanın ise acil servis hizmetlerine yönelik olduğu görülmüştür. Araştırmacılar genel olarak yaşlı ve kronik hastalığı olan hastalara ve ihtiyaçlarını karşılama konusunda zorluk yaşayan

bireylerin hayatını kolaylaştırmaya yönelik olarak geliştirilen uygulamalar üzerine çalışmalarını yürütmüşlerdir.

Bu nedenle hem PubMed veri tabanında hem de Web of Science veri tabanında incelenen yayınlara bakıldığında sağlık alanında yapılan çalışmaların özellikle cerrahi, eğitim, yaşlanma, kronik hastalıklar, psikiyatri gibi alanlarda daha çok yoğunlaştığını söylemek mümkündür. Ancak daha anlaşılır olması amacıyla Sanayi 4.0 sürecinin sağlık alanına yansımalarını göstermede elde edilen sonuçlar “Bireysel (Hasta Bazlı), Kurumsal (Hastane Bazlı) ve Halk Sağlığı” bağlamında sınıflandırılarak aktarılmıştır.

Bireysel (Hasta Bazlı)

Sanayi 4.0 ve bileşenlerinin sağlık alanında yapılan çalışmalarının bireyin hasta olmadan önceki sürecine odaklandığı ve kişinin yaşam tarzını düzene koyarak, ortaya çıkan hastalığın nedenini ortadan kaldırıp oluşmasını ise engellemeye yönelik proaktif bir yaklaşım benimsediği görülmektedir. Sağlık hizmetleri sunumunun ise değer temelli yani kalite ve maliyet unsurlarını dengede tutan bir yaklaşımla sunulmasını sağlayan gelişmeler üzerinde durduğunu söylemek mümkündür.

Bu teknolojik gelişmeler genel olarak mevcut sisteme yeni bir çözüm sunarak hastayı sistemin merkezine koyup gereksiz operasyonlardan kaçınmak, yönetsel prosedürleri basitleştirmek ve toplumda başta hasta olmak üzere tüm paydaşların maliyetini azaltarak herkese ulaşılır olmak üzerine tasarlanmıştır. Geliştirilen akıllı sağlık çözümleriyle bireylerin tanı ve tedavi hizmetleri desteklenmiş ve bireylerin yaşam şartlarının iyileştirilmesine katkıda bulunularak sağlık hizmetlerine erişimi kısıtlı olan kişilerin verilen hizmetlere erişim olanakları artırılmaya çalışılmıştır. Böylelikle sağlık düzeyi daha yüksek olan bir nüfus oluşturma gayesiyle, tıbbi maliyetler azaltılmaya çalışılmış, bireylerin mutlu ve huzurlu bir hayat sürmeleri sağlanarak tüm sistem üzerindeki verimlilik artırılıp sağlığa ulaşım konusunda ki eşitsizlikler ise azaltılmaya çalışılmıştır. Geliştirilen sağlık teknolojileriyle aynı zamanda bir çok bireyin zaman ve mekan kısıtı olmaksızın sağlık hizmetlerinden kolayca yararlanabilme imkanı elde etmesi sağlatılmaya çalışılmıştır. Bu yüzden hastaların, sağlık durumları ya da tedavileri ile ilgili bilgilere kolay erişimini sağlayan uygulamalar geliştirilmiştir. Doktorlar bu uygulamalar ile hastalara daha

doğru teŖhis koymak için gerekli kanıtlara ulaşabilirken en iyi tedaviyi seçerek hastaların sağlıkları için daha iyi kararlar alabilme olanağı elde etmişlerdir.

Sanayi 4.0 teknolojilerinin bireysel olarak sağlık alanında yaşanan gelişmelerinin temel amacının ise hastaların biyomedikal parametrelerinin gerçek zamanlı olarak uzaktan izlenmesi yoluyla kişiselleştirilmiş bakım sunulmasını sağlamak olduğunu söylemek mümkündür. Bu bağlamda, giyilebilir izleme cihazları sürekli izleme ve uygun bakımın sağlanması için geliştirilmiştir. Böylece bireyler devamlı gözetim altında tutularak, gerektiği zaman hastaların uyarıldığı ve hekimin bilgilendirildiği teknolojiler yardımıyla sağlık hizmetlerinden aktif olarak yararlanmaya çalışmıştır. Bu süreçte teknoloji de yaşanan ilerlemelerle bütün hastalara verilmesi mümkün olmayan sağlık hizmetlerinin, evde, giyilebilir teknolojiler yardımıyla, kişisel olarak sunulması, sağlık alanında kişileştirilmiş sağlık hizmetlerinin geliştirilmesini ve yeni iş modellerini ortaya çıkarmıştır. Böylece yeni iş modelleriyle birlikte fizyoterapistlik, evde bakım ve koruyucu hekimliğin önemi daha da artmıştır.

Geliştirilen teknolojilerin genel olarak, hastanın sağlık durumunda yaşanacak değişmeleri erkenden teŖhis ederek müdahale etmeyi sağlama, yapılan ev ziyaretlerinin sayısını azaltma, acil servise başvuru oranını veya hastaneye yatış oranıyla yatış süresini düşürme, yapılan bakım maliyetlerini azaltılmasını sağlayarak hastaya yapılan öz bakımı arttırmayı amaçladığı görölmektedir. Bu yüzden sağlık alanında bireysel bazda gelişme gösteren Sanayi 4.0 teknoloji bileşenlerinin daha çok yaşlılar, kronik hastalığı olanlar ve savunmasız (hamile olan, sakatlığı bulunan) kişiler üzerinde ki çalışmalara yoğunlaştığını söylemek mümkündür. Çünkü bu teknolojilerle birlikte hastaların mekan sınırı olmadan hem uygun maliyetli hem de kaliteli sağlık hizmetlerine ulaşma imkanı elde ettiği ve evrensel sağlık güvencesini sağlamaya katkı da bulunduğu görölmektedir.

Hastane odaklı olan sağlık sisteminin de yaşam süresinin artmasıyla birlikte tedavisi uzun süren, kronik hastalıklara yakalananların sayısı artmış ve bu durum sağlık hizmetlerinin maliyetini de yükseltmiştir. Bu yüzden bu sorunların çözümü için tıp teknolojisini geliştirmesine odaklanıldığı görölmektedir. Bu bağlamda sağlık hizmeti sunumunda, yaşam kalitesini artırmak hedeflenmiş ve gelişme gösteren tüm teknolojilerin sağlık alanına uyarlanması için çalışılmış ve bireysel paydaşlara doğru

zamanda, doğru yerde ve doğru bilgiyi veren akıllı bir sistem geliştirilerek komplikasyonların azaltılmasına ve klinik süreçlerin yanı sıra hasta sonucunun iyileştirilmesine yardımcı olacak akıllı bir sistem sunma yönünde çalışmalar yapılmıştır. Yeni nesil mobil ağ teknolojileri (5G) ile hastalara her yerden erişimin mümkün olduğu bağlantı ağları geliştirilmiş, hastaların, sosyal hizmet uzmanlarının veya doktorların bu ağa entegre edilmesi sağlanarak sağlık hizmetlerinin geçici olarak yönetilmesine olanak tanıyan ve hastaların rutin görevlerini yerine getirmelerini sağlayan, uzman bilgisine veya müdahalesine ihtiyaç duyan hastaları ise belirleyen teknolojilerin geliştirilmesine odaklanılmıştır.

Yapılan çalışmalar sonucunda hasta profilinin değiştiğini söylemekte mümkündür. Çünkü kendi sağlıklarını geliştirmek için hizmet sunumuna ortak olarak sağlık portallarından, online süreçlerden faydalanmak isteyen yeni nesil hastalar, doktor ve hasta arasındaki geleneksel ilişkiden kurtulmak istemektedir. Yaşanan bu değişikliklerinse verimliliğin yükselmesi, klinik karar verme aşamalarının geliştirilmesi, hastalar ve doktorlar arasında oluşan iletişim sürecinin iyileştirilmesi gibi olumlu sonuçları beraberinde getirdiği görülmektedir.

Bu teknolojiler sağlık sektörünün önemli bir parçası olan ilaç üreticilerini de etkilediği için bu alanda da çalışmalar yürütülmektedir. Gelişmiş dijital kodlarla işlenmiş ilaçların takibi kolaylaştırılarak daha güvenli hale gelmiştir. Çünkü geliştirilen teknolojilerle dijital kod ile işlenmiş bir ilaç, işletmeden ayrıldığında hemen tanımlanabilir olmakta böylece bütün lojistik zincirin izlenebilirliği sağlanmakta ve sahte ilaç satışı engellenmektedir. Ayrıca hekim ve hasta arasında oluşan gerçek zamanlı verilerin toplanmasıyla kişisel ilaç tedavileri sağlanırken aynı zamanda hastaların rahatsızlıkları uzaktan takip edilerek, hasta bilgilerine, istenilen yerde ve zamanda erişilebilmesini sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi üzerine çalışmalar yürütülmektedir.

Sağlık sistemlerindeki teknolojik ilerlemelerle birlikte hastalar için potansiyel riskler konusunda ki endişelerinde giderek arttığı görülmektedir. Potansiyel riskleri en aza indirmek için ise insan faktörü riskini azaltarak hasta güvenliğini artırma yöntemi tercih edilmiştir.

Bu doğrultuda geliştirilen modern teknolojilerin sağlık alanına bireysel olarak getireceği en önemli katkının ise hastalıkların oldukça erken evrelerde teşhisini

sağlayarak erken müdahale ve tedavi fırsatı elde etmesi olduğunu söylemek mümkündür. Ancak ilerleyen zamanlarda ortaya çıkacak tıbbi stratejiler ise beklentiye dayalı olacak ve erken tanının daha da ötesine geçerek önleyici tıp uygulamalarını öne çıkaracaktır. Böylece gelecekteki uygulamalar genellemeden uzaklaşacak ve bireyin gerçek zamanlı gereksinimlerini göz önüne alarak tanımlanmasını sağlayacaktır.

Kurumsal (Hastane Bazlı)

Sağlık hizmetlerinde kurumlar arasındaki karşılıklı bağlantı büyük bir öneme sahiptir. Sağlık alanında bulunan kurumlar, sundukları sağlık hizmetleri için karar verme sürecinde bilgi teknolojileri ile sağlık bilişim sistemlerinden yararlanmak durumunda oldukları için Sanayi 4.0 teknoloji bileşenleriyle sağlık alanının bu yönde geliştirilmesini sağlamaya odaklanıldığını söylemek mümkündür. Ayrıca sağlık hizmetlerinin toplumun bütün kesimlerine adaletli ve eşit şekilde sunulmasını sağlamaya duyulan ihtiyacın, teknolojinin sunduğu yeniliklerden yararlanılmasını sağlaması da bu yönde çalışmalar yapılmasını sağlamıştır. Bu nedenle Sanayi 4.0 ve bileşenleri sağlık hizmetlerini iyileştirmek için insanlar, ürünler, mekanlar ve hizmetler arasındaki ilişkilerin geliştirilmesine odaklanmış nesnelerin interneti, büyük veri, gömülü cihazlar ve siber-fiziksel sistemler gibi teknolojilerin birlikte çalışması üzerinde durularak işbirliklerinin artırılması sağlanılmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda kurumsal olarak sağlık hizmetlerinde, öncelikle verimliliği artırarak değer katmak için tasarlanan eski sağlık hizmetlerinin üzerine yeni hizmetler geliştirilmeye çalışılmış ve hem kalitenin arttığı hem de maliyetin azaltıldığı değer temelli uygulamalar geliştirilmeye çalışılmıştır.

Geliştirilen sağlık sistemi teknolojilerinin kurumsal olarak coğrafi engellerin üstesinden gelmek, klinik destek sağlamak, çeşitli bilgi ve iletişim teknoloji türlerinin kullanımını sağlamak ve sağlık hizmetlerinin iyileştirilmesine katkıda bulunmak için gelişmeler yürüttüğü görülmektedir. Kurumsal olarak yapılan uygulamaların ve çalışmaların daha çok geleneksel olarak yetersiz hizmet verilen, az sayıda personeli olan uzak veya kırsal alanlardaki sağlık kuruluşlarında yaşayan kişilerin sağlık hizmetlerine erişim hakkının sağlanmasına yönelik olarak yapıldığını söylemek mümkündür. Genel olarak ise kuruluş tabanlı olarak sunulan sağlık hizmetinin veya bilgilerin bir yerden başka bir yere sunumunu sağlamada, bilgi

teknolojileri yardımıyla tıbbi bakım sunmada, görüş alışverişinde bulunmada, tanı ve tedavi yöntemlerinde hastaların ve personelin eğitimini sağlamada ve bilhassa hekime başvurma olanağı olmayan yaşlı ya da hamile hastalar ile sağlık hizmetlerine ulaşma olanağı mümkün olmayan kişiler için bu teknolojilerin geliştirilmesine odaklanıldığı görülmektedir.

Kurumsal olarak yaşanan gelişmelerde bireylerin sağlıklıyken hastanelere başvurmalarını sağlayarak, sağlığın hastalanmadan önce korunması bilincini yerleştirip hastanelerin hastalık kuruluşları olmasından ziyade kişilerin sağlık düzeylerini artırmalarını sağlayan merkezler olması üzerinde durulmuştur.

Yeni dönem ayrıca sağlık kuruluşlarını hızlı ve sürekli bir değişime yöneltmiş ve hastaneler küresel yöntemlere sahip teknolojilerin kullanılmasıyla mekân kısıtını yok ederek hastaların sağlık hizmetine gerek duydukları her yerden ulaşabildikleri, son teknolojilerle çalışan, kişisel tanı ve tedavi imkanı sunan yerler haline getirilmeye çalışılmıştır. Gelişen teknolojilerin daha çok bütün sistemlerin birbirleriyle konuştuğu, anlaştığı, operatör veya doktorun otomatik olarak verdikleri yetkiler ile veri paylaşımı yapabilmesini sağlayan dijital hastane kavramı üzerine odaklandığını göstermektedir.

