



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

**ENDÜSTRİ 4.0'IN VERİMLİLİĞE ETKİSİ: KAMU
HASTANELERİNDE E-SAĞLIK UYGULAMASI
OLAN MHRS SİSTEMİNİN ETKİLİLİĞİNİN
VERİ ZARFLAMA ANALİZİ YOLUYLA
ÖLÇÜLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

ÖZGE AKKUŞ

ORCID NO: 0000-0003-2603-6450

İZMİR - 2021

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

**ENDÜSTRİ 4.0'IN VERİMLİLİĞE ETKİSİ: KAMU
HASTANELERİNDE E-SAĞLIK UYGULAMASI
OLAN MHRS SİSTEMİNİN ETKİLİLİĞİNİN
VERİ ZARFLAMA ANALİZİ YOLUYLA
ÖLÇÜLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

ÖZGE AKKUŞ

ORCID NO: 0000-0003-2603-6450

DANIŞMAN: DOÇ. DR. ELİF TÜRKAN ARSLAN

İZMİR-2021

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Endüstri 4.0’ın Verimliliğe Etkisi: Kamu Hastanelerinde E-Sağlık Uygulaması Olan MHRS sisteminin Etkililiğinin Veri Zarflama Analizi Yoluyla Ölçülmesi” 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:

Özge AKKUŞ

İmza:

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ENDÜSTRİ 4.0'IN VERİMLİLİĞE ETKİSİ: KAMU HASTANELERİNDE E-SAĞLIK UYGULAMASI OLAN MHRS SİSTEMİNİN ETKİLİLİĞİNİN VERİ ZARFLAMA ANALİZİ YOLUYLA ÖLÇÜLMESİ

Özge AKKUŞ

İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

Sağlık Yönetimi Anabilim Dalı

Sağlık işletmeleri açısından sağlık teknolojileri radikal bir değişim göstermektedir. Endüstri 4.0'ın sağlık alanına entegre olmasıyla daha yenilikçi, hasta odaklı ve dijitalleşmiş sağlık hizmeti ön planda olmaktadır. Sağlık Bakanlığı Sağlıkta Dönüşüm Projesiyle Türkiye'de e-sağlık uygulamalarının faaliyete geçmesini sağlamıştır. Bu e-sağlık uygulamalarından biri olan MHRS bu tezde ele alınmaktadır. Çalışmanın amacı bir e-sağlık uygulaması olan merkezi hekim randevu sisteminin verimliliğinin veri zarflama analizi yoluyla saptanması hedeflenmektedir. 2017 MHRS hizmet raporundan elde edilen verilerle belirlenen değişkenler ile yapılan analizler sonucunda hastane, il ve bölgelerin kendi arasında karşılaştırılması yapılmıştır.

VZA uygulamalarında ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımı altında girdiye yönelik model esas alınarak MHRS sisteminin toplam etkinliği ölçülmüştür. Analiz sonucunda elde edilen etkinlik skorlarından hareketle hastane, il ve bölgelerin kendi aralarında kıyaslaması yapılmıştır. CCR modeline göre yapılan analize göre

toplam otuz hastanenin merkezi hekim randevu sistemi açısından etkin olduğu belirlenmiştir. Süper etkinlik skorları incelendiğinde merkezi hekim randevu sistemi açısından etkin olan hastaneler arasında en etkin olan hastanenin Muş Korkut İlçe Hastanesi, en az etkin olan hastane ise Muş Devlet Hastanesidir. Etkinlik skorları sonucunda merkezi hekim randevu sistemi 11 ilde verimli bir şekilde işlediği sonucuna ulaşılmıştır. Süper etkinlik skorları incelendiğinde merkezi hekim randevu sistemi açısından etkin olan iller arasında en etkin olan ilin İstanbul, en az etkin olan ilin de Bilecik olduğu görülmektedir. VZA süper etkinlik skorları açısından ortalama etkinlik düzeyi en yüksek olan bölge Marmara bölgesidir. VZA ve süper etkinlik skorları açısından ortalama etkinlik düzeyi en düşük olan bölge ise Akdeniz bölgesi olduğu bulunmuştur. Sonuçlar hastanelerin büyüklüklerinin MHRS etkililik performansını önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur. Buna göre, eğitim ve araştırma hastaneleri MHRS etkililikleri açısından düşük skor alırken dal hastaneleri yüksek skorlu hastaneler olarak öne çıkmıştır. Bu durum, hastanelerin kapasite geliştirme stratejileri ile MHRS stratejilerinin eşgüdüm içerisinde olması gerekliliğini açık bir biçimde göstermiştir. İstanbul, MHRS sistemi açısından yüksek skor alırken; Bilecik, etkinlik açısından düşük skor almıştır. İllerin büyüklükleri ile MHRS etkililik arasında anlamlı bir ilişki olmadığı sonucuna varılmıştır. Bölgeler arasında yapılan analizde en yüksek skoru Marmara Bölgesi almıştır. En düşük skoru ise Akdeniz Bölgesi almıştır. Marmara bölgesi MHRS kaynak planlamasını etkili bir şekilde gerçekleştirirken; Akdeniz bölgesi MHRS kaynak planlamasını etkili bir şekilde gerçekleştirilmemiştir.

Anahtar Sözcükler: Endüstri 4.0, Verimlilik, Veri Zarflama Analizi, Merkezi Hekim Randevu Sistemi (MHRS)

ABSTRACT

Master's Thesis

The Effect of Industry 4.0 on Efficiency: Measuring the Effectiveness of the MHRS System with an E-Health Application in Public Hospitals through Data Envelopment Analysis

Özge AKKUŞ

İzmir Katip Çelebi University

Graduate School of Social Sciences

Department of Healthcare Management Program

Technological developments in the field of Industry 4.0 affect the efficiency of healthcare enterprises. Health technologies show a radical change in terms of healthcare enterprises. With the integration of Industry 4.0 in the field of health, more innovative, patient-oriented and digitalized health service will be at the forefront. The Ministry of Health has enabled e-health applications to become operational in Turkey with the health transformation project. One of the projects we handle within the scope of these e-health applications is the Central Physician Appointment System (MHRS). The aim of this study is to determine the efficiency of the central physician appointment system, which is an artificial intelligence application, through data envelopment analysis. As a result of the analysis made with the variables determined by the data obtained from the 2017 MHRS service report, hospitals, provinces and regions were compared among themselves.

In DEA applications, the total efficiency of the MHRS system was measured based on the input-oriented model under the assumption of fixed return to scale (CRS). Based on the efficiency scores obtained as a result of the analysis, hospitals, provinces and regions were compared among themselves. According to the analysis made according to the CCR model, it was determined that a total of thirty hospitals were effective in terms of the central physician appointment system. When the super

efficiency scores are examined, Muş Korkut Devlet Hastanesi is the most effective hospital among the hospitals that are effective in terms of central physician appointment system, and the least efficient hospital is Muş Devlet Hastanesi. As a result of the efficiency scores, it was concluded that the central physician appointment system functions efficiently in 11 provinces. When the super efficiency scores are examined, it is seen that among the provinces that are effective in terms of central physician appointment system, Istanbul is the most effective province and Bilecik is the least effective one. In terms of DEA and super efficiency scores, the region with the highest average efficiency level is the Marmara region. In terms of DEA and super efficiency scores, the region with the lowest average efficiency level was found to be the Akdeniz region.

Keywords: Industry 4.0, Productivity, Data Envelopment Analysis, Central Physician Appointment System (MHRS)

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TABLOLAR LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
KISALTMALAR LİSTESİ	xii
ÖNSÖZ	xiii
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM	3
ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİNİN SAĞLIK İŞLETMELERİNE ETKİSİ: DİJİTAL HASTANELER VE MERKEZİ HEKİM RANDEVU SİSTEMİ	3
1.1.Tarihsel Bağlamda Endüstri Devrimleri	3
1.2 Endüstri 4.0	6
1.2.1 ENDÜSTRİ 4.0 VE DİNAMİKLERİ	10
1.2.1.1 Big Data (Büyük Veri)	10
1.2.1.2 Nesnelerin İnterneti	12
1.2.1.3 Bulut Bilişim	14
1.2.1.4 Simülasyon (Sanal Gerçeklik)	19
1.2.1.5 Siber Fiziksel Sistemler	21
1.2.1.6 3D (Üç Boyutlu Yazıcılar) Yazıcılar	23
1.2.1.7 Arttırılmış Gerçeklik	24
1.2.1.8 Otonom Robotlar	25
1.2.1.9 Yatay ve Dikey Entegrasyon	26
1.2.1.10 Yapay Zeka	27
1.2.2 Endüstri 4.0'ın Sağlık Sektörüne Etkisi	30
1.2.2.1 Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Covid-19 Sürecinde Etkileri	38

1.3 Endüstri 4.0 Çağında Sağlık İşletmeleri: Dijital Hastaneler ve Merkezi Hekim Randevu Sistemi.....	40
1.3.1 Dijital Hastane Bileşenleri.....	42
1.3.1.1 Klinik Bilgi Sistemleri.....	42
1.3.1.2 Hastane Bilgi Yönetim Sistemleri.....	43
1.3.1.3. Teşhis ve Tedavi Sistemleri.....	44
1.3.2 Dijital Hastanelerin Avantajları ve Dezavantajları.....	45
1.3.3 Dijital Hastane Modellemesi: Hımss-Emram.....	47
1.4 Mhrs (Merkezi Hekim Randevu Sistemi) Nedir?.....	51
1.4.1 Mhrs' nin Yapısı.....	52
1.4.2 MHRS' nin Avantajları ve Dezavantajları.....	53
İKİNCİ BÖLÜM	55
SAĞLIK İŞLETMELERİNDE VERİMLİLİK VE VERİMLİLİK ANALİZLERİ	55
2.1 Verimlilik Kavramı.....	56
2.1.1 Verimlilikle Karıştırılan Kavramlar.....	59
2.1.2. Verimlilik Ölçüm Türleri.....	59
2.1.3 Verimliliğin Önemi.....	60
2.1.4.Verimliliği Etkileyen Faktörler.....	62
2.1.4.1. İçsel Faktörler.....	62
2.1.4.2 Dışsal Faktörler.....	66
2.2.1. Oran Analizleri.....	68
2.2.2 Parametrik Yöntemler.....	69
2.2.2.1 Regresyon Analizi.....	70
2.2.2.2.Stokastik Sınır Yaklaşımı.....	71
2.2.2.3 Serbest Dağılım Yaklaşımı.....	71
2.2.2.4 Kalın Sınır Yaklaşımı.....	72
2.2.3 Parametrik Olmayan Yöntemler.....	72