Bu doğrultuda sağlık kuruluşlarının da teknolojiden ve yeni modellerden etkilenecek değiştiğini, yeni özellikler kazandığını ve geniş bir bant sistemlerine sahip olan mobil iletişim, internet teknolojileri, nesnelerin interneti, giyilebilir teknolojiler, robotlar ve bulut bilişim gibi yeni teknolojilerin katkısıyla gelişme gösterdiğini söylemek mümkündür. Geliştirilen bu teknolojiler hastalıkları önleme, teşhis, tedavi ve tedavi sonrası hizmetlere sağladığı katkılardan dolayı sağlık kurumlarında daha kaliteli ve zaman yönetiminin sağlandığı sağlık hizmetlerinin verilmesini sağlamış ayrıca dijital hastane, kağıtsız hastane gibi kavramlara odaklanılmış ve hastane maliyetlerinin ise en az seviyede seyretmesi için çalışmalar yürütülmüştür. Bu yüzden kurumsal bazda yapılan çalışmalar çoğunlukla kişinin sağlıklı yaşamını devam ettirebilmesi için hastanın bulunduğu ortamda çalışan teknolojilerin hastane dışında da çalışmasını sağlamaya yönelik olarak yapılmıştır.

Halk Sağlığı

Gelişmiş ve gelişmekte olan birçok ülkede, yaşlanan nüfusla birlikte hastalık oranı artmış ve yeterli sağlık hizmeti sağlayıcılarının bulunamaması nedeniyle büyük

zorluklar ortaya çıkmıştır. Bu sebeple halk sağlığında özellikle yaşlanmadan, kronik hastalıklardan, salgından veya kazalardan kaynaklanan fiziksel bozuklukların kişinin hareketliliğini engellediği durumlarda, yaşlı bakımı, salgın hastalıklar veya uzaktan hasta izleme uygulamalarının geliştirilmesine odaklanılmıştır. Aynı zamanda, yeni teknolojiler sağlık izleme ve sağlık verilerinin yönetimini daha kişisel hale getirmiştir. Halk sağlığını geliştirmede sağlık bilgi sistemleri adı altında kurulan dijital sistemlerle bireylere ait tıbbi veriler yardımıyla sağlık kurumlarındaki çeşitli süreç ve işlemlere yönelik verileri toplayabilme, depolayabilme ve gerektiğinde ilgili paydaşlar ile paylaşabilme olanağı elde edilmiştir. Bu yüzden halk sağlığını sürdürebilmek için sağlık alanında ki hizmetlerin ve yapılan kayıtların tamamen dijital ortamda yürütebilmelerine imkân sağlayan çalışmalar üzerinde durulmuştur. Geliştirilen halk sağlığı uygulamalarına bireylerin sağlık hizmetlerine erişimi açısından bakıldığında ise internet tabanlı mobil hizmetler ile bireylerin sağlık hizmetlerine ulaşımını kolaylaştıran ve yaşam kalitesini artıran uygulamaların yapıldığı çalışmalara yoğun olarak odaklanıldığı görülmektedir.

Bu dönemde gelişme gösteren Sanayi 4.0 teknoloji bileşenleriyle, nanoteknoloji ve genetik mühendisliğindeki gelişmeler sağlık alanında ciddi bir dönüşümün yaşanmasını sağlamış insanların yaşam sürelerini arttırıp, erken teşhisi kolaylaştıran, kişiye özel tedavi yöntemlerini ve uzaktan teşhis ve tedaviyi mümkün kılan halk sağlığı uygulamalarının gelişimini sağlamıştır. Bu dönemde halk sağlığını geliştirme noktasında yaşanan ilerlemeler genel olarak yeni robotlar, mini laboratuvarlar, giyilebilir cihazlar ve özelleştirilmiş malzemelere (plakalar, vidalar ve eklem implantları gibi) odaklanmış, her cihazın daha hızlı çalışmasına ve gün geçtikçe daha da küçülmesini sağlamaya yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Sağlık hizmeti sunum süreçlerini geliştirmeye odaklanan halk sağlığı teknolojileri aynı zamanda sağlık hizmeti sunucularına hizmet etmek ve destek sağlamak veya sağlık bakım hizmeti ile hasta ve yakınları arasında iletişimi sağlamak amacıyla, kullanılan teknolojileri geliştirmek için uygulamaların geliştirilmesi üzerinde yoğun olarak durmaktadır.

Halk sağlığı bazında yapılan gelişmelerin genel olarak konumsal ve zamansal kısıtlamaları ortadan kaldırarak sağlık hizmetlerine herkesin, her zaman ve her yerde ulaşmasını sağlayacak uygulamaların geliştirilmesine odaklandığını söylemek

mümkündür. Bu teknolojilerle genel olarak uzaktan hasta izleme, video konferanslar, online konsültasyonlar, kişisel sağlık bakım araçları, hasta kayıtlarına kablosuz erişim ve reçeteleme gibi hizmetler üzerinde durulmuştur. Halk sağlığı uygulamalarında yaşanan teknolojik gelişmelerle sağlığın daha kişiselleşmiş, daha katılımcı, daha önleyici ve daha az masraflı bir hale dönüştürülmesi için uygulamalar geliştirilmeye odaklanıldığı görülmektedir.

Halk sağlığı bağlamında Sanayi 4.0 teknoloji bileşenlerini kullanarak, kronik veya bulaşıcı hastalığı olan hastaların, evde kalmasını ve sanal ağlar aracılığıyla doktorlarla etkileşime girmesini sağlayarak salgının büyük popülasyonlara ve tıbbi personele bulaşmasını en aza indirmeye yardımcı olacak uygulamalarda geliştirilmiştir. Günümüzde yaşanan Covid-19 salgın hastalığı bu süreçte geliştirilen teknolojilerin hızlanmasını sağlamanın yanı sıra sağlığın uzaktan yönetilmesine öneminin kavranmasına da katkıda bulunarak bireylerin uzaktan tedavi edilebileceği veya kontrolünün sağlanacağı uygulamaların geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmalara yoğunluk verilmesini sağlamıştır.

Halk sağlığına etki eden mevcut teknolojik yenilikler, kişisel sağlık izleme cihazlarının geliştirilmesine de fırsat sağlamış sağlık ve aktivite takibi için kişisel sağlık izleme platformları geliştirilmiş ve esas olarak son kullanıcının ihtiyaçlarını karşılayan, hastaların ise bakımını iyileştirmeyi amaçlayan sağlık teknolojilerine odaklanmıştır.

Bu yüzden PubMed ve WoS veri tabanından elde edilen bulgular dahilinde oluşturulan sonuçların yorumlanması için yapılan sınıflandırma genel olarak sağlık alanında yaşanan teknolojik gelişmelerin sağlık sistemlerinin yönetilmesi ve sunulmasında insan kaynaklı hataların azaltılmasını sağlayan, hastaların yer ve zaman sıkıntısı olmadan tedavi edilebilmesine olanak sunan, erken tanı ve tedavi olanaklarının gelişmesine katkıda bulunan ve hastaların hastalanmadan önce sağlıklarını kontrol altına alacak ve yaşam boyu kontrollerini sağlayacak teknolojik gelişmeler üzerinde durduğunu göstermektedir.

Araştırmacılara Gelecek Odaklı Öneriler

Sanayi 4.0 olgusu kapsamında gelişen teknolojiler ilk olarak, üretim sektöründe uygulanıyor ve test ediliyor olmasından dolayı Sağlık 4.0 kavramı Sanayi 4.0 kavramına oranla daha yavaş gelişme göstermektedir. Bu sebeple araştırmacıların

Sağlık 4.0 üzerinde yapacakları çalışmalarla alana katkıda bulunması, temelleri yeni atılan bu sürecin gelişmesine büyük faydalar sağlayacaktır. Ayrıca sanayi 4.0 teknolojilerinin sağlık alanında genel olarak eğitim, hassas tıp ve Cerrahi 4.0 gibi alanlarda yoğunlaşmaya başlandığı grlmektedir. Ancak bu alanla ilgili en eski verilerin dahi 2017 yılına dayanması bu alanların araştırmalara açık olduğunu ortaya koymakta ve böylece araştırmacıların daha derinlemesine araştırma yapmalarına olanak sağlamaktadır. Bu nedenle sağlıkta eğitim, hassas tıp ve Cerrahi 4.0 gibi Sağlık 4.0 alanında ne çıkan konulara odaklanması sağlık alanında araştırma yapmak isteyen araştırmacıların çalışmalarına ve bilimsel literatüre büyük katkı sağlayacağını söylemek mümkündür.

KAYNAKÇA

- Abouelmehdi, K., Beni-Hssane, A., Khaloufi, H., & Saadi, M. (2017). Big Data Security and Privacy in Healthcare: A Review. *Procedia Computer Science*, 113, 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.292>
- AbuKhoua, E., Mohamed, N., & Al-Jaroodi, J. (2012). e-Health Cloud: Opportunities and Challenges. *Future Internet*, 4(3), 621–645. <https://doi.org/10.3390/fi4030621>
- Acar, M. (2007). *İki Ayaklı Yürüme Hareketinin Modellenmesi Ve Kontrolü*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Acemoğlu, D., & Robinson, J. A. (2014). *Ulusların Düşüşü : Güç, Zenginlik ve Yoksulluğun Kökenleri*. Doğan Kitap.
- Adalı, E. (2017). İnsanlaşan Makinalar ve Yapay Zeka. *İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayını*, 8–13.
- Afferni, P., Merone, M., & Soda, P. (2018). Hospital 4.0 and Its Innovation in Methodologies and Technologies. İçinde *Proceedings - IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems* (C. 2018-June, ss. 333–338). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/CBMS.2018.00065>
- Ageyeva, T., Horváth, S., & Kovács, J. G. (2019, Ağustos 2). In-Mold Sensors for Injection Molding: On the Way to Industry 4.0. *Sensors (Switzerland)*. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/s19163551>
- Agrawal, R. K., & Hurriyet, H. (2004). The Advent of Manufacturing Technology and Its Implications for the Development of the Value Chain. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 34(3), 319–336.

<https://doi.org/10.1108/09600030410533619>

Ahmi, A., Elbardan, H., & Raja Mohd Ali, R. H. (2019). Bibliometric Analysis of Published Literature on Industry 4.0. İçinde *ICEIC 2019 - International Conference on Electronics, Information, and Communication*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.23919/ELINFOCOM.2019.8706445>

Aktaş, C. (2014). *QR Kodlar ve İletişim Teknolojisinin Hibritleşmesi* (Kalkedon Y, C. 2). İstanbul.

Aktaş, F., Çeken, C., & Erdemli, Y. E. (2016). Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Biyomedikal Alanındaki Uygulamaları. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4, 37–54.

Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>

Albers, A., Gladysz, B., Pinner, T., Butenko, V., & Stürmlinger, T. (2016). Procedure for Defining the System of Objectives in the Initial Phase of an Industry 4.0 Project Focusing on Intelligent Quality Control Systems. *Procedia CIRP*, 52, 262–267. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.067>

Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0. *Journa of Life Economics*, 19–30.

Alkan, M. (2013). Sanayide ‘3 Boyut’ Devrimi Yaşanacak. Tarihinde 11 Şubat 2020, adresinden erişildi <https://www.hurriyet.com.tr/ekonomi/sanayide-3-boyut-devrimi-yasanacak-22592939>

Alkan, O. (2009). Cloud Computing – Genel Görünüm . Tarihinde adresinden erişildi <https://soatr.wordpress.com/2009/08/21/makale-cloud-computing-genel-gorunum/>

Altındış, S. (2018). Büyük Verinin Sağlık Hizmetleri Kalitesindeki Rolü. *Sakarya*

Tıp Dergisi, 8(2), 205–213.

Altındaş, S., & Kıran Morkoç, İ. (2018). Sağlık Hizmetlerinde Büyük Veri. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), 257–271. <https://doi.org/10.25287/ohuibf.366227>

Amadeo, K. (2019). Vertical Integration: Definition, Examples, Pros, Cons. Tarihinde 06 Ocak 2020, adresinden erişildi <https://www.thebalance.com/what-is-vertical-integration-3305807>

Andersson, P., & Mattsson, L.-G. (2015). Service Innovations Enabled by the “Internet of Things”. *IMP Journal*, 9, 85–106. <https://doi.org/10.1108/IMP-01-2015-0002>

Armutlu, H., & Akçay, M. (2013). Bulut Bilişimin Bireysel Kullanımı için Örnek Bir Uygulama. *Akademik Bilişim Konferansı-2013*.

Arslan, N., Yaylacı, B., Deniz Eyüpoğlu, N., & Kürtüncü, M. (2018). Sağlıkta Gelişen Teknoloji: Üç Boyutlu Yazıcılar. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 2(2), 99–110. Tarihinde adresinden erişildi <https://dergipark.org.tr/download/article-file/504415>

Arslan, Ü. Ç. (2017). *Sanayi Devrimi: Sonuçları ve Uluslararası Sisteme Yansımaları*.

Ashton, K. (2009). “Internet of Things”. *RFiD Journal*, 97–114. Tarihinde adresinden erişildi <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>

Asi, Y. M., & Williams, C. (2018). The Role of Digital Health in Making Progress Toward Sustainable Development Goal (SDG) 3 in Conflict-Affected Populations. *International Journal of Medical Informatics*, 114, 114–120. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2017.11.003>

Asiimwe, M. M., & Kock, I. H. (2019). An Analysis of the Extent to Which Industry 4.0 has been Considered in Sustainability or Socio-technical Transitions. *South African Journal of Industrial Engineering*, 30(3), 41–51. <https://doi.org/10.7166/30-3-2245>

- Aslan, R. (2017). Sanal Gerçeklik , Artirilmiş Gerçeklik Ve Hologram. *Ayrıntı Dergisi*, 5(49), 21–26.
- Atan, S. (2016). Veri, Büyük Veri ve İşletmecilik. *Balıkesir University The Journal of Social Sciences Institute*, 35, 137–153.
- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 54, 2787–2805. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Aydın, A., & Kahraman, F. (2018). 3B Baskı Teknolojisi Kullanılarak Hızlı Prototipleme Yapımı ve Nesnelerin Üretimi. *Academic Perspective Procedia*, 1(1), 419–428. <https://doi.org/10.33793/acperpro.01.01.85>
- Aydın, L., Küçük, S., & Kenar, H. (2015). Doku ve Organ Biyo Yazdırma Amaçlı 3B Biyo Yazıcı Tasarımı ve Geliştirilmesi. *Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi*, 153–158.
- Aydın, Y. S. (2000). *Visual Prolog ile Programlama Yapay Zeka ve Uzman Sistemler*. (S. Koyuncu, Ed.) (Sistem Yay). İstanbul.
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Azuma, R. T. (1999). *The Challenge of Making Augmented Reality Work Outdoors*. Springer-Verlag.
- Baaziz, A., & Quoniam, L. (2018). How to Use Big Data Technologies to Optimize Operations in Upstream Petroleum Industry. *International Journal of Innovation*, 6(2).
- Banger, G. (2016). Akıllı Makineler ve Gelecek. *Elektirik Mühendisliği*, 459, 23–27.
- Banger, G. (2018). *Endüstri 4.0 Ekstra* (Dorlion Ya, C. 2).
- Barenji, R. V., Akdag, Y., Yet, B., & Oner, L. (2019). Cyber-Physical-Based PAT (CPbPAT) Framework for Pharma 4.0. *International Journal of Pharmaceutics*, 567. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2019.06.036>

- Başer, N. E. (2011). *I. Sanayi Devriminde Teknolojik Gelişmenin Rolü*. Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Bause, M., Khayamian Esfahani, B., Forbes, H., & Schaefer, D. (2019). Design for Health 4.0: Exploration of a New Area. İçinde *Proceedings of the International Conference on Engineering Design, ICED* (C. 2019-Augus, ss. 887–896). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/dsi.2019.93>
- Bayın, G., Yeşilaydın, G., & Özkan, O. (2016). Bulut Bilişimin Sağlık Hizmetlerinde Kullanımı. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (48), 233–253.
- Bayraktar, E., & Kaleli, F. (2007). Sanal Gerçeklik ve Uygulama Alanları. İçinde *Akademik Bilişim '07 - IX. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri* (ss. 253–259). Kütahya.
- BBC. (2012). Transplant Jaw Made by 3D Printer Claimed as First. Tarihinde 10 Şubat 2020, adresinden erişildi <http://www.bbc.com/news/technology-16907104>
- BDV, B. D. V. A. (2016). *Big Data Technologies in Healthcare Needs, Opportunities and Challenges*.
- Benfer, R. A., Edward E. Brent Jr., & Furbee, L. (1991). *Expert Systems. Expert Systems* (Sage Publi). <https://doi.org/10.4135/9781412984225>
- Berman, B. (2012). 3-D Printing: The New Industrial Revolution. *Business Horizons*, 55(2), 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003>
- Bhavnani, S. P., Parakh, K., Atreja, A., Druz, R., Graham, G. N., Hayek, S. S., ... Shah, B. R. (2017). 2017 Roadmap for Innovation—ACC Health Policy Statement on Healthcare Transformation in the Era of Digital Health, Big Data, and Precision Health. *Journal of the American College of Cardiology*, 70(21), 2696–2718. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2017.10.018>
- Bimber, O., & Raskar, R. (2005). *Spatial Augmented Reality: Merging Real and Virtual Worlds*. A K Peters.
- Binici, K. (2011). Veri Tabanlarında Kurumsal Yerelleştirme: PubMed Veri Tabanı

LinkOut Hizmeti ile Kurumsal Yerelleştirme Örneği, *12*(2), 347–358.

- Bonato, P. (2003). Wearable Sensors/Systems and Their Impact on Biomedical Engineering. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, *22*(3), 18–20. <https://doi.org/10.1109/MEMB.2003.1213622>
- Branke, J., Farid, S. S., & Shah, N. (2016). Industry 4.0: A Vision for Personalized Medicine Supply Chains? *Cell and Gene Therapy Insights*, *2*(2), 263–270. <https://doi.org/10.18609/cgti.2016.027>
- Brynhildsen, J., Dahle, L. O., Fallsberg, M. B., Rundquist, I., & Hammar, M. (2002). Attitudes Among Students and Teachers on Vertical Integration Between Clinical Medicine and Basic Science Within a Problem-Based Undergraduate Medical Curriculum. *Medical Teacher*, *24*(3), 286–288. <https://doi.org/10.1080/01421590220134105>
- Buckley, T., & Gordon, C. (2011). The Effectiveness of High Fidelity Simulation on Medical-Surgical Registered Nurses' Ability to Recognise and Respond to Clinical Emergencies. *Nurse Education Today*, *31*(7), 716–721. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2010.04.004>
- Bulut, E., & Akçacı, T. (2017). Endüstri 4.0 Ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 50–72.
- Buzan, B., & Hansen, L. (2009). *The Evolution of International Security Studies* (Cambridge). Cambridge.
- Can, Ö., Sezer, E., Bursa, O., & Ünalır, M. O. (2016). Nesnelerin İnterneti ve Güvenli Bir Sağlık Bilgi Modeli Önerisi. *4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, 1202–1209.
- Canese, K. (2006). PubMed Celebrates its 10th Anniversary! *NLM Technical Bulletin*, 352. Tarihinde adresinden erişildi https://www.nlm.nih.gov/pubs/techbull/so06/so06_pm_10.html
- Caudell, T. P., & Mizell, D. W. (2003). Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes, 669.

<https://doi.org/10.1109/hicss.1992.183317>

- Çayırpunar, Ö. (2009). *Çoklu Robot Sistemlerinde Robotlar Arası Haberleşme ve İşbirliği Kullanılarak Arama Verimliliğinin Artırılması*. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Çelebi, A., Tosun, H., & Önçağ, A. Ç. (2017). Hasarlı Bir Kafatasının Üç Boyutlu Yazıcı ile İmalatı ve İmplant Tasarımı. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 1(1), 27–35.
- Çelik, İ., Karakoç, F., Çakır, M. C., & Duysak, A. (2013). Hızlı Prototipleme Teknolojileri ve Uygulama Alanları. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (031), 53–70. Tarihinde adresinden erişildi <https://dergipark.org.tr/tr/pub/dpufbed/issue/35926/404617>
- Charney, S. (2012). Trustworthy Computing Next. *Microsoft Corporation Trustworthy Computing*, 3–34. https://doi.org/10.1007/978-3-540-30480-7_2
- Chen, C., Loh, E. W., Kuo, K. N., & Tam, K. W. (2020). The Times they Are a-Changin’ – Healthcare 4.0 Is Coming! *Journal of Medical Systems*, 44(2). <https://doi.org/10.1007/s10916-019-1513-0>
- Chen, Y., Yu, L., Ota, K., & Dong, M. (2018). Robust Activity Recognition for Aging Society. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 22(6), 1754–1764. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2018.2819182>
- Choo, B., Beling, P., LaViers, A., Marvel, J., & Weiss, B. (2015). Adaptive Multi-scale PHM for Robotic Assembly Processes. *Proceedings of the Annual Conference Prognostics and Health Management Society*, 6(37). Tarihinde adresinden erişildi <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28664161/>
- Choo, B. Y., Adams, S. C., Weiss, B. A., Marvel, J. A., & Beling, P. A. (2016). Adaptive Multi-scale Prognostics and Health Management for Smart Manufacturing Systems. *International journal of prognostics and health management*, 7, 014. Tarihinde adresinden erişildi <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28736651>

- Chute, C., & French, T. (2019). Introducing Care 4.0: An Integrated Care Paradigm Built on Industry 4.0 Capabilities. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(12), 2247. <https://doi.org/10.3390/ijerph16122247>
- Cirulis, A., & Brigmanis, K. B. (2013). 3D Outdoor Augmented Reality for Architecture and Urban Planning. İçinde *Procedia Computer Science* (C. 25, ss. 71–79). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.009>
- Cobo, M. J., Jürgens, B., Herrero-Solana, V., Martínez, M. A., & Herrera-Viedma, E. (2018). Industry 4.0: A Perspective Based on Bibliometric Analysis. İçinde *Procedia Computer Science* (C. 139, ss. 364–371). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.278>
- Coletti, M. H., & Bleich, H. L. (2001). Medical Subject Headings Used to Search the Biomedical Literature. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 8(4), 317–323. <https://doi.org/10.1136/jamia.2001.0080317>
- Connolly, C. (2011). *An Overview of International Cyber-Security Awareness Raising and Educational Initiatives*.
- Coventry, L., & Branley, D. (2018). Cybersecurity in Healthcare: A Narrative Review of Trends, Threats and Ways Forward. *Maturitas*, 113, 48–52. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2018.04.008>
- Curran, J., Fenton, N., & Freedman, D. (2012). *Misunderstanding the Internet*. Taylor and Francis. <https://doi.org/10.4324/9780203146484>
- D'Aveni, R. (2015). The 3-D Printing Revolution. Tarihinde 12 Şubat 2020, adresinden erişildi <https://hbr.org/2015/05/the-3-d-printing-revolution>
- da Silva, F. R. M., Fonsêca, D. A. de M., da Silva, W. L. A., Villarreal, E. R. L., Espinoza, G. A. E., & Salazar, A. O. (2019). System of Sensors and Actuators for the Production of Water Used in the Manufacture of Medicines. *Sensors (Switzerland)*, 19(20). <https://doi.org/10.3390/s19204488>

- Davidson, J. (1983). The Survival of Traditional Medicine in A Peruvian Barriada. *Social Science and Medicine*, 17(17), 1271–1280. [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(83\)90019-9](https://doi.org/10.1016/0277-9536(83)90019-9)
- Davies, B. (2000). A Review of Robotics in Surgery. *Part H: Journal of Engineering in Medicine. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, 214(1), 129–140. <https://doi.org/10.1243/0954411001535309>
- Davis, A. (2019). Virtual Reality Simulation: An Innovative Teaching Tool for Dietetics Experiential Education. *The Open Nutrition Journal*, 9(1), 65–75. <https://doi.org/10.2174/1876396001509010065>
- Demirci, Ş. (2018a). Sağlıkın Dijitalleşmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(26), 710–721. <https://doi.org/10.20875/makusobed.383071>
- Demirci, Ş. (2018b). Sağlık Hizmetlerinde Sanal Gerçeklik Teknolojileri. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 6(1), 35–46.
- Dennard, J. (2011). Can Cancer Treatment be Found in the Cloud? Tarihinde 29 Şubat 2020, adresinden erişildi http://porterresearch.com/Resource_Center/Blog_News/Industry_News/2011/December/Can_Cancer_Treatment_be_Found_in_the_Cloud
- Deryakulu, D. (1999). *Çağdaş Eğitimde Yeni Teknolojiler* (Anadolu Ün). Eskişehir.
- DeSalvo, K. B., Claire Wang, Y., Harris, A., Auerbach, J., Koo, D., & O’Carroll, P. (2017). Public health 3.0: A Call to Action for Public Health to Meet the Challenges of the 21st Century. *Preventing Chronic Disease*, 14(9). <https://doi.org/10.5888/pcd14.170017>
- DeSalvo, K. B., O’Carroll, P. W., Koo, D., Auerbach, J. M., & Monroe, J. A. (2016, Nisan 1). Public Health 3.0: Time for an Upgrade. *American Journal of Public Health*. American Public Health Association Inc. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2016.303063>
- Dinov, I. D. (2016). Volume and Value of Big Healthcare Data. *Journal of Medical*

Statistics and Informatics, 4(1), 3. <https://doi.org/10.7243/2053-7662-4-3>

Dodziuk, H. (2016). Applications of 3D Printing in Healthcare. *Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polska*, 13(3), 283–293. <https://doi.org/10.5114/kitp.2016.62625>

Doğan, A., Cemal, A., & Bulut, B. (2008). Türkçe Kütüphanecilik Dergilerinin Atıf Analizi. *Türk Kütüphaneciliği*, 22(4), 392–413. Tarihinde adresinden erişildi <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tk/624200>

Doğan, K., & Arslantekin, S. (2016). Büyük Veri: Önemi, Yapısı ve Günümüzdeki Durumu. *DTCF Dergisi*, 56(1), 15–36. https://doi.org/10.1501/Dtcfder_0000001461

Doğan, M. (2003). *Yapay Sinir Ağları Temelli Tıbbi Teşhis Sistemi*. Anadolu Üniversitesi.

Dorn, S. D. (2015, Eylül 1). Digital Health: Hope, Hype, and Amara's Law. *Gastroenterology*. W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1053/j.gastro.2015.07.024>

Du, Y. C., Lin, D. T. W., Jen, C. P., Ng, C. W., Chang, C. Y., & Wen, Y. X. (2019). Development of a Wireless Mesh Sensing System with High-Sensitivity LiNbO₃ Vibration Sensors for Robotic Arm Monitoring. *Sensors (Switzerland)*, 19(3). <https://doi.org/10.3390/s19030507>

Dülger, Ü. (2015). *Stratejik Büyük Veri Yönetiminin Yatırımlar Üzerindeki Etkileri*. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Dündar, Y. (2011). *Sen Tanrı Mısın ?* (6. Basım). Ankara.

EBSO. (2015). Sanayi 4.0. *Ege Bölgesi Sanayiciler Odası*, 1–56.

Economic and Social Council. (2018). *Building Digital Competencies to Benefit from Existing and Emerging Technologies, with A Special Focus on Gender and Youth Dimensions*. Tarihinde adresinden erişildi https://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/ecn162018d3_en.pdf

Eğrioğlu, E., Aladağ, Ç. H., Yolcu, U., Uslu, V. R., & Başaran, M. A. (2009). A New

Approach Based on Artificial Neural Networks for High Order Multivariate Fuzzy Time Series. *Expert Systems with Applications*, 36(7), 10589–10594. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.02.057>

EKOIQ. (2014). Endüstri 4.0 Akıllı Yeni Dünya: Dördüncü Sanayi Devrimi, 4–5.

Eldem, M. O. (2017). Endüstri 4.0. *TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni*, 3, 10–16.

Eraydın, A. (1992). *Post-Fordizm ve Değişen Mekansal Öncelikler* (ODTÜ Mimar). Ankara.

Erbaş, Ç., & Demirer, V. (2014). Eğitimde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları : Google Glass Örneği. *Journal of Instructional Technologies & Teacher Education*, 3(2), 8–16.

Eric, M. (2011). Impact of the Industrial Revolution. Tarihinde 21 Ekim 2019, adresinden erişildi <http://www.ecology.com/2011/09/18/ecological-impact-industrial-revolution/>

Etiler, N. (2016). *Sağlık Hizmetlerinde Yatay ve Dikey Örgütlenme*. Ankara. Tarihinde adresinden erişildi http://www.thb.hacettepe.edu.tr/arsiv/2002/sayi_3/baslik2.pdf

European Commission. (2015). *Factories of the Future Strategic Multi-Annual Roadmap*. Printed in Belgium.