2.2.3.1 Serbest Atılabilir Zarf Yöntemi	73
2.2.3.2 Veri Zarflama Analizi.....	73
2.2.3.2.1 Veri Zarflama Analizinin Uygulama Aşamaları ve Amaçları	74
2.2.3.2.2 Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Yönleri	75
2.2.3.2.3 Sağlık Alanı ile İlgili Yapılmış olan VZA Çalışmaları.....	76
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	78
SAĞLIK İŞLETMELERİNDE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ	
YÖNTEMİYLE MHRS VERİMLİLİK ANALİZİ	
UYGULAMASI	78
3.1 Amaç ve Önem	78
3.2 Araştırma Problemi	78
3.3 Kısıtlar	78
3.4 Veri Toplama Yöntemi.....	79
3.5 Evren ve Örneklem.....	79
3.6 Araştırmanın Yöntemi	79
3.7 Bulgular	80
SONUÇ	90
KAYNAKÇA	94
ÖZGEÇMİŞ	118

TABLolar LİSTESİ

Tablo 1: Hastanelere ait girdi çıktı değişkenlerinin tanımlayıcı istatistikleri.....	81
Tablo 2: Hastanelere ait girdi çıktı değişkenlerinin korelasyon analizi tablosu.....	82
Tablo 3: Hastanelere ait etkinlik skorları.....	84
Tablo 4: İllere ait girdi çıktı değişkenlerinin tanımlayıcı istatistikleri.....	85
Tablo 5: İllere ait girdi çıktı değişkenlerinin korelasyon analizi tablosu.....	86
Tablo 6: İllere ait etkinlik skorları.....	87
Tablo 7: Bölgelere ait etkinlik skorlarının tanımlayıcı istatistikleri	88

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Endüstri 4.0 Tarihsel Gelişim Süreci.....	5
Şekil 2: Endüstri 4.0 İçin Gerekli Aşamalar.....	9

KISALTMALAR LİSTESİ

3D	: Üç Boyutlu Yazıcı (Three Dimensional Printing)
AI	: Yapay Zeka
AR-GE	: Araştırma ve Geliştirme
BİT	: Bilgi İletişim Teknolojileri
CBS	: Siber Fiziksel Sistemler
EBA	: Eğitim Bilişim Ağı
EMRAM	: Elektronik Medikal Sağlık Kaydı Modeli
HBYS	: Hastane Bilgi Yönetim Sistemi
HES	: Hayat Eve Sığar
HIMSS	: Sağlık Bilgi Yönetim Sistemleri Topluluğu
IoT	: Nesnelerin İnterneti
MHRS	: Merkezi Hekim Randevu Sistemi
RFID	: Radyo Frekansı ile Tanımlama
PACS	: Görüntü Yönetim ve Depolama Sistemi
VZA	: Veri Zarflama Analizi

ÖNSÖZ

Bu çalışma boyunca akademik bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren hoşgörü ve sabırla bana bu süreçte destek olan saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Elif Türkan ARSLAN'a, yüksek lisans eğitim ve öğrenim sürecinde öğrenmeyi öğreten değerli hocalarım Prof. Dr. Levent Bekir KIDAK'a ve Prof. Dr. Serhat BURMAOĞLU'na, eğitim öğretim hayatımda bana rol model olan değerli hocalarım Burak YURTIŞIĞI ve Halis SAL' a tez çalışması boyunca uygulama kısmında fikir veren ve yardımını hiç esirgemeyen değerli arkadaşım Emre DÜNDER ve Onur İNAM'a her zaman yanımda olan sevgili annem Aysen AKKUŞ ve babam İbrahim AKKUŞ'a ve çalışma arkadaşım Tülay AKSOY ve Hüseyin DEMİR'e yapmış oldukları katkılardan dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Özge AKKUŞ

İzmir-2021

GİRİŞ

Endüstri 4.0 farklı endüstriyel gelişmelerin dördüncü dalgasıdır. Endüstri 4.0 akıllı üretimi sağlayan teknolojik bileşenlerin kombinasyonu şeklinde ifade edilmektedir. Bu bileşenler ise yapay zeka, büyük veri, siber fiziksel sistemler, 3D yazıcılar, nesnelerin interneti, bulut bilişim ve sanal gerçeklik teknolojileridir (Schwab, 2018). Endüstri 4.0 üretim sanayi ve sağlık sektöründe ani değişimlere neden olmuştur. Endüstri 4.0 ile sağlık sektöründe e-sağlık hizmetleri ortaya çıkmıştır.

E-sağlık teknoloji ile sağlık hizmetlerinin kesiştiği bir alandır. Bilgi iletişim teknolojilerinin az maliyetle etkili bir şekilde kullanımı olarak tanımlanmaktadır. Ülkemizde e-sağlık uygulamaları başarılı bir dönüşüm sürecinden geçmiştir (Toygar, 2018). T.C Sağlık Bakanlığı e-sağlık uygulamaları ile ilgili birçok proje gerçekleştirmiştir. Sağlık Bakanlığının gerçekleştirdiği bu projeler içerisinde çok kısa sürede yaygınlaşan ve tüm vatandaşlara hizmet sunumunu gerçekleştiren sistemlerden bir diğeri ise Merkezi Hekim Randevu Sistemi (MHRS)'dir. Dünyada yerel ölçekte benzer sistemleri olmasına rağmen tüm ülkeye hizmet veren benzer bir proje örneği bulunmamaktadır. Avrupa Birliği'nin kabul ettiği 20 temel Kamu hizmetlerinden biridir (Kurşun ve Kaygısız, 2018). MHRS, vatandaşların Sağlık Bakanlığına bağlı 2 ve 3. basamak hastaneler ile Ağız ve Diş Sağlığı Merkezleri için 182 MHRS çağrı merkezi operatörünü arayarak canlı operatörlerden ya da www.mhrs.gov.tr sitesinden, üye olarak elde edecekleri şifrelerle, vatandaşların istedikleri hastane ve hekimden randevu alabilecekleri bir uygulamadır (Uzun vd., 2017).

MHRS ile hastaların muayane öncesi bekleme sürelerinin ortadan kaldırılması, poliklinik önlerindeki kalabalığın azaltılması hedeflenmektedir. Bunun yanı sıra hastanelerde kaynak kullanımı ve dağıtımının ölçülmesi suretiyle sağlık hizmetlerinde verim ve kalitenin artırılması amaçlanmaktadır. MHRS verileri sağlık politikalarının geliştirilmesinde etkin rol oynamaktadır (Kurşun ve Kaygısız, 2018)

Bu nedenle bu çalışma ile bir e-sağlık uygulaması olan merkezi hekim randevu sisteminin verimliliği etkisi incelenmiştir. Bu tezde T.C Sağlık Bakanlığına

bağlı kamu hastanelerinde MHRS'nin verimlilik düzeyinin veri zarflama analiz yoluyla saptanması amaçlanmaktadır. Bu amacı gerçekleştirebilmek için ise pearson korelasyon, veri zarflama ve süper etkinlik analizleri birlikte uygulanmıştır. Son olarak bu çalışmayla MHRS'nin hangi bölge, il ve hastanede verimli bir işleyişte olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır.

Bu bağlamda yürütölen tez çalışmasının ilk bölümünde Endüstri 4.0 sürecinin tarihine değinilmiş, Endüstri 4.0'ın sağlık sektörü üzerindeki etkisi incelenmiş, Endüstri 4.0 bileşenlerinin kavramsal boyutu ile sağlık alanındaki teknolojik etkileri açıklanmıştır.

İkinci bölümde verimlilik kavramı, verimliliğin önemi ve verimliliği etkileyen faktörlerin sağlık işletmeleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Daha sonra ise sağlık işletmelerinde verimlilik ölçüm türleri ve analiz yöntemlerine değinilmiş ve sağlık alanındaki analiz uygulamalarının örneklerine yer verilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde ise araştırmanın amacı, önemi, araştırmanın evren ve örnekleme, araştırmada kullanılan yöntem ve veri toplama araçlarına yer verilmiş ve son olarak yapılan analizler sonucunda elde edilen bulgular tartışılmıştır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENDÜSTRİ 4.0 DEVRİMİNİN SAĞLIK İŞLETMELERİNE ETKİSİ: DİJİTAL HASTANELER VE MERKEZİ HEKİM RANDEVU SİSTEMİ

Çalışmanın bu bölümünde Endüstri 4,0'ın ortaya çıkış süreci ve bileşenlerinin sağlık sektörü üzerindeki etkisi ele alınmıştır. Endüstri 4,0'ın tanımı yapılmış, Endüstri 4.0 bileşenlerinin özellikleri ortaya konmuştur. Daha sonra ise Endüstri 4.0'ın sağlık sektörü üzerinde yarattığı değişim ve dönüşüm süreci üzerinde durulmuş ve verimliliğe etkisi merkezi hekim randevu sistemi üzerinden incelenmiştir.

1.1.Tarihsel Bağlamda Endüstri Devrimleri

Sanayi, hammadde ve ara malların üretilmesinde kullanılan bilgi, beceri ve teknolojiye dayanarak işçinin emeğinin katkısı ile üretim ve tüketim malları üreten kuruluşlarda mal ve hizmete dönüştürülmesidir (Tüba, 2020). Devrim toplumsal, ekonomik ve siyasal yapılarda meydana gelen köklü değişimlerdir (Kahraman, 2017). Devrim kelimesi radikal ve köklü değişimi çağırır. Tarih boyunca toplumsal, ekonomik ve siyasal yapılarda meydana gelen derin değişimler yeni teknolojilerin ve farklı algılama biçimlerinin etkisiyle gerçekleşmiştir (Schwab, 2018). Bu olgusal köklü değişimlerin aniden gelişmesi yüzyıllar boyunca devam etmiştir. Ekonomi tarihi, toplumların yaşamında köklü değişime sebep olan ve ekonomik verimliliklerini arttırarak ilerlemelerini sağlayan iki önemli değişimden bahsetmektedir Bunlar; tarım ve sanayi devrimidir (Özsoylu, 2017). MÖ 8000 yılı civarında avcılık ve toplayıcılıkla geçimlerini sürdüren göçebe toplulukların yerleşik hayata geçmesi tarım devrimi olarak kabul edilmektedir (Aksoy, 2016).