Evans, D. (2011). The Internet of Things How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. *Cisco*, 1–10. Tarihinde adresinden erişildi https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf

Fang, F. (2016). Atomic and Close-to-Atomic Scale Manufacturing—A Trend in Manufacturing Development. *Frontiers of Mechanical Engineering*, 11(4), 325–327. <https://doi.org/10.1007/s11465-016-0402-1>

Ferhat, S. (2016). Dijital Dünyanın Gerçekliği, Gerçek Dünyanın Sanallığı Bir Dijital

Medya Ürünü Olarak Sanal Gerçeklik. *Dergi Park*, 01(02), 23. Tarihinde adresinden erişildi <http://dergipark.gov.tr/download/article-file/218567>

Ferrari, M., Ahmad, F., Shakya, Y., Ledwos, C., & McKenzie, K. (2016). Computer-Assisted Client Assessment Survey for Mental Health: Patient and Health Provider Perspectives. *BMC Health Services Research*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s12913-016-1756-0>

Feußner, H., & Park, A. (2017). Surgery 4.0: The Natural Culmination of the Industrial Revolution? *Innovative Surgical Sciences*, 2(3), 105–108. <https://doi.org/10.1515/iss-2017-0036>

Foster, I., Zhao, Y., Raicu, I., & Lu, S. (2008). Cloud Computing and Grid Computing. İçinde *GCE '08, The Grid Computing Environments Workshop* (ss. 1–10). <https://doi.org/10.1109/GCE.2008.4738445>

Fridin, M. S., Elani, Y., Trantidou, T., & Ces, O. (2019, Nisan 16). New Directions for Artificial Cells Using Prototyped Biosystems. *Analytical Chemistry*. American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acs.analchem.8b04885>

Friedrich, O., Haug, M., Reischl, B., Prölß, G., Kiriaev, L., Head, S. I., & Reid, M. B. (2019, Eylül 1). Single Muscle Fibre Biomechanics and Biomechatronics – The Challenges, the Pitfalls and the Future. *International Journal of Biochemistry and Cell Biology*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2019.105563>

Fu, Y., Tan, H., Wu, X., Wu, X., Yang, Y., Gao, Y., ... Wang, L. (2019). Combination of Medical and Health Care Based on Digital Smartphone-Powered Photochemical Dongle for Renal Function Management. *Electrophoresis*. <https://doi.org/10.1002/elps.201900136>

Gaba, D. M. (2004). The Future Vision of Simulation in Health Care. *Quality and Safety in Health Care*, 13(1), 2–10. https://doi.org/10.1136/qhc.13.suppl_1.i2

Gabaçlı, N., & Uzunöz, M. (2017). IV.Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü. *International Congress on Politic, Economic and Social Studies*, (3),

149–174.

Gedik, E. (2017). *Endüstri ürünleri Tasarımında Dijitalleşme: Üç Boyutlu Baskı Teknolojilerinin Ürün Tasarım Pratiğinde Kullanımı*. Gazi Üniversitesi.

Geng, H. (2016). *Internet of Things and Data Analytics Handbook*. John Wiley & Sons, Incorporated.

Gerbert, P., Castagnino, S., Rothballer, C., Renz, A., & Filitz, R. (2016). *Digital in Engineering and Construction: The Transformative Power of Building Information Modeling*.

Gilpin, L. (2014). 10 Facts on 3D Printing: Understanding Tech's Next Big Game-Changer. Tarihinde 11 Şubat 2020, adresinden erişildi <https://www.techrepublic.com/article/10-facts-on-3d-printing-understanding-techs-next-big-game-changer/>

Gökrem, L., & Bozuklu, M. (2016). Nesnelerin İnterneti: Yapılan Çalışmalar ve Ülkemizdeki Mevcut Durum. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 13, 47–68.

Goodman, S. E. (2008). Critical Information Infrastructure Protection. *Responses to Cyber Terrorism*, 34, 24–33.

Goodrich, M., & Tamassia, R. (2010). *Introduction to Computer Security*. World Hosts Report.

Görçün, Ö. F. (2016). *Endüstri 4.0 - Dördüncü Endüstri Devrimi*. Beta Yayıncılık.

Goutam, R. K. (2015). Importance of Cyber Security. *International Journal of Computer Applications*, 11(7), 975–8887.

Graham, M., Zook, M., & Boulton, A. (2014). Augmented Reality in Urban Places: Contested Content and the Duplicity of Code. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 464–479.

Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation*

Computer Systems, 29(7), 1645–1660.
<https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>

Gündüz, M. Z., & Daş, R. (2018). Nesnelere İnterneti: Gelişimi, Bileşenleri, Uygulama Alanları. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24(2), 327–335. <https://doi.org/10.5505/pajes.2017.89106>

Gürgüze, G., & Türkoğlu, İ. (2019). Kullanım Alanlarına Göre Robot Sistemlerinin Sınıflandırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31(1), 53–66.

Haberal, A. (2019). STM, Sağlık Sektörünü, Siber Tehditlere Karşı Koruyacak. Tarihinde 23 Şubat 2020, adresinden erişildi
<http://www.savunmahaber.com/stm-saglik-sektorunu-siber-tehditlere-karsi-koruyacak/>

Haggerty, E. (2017). Healthcare and Digital Transformation. *Network Security*, 2017(8), 7–11. [https://doi.org/10.1016/S1353-4858\(17\)30081-8](https://doi.org/10.1016/S1353-4858(17)30081-8)

Haleem, A., & Javaid, M. (2019, Temmuz 1). Industry 5.0 and Its Applications in Orthopaedics. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2018.12.010>

Haleem, A., Javaid, M., & Vaishya, R. (2019, Mayıs 1). Industry 4.0 and Its Applications in Orthopaedics. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2018.09.015>

Halme, A. S., Fritel, X., Benedetti, A., Eng, K., & Tannenbaum, C. (2015). Implications of the Minimal Clinically Important Difference for Health-Related Quality-of-Life Outcomes: A Comparison of Sample Size Requirements for an Incontinence Treatment Trial. *Value in Health*, 18(2), 292–298. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2014.11.004>

Hamet, P., & Tremblay, J. (2017). Artificial Intelligence in Medicine. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 69, S36–S40. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2017.01.011>

- Hancı, H., Tokgöz, H., & Yapar, İ. (2018). Tıbbi Sistemleri ve Cihazları Hedef Alan Siber Saldırıları. *Turkish Journal of Forensic Sciences*, 17(1), 32–39.
- Hansen, L. (2009). Digital Disaster, Cyber Security, and the Copenhagen School. *International Studies Quarterly*, 53, 1155–1175.
- Harden, R. M. (2000). The Integration Ladder: A Tool for Curriculum Planning and Evaluation. *Medical Education*, 34(7), 551–557. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2923.2000.00697.x>
- Harper, E. (2014). Can Big Data Transform Electronic Health Records Into Learning Health Systems? *Studies in Health Technology Information*, 470–480. Tarihinde adresinden erişildi <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24943583/>
- Harrison, R. P., Ruck, S., Medcalf, N., & Rafiq, Q. A. (2017, Ekim 1). Decentralized Manufacturing of Cell and Gene Therapies: Overcoming Challenges and Identifying Opportunities. *Cytotherapy*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jcyt.2017.07.005>
- Harwood, T., & Garry, T. (2003). An Overview of Content Analysis. *The Marketing Review*, 3(4), 479–498. <https://doi.org/10.1362/146934703771910080>
- Hasebrook, J. P., Hinkelmann, J., Volkert, T., Rodde, S., & Hahnenkamp, K. (2016). Securing the Continuity of Medical Competence in Times of Demographic Change: A Proposal. *JMIR Research Protocols*, 5(4), e240. <https://doi.org/10.2196/resprot.5897>
- Hausman, K., & Horne, R. (2014). *3D Printing for Dummies*.
- Heddy, G., Huzaiifa, U., Beling, P., Himes, Y., Marvel, J., Weiss, B., & LaViers, A. (2015). Linear Temporal Logic (LTL) Based Monitoring of Smart Manufacturing Systems - PubMed. *Proceedings of the Annual Conference of the Prognostics and Health Management Society*. Tarihinde adresinden erişildi <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28730154/>
- Herland, M., Khoshgoftaar, T. M., & Wald, R. (2014). A Review of Data Mining Using Big Data in Health Informatics. *Journal of Big Data*, 1(1).

<https://doi.org/10.1186/2196-1115-1-2>

- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2015). Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review. *Technical University of Dortmund*, 1–16. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29269.22248>
- Huang, Y., Schuehle, J., Porter, A. L., & Youtie, J. (2015). A Systematic Method to Create Search Strategies for Emerging Technologies Based On the Web of Science: Illustrated for ‘Big Data’. *Scientometrics*, 105(3), 2005–2022. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1638-y>
- Ihle, C., Ateschrang, A., Albrecht, D., Mueller, J., Stöckle, U., & Schröter, S. (2014). Occupational Consequences After Isolated Reconstruction of the Insufficient Posterior Cruciate Ligament. *BMC Research Notes*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/1756-0500-7-201>
- İleri, Y. Y. (2018). Sağlık Hizmetlerinde Nesnelerin İnterneti: Avantajları ve Zorlukları. *Akademik Sosyal Araştırma Dergisi*, 67, 159–171. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178>
- Intuitive Surgical Technology. (2018). Continuous Innovation. Tarihinde 15 Mart 2020, adresinden erişildi <https://www.intuitive.com/en-us/products-and-services/da-vinci>
- ISACA. (2009). *Cloud Computing: Business Benefits With Security, Governance and Assurance Perspectives*. Tarihinde adresinden erişildi www.isaca.org
- Işıктаş, İ. D. (2018). Tasarımda ve Üretimde Üç Boyutlu Baskı Teknolojisinin Seramik Alanında Kullanım Olanakları. *Ulakbilge Dergisi*, 6(28), 1193–1206. <https://doi.org/10.7816/ulakbilge-06-28-06>
- Ismail, A., Idris, M. Y. I., Ayub, M. N., & Por, L. Y. (2018). Vision-Based Apple Classification for Smart Manufacturing. *Sensors (Switzerland)*, 18(12). <https://doi.org/10.3390/s18124353>
- ITU, I. T. U. (2018). *Digital Skills Toolkit*. Tarihinde adresinden erişildi https://www.itu.int/en/ITU-D/Digital-Inclusion/Documents/ITU_Digital_Skills

Toolkit.pdf

- Jadad, A. R., & Enkin, M. W. (2007). Computers: Transcending our limits? *BMJ*, 334, s8. <https://doi.org/10.1136/bmj.39038.663970.94>
- Jagadish, B., Mishra, P. K., Kiran, M. P. R. S., & Rajalakshmi, P. (2019, Ekim 1). A Real-Time Health 4.0 Framework with Novel Feature Extraction and Classification for Brain-Controlled IoT-Enabled Environments. *Neural Computation*. MIT Press Journals. https://doi.org/10.1162/neco_a_01223
- Jirkovsky, V., Obitko, M., & Marik, V. (2017). Understanding Data Heterogeneity in the Context of Cyber-Physical Systems Integration. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 13(2), 660–667. <https://doi.org/10.1109/TII.2016.2596101>
- Joloudari, J. H., Joloudari, E. H., Saadatfar, H., Ghasemigol, M., Razavi, S. M., Mosavi, A., ... Nadai, L. (2020). Coronary Artery Disease Diagnosis; Ranking the Significant Features Using A Random Trees Model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph17030731>
- Ju, J., Kim, M. S., & Ahn, J. H. (2016). Prototyping Business Models for IoT Service. İçinde *Procedia Computer Science* (C. 91, ss. 882–890). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.106>
- Kagermann, H., Lukas, W. D., & Wahlster, W. (2011). *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution*.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Acatech: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0*. German.
- Kalender, N., & Özdemir, L. (2014). Yaşlılara Sağlık Hizmetlerinin Sunumunda Tele-Tıp Kullanımı. *Anadolu Hemşirelik ve Sağlık Bilimleri Dergisi*, 17(1), 50–58.
- Karaduman, T. (2009). Yapay Zeka Uygulama Alanları. *Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Adli Bilişim A.B.D.*, 1–11.

- Karagöz, J. (2018). *Sağlıkta Dijital Dönüşüm*. İstanbul: Kutlu Yayınevi.
- Katz, J., & Rice, R. (2009). Public Views of Mobile Medical Devices and Services: A US National Survey of Consumer Sentiments Towards RFID Healthcare Technology. *International Journal of Medical Informatics*, 78(2), 104–114. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2008.06.001>
- Kaur, S. (2012). How is “Internet of the 3D Printed Products” Going to Affect Our Lives? *IETE Technical Review (Institution of Electronics and Telecommunication Engineers, India)*, 29(5), 360–364. <https://doi.org/10.4103/0256-4602.103164>
- Kavuncubaşı, Ş., & Kısa, A. (2002). *Sağlık Kurumları Yönetimi*. (N. Uzkesici, Ed.).
- Kaya, A. Y., Fışkın, R., & Nas, S. (2013). “Safety Science” Dergisinde 2006-2010 Yılları Arasında Yayınlanan Makalelerin İçerik Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 5(1), 121–140.
- Kayabaşı, Y. (2005). Sanal gerçeklik ve eğitim amaçlı kullanılması. *The Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 4(3), 1303–6521.
- Kenan, G. (2019). *Uluslararası Ticaretin Dijitalleşmesi ve Sanayi Akımlarının Etkisi: Endüstri 4.0 Devrimi Üzerine Bir Araştırma*. İstanbul Ticaret Üniversitesi.
- Keskenler, M. F., & Keskenler, E. F. (2017). Geçmişten Günümüze Yapay Sinir Ağları ve Tarihçesi. *Takvim-i Vekayi*, 2(5), 8–18.
- Khaiwal, R., Singh, T., Tripathy, J. P., Mor, S., Munjal, S., Patro, B., & Panda, N. (2016). Assessment of Noise Pollution in and Around A Sensitive Zone in North India and Its Non-Auditory Impacts. *Science of the Total Environment*, 566–567, 981–987. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.070>
- Khalifa, M., & Zabani, I. (2016). Utilizing Health Analytics in Improving the Performance of Healthcare Services: A Case Study on a Tertiary Care Hospital. *Journal of Infection and Public Health*, 9(6), 757–765. <https://doi.org/10.1016/j.jiph.2016.08.016>

- Kim, D. H., & MacKinnon, T. (2018). Artificial Intelligence in Fracture Detection: Transfer Learning From Deep Convolutional Neural Networks. *Clinical Radiology*, 73(5), 439–445. <https://doi.org/10.1016/j.crad.2017.11.015>
- Kim, J. H. (2014). Health Avatar: An Informatics Platform for Personal and Private Big Data. *Healthcare Informatics Research*. Korean Society of Medical Informatics. <https://doi.org/10.4258/hir.2014.20.1.1>
- Kipper, G., & Rampolla, J. (2013). *Augmented Reality : An Emerging Technologies Guide to AR*. Syngress/Elsevier.
- Kipper, L. M., Furstenau, L. B., Hoppe, D., Frozza, R., & Iepsen, S. (2020). Scopus Scientific Mapping Production in Industry 4.0 (2011–2018): A Bibliometric Analysis. *International Journal of Production Research*, 58(6), 1605–1627. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1671625>
- Kılıç, T. (2017). e-Sağlık, İyi Uygulama Örneği; Hollanda. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6(3), 203–217.
- Kırbaş, İ., Bayılmış, C., Kaçar, S., & Çankaya, İ. (2010). *İnkübatörlerin Uzaktan İzlenmesi ve Kontrolü İçin Yeni Bir Teknoloji: Kablosuz Algılayıcı Ağlar*. Artech House.
- Kızılcılık, S. (1995). Postmodernizm ve Alternatif Tıp. *Birikim dergisi*, 80, 38–47.
- Kleinrock, L. (2008, Şubat). History of the Internet and Its Flexible Future. *IEEE Wireless Communications*. <https://doi.org/10.1109/MWC.2008.4454699>
- Koehler, W. (2001). Information Science as “Little Science”: The Implications of A Bibliometric Analysis of the Journal of the American Society for Information Science. *Scientometrics*, 51(1), 117–132. <https://doi.org/10.1023/A:1010516712215>
- Köse, U., & Armutlu, H. (2015). *Bulut Bilişim: Temel Konular ve Amazon Web Services (AWS)* (Detay Yayın). Ankara.
- Kruse, C. S., Frederick, B., Jacobson, T., & Monticone, D. K. (2017). Cybersecurity

- in Healthcare: A Systematic Review of Modern Threats and Trends. *Technology and Health Care*, 25(1), 1–10. <https://doi.org/10.3233/THC-161263>
- Kruth, J. P., Leu, M. C., & Nakagawa, T. (1998). Progress in Additive Manufacturing and Rapid Prototyping. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 47(2), 525–540. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)63240-5](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)63240-5)
- Küçükcalay, A. M. (2014). *Dünya İktisat Tarihi* (Beta Yayın). İstanbul.
- Kwoh, Y. S., Hou, J., Jonckheere, E. A., & Hayati, S. (1988). A Robot with Improved Absolute Positioning Accuracy for CT Guided Stereotactic Brain Surgery. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 35(2), 153–160. <https://doi.org/10.1109/10.1354>
- Lake, F. (2019). From Industry 4.0 to Lab 4.0. *BioTechniques*. Future Science. <https://doi.org/10.2144/btn-2019-0061>
- Lanier, J., Conn, C., Fisher, S., Druin, A., & Minsky, M. (1989). Virtual Environments and Interactivity: Windows to the Future. *ACM SIGGRAPH 89 Panel Proceedings, SIGGRAPH 1989*, 23(5), 7–18. <https://doi.org/10.1145/77276.77278>
- Lányi, C. S. (2006). Virtual Reality in Healthcare. *Studies in Computational Intelligence*, 19, 87–116. https://doi.org/10.1007/11418337_3
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2012). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm* (Twelfth). New York.
- Lee, E. A. L., & Wong, K. W. (2014). Learning with Desktop Virtual Reality: Low Spatial Ability Learners are more Positively Affected. *Computers and Education*, 79, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.010>
- Lee, H. (2014). Paging Dr. Watson: IBM's Watson Supercomputer Now Being Used in Healthcare. *American Health Information Management Association*, 85(5), 44–47.
- Lee, In, & Lee, K. (2015). The Internet of Things (IoT): Applications, Investments,

- and Challenges for Enterprises, 58, 431–440.
<https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008>
- Lee, Insup, & Sokolsky, O. (2010). Medical Cyber Physical Systems. Anaheim, CA, USA: IEEE. Tarihinde adresinden erişildi
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5523270>
- Lee, K. S., & Cha, J. H. (2014). Patient-Reported Outcomes In Moderate To Severe Hemophilia Patients: Finding From A Cross-Sectionalstudy In Korea. *Value in Health, 17*(7), A537–A538. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2014.08.1721>
- Lenz, R., & Reichert, M. (2007). IT Support for Healthcare Processes-Premises, Challenges, Perspectives. *Data & Knowledge Engineering, 61*, 39–58.
<https://doi.org/10.1016/j.datak.2006.04.007>
- Lewis, T. (2014). A Brief History of Artificial Intelligence. Tarihinde 04 Aralık 2019, adresinden erişildi <https://www.livescience.com/49007-history-of-artificial-intelligence.html>
- Lewy, H. (2015). Wearable Technologies - Future Challenges for Implementation in Healthcare Services. *Healthcare technology letters, 2*(1), 2–5.
<https://doi.org/10.1049/hfl.2014.0104>
- Li, S., Tryfonas, T., & Li, H. (2016). The Internet of Things: A Security Point of View. *Internet Research, 26*(2), 337–359. <https://doi.org/10.1108/IntR-07-2014-0173>
- Lioufas, P. A., Quayle, M. R., Leong, J. C., & McMenamin, P. G. (2016). 3D Printed Models of Cleft Palate Pathology for Surgical Education. *Plastic and Reconstructive Surgery - Global Open, 4*(9).
<https://doi.org/10.1097/GOX.0000000000001029>
- Lipson, H., & Kurman, M. (2013). Fabricated The New World of 3D Printing.
- Lohfeld, S., McHugh, P., Serban, D., Boyle, D., O'Donnell, G., & Peckitt, N. (2007). Engineering Assisted Surger: A Route for Digital Design and Manufacturing of Customised Maxillofacial Implants. *Journal of Materials Processing*

Technology, 183(2–3), 333–338.
<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.10.028>

Lu, Z. (2011). PubMed and Beyond: A Survey of Web Tools for Searching Biomedical Literature. *Database (Oxford)*.
<https://doi.org/10.1093/database/baq036>

Lueders, C., Jastram, B., Hetzer, R., & Schwandt, H. (2014). Rapid Manufacturing Techniques for the Tissue Engineering of Human Heart Valves. *European Journal of Cardio-thoracic Surgery*, 46(4), 593–601.
<https://doi.org/10.1093/ejcts/ezt510>

Lupton, D. (2013). The Digitally Engaged Patient: Self-Monitoring and Self-Care in the Digital Health Era. *Social Theory and Health*, 11(3), 256–270.
<https://doi.org/10.1057/sth.2013.10>

Machlup, F. (1962). *The Production and Distribution of Knowledge in the United States*. Princeton University Press.

Mackenbach, J. P. (2007). Sanitation: Pragmatism Works. *BMJ (Clinical research ed.)*, 334 Suppl(suppl 1), s17–s17. <https://doi.org/10.1136/bmj.39044.508646.94>

Makino, T., Kaito, T., Kashii, M., Iwasaki, M., & Yoshikawa, H. (2015). Low Back Pain and Patient-Reported QOL Outcomes in Patients with Adolescent Idiopathic Scoliosis Without Corrective Surgery. *SpringerPlus*, 4(1).
<https://doi.org/10.1186/s40064-015-1189-y>

Malik, H. H., Darwood, A. R. J., Shaunak, S., Kulatilake, P., El-Hilly, A. A., Mulki, O., & Baskaradas, A. (2015). Three-Dimensional Printing in Surgery: A Review of Current Surgical Applications. *Journal of Surgical Research*, 199(2), 512–522. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.06.051>

Malinowski, M., Beling, P., Haimes, Y., LaViers, A., Marvel, J., & Weiss, B. (2015). System Interdependency Modeling in the Design of Prognostic and Health Management Systems in Smart Manufacturing - PubMed. *Proceedings of the Annual Conference of the Prognostics Health Management Society*, 6(38).

Tarihinde adresinden erişildi <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28664162/>

- Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., & Byers, A. H. (2011). *Big Data: The Next Frontier for Innovation, Competition, and Productivity*. USA. Tarihinde adresinden erişildi www.mckinsey.com/mgi.
- Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J., & Ghalsasi, A. (2011). Cloud Computing - The Business Perspective. *Decision Support Systems*, 51(1), 176–189. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.12.006>
- Martin, G., Martin, P., Hankin, C., Darzi, A., & Kinross, J. (2017). Cybersecurity and Healthcare: How Safe are We? *BMJ*, 358. <https://doi.org/10.1136/bmj.j3179>
- McBurney, M. K., & Novak, P. L. (2002). What is Bibliometrics and Why Should You Care? *IEEE International Professional Communication Conference*, 108–114. <https://doi.org/10.1109/ipcc.2002.1049094>
- McElhone, K., Burnell, J., Sutton, C., Abbott, J., Lanyon, P., Rahman, A., ... Teh, L. S. (2014). Is the Disease-Specific Lupusqol Sensitive To Changes of Disease Activity In Systemic Lupus Erythematosus Patients After Treatment of A Flare? *Value in Health*, 17(7), A538. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2014.08.1725>
- Mell, P., & Grance, T. (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing Recommendations of the National Institute of Standards and Technology*. Amerika Birleşik Devletleri. <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145>
- Mesko, B. (2017). The Top 9 Augmented Reality Companies in Healthcare. Tarihinde 16 Mart 2020, adresinden erişildi <https://www.healthcareguys.com/newscenter/the-top-9-augmented-reality-companies-in-healthcare/>
- Mills, A. (1983). Vertical vs Horizontal Health Programmes in Africa: Idealism, Pragmatism, Resources and Efficiency. *Social Science and Medicine*, 17(24), 1971–1981. [https://doi.org/10.1016/0277-9536\(83\)90137-5](https://doi.org/10.1016/0277-9536(83)90137-5)
- Mokyr, J. (2011). *The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress*. Oxford University Press.

<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195074772.001.0001>

- Montes, J. O. (2016). Impacts of 3D Printing on the Development of New Business Models: Technology and Service Complementarity in Industry 4.0. *Centre Interuniversitaire de Recherche sur la Science et la Technologie*.
- Morrison, R. J., Hollister, S. J., Niedner, M. F., Mahani, M. G., Park, A. H., Mehta, D. K., ... Green, G. E. (2015). Mitigation of Tracheobronchomalacia with 3D-Printed Personalized Medical Devices in Pediatric Patients. *Science Translational Medicine*, 7(285). <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.3010825>
- Mosa, A. S. M., & Yoo, I. (2013). A Study On Pubmed Search Tag Usage Pattern: Association Rule Mining Of A Full-Day Pubmed Query Log. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 13(1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/1472-6947-13-8>
- Muhuri, P. K., Shukla, A. K., & Abraham, A. (2019). Industry 4.0: A Bibliometric Analysis and Detailed Overview. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 78, 218–235. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.11.007>
- Müller, K., Edvall, N. K., Idrizbegovic, E., Huhn, R., Cima, R., Persson, V., ... Cederroth, C. R. (2016). Validation of Online Versions of Tinnitus Questionnaires Translated Into Swedish. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 8(NOV). <https://doi.org/10.3389/fnagi.2016.00272>
- Nabiyev, V. V. (2012). *Yapay Zekâ: İnsan-Bilgisayar Etkileşimi* (Seçkin Yay). Ankara.
- Nakai, T. (2019). Magneto-Impedance Sensor Driven by 400 MHz Logarithmic Amplifier. *Micromachines*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/mi10060355>
- Narayanan, S., & Franceschetti, A. (2014). Quality of Life (QoL) With Psoriasis: Ethnography Study Evaluating the Impact of Psoriasis On Moderate To Severe Patients In Europe (Eu), From A Patient's Perspective. *Value in Health*, 17(7), A538. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2014.08.1723>
- Neborachko, M., Pkhakadze, A., & Vlasenko, I. (2019). Current Trends of Digital

- Solutions for Diabetes Management. *Diabetes Metabolic Syndrome*, 13(5), 2997–3003. Tarihinde adresinden erişildi <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30078742/>
- Nee, A. Y. C., Ong, S. K., Chryssolouris, G., & Mourtzis, D. (2012). Augmented Reality Applications in Design and Manufacturing. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 61(2), 657–679. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2012.05.010>
- NIST. (2013). *Cloud Computing Standards Roadmap*.
- Nováková, D. (2017). *Industry 4.0 as an Example of a Top-Down vs. Horizontal Europeanization*. Charles University.
- Öcal, H., Doğru, İ. A., & Barışçı, N. (2018). Akıllı ve Geleneksel Giyilebilir Sağlık Cihazlarında Nesnelerin İnterneti. *Journal of Polytechnic*, 0900, 0–2. <https://doi.org/10.2339/politeknik.450290>
- Oesterreich, T. D., & Teuteberg, F. (2016). Understanding the Implications of Digitisation and Automation in the Context of Industry 4.0: A Triangulation Approach and Elements of a Research Agenda for the Construction Industry. *Computers in Industry*, 83, 121–139. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.09.006>
- Ogan, Ö. (2017). *Endüstri 4.0 Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarları* (Pusula 20). İstanbul.
- Oh, H., Ramezan Shirazi, A., Sun, C., & Jin, Y. (2017). Bio-Inspired Self-Organising Multi-Robot Pattern Formation: A Review. *Robotics and Autonomous Systems*, 91, 83–100. <https://doi.org/10.1016/j.robot.2016.12.006>
- Omboni, S., Caserini, M., & Coronetti, C. (2016). Telemedicine and M-Health in Hypertension Management: Technologies, Applications and Clinical Evidence. *High Blood Pressure and Cardiovascular Prevention*, 23(3), 187–196. <https://doi.org/10.1007/s40292-016-0143-6>
- Oracle. (2013). *Information Management and Big Data A Reference Architecture*.

- Orhan Özen, S., & Karaman, M. K. (2011). Eğitimde Gerçekliğe Yeni Bir Bakış: Harmanlanmış ve Genişletilmiş Gerçeklik.
- Öz, Ö. (2020). Dijital Liderlik: Dijital Dünyada Okul Lideri Olmak. *Uluslararası Liderlik Çalışmaları Dergisi: Kurum ve Uygulama*, 3(1), 45–57.
- Özdağoğlu, G., Özveri, O., Özdağoğlu, A., & Damar, M. (2019). The Potential Effect of Industry 4.0 on the Literature About Business Processes: A Comparative Before-and-After Evaluation Based on Scientometrics. İçinde *Proceedings of the International Symposium for Production Research 2018* (ss. 674–690). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92267-6_55
- Özkol, E. (2009). İleri Seramik Malzemeler İçin Yeni Bir Üretim Teknik Olarak Mürekkep Püskürtmeli Dorudan Baskı Yöntemi. *Bilim-Teknoloji / Science-Technology*, 28, 106–111.
- Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 21(1), 41–64.
- Öztemel, E. (2012). *Yapay Sinir Ağları* (Papatya Ya). İstanbul.
- Öztuna, B. (2017). *Endüstri 4.0 (Dördüncü Sanayi Devrimi) İle Çalışma Yaşamının Geleceği*. (G. Kitaplığı, Ed.).
- Öztürk, K., & Şahin, M. (2018). Yapay Sinir Ağları ve Yapay Zekâ'ya Genel Bir Bakış. *Takvim-i Vekayi*, 6(2), 25–36.
- Pala, Z. (2009). RFID Teknolojisinin Acil Müdahalede Kullanımı (ss. 95–98). Şanlıurfa.
- Palousek, D., Rosicky, J., Koutny, D., Stoklásek, P., & Navrat, T. (2014). Pilot Study of the Wrist Orthosis Design Process. *Rapid Prototyping Journal*, 20(1), 27–32. <https://doi.org/10.1108/RPJ-03-2012-0027>
- Pamuk, N. S., & Soysal, M. (2018). Yeni Sanayi Devrimi Endüstri 4.0 Üzerine Bir İnceleme, *1*(1), 41–66.