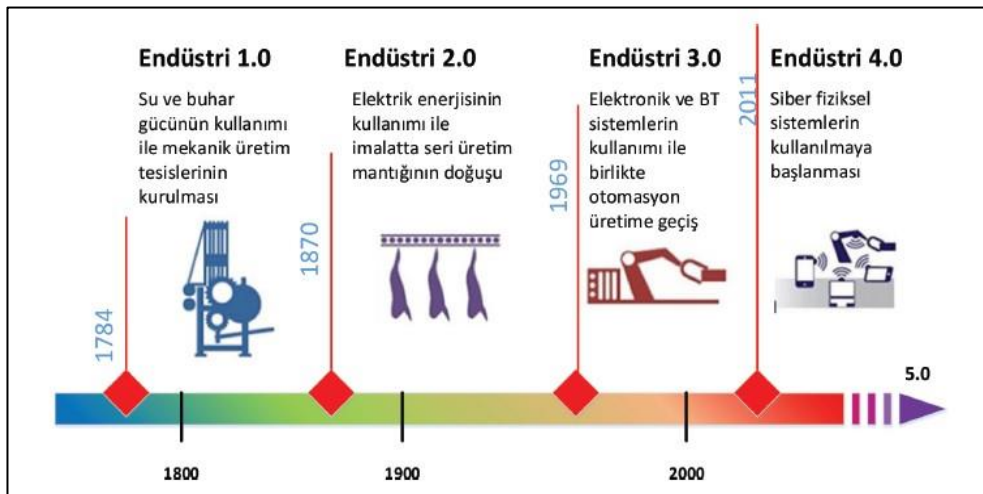
Tarım devriminden yaklaşık 10 bin yıl sonra ikinci önemli değişim olan sanayi devrimi başlamıştır. Sanayi devrimi 18. yüzyıl'da İngiltere'de ortaya çıkan ve sonrasında Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'ne yayılan; yeni teknolojik araçların üretime katkısı olan, kayış-kasnak, piston dişliler ve buhar ile çalışan makinelerin icat edildiği dönemdir. Bu makinelerin icadı ile fabrika üretimi ortaya çıkmıştır. Bu dönem daha sonra Endüstri 1.0 olarak adlandırılmıştır. Birinci endüstri devriminde kas gücü yerini artık makinelere bırakmıştır (Yankın, 2019). Birinci endüstri devrimi, buhar ve su gücünden faydalanarak kol gücünün yerine daha verimli çalışan makinelerin 18. yüzyıl sonlarında icat edilmesiyle gerçekleşmiştir. Bu devrimde en önemli rolü, 1763 senesinde icat ettiği buharlı makine ile James Watt üstlenmiştir. Ardından Edmund Cartwright'ın 1784 yılında, icat etmiş olduğu mekanik dokuma tezgahı ile de dokuma işlemleri makineler yardımı ile yapılmaya başlanmıştır. 1830'lu yıllarda ülkelerin endüstriyel dönüşümleri çeşitli teknolojik gelişmelerin etkisiyle ilerlemeye başlamıştır (Özdoğan, 2017). Sanayi devrimi ile ortaya çıkan ve etkileri günümüze kadar devam eden teknolojik icatlar insan hayatındaki radikal değişimleri beraberinde getirmiştir. Bilim ve teknolojideki yenilikler toplumların refah düzeyi seviyesini arttırarak, toplumdaki siyasi güçlerin yok olmasına sebep olmuştur. Bu duruma iktisatçı Joseph Schumpeter "*Yaratıcı Yıkım*" adını vermiştir (Kahraman, 2017). Sanayi devrimi tüketim toplumundan üretim toplumuna geçme noktasında tarihte büyük bir devrimi başlatmıştır (Yıldırım, 2019).

Endüstri 1.0 devrimi bir yüzyıl bile sürmeden 19 yy. sonlarına doğru ikinci sanayi devrimi ortaya çıkmıştır. 1860 yılında Bessemer tarafından ucuz çelik üretiminin bulunmasının ardından ikinci sanayi devriminin başladığı kabul edilmektedir. Teknoloji devrimi olarak adlandırılan bu dönemde basit mekanik aletler bilim adamlarının fizik ve kimya alanında yaptığı büyük buluşların teknolojiye aktarmasıyla daha karmaşık hale dönüşmüştür (Meydan vd., 2018). Endüstri 2.0 devriminde elektrik enerjisinden yararlanılarak seri üretime geçilmiştir. İlk montaj hattı 1870 yılında bir mezbahada kuruldu. Endüstri 2.0 devriminde, kimyasal ve elektrik enerjileri üretimde inovasyonun önünü açmıştır. Endüstri 2.0 devrimi ile fabrikalarda ve şehirlerde elektrik enerjisi kullanımına 1882 yılında Edison tarafından başlanmıştır. Endüstri 2.0 devriminde elektrik enerjisi ile çalışan

makineler, Almanya ve ABD’ de üretilmiş ve kısa süre içerisinde tüm dünyaya ihraç edilmiştir. Çelik ve petrol sanayisi ABD’ de hızlı bir şekilde ilerleme göstermiştir (Koçak, 2019). Endüstri 2.0 devriminde Almanya ve ABD seri üretim tekniği ile lider ülke konumuna gelmiştir (Koçel, 2005).

Berlin Duvarının yıkılması ve soğuk savaşın bitiş tarihi olan 1989 yılından 2013 yılına kadar olan süreç Endüstri 3.0 devrimi olarak kabul edilir. Bu dönemdeki üretim, tedarik ve tüketim ilişkisi değerler sonra gelecek olan endüstriyel devrim dönemi için de temel oluşturmuştur (Görçün, 2016). Endüstri 3.0 devrimi üretimde daha fazla otomasyon, elektriğin ve bilgi teknolojilerinin kullanılmaya başlandığı dönemdir. Endüstri 3.0 döneminde otomasyon ve bilişim teknolojileri üretimde kullanılmaya başlandı. 1980’li yıllarda ileri üretim teknolojileri, bilgisayar destekli üretim, bilgisayar destekli tasarım, esnek üretim sistemleri, ortaya çıkmıştır. Endüstri 3.0’ ın öncüleri başta ABD, Batı Almanya ve Japonya’dır. Maliyetlerin düşürülmesi ihtiyacı 20.yy sonlarında üretim faaliyetlerinin endüstrileşmiş ülkelere iş gücü maliyetinin düşük olduğu ülkelere göre özellikle Asya’daki ülkelere kaydırılmasına neden olmuştur. Zaman içinde bazı Asya ülkeleri bilgi transferi ve eğitim sayesinde gelişme göstermiş ve endüstrileşmiş ülkelerle rekabet eder hale gelmiştir. Bu ülkelerin başında Çin, Hong Kong, Güney Kore, Tayvan ve Singapur gelmektedir (Armağan ve Bozkurt, 2019). Daha sonra ise Endüstri 4.0 dönemi başlamıştır. Söz konusu endüstriyel devrimlerin tarihsel gelişimi Şekil 1’de gösterilmiştir.

Şekil 1: Endüstri 4.0 Tarihsel Gelişim Süreci



(Kagerman vd., 2013)

1.2 Endüstri 4.0

Endüstri 4.0, bilimsel ve teknolojik araştırmalarla, artan bilgi birikimi sonucunda, oluşan siber fiziksel sistemlerin bilişim teknolojileri adı altında kullanacağı bir devrimdir. Bu anlamda üretilen teknolojik araç ve gereçler yüksek düzeyde verimliliği amaçlamaktadır (Kahraman, 2017). Endüstri 4.0 ifadesi, ilk kez dünyanın en büyük endüstri fuarı olan Hannover Ticaret fuarında sunuldu. Endüstri 4.0 sanayileşmenin dördüncü dalgasıdır (Bolat, 2019). Doğu ülkelerinde hızlı bir şekilde ilerleyen rekabet batı ülkelerini derinden sarsmıştır. Çin'in ucuzun da ucuzunu üretme yeteneğinin karşısında; Almanya'da sanayi hamlesi başlamıştır. Müşteri ihtiyaçlarını hızlı, esnek ve verimli bir şekilde karşılamaya odaklanan Endüstri 4.0 ifadesi bu dönemde ortaya çıkmıştır. Endüstri 4.0 devriminde sermaye etkinliğinin azaltılması hedeflenmektedir. Günlük hayattaki tüm gereksinimler akıllı üretim sistemleri, dijitalleşme ve teknoloji üzerine kurulacaktır. Sermaye eskisi kadar etkin olamayacaktır. Endüstri 4.0, ülkeden ülkeye farklılık gösteren isimlendirmeleri mevcut olan bir kavramdır. Endüstrileşmenin dördüncü dönüşümü; Almanya'da "Platform Endüstri 4.0", ABD'de "Endüstriyel İnternet" Japonya'da "Toplum 5.0", Çin 'de "İnternet +", Güney Kore 'de "Akıllı Fabrika" gibi ifadelerle adlandırılmaktadır. Görüldüğü üzere, dördüncü sanayi devriminin kavramsallaştırılmasında ve tanımlanmasında ortak bir ifade yoktur (Gür vd., 2017).

Endüstri 4.0 sanayi sektöründe otonom üretim sağlayan, internet ağı sayesinde birbiriyle iletişim kurabilen akıllı makinelerin işletmelerde kullanıldığı bir sürecin adıdır. Endüstri 1.0 devrimiyle başlayan makineleşme, Endüstri 2.0 devrimi ile teknolojik ilerleme kaydetmiş, Endüstri 3.0 devrimiyle dijitalleşmiş ve sonunda Endüstri 4.0 devrimi ile akıllı hale gelmiştir (Yıldırım, 2019).

En basit tanım ile Endüstri 4.0, ileri düzey internet ve bilgi teknolojilerine ek olarak, geleneksel endüstrinin de güçlü yönlerinin ilave edilmesi ve bütünleştirilmesi sürecidir. Akıllı üretim dönemi olarak da ifade edilen Endüstri 4.0'ı; robot, uzay, biyoteknoloji, nanoteknoloji gibi ileri teknolojik alanlardaki büyük gelişmelerin etkisi ile nesnelerin iletişiminin sağlandığı bir dönem olarak da tanımlamak mümkündür (şener ve Eevli, 2017).

Dördüncü sanayi devrimi ya da yaygın kullanılan adıyla Endüstri 4.0'ın kuramsal başlangıcı için Kagermann'ın 2011 tarihli makalesi esas alınmaktadır.

Dördüncü sanayi devriminin sadece otomasyondaki gelişimi değil, aynı zamanda akıllı gözlem ve karar alma süreçlerini de içermekte olduğunu ifade etmektedir (Arslan ve Demirkan, 2019).

Schwab Endüstri 4.0'ın dijital devrim üzerinde yükseldiğini ve onu yaygın ve mobil bir internet, ucuzlayan daha küçük ama daha güçlü sensörler ve yapay zekâ ile makine öğrenmesinin karakterize ettiğini ifade etmektedir. Massachusetts Teknoloji Enstitüsü öğretim elemanları Eric Brynjolfsson ve Andrew McAfee, 2015 yılında yayımladıkları kitabın adında da ifade ettikleri gibi bu döneme 2. makine çağı denmektedir (Banger, 2017). Eserlerinde dünyanın dijital teknolojilerin etkisi ve otomasyon sayesinde benzeri görülmedik değişmelere sahne olacağını bu nedenle bir dönüm noktası yaşanacağını belirtmişlerdir. Endüstri 4.0 yalnızca akıllı makine ve sistemlerle ilgili olmayıp, gen dizilemeden nanoteknolojilere, yenilenebilir enerjilerden kuantum bilgi işleme kadar geniş bir alanı kapsamaktadır.