- Paulin, A. (2017). Data traffic forecast in health 4.0. İçinde *Health 4.0: How Virtualization and Big Data are Revolutionizing Healthcare* (ss. 39–60). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47617-9_3
- Penrose, R. (1989). The Emperor's New Mind. Concerning Computers, Minds and the Laws of Physics. *Physics of Life Reviews*, 11(1). <https://doi.org/10.1016/j.plrev.2013.08.002>
- Péntek, M., Baji, P., Pogány, G., Brodszky, V., Boncz, I., & Gulácsi, L. (2014). Health Related Quality of Life of Patients and Their Caregivers In Rare Diseases Results of the Burqol-Rd Project In Hungary. *Value in Health*, 17(7), A538. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2014.08.1724>
- Pentland, A. (2005). Healthwear: Medical Technology Becomes Wearable. <https://doi.org/10.1109/MC.2004.1266284>
- Phyllis, D. (2000). *İlk Sanayi İnkılabı*. (T. T. Kurumu, Ed.) (1. Baskı).
- Pirim, H. (2006). Yapay Zeka. *Journal of Yasar University*, 1(1), 81–93.
- Polat, C., Sağlam, M., & Sarı, T. (2013). Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi'nin Bibliyometrik Analizi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 27(2), 273–288. Tarihinde adresinden erişildi <http://e-dergi.atauni.edu.tr/atauniiibd/article/view/1025008825/1025007550>
- Polat, Z. A., Saraçoğlu, A., & Duman, H. (2019). Harita Dergisi'nin Bibliyometrik Analizi. *Harita Dergisi*, 161, 46–56.
- Porter, A. L., & Cunningham, S. W. (2004). *Tech Mining: Exploiting New Technologies for Competitive Advantage* (John Wiley & Sons., C. 29).
- Pritchard, A. (1969). Statistical Bibliography or Bibliometrics? *Journal of Documentation*, 25(4), 348–349.
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2017). A Framework of Energy Consumption Modelling for Additive Manufacturing Using Internet of Things. *Procedia CIRP*, 63, 307–312. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.036>

- Rady, A., Fischer, J., Reeves, S., Logan, B., & Watson, N. J. (2020). The Effect of Light Intensity, Sensor Height, and Spectral Pre-Processing Methods when using NIR Spectroscopy to Identify Different Allergen-Containing Powdered Foods. *Sensors (Switzerland)*, 20(1). <https://doi.org/10.3390/s20010230>
- Raghupathi, W., & Raghupathi, V. (2014). Big Data Analytics in Healthcare: Promise and Potential. *Health Information Science and Systems*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/2047-2501-2-3>
- Rahman, M. A., Mahmud, P., & Mashuk, M. S. (2013). Augmented and Virtual Reality Based Approaches in Minimally Invasive Surgery Training. İçinde 2013 *International Conference on Informatics, Electronics and Vision, ICIEV 2013*. <https://doi.org/10.1109/ICIEV.2013.6572714>
- Raste, K. S. (2014). *Big Data Analytics – Hadoop Performance Analysis*. San Diego State Üniversitesi, San Diego.
- Rat, A. C., Baumann, C., Klein, S., Loeuille, D., & Guillemin, F. (2008). Effect of Order of Presentation of a Generic and a Specific Health-Related Quality of Life Instrument in Knee and Hip Osteoarthritis: A Randomized Study. *Osteoarthritis and Cartilage*, 16(4), 429–435. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2007.07.011>
- Redclift, M. (2005). Sustainable Development (1987-2005)- An Oxymoron Comes of Age. *Horizontes Antropológicos*, 12(25), 65–84.
- Reeder-Hayes, K. E., Troester, M. A., & Meyer, A.-M. (2017). Reducing Racial Disparities in Breast Cancer Care: The Role of “Big Data”, 31(10), 756–762. Tarihinde adresinden erişildi <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29083467/>
- Richter, L. J., Delongchamp, D. M., & Amassian, A. (2017, Mayıs 10). Morphology Development in Solution-Processed Functional Organic Blend Films: An in Situ Viewpoint. *Chemical Reviews*. American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.6b00618>
- Rifkin, J. (2011). *Üçüncü Sanayi Devrimi*.

- Riva, G. (2000). From Telehealth to E-Health: Internet and Distributed Virtual Reality in Health Care. *Cyberpsychology & Behavior*, 3(6), 989–999.
- Robles-Martinez, P., Xu, X., Trenfield, S. J., Awad, A., Goyanes, A., Telford, R., ... Gaisford, S. (2019). 3D Printing of a Multi-Layered Polypill Containing Six Drugs Using a Novel Stereolithographic Method. *Pharmaceutics*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics11060274>
- Rošker, P., & Shellabear, M. (2004). E-manufacturing with laser-sintering - to series production and beyond.
- Şabanoviç, A., & Yannier, S. (2003). Robotlar: Sosyal Etkileşimli Makineler. *Journal of Thermal Sciences and Technology*, 1–9.
- Saijo, H., Igawa, K., Kanno, Y., Mori, Y., Kondo, K., Shimizu, K., ... Takato, T. (2009). Maxillofacial Reconstruction Using Custom-Made Artificial Bones Fabricated by Inkjet Printing Technology. *Journal of Artificial Organs*, 12(3), 200–205. <https://doi.org/10.1007/s10047-009-0462-7>
- Saklı, A. R. (2013). Fordizm'den Esnek Üretim Rejimine Dönüşümün Kamu Yönetimi Üzerindeki Etkisi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(44), 107–131.
- Sargutan, E. (2005). Sağlık Teknolojisi Yönetimi. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 8(1), 113–144.
- Say, C. (2018). *50 Soruda Yapay Zekâ (Bilim ve G)*. İstanbul.
- Sayar, M., & Güneş, M. (2015). Akıllı İş Süreçleri Yönetimi (İBPM) ve Sağlık Sektöründe Bir Uygulama. *15th Production Research Symposium*, 561–570.
- Schiavoni, R., Monti, G., Piuzzi, E., Tarricone, L., Tedesco, A., De Benedetto, E., & Cataldo, A. (2020). Feasibility of a Wearable Reflectometric System for Sensing Skin Hydration. *Sensors*, 20(10), 2833. <https://doi.org/10.3390/s20102833>
- Schubert, C., Van Langeveld, M. C., & Donoso, L. A. (2014). Innovations in 3D

- Printing: A 3D Overview from Optics to Organs. *British Journal of Ophthalmology*, 98(2), 159–161. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2013-304446>
- Schuh, G., Potente, T., Wesch-Potente, C., Weber, A. R., & Prote, J.-P. (2014). Collaboration Mechanisms to Increase Productivity in the Context of Industrie 4.0. *Procedia CIRP*, 19, 51–56. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2014.05.016>
- Schwab, K. (2017). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. Optimist Yayınları.
- Sener, S., & Elevli, B. (2017). Endüstri 4.0’da Yeni İş Kolları ve Yüksek Öğrenim. *Mühendis Beyinler Dergisi*, 1, 25–37.
- Sepúlveda, E., Poinhos, R., Constante, M., Pais-Ribeiro, J., Freitas, P., & Carvalho, D. (2015). Relationship Between Chronic Complications, Hypertension, and Health-Related Quality of Life in Portuguese Patients with Type 2 Diabetes. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 8, 535–542. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S88489>
- Sevli, O. (2011). *Bulut Bilişim ve Eğitim Alanında Örnek Bir Uygulama*. Süleyman Demirel Üniversitesi.
- SIEMENS. (2016). Endüstri 4.0 Yolunda: Dijital Fabrikalar. Tarihinde 20 Kasım 2019, adresinden erişildi http://siemens.e-dergi.com/pubs/Endustri40/Endustri40_DigitalFabrikalar/assets/basic-html/page-1.html#
- Simpson, R. L. (2003). Welcome to the Virtual Classroom: How Technology is Transforming Nursing Education in the 21st Century. *Nursing Administration Quarterly*, 27(1), 83–86. <https://doi.org/10.1097/00006216-200301000-00012>
- Sin, A. K., & Zaman, H. B. (2010). Live Solar System (LSS): Evaluation of an Augmented Reality Book-Based Educational Tool. İçinde *2010 International Symposium on Information Technology* (ss. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ITSIM.2010.5561320>
- Smith, A. (2007). *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*.

Tarihinde adresinden erişildi <http://metalibri.incubadora.fapesp.br>

- Somyürek, S. (2014). Öğretim Sürecinde Z Kuşağının Dikkatini Çekme: Artırılmış Gerçeklik. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 4(1), 63. <https://doi.org/10.17943/etku.88319>
- Sönmez, S., Kesen, U., & Dalgıç, C. (2018). 3 Boyutlu Yazıcılar. *6th International Printing Technologies Symposium*, 471–481.
- Stankovic, J. A., Cao, Q., Doan, T. T., & Fang, L. (2005). Wireless Sensor Networks for in-home Healthcare: Potential and Challenges, 1–4.
- Steen, H., Lange, J. E., & Brox, J. I. (2015). Early Weaning in Idiopathic Scoliosis. *Scoliosis*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13013-015-0059-2>
- Steinbach, R. (2017). 5 Real-Life Applications of Augmented Reality in Healthcare. Tarihinde 15 Mart 2020, adresinden erişildi <https://www.trekk.com/insights/5-real-life-applications-augmented-reality-healthcare>
- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0, 536–541. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>
- Strehmel, B., Schmitz, C., Cremanns, K., & Göttert, J. (2019). Photochemistry with Cyanines in the Near Infrared: A Step to Chemistry 4.0 Technologies. *Chemistry - A European Journal*, 25(56), 12855–12864. <https://doi.org/10.1002/chem.201901746>
- Sun, W., Yao, B., He, Y., Chen, B., Zeng, N., & He, W. (2017). Health State Monitoring of Bladed Machinery with Crack Growth Detection in BFG Power Plant Using an Active Frequency Shift Spectral Correction Method. *Materials*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/ma10080925>
- Sundmaeker, H., Guillemin, P., Friess, P., & Woelfflé, S. (2010). Vision and Challenges for Realising the Internet of Things. *Cluster of European Research Projects on the Internet of Things, European Commission*, 3(3), 34–37.
- Székely, G., & Satava, R. M. (1999). Virtual Reality in Medicine. *BMJ (Clinical*

research ed.), 319(7220), 1305. <https://doi.org/10.1136/bmj.319.7220.1305>

Tagbo, B., Ughasoro, M., & Esangbedo, D. (2014). Parental Acceptance of Inactivated Polio Vaccine in Southeast Nigeria: A Qualitative Cross-Sectional Interventional Study. *Vaccine*, 32(46). <https://doi.org/10.1016/J.VACCINE.2014.08.053>

Tarver, E. (2019). Horizontal Integration Definition and Notable Examples. Tarihinde 06 Ocak 2020, adresinden erişildi <https://www.investopedia.com/ask/answers/051315/what-are-some-examples-horizontal-integration.asp>

Terry, K. (2012, Ocak 9). Cloud Computing in Healthcare: the Question is not If, but When. Tarihinde 29 Şubat 2020, adresinden erişildi <https://www.fiercehealthcare.com/it/cloud-computing-healthcare-question-not-if-but-when>

Tezcan, C. (2018). Sağlıkın Dijital Dönüşümü. *Sağlık Düşüncesi ve Tıp Kültürü Dergisi*, 18–21. Tarihinde adresinden erişildi <http://www.sdplatform.com/Dergi/1086/Sagligin-dijital-donusumu.aspx>

Thuemmler, C. (2017). The Case for Health 4.0. İçinde *Health 4.0: How Virtualization and Big Data are Revolutionizing Healthcare* (ss. 1–22). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47617-9_1

Thuemmler, C., & Bai, C. (2017). *Health 4.0: How Virtualization and Big Data are Revolutionizing Healthcare*. Springer. China: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47617-9_2

Timmis, J. K., & Timmis, K. (2017). The DIY Digital Medical Centre. *Microbial Biotechnology*, 10(5), 1084–1093. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12817>

Tonta, Y., & Doğan, G. (2016). Industry 4.0: Mapping the Structure and Evolution of an Emerging Field, 1–8.

Torğul, B., Şağbanşua, L., & Balo, F. B. (2016). Internet of Things: A Survey. *International Journal of Applied Mathematics, Electronics and Computers*,

104–104. <https://doi.org/10.18100/ijamec.267197>

Tronci, S., Neer, P. Van, Giling, E., Stelwagen, U., Piras, D., Mei, R., ... Grosso, M. (2019). In-Line Monitoring and Control of Rheological Properties through Data-Driven Ultrasound Soft-Sensors. *Sensors (Switzerland)*, 19(22). <https://doi.org/10.3390/s19225009>

Trotta, D., & Garengo, P. (2018). Industry 4.0 Key Research Topics: A Bibliometric Review. İçinde *2018 7th International Conference on Industrial Technology and Management, ICITM 2018* (C. 2018-Janua, ss. 113–117). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ICITM.2018.8333930>

Tümer Kabadayı, E., & Koçak Alan, A. (2018). Yeni Nesil “Bağlantı”, Yeni Nesil “İletişim”: Nesnelerin İnterneti Üzerine Bir İnceleme. *Journal of Business Research - Türk*, 10(1), 294–320. <https://doi.org/10.20491/isarder.2018.382>

Tung, F.-W., & Deng, Y.-S. (2003). *A Study on Integrating Interaction Design into Industrial Design Processes*. Tsukuba, Japan.