Endüstri 4.0'ı diğer devrimlerden ayıran bir diğer özellik ise bu teknolojilerin birbirleriyle etkileşim içinde olması, daha geniş anlamda fiziksel, biyolojik ve dijital alanlarda karşılıklı iletişim halinde olmasıdır. Endüstri 4.0'ı diğer devrimlerden ayıran bir başka temel özellik ise hızının çok yüksek yayılmasıdır. Nitekim yaklaşık 13 milyar kişinin hala elektriğe sahip olmadığı dünyada ikinci sanayi devrimi nüfusun yüzde 17'si tarafından tam olarak yaşanmaktadır. Aynı şey üçüncü sanayi devriminde yaşanmaktadır. Nüfusun yarısından fazlası çoğu gelişmekte olan ülkelerde yaşayan 4 milyar insan, internet erişimine sahip değildir. Birinci sanayi devriminin simgesi olan iplik makinesinin Avrupa dışına yayılması 120 yılı bulmuşken internet 10 yıldan kısa bir süre içerisinde tüm dünyaya yayılmıştır (Schwab, 2018).

Endüstri 4.0, makine gücünün; insan gücünün yerini alarak üretim süreçlerini kendiliğinden yönetebilir hale gelmesi olarak tanımlanmaktadır (Bolat, 2019). Makinelerin bilgisayarlar ve internet teknolojilerindeki yeni gelişimler sayesinde koordine edilebilir hale gelmesi yeni sanayi devrimini ortaya çıkarmıştır. "Nesnelerin İnterneti" kavramı olarak bilinen bu yeni sistem sayesinde üretimde ileri seviyeye atlanmış ve fabrikaların kendini yönetebilir olması ile ileri düzey teknolojik seviyeye erişilmiştir. Endüstri 4.0 kavramı sadece bugünün değil aynı zamanda geleceğin üretim yöntemlerinde yapılan ve yapılacak olan yenilikler ile uygulamaların dışı

yansımasıdır. Çünkü, bu değişim ve gelişim belli bir birikimin sonucunda oluşmakta ve sürekli olarak da oluşmaya devam etmektedir. Endüstri 4.0 fabrikalardan tuğlaları kaldırıp, zaman ve yer fark etmeksizin tamamen akıllı sistemlerle her an değişim ve beklentilere hazır bir şekilde üretimin yapıldığı, aynı zamanda bilgilerin de bulut sistemleri ve büyük veri yöntemleri ile tutulup, geleceğe hazırlandığı bir sistemdir (Yüksel ve Genç, 2018).

İngiltere Eğitim ve Araştırma Bakanlığı Endüstri 4.0'ı, gerçek ve sanal dünyanın nesnelere internetine kaynaşması olarak tanımlamaktadır (Arslan ve Demirkan, 2019). Endüstri 4.0 projesinin amacı bu süreci desteklemek, Alman sanayisini bu sürece hazırlamak ve bunu aktif bir şekilde şekillendirmektir. Eğitim ve Araştırma Bakanlığına göre, gelecekteki üretim kuvvetli bir şekilde bireyselleşmenin etkisi altında kalacaktır. Bunun için yüksek esnekliğe sahip üretim modeline ihtiyaç duymaktadır. Bunun yanında gelecekteki müşteriler ve iş ortakları doğrudan işletme ve katma değer üretme sürecine dâhil edilmektedir. Yüksek nitelikli hizmetler aynı şekilde üretim süreçlerine eşlik edecek ve akıllı denetimle akıllı karar alma süreçleri üzerinden çağa uydurularak yönetilecektir (Derya, 2018). Şener ve Elevli (2017)'ye göre ise dördüncü sanayi devrimini diğerlerinden farklı kılan ve üretimde hata faktörünün önüne geçilerek niteliksiz iş gücünü ortadan kaldıran temel unsur; sensör, veri, bilgi ve işlem sistemlerinin birleştirilmesidir.

İnsanların çevrelerinde olup biteni duyu organları ile algılama yapısına benzer olarak nesnelere de ısı, ışık, nem, sıcaklık, hareket gibi değerleri üzerlerinde bulunan sensörler aracılığı ile algılar (Banger, 2017). Bu kapsamda sensörler, hassas ve ölçüm yapma kabiliyeti yüksek olan ortamdaki ısıyı, nemi, ışığı, hareketi, titreşim gibi sinyallerin veriye dönüşmesini sağlayan algılayıcılardır. Bulduğumuz her ortama veri yaydığımız günümüzde önemli olan Endüstri 4.0'da, bu verilerin belli bir sistematik yapıda toplanmasını sağlayarak big data (büyük veri) aracılığı ile ayıklayabilmektir. Verilerin anlamlı bir yapıya dönüştürülebilme aşamasında ise bilgi faktörü devreye girmektedir. Bu yapıda kullanılan yazılım algoritmaları vasıtasıyla toplanan veriler, makinelerin faaliyete geçmek üzere kullandıkları işlem için karar verme sürecini gerçekleştirmektedir. Sensörler aracılığı ile toplanan veriler, sistematik bir yapıya kavuştuktan ve karar verme sürecini tamamlandıktan sonra, son aşamada işlem aşamasına ulaşmaktadır. Bu aşama, planlanan faaliyetlerin fiziksel bir

harekete yani eyleme dönüştürülmesi sürecidir. Örneğin aracın yön değiştirmesi, robot kolunun hareket etmesi, yükün depo robotları aracılığı ile taşınması bu aşamadaki örneklerdendir. Bu kapsamda Endüstri 4.0 için gerekli olan tüm bu aşamalar Şekil 2’de gösterilmektedir (Öztuna, 2017).

Şekil 2: Endüstri 4.0 İçin Gerekli Aşamalar



(Öztuna, 2017)

Sanayi Devrimi sadece makineleşmenin değil, bununla birlikte insanlığında değiştiği bir dönüşümdür. İnsanoğlu ve makine ayrılmaz ikili haline gelirken, diğer yandan da insan giderek makinenin kölesi haline gelmektedir. İnsan beyni üzerindeki siber kontroller, ülkeler arasındaki siber güvenlik kavgaları ve gizli savaflara neden olmaktadır. Sanayi toplumları, bilgi toplumları, bilgi ötesi toplumlar derken şimdi siber toplumlar kavramı yerleşmeye başlayacaktır. Yani şu an içinde bulunduğumuz zaman dilimi ikinci çeyreğine kalmadan bu dönüşüm başlayacaktır. Ateşin bulunmasıyla başlayan insanlık siber ve fiber kablolarla akıllı dünya olarak yeni bir çağa damgasını vuracaktır (Kahraman, 2017). Dördüncü sanayi devriminin arifesindeki insanlık, az konuşan, az yazan, giderek yalnızlaşan, sosyal ağlara bağımlı birer robot haline dönüşmektedir (Karademir, 2020). Endüstri 4.0 sadece imalat sektöründe değil hukuk, ekonomi, psikoloji ve sağlık sektörü gibi pek çok alanda değişimlere yol açmıştır.

1.2.1 ENDÜSTRİ 4.0 VE BİLEŞENLERİ

Dördüncü Sanayi Devriminin Bileşenleri endüstrileşmenin dördüncü dönüşümü; birçok bileşenden meydana gelen, karmaşık ve devasa bir yapıdır. Endüstrileşme sürecinin başarı ile tamamlanabilmesi için bu bileşenlerin birbirleri ile uyumlu ve entegre olması gerekmektedir (Banger, 2017). Bu bileşenlere aşağıda yer verilmiştir.

- Büyük Veri (Big Data)
- Nesnelerin İnterneti (IoT)
- Bulut Bilişim
- Simülasyon
- Siber Fiziksel Sistemler
- 3D Yazıcılar
- Arttırılmış Gerçeklik
- Otonom Robotlar
- Yatay ve Dikey Entegrasyon
- Yapay Zeka (AI)

1.2.1.1 Big Data (Büyük Veri)

Bu alanda çalışma yapan bilim adamları büyük veri konusunda ortak bir tanım olmadığı konusuna vurgu yaparak büyük veri ile ilgili birçok farklı tanım olduğunu ifade etmişlerdir (Demirtaş ve Argan, 2015). Şirketler, devletler, organizasyon yapılı kurumlar büyük veriyi geleceğin yeni petrolü olarak tanımlamaktadır. IBM tarafından ortaya atılan ve popüler olan büyük veri biliminin dördüncü paradigması ya da inovasyon için bir sonraki sınır olarak ifade edilir. Başka bir tanımlamada ise; değer dönüşümünü teknolojik ve analitik yöntemler gerektiren hız hacim ve çeşitlilik ile sağlayan bilgi varlığıdır (Meydan vd., 2018). Teknolojinin hızlı bir şekilde ilerlemesi ve verilerin üstel bir şekilde artmasıyla bir bilgi patlaması meydana geldi. Bu bilgi fazlalığıyla, aynı zamanda yararsız ve yanlış bilgi sorunu ortaya çıktı. Fazla bilginin bulunduğu dijital ortamda geçerli ve

güvenilir bilginin ayıklanıp, saklanması büyük veri ile sağlandı. Büyük veri, dijital platformdaki tüm paylaşımları, tüm bitleri toparlayan ve anlamlı, kullanılabilir bir formata dönüştüren teknolojidir.

Büyük veri üç temel unsurdan oluşmaktadır. Bunlar hacim, hız ve çeşitliliştir. Hacim veri miktarını, hız verinin üretim hızı ve çeşitlilik ise verilerin sınırlılığını ifade etmektedir (Turan, 2018). Büyük veriler bilgi sistemlerinin işleyemediği karmaşık veri kümeleridir. Diğer bir deyişle yazılım araçlarının, verileri saklama, depolama ve çözümlene yeteneklerini aşan büyüklükteki verilere “büyük veri” denilmektedir (Özsoylu, 2017). Bilgi ve iletişim teknolojilerinin kapsamında yer alan internet teknolojileri; bloglar, sosyal medya içerikleri, sensörler ve GSM operatörlerinden elde edilen veriler sayesinde her an bilimsel olan veya olmayan verileri toplar hale gelmiştir. Elde edilen bu veriler, pazarlama, halkla ilişkiler, sağlık, güvenlik vb. pek çok alan ve araştırmalarda kullanılabilir nitelik taşımaktadır. Bu veriyi toplama, işleme, kullanıcılara hazır hale getirme, erişime sunma, saklama, analiz etme gibi aşamalarda pek çok farklı teknik kullanılmaktadır. Bu verilere teknolojik destekle beraber yeni çözümler üretilmesi büyük veri kavramını ortaya çıkmasında etkili olmuştur (Doğan ve ArslanTekin, 2016).