Turan, B. O., & Şahin, K. (2018). Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin Karşılaştırılmalı Analizi. *Stratejik ve Sosyal Araştırma Dergisi*, 2(2), 2587–2621.

Turan, M. (2014). Bulut Bilişim ve Mali Etkileri: Bulutta Vergi Cloud Computing And Its Financial Effects: Tax On Cloud. *Bilgi Dünyası*, 15(2), 296–326.

Turan, N., & Kaya, H. (2017). Bulut Bilişim ve Sağlık Bakımı. *Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi*, 14(2), 161–166. <https://doi.org/10.5222/head.2017.161>

Turchetti, G., Pierotti, F., Palla, I., Manetti, S., & Cuschieri, A. (2014). The Quality of Life of Patients Treated With Robotic Versus Traditional Surgery Results From An Italian Observational Multicenter Study. *Value in Health*, 17(7), A538–A539. <https://doi.org/10.1016/j.jval.2014.08.1726>

TÜSİAD. (2016). *Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektif*. İstanbul. Tarihinde

adresinden erişildi www.tusiad.org

- Uğur, İ., & Apaydın, Ş. C. (2014). Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Reklam Beğeni Düzeyindeki Rolü. *NWSA-Humanities*, 9(4), 145–156. <https://doi.org/10.12739>
- Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı. (2013). *Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi ve 2013-2014 Eylem Planı*.
- Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı. (2016). *2016-2019 Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi*.
- Ünver, M., & Canbay, C. (2009). Ulusal ve Uluslararası Boyutlarıyla Siber Güvenlik. *E-Akademi*, (91), 94–103.
- Ustaömer, K. (2019). Türkiye'nin Bankacılık Sektöründe Dijitalleşme Olgusu. *Ekonomik İşletme ve Yönetim Dergisi*, 3(1), 1–24. Tarihinde adresinden erişildi <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jebm/559934>
- Uzun, H., & Durna, U. (2008). İşletmelerde Rekabet Unsuru Olarak Bilgi Yönetimi. *Niğde Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(1), 33–40.
- Van Raan, A. F. J. (2003). The Use of Bibliometric Analysis in Research Performance Assessment and Monitoring of Interdisciplinary Scientific Developments. *Schwerpunktthema*, 1(12), 20–29.
- Vávra, P., Roman, J., Zonča, P., & El-Gend, A. (2017). Recent Development of Augmented Reality in Surgery: A Review.
- Velte, A. T., Velte, T. J., & Elsenpeter, R. C. (2010). *Cloud Computing : A Practical Approach*. McGraw-Hill.
- Villalba-Diez, J., Schmidt, D., Gevers, R., Ordieres-Meré, J., Buchwitz, M., & Wellbrock, W. (2019). Deep Learning for Industrial Computer Vision Quality Control in the Printing Industry 4.0. *Sensors (Switzerland)*, 19(18). <https://doi.org/10.3390/s19183987>
- Villalba-Diez, J., Zheng, X., Schmidt, D., & Molina, M. (2019). Characterization of

- Industry 4.0 Lean Management Problem-Solving Behavioral Patterns Using EEG Sensors and Deep Learning. *Sensors (Switzerland)*, 19(13). <https://doi.org/10.3390/s19132841>
- Vogel, L. (2017). Plan Needed to Capitalize on Robots, AI in Health Care. *CMAJ Canadian Medical Association Journal*, 189(8), E329–E330. <https://doi.org/10.1503/cmaj.1095395>
- Vogl, G. W., Weiss, B. A., & Helu, M. (2019). A Review of Diagnostic and Prognostic Capabilities and Best Practices for Manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(1), 79–95. <https://doi.org/10.1007/s10845-016-1228-8>
- Von Solms, R., & Van Niekerk, J. (2013). From information security to cyber security. *Computers & Security*, 38, 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2013.04.004>
- WacDougall, W. (2014). *Industrie 4.0: Smart Manufacturing for the Future*.
- Wang, J., Abid, H., Lee, S., Shu, L., & Xia, F. (2011). A Secured Health Care Application Architecture for Cyber-Physical Systems. *Control Engineering and Applied Informatics*, 13(3), 1–8.
- Wang, Z., & Chiang, L. (2019). Monitoring Chemical Processes Using Judicious Fusion of Multi-Rate Sensor Data. *Sensors (Switzerland)*, 19(10). <https://doi.org/10.3390/s19102240>
- Waxer, N., Ninan, D., Ma, A., & Dominguez, N. (2013). How Cloud Computing and Social Media are Changing the Face of Health Care. *Physician executive*, 39(2), 58–62.
- Weimann, G. (2006). *Terror on the Internet: The New Arena the New Challenges* (United Sta). Washington D.C.
- Weinstein, R. (2005). *RFID: A Technical Overview and Its Application to the Enterprise*.

- Weiss, B., Vogl, G., Helu, M., Qiao, G., Pellegrino, J., Justiniano, M., & Raghunathan, A. (2015). Measurement Science for Prognostics and Health Management for Smart Manufacturing Systems: Key Findings from a Roadmapping Workshop. *Proceedings of the Annual Conference Prognostics and Health Management Society*, 6(48). Tarihinde adresinden erişildi <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28664163/>
- Wiechert, T. J. P., & Michahelles, F. (2007). *Connecting the Mobile Phone with the Internet of Things-Benefits of EPC and NFC Compatibility*.
- Wiederhold, B. K. (2006). *The Potential for Virtual Reality to Improve Health Care*.
- Wilford, A., & Doyle, T. J. (2006). Integrating Simulation Training Into the Nursing Curriculum. *British journal of nursing (Mark Allen Publishing)*, 15(17), 926–930. <https://doi.org/10.12968/bjon.2006.15.17.21907>
- Wohlers Report. (2013). *Wholers Report 2013: Additive Manufacturing and 3D Printing State of the Industry*. Fort Collins, CO: Wohlers Associates, Inc. Tarihinde adresinden erişildi <https://www.wohlersassociates.com/2012report.htm>
- Xie, C., Cai, H., Yang, Y., Jiang, L., & Yang, P. (2018). User Profiling in Elderly Healthcare Services in China: Scalper Detection. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 22(6), 1796–1806. <https://doi.org/10.1109/JBHI.2018.2852495>
- Xu, L. Da, He, W., & Li, S. (2014). Internet of Things in Industries: A Survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(4), 2233–2243. <https://doi.org/10.1109/TII.2014.2300753>
- Xu, X. (2012). From Cloud Computing to Cloud Manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 28(1), 75–86. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2011.07.002>
- Yalçın, F. M. (2018). Küresel Rekabette Türkiye Açısından Dönüm Noktası: Sanayi 4.0. *Sosyoekonomi*, 26(36), 225–233.

<https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2018.02.13>

- Yang, L., Yang, S.-H., & Plotnick, L. (2013). How the Internet of Things Technology Enhances Emergency Response Operations. *Technological Forecasting and Social Change*, 80(9), 1854–1867. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.07.011>
- Yao, W., Chu, C.-H., & Li, Z. (2012). The Adoption and Implementation of RFID Technologies in Healthcare: A Literature Review. *Journal of Medical Systems*, 36(6), 3507–3525. <https://doi.org/10.1007/s10916-011-9789-8>
- Yazıcı, A. (2016). Endüstri 4.0 ve Otonom Robotlar. *Elektrik Elektroni Mühendisliği Odası*, 459, 2007.
- Yelis, B. (2017). Yatay ve Dikey Entegrasyon Nedir? Tarihinde 06 Ocak 2020, adresinden erişildi <https://www.endustri40.com/yatay-ve-dikey-entegrasyon-nedir/>
- Yengi, Y. (2016). *Büyük Veride Duygu Analizine Dayalı Öneri Sistemleri*. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- Yin, S., & Kaynak, O. (2015, Şubat 1). Big Data for Modern Industry: Challenges and Trends. *Proceedings of the IEEE*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2015.2388958>
- Yıldırım, G., Yıldırım, S., & Çelik, E. (2018). Yeni Bir Bakış - 3 Boyutlu Yazıcılar ve Öğretimsel Kullanımı: Bir İçerik Analizi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(25), 163–184. Tarihinde adresinden erişildi <https://dergipark.org.tr/tr/pub/befdergi/issue/38072/413885>
- Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. <https://doi.org/10.1002/ca.20994>
- Young, S. T. (1992). Multiple Productivity Measurement Approaches for Management. *Health Care Management Review*, 17(2), 51–58. <https://doi.org/10.1097/00004010-199201720-00006>

- Yu, H. W., Wang, Q., Liu, L., Shi, A. M., Hu, H., & Liu, H. Z. (2016, Kasım 1). Research Process on Hyperspectral Imaging Detection Technology for the Quality and Safety of Grain and Oils. *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi/Spectroscopy and Spectral Analysis*. Science Press. [https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593\(2016\)11-3643-08](https://doi.org/10.3964/j.issn.1000-0593(2016)11-3643-08)
- Yücel, G., & Adiloğlu, B. (2019). Dijitalleşme, Yapay Zeka ve Muhasebe Beklentileri. *Muhasebe ve Finans Tarihi Araştırmaları Dergisi*, 17, 60. Tarihinde adresinden erişildi <http://dergipark.gov.tr/muftad>
- Yüksel, H. (2012). *Bulut Bilişim El Kitabı*. Tarihinde adresinden erişildi <https://yuksehis.wordpress.com/>
- Zaffiri, L., Gardner, J., & Toledo-Pereyra, L. H. (2012, Nisan). History of Antibiotics. From Salvarsan to Cephalosporins. *Journal of Investigative Surgery*. J Invest Surg. <https://doi.org/10.3109/08941939.2012.664099>
- Zeulka, F., Marcon, P., Vesely, I., & Sajdl, O. (2016). Industry 4.0 – An Introduction in the Phenomenon. *IFAC-PapersOnLine*, 49(25), 8–12. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.002>
- Zhu, W., Owen, C. B., Li, H., & Lee, J.-H. (2004). Personalized In-store E-Commerce with the PromoPad: an Augmented Reality Shopping Assistant. *Electronic Journal for E-commerce Tools and Applications*, 1(3), 1–19.
- Zhu, Z., Guo, S. Z., Hirdler, T., Eide, C., Fan, X., Tolar, J., & McAlpine, M. C. (2018a). 3D Printed Functional and Biological Materials on Moving Freeform Surfaces. *Advanced Materials*, 30(23). <https://doi.org/10.1002/adma.201707495>
- Zhu, Z., Guo, S. Z., Hirdler, T., Eide, C., Fan, X., Tolar, J., & McAlpine, M. C. (2018b). 3D Printed Functional and Biological Materials on Moving Freeform Surfaces. *Advanced Materials*, 30(23). <https://doi.org/10.1002/adma.201707495>
- Zikopoulos, P. C., & Eaton, C. (2011). *Understanding Big Data: Analytics for Enterprise Class Hadoop and Streaming Data*. New York.

EKLER

Ek 1: Sanayi 4.0 ile ilgili bibliyometrik analiz yöntemini kullanarak yazılan 8 makale de kullanılan anahtar kelimeler ve konular

Muhuri ve arkadaşları (2019), “Industry 4.0: A Bibliometric Analysis and Detailed Overview” başlıklı makalelerinde son 5 yılda Sanayi 4.0'ın büyüme yapısını özetlemekte ve Sanayi 4.0 ile ilgili çalışmalara ve çeşitli uygulama alanlarına kısa bir genel bakış sunmaktadır. Makalede Endüstri 4.0'ın ayrıntılı bibliyometrik analizi yapılması için en çok kullanılan bibliyometrik veri tabanlarından olan WoS ve Scopus kullanılmış tarama için anahtar kelime olarak “Industry 4.0” terimi seçilmiş ve Sanayi 4.0 kavramının 2012 ve 2017 yılları arasındaki gelişmeleri incelenmiştir. Ayrıca en çok üretken olan ve en çok atıf yapılan yazarlar, kavramın en çok kullanıldığı on konu, en çok yayınlandığı on dergi, yayın sayısı bakımından en yaygın yayın yapan on ülke, en fazla yayın yapan ilk on kurum, en etkili kırk makale ve son olarakta WoS ve Scopus'ta yapılan analizler sonucunda Sanayi 4.0 kavramında en çok kullanılan anahtar kelimelere yer verilmiştir. Kullanılan anahtar kelime sonucunda sanayi 4.0 ile ilgili 2012'den 2017'e kadar geçen 5 yıl içinde WoS'ta 194 ve Scopus'ta 1425 makale yayınlanmıştır. Yapılan toplam atıf sayısı ise WoS'ta 329 iken Scopus'ta 2319'dur (Muhuri vd., 2019).

Trotta ve arkadaşları (2018), “Industry 4.0 Key Research Topics: A Bibliometric Review” başlıklı makalelerinde literatürde yer alan Sanayi 4.0'ın on iki farklı yaklaşımına ışık tutmayı amaçlamaktadır. Akademisyenler ve uygulayıcılar bu teknolojilerin uygulanmaya başlanmasının büyük etkisinin altını çizmesine rağmen, kavram için benimsedikleri terimler ve yaklaşımlar genellikle ülkeden ülkeye değişmektedir. Aramada kullanılan anahtar kelimeler ise “Advanced Manufacturing Partnership”, “Catapult”, “Fabbrica Intelligente”, “Industria Conectada”, “Industrial Value Chain Initiative”, “Made in China 2025”, “Make in India”, “Nouvelle France Industrielle”, “Produktion 2030”, “Prumysl 4.0”, “Smart Industry”, “Smart Factory”, “Smart Manufacturing”. Analizde kullanılan bibliyometrik veri tabanı ise Scopus'tur. Bu nedenle araştırma da 117 belge incelenmiş ve bu belgelerde yer alan 618 anahtar

kelimeden yola çıkarak bibliyometrik analiz sonucunda en çok kullanılan yirmi tane en önemli anahtar kelime üzerinde durulmuştur (Trotta & Garengo, 2018).

Cobo ve arkadaşları (2018), “Industry 4.0: A Perspective Based on Bibliometric Analysis” başlıklı makalelerinde 2013'ten 2017'ye kadar olan sürede Sanayi 4.0 hakkında yapılan çalışmalarda kavramsal olarak kullanılan ortak kelimelerin bibliyometrik yöntem ile analizini yapmaktadır. Analizde bibliyometrik analiz yöntemlerinden biri olan ortak sözcükleri ortaya çıkarmamızı sağlayarak performans ve etkileme düzeylerine göre analiz etmemize yardımcı olan SciMAT yazılım aracı kullanılmıştır. Alanla ilgili 333 belgenin (makaleler ve incelemeler) tamamı Web of Science'tan alınmış ve belgelerde arama terimi olarak “Industry 4.0” kavramı kullanılarak sorgulama yapılmıştır. Yapılan haritalama analizleri ise Sanayi 4.0 ile birlikte anılan en önemli araştırma temalarının nesnelere interneti, üretim sistemleri ve akıllı fabrikalar ile ilgili olan Siber-Fiziksel Sistemler olduğunu ortaya koymuş bunu daha sonra Bulut Bilişim kavramı izlemiştir (Cobo vd., 2018).