Dünyanın dört bir yanında insanlar ve makineler, internet tarayıcılarında ve sosyal ağlarda, araba kullanırken, kredi kartıyla ödeme yaparken, çevrimiçi alışveriş sırasında, akıllı telefonlarında arama yaparken büyük miktarda veri üretmektedir. Çevrimiçi perakendeci olan amazon, makine öğrenmesi ve tahmine dayalı analitik üzerinde yaptığı çalışma, özel algoritmalar sayesinde sosyal medya yayınlarını takip ederek müşterilerin bireysel moda tarzı hakkında elde ettiği veriyi kişiselleştirip kullanıcılarına ürün önerisi olarak sunmaktadır. Google grip salgını belirlemek için, büyük veri ve analitik teknolojisini kullanmaktadır (Esmer ve Alan, 2019).

Doğru bilgi ile doğru strateji üretilir. Bu dikkate alındığında, büyük verinin Endüstri 4.0 için önemi de anlaşılmaktadır. Endüstri 4.0 ile rekabet ortamında fark yaratabilmek büyük veri ile mümkün hale geldi. Bu durumda büyük veri aracılığıyla doğru bilgiye ulaşmanın önemi açığa çıkmaktadır (Ebso, 2020). Büyük veri analiz yöntemleri ile yorumlandığında işletmelerin stratejik kararlarını doğru bir biçimde almalarına, risklerini daha iyi yönetmelerine, işlerinde ve ürünlerinde inovasyon yapmalarına imkan sağlamaktadır (Raste, 2014). Büyük veri ile farklı kaynaklardan

gelen veriler hızlı bir şekilde analiz edilmektedir. Karar verme sürecinde olan işletmeler elde ettikleri veri sonucundan yararlanarak stratejik yol alırlar. Dolayısıyla işletmelerde büyük veri ile birlikte yeni kurum kültür ve iş modeli anlayışı ortaya çıkmıştır (Banger, 2017).

1.2.1.2 Nesnelerin İnterneti

Geçmişten günümüze internet teknolojileri fark edilir bir büyüme içerisinde devam etmekte ve her geçen gün farklı ihtiyaçlar ve buna bağlı olarak da teknolojiler geliştirilmektedir. Bilgisayar, bilgi ve internet teknolojilerinin hızla büyümesi ve gelişmesi, insanların ve kurumların bu sistemlere olan bakış açısını değiştirmektedir. Bu teknolojilere olan bağlılığı her geçen gün arttırmaktadır. Aynı zamanda, bilişim teknolojilerine bağlı bütün kavramları birbirine yakınlaştırmaktadır. Bu ihtiyaçlardan yola çıkılarak oluşturulan sistemlerin en başında nesnelerin interneti (Internet of Things- IoT) gelmektedir (Sezer vd., 2018).

1999 yılında Kevin Asthon tarafından hazırlanan sunumda nesnelerin interneti kavramından bahsedilmiştir. Bu kavram nesnelerin kendi aralarında benzersiz bir şekilde kurduğu iletişim ağıdır. Buradaki nesneler ev eşyaları, lojistik makineleri, ulaşım araçları, sağlık cihazları, taşımacılık vb. her şey olabilmektedir. Dolayısıyla IoT teknolojisi, çevre ve altyapı, endüstriyel üretim, enerji, ev ve akıllı bina otomasyonu, ulaşım, gıda, sağlık gibi alanlarda kullanılabilir. IoT, insanların çevreleriyle olan etkileşim biçimini değiştirmektedir. İnsanlar IoT ile, dünyadaki nesnelere takip edebilmekte ve yönetebilmektedir. Bu durum insanların yaşam kalitesi ve refah düzeyi seviyesinin artmasını sağlamaktadır (Kranenburg ve Bassi, 2012).

Nesnelerin İnterneti, geleneksel nesnelerin, gömülü cihazlar, haberleşme protokolleri, algılayıcı ağlar, internet protokolü ve uygulamaları gibi temel teknolojiler kullanılarak akıllı olanlarına dönüşümüdür. Nesnelerin İnterneti, bilgilerini paylaşım beraberce karar verebilmeleri için fiziksel cihazlara onlara birbirlerini görme, duyma, düşünme ve bir araya gelerek “konuşma” olanağı vermektedir (Aktaş vd., 2016). Nesnelerin interneti kavramı RFID teknolojisi ile ortaya çıkmıştır. 1991 yılında Cambridge Üniversitesi'ndeki yaklaşık 15 akademisyenin kahve makinesini görebilmek için kurduğu kameralı sistem o günün

koşullarında değerlendirildiğinde ufuk açıcı bir uygulamaydı. 2001 yılına kadar kullanılan sistem, kahve makinesinin görüntüsünü dakikada üç kez bilgisayar ekranlarına gönderiyordu. Çevrimiçi ve gerçek zamanlı olması sebebiyle "nesnelerin interneti" kavramının ilk örneği olarak tarihte yerini almıştır. 1999 yılında Kevin Ashton, RFID teknolojisi uygulamasının firmaya faydalarını sıralamış ve kullanılmasını önermiştir. Önerdiği sistem; "internet of things" kavramını ortaya çıkaran radyo dalgaları ve sensörlere dayalı bir küresel sistemdir. (Öcal vd., 2018).

Radyo Frekanslı Tanımlaması (RFID) ve Kablosuz Sensör Ağı (WSN) teknolojilerinin dünyaya tanıtılmasından sonra nesnelerin interneti kavramı ortaya (Iot) çıkmıştır. Nesnelerin İnterneti (IoT), çevremizdeki fiziksel değişkenleri kontrol etmemizi ve takip ederek analiz etmemizi sağlayan cihaz, yazılım ve erişim hizmetlerini kapsayan bir iletişim ağıdır. Bu fiziksel değişkenler, bir akıllı ev modeli için sıcaklık, basınç, kuvvet, ışık, nem olabileceği gibi enerji şebekeleri için akım, voltaj gibi analog ya da dijital olarak ölçülebilecek fiziksel büyüklükler olabilir. Günümüzde bu tür fiziksel değişkenlerin okunmasında, uzaktan takip edilmesinde ve duruma göre diğer cihazların uzaktan kontrolünde nesnelerin internetinden (Iot) yararlanır (Güneş vd., 2019). Nesnelerin İnterneti (IoT: Internet of Things) olarak adlandırılan yeni teknoloji akıllı cihazların, birbirlerini algılayarak iletişime geçmesi ve toplanan bilgilerin bulut sistemlerinde değerlendirilmesi olarak tanımlanmaktadır.

Nesnelerin interneti; büyük veriden yararlanılarak verileri paylaşabilen, iletişim kurabilen ve bilgi kopyalayabilen, birbirine bağlı nesnelerin kombinasyonudur. Bu nesneler birbirlerine internet ağı üzerinden erişebilmektedir (Greengard, 2017). Nesnelerin interneti internet ağ bağlantıları, gömülü cihazlar ve bu cihaz ile ağları denetleyen tüm internet hizmetlerini kapsamaktadır. Büyük veri ile veriler toplanır, bulut bilişim ile bulut alt yapısı oluşturularak veriler depolanır. Bu bulut alt yapılarını birbirine bağlayan ağ ise nesnelerin internetidir. Nesnelerin interneti bilgi endüstrisinin üçüncü dalgasıdır. Bilgi iletişim teknolojilerinin bir arada kullanıldığı yeni teknolojik sistemdir. Sensörler aracılığı ile gerekli veriler alınıp IoT sistemine gönderilmektedir. IoT sistemine gelen veriler değerlendirilir. Gereken durumda müdahale yapılarak veriler ilgili yerlere aktarılır. Bu iletişim ağı sayesinde etkili çözümler üretilir (Çetin, 2019). IoT, robotik, lojistik, ulaşım ve sağlık hizmetleri alanında potansiyel fırsatlar yaratabilen kablosuz sensör ağları,

yapay zekâ ve bulut hesaplama gibi ileri düzey teknolojileriyle etkinlik sağlamaktadır. (Kutay ve Ercan, 2019).

Nesnelerin internetiyle yenilik, verimlilik ve kalitede gelişim meydana gelecektir. İmalat, sağlık, otomotiv, lojistik ve çevre gibi sistemleri bilgi iletişim teknolojileri ile birleştirerek işletmelere büyük değer katacaktır. Gelecekteki küresel ağlar, sadece insanlar ve elektronik cihazları değil her türlü cansız nesne ile internet ağı üzerinde erişim sağlayabilecektir (Madakam vd., 2015).

1.2.1.3 Bulut Bilişim

Hemen hemen her alanda yer almaya başlayan bilgi iletişim teknolojileri (BİT) giderek hayatımızın önemli bir parçası haline gelmektedir. Bulut bilişim dünyada henüz gelişme aşamasında olan yeni bir teknolojik gelişmedir. Bilgi iletişim teknolojilerinden (BİT) faydalanılarak kurulan yeni hizmet modeline bulut bilişim denir. Bulut bilişim internet tabanlı otomasyona dayalı teknoloji hizmetlerini sunmaktadır. Bulut bilişim ile işletmeler kaynaklarını etkin bir şekilde yönetebilmektedir (Turan ve Kaya, 2017). Bulut bilişim ile ilgili birçok tanım yapılmaktadır. İnternet ortamında yer alan uygulamaların uzak sunucu aracılığıyla çalıştırılması ya da kişisel verilere istenilen zamanda ulaşım imkanı sağlayan sistem yapısı olarak tanımlanmaktadır. ABD ulusal standartlar ve teknoloji enstitüsü bulut bilişimi bilişim tabanlı mevcut kaynaklardan oluşan çeşitli durum ve koşullarda erişim imkanı sağlayan bir model olarak tanımlar (Bayın vd., 2018).

Mevcut kaynaklar ise veri tabanları, kablosuz ağ bağlantısı, vb uygulamalardır. Teknolojik boyutta bulut bilişim interneti temsil etmektedir. Bulut bilişim bilgisayar hizmetlerinin kullanıcının isteği doğrultusunda kablosuz ağ üzerinden sunduğu bilişim teknoloji hizmetidir. Bulut bilişimle büyük miktardaki verilerin işlenmesi ile bilgi ve belge yönetiminde büyük kolaylık sağlanmıştır (Köse ve Armutlu, 2015). 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 ve Grance, 2011). 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).

İnternet ağı üzerinden hizmet sunan bir e-ticaret işletmesi olan ve bulut bilişimin öncülüğünü yapan ve en büyük işletmelerden biri olan tartışmasız amazondur. Sürekli artan müşteri kitlesinin büyüyen talebini karşılayabilmek için esnek yapıda bir bilişim altyapısını oluşturmak gerekir. Yılbaşlarında yüksek derecede artan müşteri talebi için esnek ve güçlü bir altyapı oluşturan Amazon, yılın diğer zamanlarında ise bu kapasiteyi kullanamamış ve atıl kalan bir bilişim altyapısının oluşmasına sebep olmuştur (Özcan, 2020). Atıl kapasite kullanılarak parasal değer elde edilebilmesi için bu bilişim alt yapısını, Amazon müşterilerinin kullanımına göre ücretlendirme yaparak kiralamaya başlamıştır. Amazon gibi Google'da bulut altyapısının esnek olmasına önem vermiştir. Google, kullanıcı sayısını artırabilmek için farklı özelliklerdeki yazılım çözüm paketlerini internet ortamında hizmet olarak sunmaktadır (Ayan, 2018). Bulut bilişime ilişkin özellikler aşağıda sunulmuştur.

- **Erişilebilirlik:** Dünyanın neresinde olursa olsun internet ağ bağlantısı bulunan her yerden işlem ve depolama kaynakları ile geniş çapta bir erişim imkanı sağlamaktadır (Topaloğlu vd.,2017).
- **Cihaz ve Konum Bağımsız Olması:** Cihazlarda web tarayıcısı ile bulut sistemine erişilmektedir. Web tarayıcısının hangi cihazda olduğunun bir önemi yoktur (Topaloğlu vd.,2017).
- **Esneklik:** Web tarayıcı üzerinden kullanılacak olan altyapı platform ve yazılımlar kullanıcıların ihtiyaçları yönünde belirlenebilmesi ve istenilen zamanda altyapı üzerinde değişiklik yapılabilmesi için esnek bir platform oluşturmaktadır. Böylece donanım ve yazılımlar hizmet sağlayıcıları yer değiştirebilmektedir (Topaloğlu vd.,2017).
- **Ölçeklenebilirlik:** Bulut bilişim hizmetleri kullanıcıların çeşitli gereksinimlerini karşılayabilmelidir. Örneğin bazı kullanıcılar servis yazılım uygulamasını çok kullanıyor iken bazıları ise çok az kullanmaktadır. Bundan ötürü çok ya da az kullanılmasının nedenleri doğrultusunda kullanıcıların ihtiyaçları belirlenmeli bu

yönde servis yazılım uygulamasında değişim gerçekleşmelidir. Böylece kullanıcıların ihtiyaçları yönünde veri merkezlerindeki donanımlar genişletilmeli ve kullanıcıların tüketimleri ile şekil alan depolama merkezi oluşturulmalıdır (Topaloğlu vd.,2017).

- **Platform:** Bulut bilişim sistemi ile ilgili altyapı hizmet süreçlerinin oluşturulması ile süreç aşamalarının devam ettirilmesi için gerekli tüm iyileştirme ve düzenlemelerin yapıldığı bölümdür. Bulut bilişimle kullanıcıların hizmetine sunulan yazılım uygulaması üzerinden verilerin işlendiği zemini ifade etmektedir (Seyrek, 2011).

- **Altyapı:** Bulut bilişim kapsamındaki hizmetler sırasında gerçekleşen veri işlemlerinin sorunsuz bir şekilde yerine getirilebilmesi için, kurulum, bakım, güvenlik, veri ortamının kontrolü gibi süreçlerin yer aldığı bölümdür. Bu süreçleri sanallaştırılma teknolojisi ile gerçekleştirmektedir. Sanallaştırma, işletim sistemleri depolama aygıtları ya da ağ bağlantısı sağlayan cihazların sanal olarak kurulmasıdır (Seyrek, 2011).

- **Sunucu:** Bulut bilişimle kullanıcılara sunulan hizmet süreci aşamalarının yerine getirilmesini sağlayan, donanım ve yazılım bileşenlerin yer aldığı bölümdür (Seyrek, 2011). Bulut bilişim hizmet modelleri beş kola ayrılmaktadır. Bunlar altyapı hizmeti oluşturan IaaS, platform hizmeti sağlayan PaaS, ve yazılım hizmeti sağlayan SaaS, iletişim hizmetleri sağlayan CaaS ve internet ağ hizmetlerini sağlayan Naas'dır (Taher, 2013).

Hizmet Olarak Altyapı (IaaS): Bulut bilişim teknolojisinin en alt tabakasında yer alan servistir. IaaS hizmeti bulut bilişim hizmeti sunucularına bilgisayar altyapısı sistemini hizmet olarak vermektedir. Sunucu artık kullanıcı, ağ ve depo gibi altyapıların satın alınması yerine IaaS aracılığı ile bir hizmet olarak kullanacaktır. Kullanıcı kullandığı kadar hizmet ödemesi yapacaktır. Amazon ve Rackspace Cloud altyapı hizmeti veren işletmeler ve IaaS için en iyi örneklerdir (Taher, 2013).

Hizmet olarak Platform (PaaS): Platform, yazılım uygulamaları geliştirmek, test etmek, teslim etmek ve yönetmek üzere isteğe bağlı bir ortam oluşturan bulut bilgi işlem hizmetleri olarak tanımlanmaktadır. PaaS, web uygulamaları, mobil

uygulamalar ve sürüm geliştirme için gereken sunucular, depolama alanları, ağ ve veri tabanlarından oluşur. Bulut bilişim sisteminin hızla oluşturulmasını kolaylaştırmak üzere tasarlanmıştır. Google AppEngine ve Microsoft Azure platformları PaaS hizmetine örnek olarak gösterilmektedir (Köse ve Armutlu, 2015).

Hizmet olarak Yazılım (SaaS): Kullanıcıların kurulum ihtiyacı duymadan internet ağ bağlantısının olduğu herhangi bir platform üzerinden çeşitli uygulamalara erişilebildiği servis hizmetlerdir. SaaS ile bulut sağlayıcıları, yazılım uygulamalarını ve temel altyapıyı yönetmenin yanı sıra yazılım güncellemeleri güvenlik kontrolü ve uygulama gibi bakım işlerini de üstlenmektedir. Kullanıcılar uygulamalara web tarayıcısı ile internet ağı üzerinden bağlanmaktadır. Kullanıcı bulut bilişim sistemi altyapısını yönetemez ya da kontrol edemez, Bulut bilişim yazılım hizmetinde kullanıcı uygulamayı kullandığı süre kadar ödemektedir. Günümüzde en bildiğimiz SaaS servisleri arasında Google Mail, Hotmail veya Yahoo Mail örnek olarak gösterilebilir (Elitaş ve Özdemir, 2014).

Hizmet Olarak İletişim (CaaS): Kullanıcılar mesafe farkı olmaksızın birbirleriyle iletişim kurabilmektedir. Bunun için internet ağı olması yeterlidir. Düşük maliyetlidir. Kullanıcılar video konferans, anlık mesajlaşma ve ses gönderimi yoluyla iletişim kurabilmektedir. skype, facebook, messenger, whatshap gibi uygulamalar CaaS için örnek gösterilmektedir (Turan, 2014)

Hizmet Olarak Ağ (NaaS): Kullanıcıların iletişime dayalı özellik ve işlevleri yöneterek kullanabildikleri bir model olarak tanımlanmaktadır. Bu hizmet yapısını sanal özel ağ ve dinamik bant genişliği yönetimi gibi yaklaşımlarla örneklendirebiliriz (Seyrek, 2011). Bulut Bilişimin hizmet modelleri gibi dağıtım modelleri de bulunmaktadır (Göktaş ve Baysal, 2018).

- Özel Bulut
- Genel Bulut
- Topluluk Bulut
- Karma Bulut

Özel Bulut: Özel kullanıcıların ya da bu özel kullanıcılara hizmeti sunanların ulaşabildiği bulut modeline denir. Belirli kullanıcılara bilgi işlem hizmeti sunmaktadır. İç bulut, kurumsal bulut olarak da adlandırılmaktadır. İşletmelere self

servis, ölçeklenebilirlik ve elastiklik gibi pek çok avantaj sağlamaktadır. Özel bulutun en büyük faydası ise İşletmenin gizlemek istediği birtakım verileri ve değerli bilgileri saklayarak gizli tutmaktadır

Genel Bulut: Bu dağıtım modeli genel anlamda bulut bilişimin temel yapısını oluşturmaktadır. Google, Microsoft, Oracle, şirketlerinin kendi veri merkezlerinde sundukları SaaS, PaaS ve IaaS servislerinin bütününe ifade etmektedir. Genel bulut toplulukları kullanıcıların uzağında bulunmaktadır. İş altyapısı ile kullanıcıya maliyet ve risk açısından avantajlı bir yol sunmaktadır. Bu modelde kullanılan servise, kullanıcı sayısına veya belirli zaman aralıklarına göre fiyatlandırma yapılmaktadır. Salesforce ve Amazon bu konudaki en bilinen örneklerdendir (Aytekin vd., 2016).

Topluluk Bulut: Topluluk bulutu, bilgi işlem kaynakları ve hizmetleri bir veya birden fazla kurum ve topluluğun ortak bir alan içerisinde paylaşılmasıyla oluşmaktadır. Topluluk bulutunun aynı zamanda bir genel bulut olduğu da ileri sürülebilir. Topluluk bulutları daha çok birbirleri ile çalışmakta olan organizasyon yapılı şirketler tarafından tercih edilmektedir.

Karma Bulut: Özel ve genel bulut sistem modellerinin birlikte kullanılmasıdır. Güvenliğin ve gizliliğin önemli olmadığı uygulamalar için genel bulut, gizlilik gerektiren durumlarda ise özel bulut kullanılmaktadır (Şengül ve Bostan, 2013). Bulut bilişimin avantaj ve dezavantajları aşağıda sıralanmıştır.

- Yazılım ve donanım maliyetlerini minimum seviyeye indirmektedir.
- Performans düzeyi gelişmiştir
- Güncellemeleri anlık olarak gerçekleştirmektedir.
- Depolama alanı ve kapasitesi sonsuzdur
- Veri güvenliği üst düzey seviyededir.
- Dosya formatları uyumlu haldedir. Ücret ödemesi bulunmamaktadır.
- İnternet ağ bağlantısı üzerinden işlem gerçekleştirilmektedir. Bağlantı hızında düşüklük yaşanırsa çalışma hızında yavaşlama meydana gelir (Aytekin vd., 2016).