Güzin Özdağoğlu ve arkadaşları (2019), “The Potential Effect of Industry 4.0 on the Literature About Business Processes: A Comparative Before-and-After Evaluation Based on Scientometrics” başlıklı makalelerinde Sanayi 4.0 kavramının belirli literatür kapsamında iş süreçleriyle ilgili çalışmalarını nasıl etkilediğini vurgulayan bir araştırma sunmuştur. Bu hedef doğrultusunda, çalışma evreni olarak Web of Science (WoS) veri tabanı kullanılarak dili İngilizce olan, belge türü makale, zaman aralığı 1975-2017 olan ve “Industry 4.0”, “industry 3.5”, “industrie 3.5”, “Industry 4.0”, “Industry 4”, “Industry four”, “industry 4.0”, “industry 4”, “industry four”, “industrie 4.0”, “industrie 4”, “industrie four”, “industry 5.0”, “industry five”, “industry 5”, “fourth industrial revolution” anahtar kelimeleri kullanılarak 6255 makaleye ulaşılmıştır. Bu bağlamda ilgili araştırma makaleleri 1975–2009 ve 2010-2017 olmak üzere iki zaman aralığında incelenmiş ve bu zaman aralıkları dikkate alınarak zaman içinde yapılan yayınların h-endeksi, bildiri sayısı, atıf sayısına bakılmış, dergilerin etki faktörlerine dikkate alınarak da en iyi makaleler, yazarlar, dergiler, ülkeler ve diğer demografik veriler karşılaştırmalı olarak özetlenmiştir. Ayrıca, anahtar kelimeler arasındaki bağlantılar, hem anahtar kelime kümeleri hem de yıllar içindeki anahtar kelime değişiklikleri açısından analiz edilmiştir. Sonuç olarak yayın sayısı ve anahtar kelime analitiğindeki trendlerden yola çıkarak Sanayi

4.0 ve nesnelerin interneti tarafından geliştirilen yeni kavram ve teknolojilerin iş süreci modellemesi ve yönetimi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır (Özdağoğlu vd., 2019).

Tonta ve Doğan (2016) “Industry 4.0: Mapping the Structure and Evolution of an Emerging Field” başlıklı makalelerinde anahtar kelime olarak “industry 4.0”, “industrie 4.0”, “4th industrial revolution”, “fourth industrial revolution” konu olarak ise “industry 4.0”, “industrie 4.0”, “4th industrial revolution”, “fourth industrial revolution” terimleriyle tarama yapmıştır. 1945-2015 yılları arasında yayımlanan ve WoS veri tabanından indirilen toplam 89 makale incelenmiş ve bu makalelerin yazarları, başlıkları, özetleri ve yayımlandıkları dergilerin bibliyografik verilerinin belirli özelliklerini analiz etmek ve görselleştirmek için CiteSpace'i uygulaması kullanılmıştır. İndirilen 89 makalede bibliometrik analizi yardımıyla Sanayi 4.0'ın evrimini izlemek ve Sanayi 4.0'ın entelektüel yapısını Mühendislik ve Bilgisayar gibi diğer alanlarla olan ilişkilerine dayanarak haritalanması amaçlanmaktadır. Bu makalelerin 42'si 2015'te, 33'ü 2014'te, 8'i 2013'te 2'si ise 2012 yılında yayımlanmış olup 2000'den önce tüm makalelerim sadece % 5'inden azı yayımlanmıştır. Sonuç olarak makale başlıklarında ve özetlerinde kullanılan çeşitli terimler dikkate alındığında daha çok Siber-Fiziksel Sistemlerin, Nesnelerin İnternetinin ve Akıllı Fabrika terimlerinin Sanayi 4.0'ın ana bileşenleri olduğu görülmektedir (Tonta & Doğan, 2016).

Kipper ve arkadaşları (2020), “Scopus Scientific Mapping Production in Industry 4.0 (2011–2018): A Bibliometric Analysis” başlıklı makalelerinde Sanayi 4.0 ile birlikte kullanılan kavramlarının gelişimi, alandaki güncel konuları ve uzman yazarlarını keşfederek alanın bir haritasını oluşturmak ve alan hakkında gelecek için yapılacak araştırmalarda referansları, dergileri ve anahtar kelimeleri keşfetmeyi amaçlamıştır. Sanayi 4.0 kavramının haritalanması için Scopus veri tabanından bibliometrik bir yazılım aracı olan SciMAT kullanılarak yapılan taramada ‘industry 4.0’, ‘the fourth industrial revolution’, ‘the 4th industrial revolution’, ‘smart manufacturing’, ‘smart production’, ‘smart factory’, and ‘smart factories’ anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Bu araştırmada analiz için belirlenen veri tarihleri 2011-2018'dir ve dört alt döneme ayrılmıştır birinci alt dönem 2011-2015 yılları, ikinci alt dönem 2016, üçüncü alt dönem 2017 ve dördüncü alt dönem ise 2018'dir. Dört alt

dönem için yayın sayısı ise sırasıyla 2011- 2015 yılları arasında 270, 2016’da 372, 2017’de 664 ve 2018’de 576’dır. Makalede yıllara göre yayın sayısı, bu alanda en çok makale yayınlayan yazar sayısı, makalelerin yayınlandığı dergiler, alanla ilgili en çok yayın yapan ülkeler ve Sanayi 4.0 ile birlikte en sık kullanılan kelimeler incelenmiştir. Analiz sonucunda 1882 belgeye ulaşılmış ve bu belgelerden ortaya çıkan 4231 anahtar kelime görülme sıklığına göre sınıflandırılmış ve kümeler iki boyutlu stratejik diyagramlar halinde çizilerek yayın sayısı, ilişkili doküman sayısı ve h-endeksi gibi bibliyometrik göstergeler kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak 2017’nin en fazla sayıda yayına sahip yıl olduğu ve ortaya çıkan haritalama sonucunda Sanayi 4.0 terimiyle en çok kullanılan kavramların ise Siber-Fiziksel Sistemler, Nesnelerin İnterneti ve Büyük Veri kavramları olduğu ortaya konulmuştur (Kipper vd., 2020).

Ahmi ve arkadaşları (2019), “Bibliometric Analysis of Published Literature on Industry 4.0” başlıklı makalelerinde Sanayi 4.0 alanında yayınlanan bilimsel literatürü incelemiş ve Bibliyometrik yöntem için ise Scopus veri tabanından yararlanılmıştır. Perish yazılımıyla elde edilen verileri birleştirmek için VOSviewer görselleştirme yazılımı kullanılmış ve verilerin analizi ise SPSS ve Microsoft Excel kullanılarak yapılmıştır. Tarama tüm belgelerin başlıklarında yer alan “Industry 4.0” kelimesi kullanılarak yapılmış ve toplam 1256 belgeye ulaşılmıştır. Elde edilen belgelerde Sanayi 4.0 hakkında yazılan yazıların türü, yayımlandıkları dergiler, belgelerin yayın yılı, belgelerin yayınlandığı diller, yayınlanan belgelerin konu alanları, en sık kullanılan anahtar kelimeler, hangi ülkeler tarafından yazıldığı, yazar sayısı ve atıf sayısı üzerinde durulmuştur. Sonuç olarak makaleye göre Sanayi 4.0 ile birlikte en çok kullanılan kelimeler Internet of Things, Cyber-Physical Systems terimler olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Ahmi vd., 2019).

Asimwe ve Kock (2019), “An Analysis of the Extent to Which Industry 4.0 has been Considered in Sustainability or Socio-technical Transitions” başlıklı makalelerinde Sanayi 4.0’in sürdürülebilirlik, sürdürülebilir kalkınma ve sosyo-teknik sistem kavramları ile literatürde ne ölçüde birlikte ele alındığını ve bu kavramların mevcut literatürde ne gibi anahtar kelimelerle kullanıldığını incelemeyi amaçlamaktadır. Anahtar kelime olarak “Industry 4.0”, “Fourth Industrial Revolution”, “Industry 4.0”, “4th Industrial Revolution”, “I4.0” kavramları

belirlenmiştir. Anahtar kelimelerin birlikte kullanımını ölçmek ve ortaya çıkan bağlantıları belirlemek için SCOPUS veri tabanından yararlanılarak VOSviewer yazılımı ile görselleştirme yöntemi tercih edilmiş zaman olarak ise 2014 ve 2019 yılları dikkate alınmış ve toplam 334 belgeye ulaşılmıştır. Ulaşılan belgelerden elli dört anahtar kelime elde edilmiş olmakla birlikte bu kelimelerden Sanayi 4.0 ve Sürdürülebilirlikle birlikte en çok kullanılan anahtar kelimeler ise Sürdürülebilir Kalkınma ve Dijital Dönüşüm olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak konuyla ilgili en çok yayın 145 ile 2018 yılında yapılmış, kavramların en çok kullanıldığı alan ise Mühendislik alanı, kavramların birlikte en çok yayının yapıldığı dergi ise Sustainability (Switzerland) olmakla birlikte kıta olarak ise kavramlar en çok Avrupa kıtasında araştırma alanı bulmuştur (Asimwe & Kock, 2019).

Ek 2: Hastane Sınıflandırması Tablosu

HASTANE SINIFLANDIRMASI			
		Teşhis Yönelik Yapılan Çalışmalar	Tedavi Yönelik Yapılan Çalışmalar
Hastanın Tedavisine Yönelik Birimler	Servis Hizmetleri (Yataklı Servis)	1	6
	Ameliyathane	1	4
	Acil Servis	1	1
	Poliklinik (Ayakta Hasta Hizmetleri)	13	15
Tanı Koymaya Yönelik Birimler	Radyoloji (Görüntüleme)	3	3
	Laboratuvar (Biyokimya, Mikrobiyoloji)	4	4

Ek 3: Nicel analiz sonucunda oluşan 8 alt kümede kullanılan anahtar kelime tablosu

Kümelere	Anahtar Kelimeler	Anahtar Kelime Sayısı
Birinci Küme (Kırmızı Renkli)	achema, big data, biopharmaceuticals, bioprocesses, brain mapping, computational neurosci, cyberattack, digitalization, emi, environmental friendling, gas vehicles, iiot, industrial revolution, malaysia, medical education, neuroinformatics, neurotechnology, predictive models, process analytical technology, process development, safety, service, smart chemical industry, software, statistics, the 4th industrial revolution	28
İkinci Küme (Yeşil Renkli)	change of work, cnn, content analysis, demographic change, demography management, digital economy, digital transformation, efficiency, elderly healthcare, enterprise competitiveness, human activity recognition, industry 4.0, interviews, it work place, medical props, simulation, occupational health, prospective desing, psychosocial risk assess, qualitative interviews, typification of enterprise, unobtrusive monitorig, virtual counterpart, workdesigner	24
Üçüncü Küme (Koyu Mavi Renkli)	aging, artificial intelligence, critical policy studies, employment, ethics, fourth industrial revolution, future of work, future work skills, human-brain, home care services, human-robot interaction, positive psychology 2, robotics, sensors, social neuroscience, social psychology, social robotics, the internet of things, the quantified planet, theory of psychiatry, working conditions	21
Dördüncü Küme (Sarı Renkli)	community of practices, data quality, data sources quality, digital biomarker, digital health care, e-patients, healthcare 4.0, h17 fhir, industry 5.0, internet of things, ontology matching, quality assessment, semantic similarity, spine, telemedicine, syntactic similarity, technology policy, visual analytics, wearable device	19
Beşinci Küme (Mor Renkli)	capacity building, development, education, fourth industrial revolution, innovation, innovative work behavior, moral, nursing, occupational therapy, organizational policy, organization and adminster, organizations, primary prevention person, spiritual psychological innovation, research technology, technological innovation	17
Altıncı Küme (Açık Mavi Renkli)	apparatus and instrume, cognitive assistance systems, cognitive surgery, computer-assisted surgery, intelligent operating, interventional medicine, technique laparoscopy, medical device, minimally invasive surgery, robotic surgery, robotic surgical proced., surgery 4.0, surgical data cience, surgical data science,	16
Yedinci Küme (Turuncu Renkli)	analytics, big data architectures, biomarkers, cloudcomputing, data science, deep learning, electronic health record., golden batch, industry 4.0, machine learning, registry, multiomics data integra, precision medicine, wind power	14
Sekizinci Küme (Kahverengi Renkli)	automation, career choice, career development, competence management, competencies, digital health, digitization, apic, human resource management, internet of pharmaceuion, iopt, phenimics 2.0, survey	14

ÖZGEÇMİŞ



1. Adı SOYADI: Güler KOŞTI
2. E-mail: guler.kst@hotmail.com
3. GSM: (534) 776 24 03
4. Doğum Tarihi: 05.10.1995

5. KARIYER HEDEFİM:

Lisans eğitimim süresince edindiğim bilgi ve becerilerimi, sağlık yönetimi yüksek lisans programında edindiğim bilgi ve birikimlerle birleştirip geliştirerek hizmet edeceğim kuruma, edindiğim bilgilerle olumlu yönde katkıda bulunup sürekli olarak kendimi geliştirmek ve sağlık yönetiminin teknoloji ekseninde alternatif senaryolar ışığında stratejiler geliştirilmesine yönelik projelerde yer alabilmektir.

6. EĞİTİM DURUMU:

Derece	Üniversite	Alan	Yılı
Ön Lisans	Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi	İnsan Kaynakları Yönetimi Bölümü	2014-2016
Lisans	Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi	Sağlık Yönetimi Bölümü	2013-2017
Yüksek Lisans	Katip Çelebi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü	Sağlık Yönetimi Bölümü	2018-2020

7. AKADEMİK ÇALIŞMALAR:

- Koştı, G., Burmaoğlu, S. (2019). Nesnelerin İnterneti ve Sağlık Uygulamaları. *3. Uluslararası 13. Ulusal Sağlık ve Hastane İdaresi Kongresi*, (s.580-597), Sakarya.
- Koştı, G. (2020). Sanayi 4. ve Teknoloji Bileşenleri. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, İzmir.