Son dönemin popüler uygulamalarından biri olan bulut bilişim kullanıcıları saklama ve hesaplama hizmeti veren bir modeldir. Bulut bilişim kullanıcıları

profesyonel bir hizmet sunmaktadır. İnternet ağ bağlantısı bulunan tüm cihazlarda bulut bilişim ile her türlü bilgiye erişim sağlanmaktadır. Bulut bilişim şirketler, üniversiteler gibi birçok kurum ve kuruluşlar tarafından kurulmakta ve paylaşılmaktadır. Kişisel veriler, uygulama ve programlar internet aracılığıyla bulutta depolanmaktadır. İnternet ağ bağlantısının olduğu her yerde kolaylıkla erişim sağlanır (Karaman, 2019).

1.2.1.4 Simülasyon (Sanal Gerçeklik)

Gerçek dünyadaki fiziksel yapıya ait verilerin bilgisayar ortamında oluşturulan zaman eksenli sanal kopyasına simülasyon denir (Motola vd., 2013). Simülasyon, gerçek yaşamdaki sistem davranışını anlayabilmek için mantıksal ve matematiksel modeller içeren, sistem dışında bilgisayar veya başka cihazlarla deney yapma imkanı sağlayan bir yöntemdir (Özden, 2020). Simülasyon matematiksel model aracılığıyla gerçekleştirilmek istenen sistemin bilgisayar ortamında yapay olarak oluşturulmasıdır. Simülasyon kelimesinin türkçe karşılığı benzetimdir (Hançerlioğulları, 2006). Simülasyon karmaşık sistemlerin benzerlerinin bilgisayar ortamında oluşturulması ve sistemle ilgili istenen denemelerin modellemelerle yapılmasıdır. Simülasyon sistem etkinliği ile ilgili ölçümleri güvenilir ortamda yani bilgisayarda oluşturularak bize sistemi değerlendirme imkanı sunmaktadır. Simülasyon tekniği ile sanal ortamda sistem davranışı izlenebilmektedir (Yılmaz, 2014). Sistem üzerine tahminler yapmak için geliştirilen modeller ile sanal ortamda deneme -yanılma yoluyla alternatif senaryoları değerlendirme imkanı sunmaktadır. Simülasyon kelimesinin modern anlamda kullanılışı 1940 yılın sonlarına doğru John Von Neumann ve Stanislaw Ulam 'ın çalışmalarına Monte Carlo Simülasyonu adını vermesiyle başlar (Karadağ, 1993). Genel anlamda simülasyon; gerçeğin yapay ortamda oluşturulmasıdır. Simülasyon'un amacı, sistemin girdi ve çıktılarıyla bilgisayar ortamında modelleme oluşturulmasıdır. Sistemi modelleme üzerinden tanıma ve araştırma olanağı sağlar. Böylece alternatif kararları modelleme üzerinde deneyebiliriz (Göriş vd., 2014).

Simülasyon tekniği analitik işlemler, karışık sistemler ve deneysel işlemler nükleer savunma problemleri başarı ile çözülmüştür. Josep H. Mice simülasyonu, bir sistemin kendisi üzerinde doğrudan denemeler yapmak yerine sistemin modelini

kurup deneme-yanılma yoluyla sanal ortamda ölçülmesi şeklinde tanımlamıştır (Terzioğlu, ve diğerleri, 2012). Simülasyonun ilk kullanımı Joseph H. Mice ve Morgenthaler'in mühendislik ve bilimsel çalışma alanlarında kullanılmıştır. İktisatta, işletmelerde ve sosyal bilimleri alanında kullanılan simülasyon teknikleri, dinamik bir süreci temsil etmektedir. Simülasyon sosyal bilimlerde sayısal model üzerinde deney yapma olanağı sağlar. Simülasyon modelleri sayesinde sistem değişkenleri arasındaki ilişkiyi gözlemlemek kolaydır. Bu durum yoğun bilgisayar kullanımını neden olmaktadır (Çelen, 2017). Sistemden bilgiler toplanır ve bilgisayarda model geliştirilir. Toplanan bilgiler modellere uygulanarak birtakım sayısal sonuçlara ulaşılır. Bunların değerlendirilmesi ve yorumlanması yapılır. Böylece sistemin performans ölçütlerine ait birtakım tahmini sonuçlar elde edilir. Simülasyon modelleri ile en kötü durum senaryoları modellenerek sanal ortamda incelenebilir. Simülasyon modeli, ile optimum sonuçlar elde edilmez. Simülasyon modelleri yardımı ile alternatif çözümler ortaya konmaktadır. Alternatif çözüm yollarından optimum sonuca yakın olanı çözüm önerisi olarak seçilir (Hançerlioğulları, 2006). Simülasyon süreçlerin gelişimini takip etmede zaman, maliyet ve risk yönetimi açısından büyük yarar sağlamaktadır. Simülasyonun temel hedefi, ihtimallerin sanal ortamda önceden gözlenilip bu yönde gerekli hazırlıkları planlamaktır (Mackulak ve Cochran, 2015). Sanal gerçeklik meydana gelen çeşitli durumlar karşısında hazırlanan planlar sayesinde gerekli tepkilerin verilebilmesi açısından günümüzde üretimden işletmeciliğe, eğitimden sağlığa kadar her sektörde kullanılabilen bir yöntem haline gelmiştir (Landriscina, 2013). Endüstriyel sektörde bu alanlardan birini oluşturmaktadır. Endüstriyel imalatta planlama, tasarım, üretim, servis, bakım, test ve kalite kontrol gibi alanlarda simülasyondan yararlanılır (Siemens, 2016). Simülasyonun tarihi 5000 yıl öncesine kadar uzanmaktadır. İlk simülasyon Çin savaş oyunlarında yer alan WEICH dir. Böylece ilk oyun simülasyonu uçak sanayi, ordu, ticari ve havacılık alanında, kullanılmaya başlandı (Sezer ve Orgun, 2017). Simülasyon modelinin kullanıldığı bazı uygulama alanlarına aşağıda yer verilmiştir.

- Üretim ve imalat sistemlerinde
- İş gücü planlanmasında
- Askeri silah sistemlerinde

- Envanter sipariş planlarının incelenmesinde
- Otoyollar, havaalanları, metrolar ve limanların tasarım işletimi
- Ambulans bulundurma noktalarının ve buralardaki araç sayılarının saptanması
- Finansal ya da iktisadi sistemlerin analizi

Günümüzde inşaattan eğitime havacılık ve otomobil sektöründen sağlık uygulamalarına kadar hayatın her alanında simülasyon uygulamalarını görmek mümkündür (Mıdık ve Kartal, 2010). Simülasyon yönteminin amacı insanlar için güvenli gerçekçi bir ortam oluşturarak risksiz ciddi ve nadir kriz ortam senaryolarını oluşumunu gerçekleştirir. Simülasyon aynı zamanda maliyet etkinliği sağlar ve öğrenme sürecini kolaylaştırır. Kriz yönetimini önceden öngörerek ona göre hazırlık süreci planının oluşumunu sağlar.

1.2.1.5 Siber Fiziksel Sistemler

Siber ifadesi bilgi teknolojisi, bilgisayarlar internet ve otomasyon ile ilişkilendirilir ya da bilgisayar ve elektronik cihazlarda kontrolü belirtmek için kullanılır. Genellikle görev zamanlamaları, işlemci çekirdeği ve işlem aktiviteleri için kullanılan mevcut bant genişliği siber kaynakları oluşturur (Bradley ve Atkins, 2015). ABD Ulusal Bilim Kurumu (The National Science Foundation) siber-fiziksel sistemleri; bilgisayar teknolojilerinin gözleme, koordinasyon ve kontrol gibi üretim süreçlerindeki temel prensiplerinin hesaplanması ve karmaşık sistem teknolojileri olarak tanımlar (Peter vd., 2014).

Siber-Fiziksel sistem (CPS) ifadesi ilk kez 2006 yılında ABD’de, fiziksel dünya ile alakalı bilgisayar sistemlerinin artan önemine vurgu yapmak amacıyla Lee (2006) tarafından kullanılmıştır (Alçın, 2016:23). Dünyada internet ağı ile siberetik alanları birbirine bağlayan otomasyon sistemlerine siber-fiziksel sistem (CPS-Cyber-Physical System) adı verilmektedir. Siber Fiziksel sistemler sensörlerle çalışmaktadır. Siber fiziksel sistemler sensörlerle nesnelere arasındaki etkileşimi oluşturur (Geisberger ve Broy, 2012).

Siber-fiziksel sistemler, sürekli yenilenen verilerin eş zamanlı olarak sanal bir bulut sisteminde birbirine bağlandığı akıllı sistemlerdir. Siber-fiziksel bir sistem

çevresinde diğer Siber-fiziksel sistemlerle kurmuş olduğu bağlantı düzeyine göre tepki göstermektedir (Alçın, 2016:24).

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki radikal gelişmeler hizmet, lojistik, tasarım ve üretim biçimlerini hızlı bir şekilde değiştirmiştir. Özellikle, fiziksel sürücüler ve mikro kontrolcüler arasındaki derin bütünleşme endüstri 4.0 sürecinde tüm araç ve makinaların otomasyonu kendi kendine kontrolü mümkün kılmaktadır. Bilgisayar, iletişim ve kontrol teknolojileri geniş ölçekli endüstriyel sistemlerin dinamik kontrolü, bilgi hizmetleri ve ürün hayat döngü yönetimindeki gelişmeleri destekler. Fakat bu teknolojilerin ulaştığı seviye gereksinimlerimizi tam olarak karşılayamamaktadır. Siber-fiziksel sistemlerin temel amacı, “akıllı izleme” (intelligent monitoring) ve “akıllı kontrol” (intelligent control) gerçekleştirilmesidir. Bu süreç tam zamanlı bilgi çıkarsaması, veri analizi, karar verme ve veri transferi oluşumlarının sağlanmasına bağlıdır (Yue vd., 2015).

Günümüzde siber fiziksel sistemler sadece endüstriyel alanda değil, aynı zamanda günlük yaşam dahil hayatın her alanında yer almaktadır. Akıllı evler, klimalar, elektronik cihazlar, otomobiller, dijital hastaneler, bilişim sistemleri vb. birçok unsur siber fiziksel sistemler çerçevesinde fonksiyonel olarak değerlendirilebilir. Otomobillerin klimasının sürücüsü daha uyanmadan çalışmaya başlaması, sürüş sırasında camlara damlayan yağmur damlalarının algılanarak sileceklerin otomatik olarak çalışması, akıllı saatlerin kan basıncı, tansiyon ve kalp atım hızımızı ölçmesi siber fiziksel sistemler sayesinde elde edilen konforlara örnek olarak gösterilir (Koçak, 2019).

Endüstri 4.0, siber-fiziksel sistemlerin yer aldığı üretim ve tedarik zinciri unsurlarının inovasyonunu hedefler. Siber-fiziksel sistemlerde, “bulut bilişim” gibi son zamanlarda oldukça popüler bilgi depolama ve haberleşme teknolojilerinin, üretimde verimi, esneklik ve kalitenin artırılması için mevcut sistemler ile entegre olmasını, muhtemel verimi çözümlenerek piyasada rekabet piyasasının artırılmasını sağlayacaktır. Kendi kendini yönetebilen ve kontrol eden bu doğrultuda karar alabilen ve sürekli birbirleri ile iletişim kurabilen sistemler, bu sanayi devriminin ana konusunu oluşturmaktadır (Çelikaş vd.,2015).

1.2.1.6 3D (Üç Boyutlu Yazıcılar) Yazıcılar

Eklemeli imalat diye de ifade edilen 3D baskı, üç boyutlu dijital bir çizim ya da modelden tabaka üstüne tabaka ilave ederek fiziksel bir obje oluşturulmasını ifade etmektedir. 3D baskı malzemeyi alır. Dijital bir şablon kullanarak üç boyutlu bir nesne biçimi haline getirir (Schwab, 2018). Yeni bir teknoloji olarak belirtilen 3D yazıcılar, bilinenin aksine son dönemde ortaya çıkmış bir teknoloji değildir. İlk kez 1984 yılında uygulanmış ve temelleri bu tarihte atılmıştır. Ancak 1984 yılından beri bu teknoloji öncelikli olarak hızlı modelleme alanında kullanılmış ve bu alan dışında pek fazla ilgi görmemiştir. 2006’da hayata geçirilen” Reprap Projesi” yle bu teknoloji çok daha geniş kitlelerle yayılmıştır (Aşut, 2020). 3D uygulaması ile ilk kez bir katı maddenin yazdırılması işlemi 1982 yılında Hideo Kodlama tarafından gerçekleştirilmiştir. Charles Hull 1984 yılında, 3D yazıcının patent başvurusunu yaparak 3D System Corporation şirketini kurmuştur. Böylece 3D yazıcıların üretim pazarına girmesi gerçekleşmiştir. (Rosker ve Shellabear, 2004).

3D yazıcılar her biri bir önceki tabakanın üzerine inşa edilen katmanlar yoluyla 3 boyutlu nesnelere üretebilen, eklemeli üretim yapabilen makinalardır. 3D yazıcı ile herhangi bir nesne, bir alet, oyuncak vb. bilgisayar ortamında dijital olarak tasarlandığı andan itibaren bu ürünün örneği 3D yazıcı etkisiyle kısa süre içerisinde somut olarak elle tutulur hale gelmektedir. Günümüzde hiç bir üretim yöntemi ile üretilmesi gerçekleştirilemeyen karmaşık parçalar bile tasarlandığı andan itibaren 3D yazıcı ile somut hale gelebilmektedir. Bilgisayarda çizilen model ile yazıcıdan çıkan model tanımlanmış ölçü büyüklüğünde birbirinin tamamen aynı olmaktadır (Özsoylu, 2017:55). Endüstri 4.0 yeni imalat devriminde üretme isteği olan, tasarım yapan, 3-D yazıcılarla ilk örneklerini oluşturan ve bunlara programlar yazan yeni bir imalatçı nesli meydana getirecektir. (Kahraman, 2017:95). 3D teknolojisi sağlıktan mühendisliğe, eğlenceden otomotive, eğitimden savunma endüstrisine kadar pek çok farklı alanda yer almaktadır. 3D yazıcı teknolojileri kullanılarak yapılan akademik çalışmalara bakıldığında mühendislik ve medikal alanlarının başı çektiği görülmektedir. Bu çalışmalara canlı doku ve organ baskısı örnek gösterilebilir (Yılmaz vd., 2013)

3D yazıcı teknolojileri ile zaman ve maliyet tasarrufu, yedeklemeyi kolaylaştırma, geometrik özgürlük, güvenlik ve gizlilik, çevre dostu olma gibi olanaklar elde edilir. Bu sayede işletmelerde verimlilik artmaktadır. Böylece kaliteli üretim sağlanır. (Loy, 2014).

1.2.1.7 Arttırılmış Gerçeklik

Gerçek dünya nesnelere yerine dijital ortam uygulamalarının kullanıldığı gerçeklik ortamına arttırılmış gerçeklik denir. Arttırılmış gerçeklik gerçek dünyanın sanal dünya ile gerçek zamanlı olarak bir araya gelebileceği ortam oluşturmaktadır (Somyürek, 2014). Arttırılmış Gerçeklik gerçek ve sanal dünyanın üç boyutlu ortamda gerçek zamanlı olarak bir araya getirilmesidir. Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality- AR) fiziksel dünyanın sanal ile gerçek zamanlı olarak bütünleşmesini dijital uygulamalar ile sağlamaktadır. Bu uygulamalar “gerçek” ile “sanal”ın bir araya gelerek etkileşime girmesini gerçekleştirir. Bilgisayar tarafından üretilen ses video grafik GPS konum bilgisi gibi veriler dijital uygulamalar bu kapsamdadır (Özarslan, 2011).

Arttırılmış gerçeklik aslında sanal gerçekliğin bir türevidir. Bu ifadeyle bakıldığında arttırılmış gerçeklik ile yeni bir gerçeklik yaratılmaz. Var olan gerçeklik sanal ortamda desteklenmektedir (Azuma, 1999). Arttırılmış gerçeklik fiziksel dünyayı gerçek zamanlı ve etkileşimli olarak sanal verilerle zenginleştirmeyi hedefler. Arttırılmış gerçeklik ortamlarında sanal ve gerçek nesnelere birleştirilir. Bir başka tanımla arttırılmış gerçeklik, fiziksel dünyanın etkilenmesine sebep olmadan, kullanıcıların fiziksel dünya ile etkileşim içerisindeyken sanal nesnelere de etkileşime girdiği bir sanal gerçeklik uygulamasıdır (Zhu vd., 2004).

Arttırılmış gerçeklik teknolojisi ilk başlarda savunma, endüstri, ve sağlık alanlarında uygulanmıştır. Sonuç olarak arttırılmış gerçeklik gerçek nesnelere ya da sahnelerin sanal objelerle zenginleştirilmesidir. Arttırılmış gerçeklik hem sanal ve hem de gerçek dünyayı bütünleştirerek kullanıcı deneyimini sezgisel olarak arttırmayı hedefler. Kullanıcı etkileşimini arttırmak adına sanal nesnelere gerçek nesnelere üzerine yerleştirir (Erbaş ve Demirer, 2014).

1.2.1.8 Otonom Robotlar

Endüstri 4.0 devrimi ile beraber robotların önemi artmıştır. İmalat faktörlerinden emeğin yerini alması ve hata oranını minimize ederek verimliliği maksimum seviyeye çıkarmasından ötürü robotlar işletmelerde yer almaya başlamıştır. “Robotik” biliminin adlandırılması Isaac Asimov tarafından yapılmıştır (Gürdin, 2020). Robotlar yapay zeka ve otomasyonla revize edilerek dönüşüme uğramıştır. Böylece otonom robotlar meydana gelmiştir (Ivanov, 2017).Makine, elektrik, yazılım ve bilgisayar mühendisliği gibi birçok disiplinin ortak çalışma alanı olan robotlar, çeşitli faaliyetlerin yapay zeka fonksiyonları aracılığıyla gerçekleştirilebilmesi, karar verme yöntemlerini eyleme dönüştürebilen ve diğer akıllı nesnelere ile de iletişim kurabilen makinelerdir (Özsoylu, 2017). Yazılımla yönetilebilen robotlara otonom robot adı verilmektedir. Otonom robotlarda insan gücü ve kullanımına gereksinim duyulmaz (Yumurtacı ve Mert, 2003).

Siber ve sanal alan iç içe geçmiştir. Böylece otonom sistemler ortaya çıkmıştır. Otonom Robotlar “Akıllı Makine”, “Robotik” veya “Mekatronik” olarak ifade edilmektedir. Robotlar özelliklerine göre yarı otonom ve tam otonom olarak sınıflandırılır (Banger, 2017). Günümüzde kullanım alanlarına göre, farklılık gösteren robotik teknolojilerin en çok kullanılanı otonom robotlardır. Otonom robotlar en çok üretim ve otomotiv sektöründe yer almaktadır (Gür vd.,2017). Otonom robot sistemlerinin üretimde tam verimli kullanımı, mevcut yaklaşımlarda köklü değişiklikler oluşturacaktır. Otonom robot uygulamalarında gelen teknoloji seviyesi incelendiğinde; endüstri 4.0 ile akıllı fabrikalarda üretim aşamasından eve kargolamaya kadarki tüm süreçlerin otonom robot teknolojileri ile mümkün olacağı görülmektedir. (Yazıcı, 2016). Teknolojik ilerlemelerle beraber robotlar daha uyarlanabilir ve esnek hale getirilmektedir. Robotların yapısal ve işlevsel tasarımları karmaşık biyolojik yapılardan esinlenerek şekillenmektedir. Robotlar üzerlerinde bulunan sensörlerle çevrelerini algılar ve böylece tepkide bulunurlar. Eski robot teknolojisinin ötesinde şimdiki otonom robotlar bulut aracılığıyla uzaktan bilgi erişimi sağlayabilmektedir.

Böylece başka robotlarla etkileşim sağlanır. Diğer robotlarla oluşan ağ sistemlerine ulaşabilmektedir (Schwab, 2018).Her ne kadar otonom robotların

kullanımı en çok lojistik sektöründe olsa da günümüzde giderek hasta bakıcılıktan, ameliyatlara kadar sağlık sektörünün birçok alt alanında otonom robotlardan yararlanılmaktadır.Çeşitli sektörlerde otonom robot olan profesyonel servis robotlarından yararlanılmaktadır. Uluslararası Robotik Federasyonunun çalışmalarına göre, lojistik sektörü bu alanların başında gelmektedir.

1.2.1.9 Yatay ve Dikey Entegrasyon

Entegrasyon; farklı sistem yapıları arasında meydana gelen bütünleşme süreci ve uyum olarak tanımlanır. Entegrasyon ile birden fazla sistem yapıları tek bir sistem olarak çalışır (EBSO, 2020). Akıllı fabrikalarda endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanabilmesi için hammadde, ara mal tedarikçileri, üreticiler, pazarlamacılar birbiriyle koordineli bir şekilde iletişim halinde olmalıdır. Bu eş zamanlı akıllı üretimin sağlanabilmesi yatay ve dikey entegrasyonla mümkündür (Özsoylu, 2017). Yatay entegrasyon; işletme paydaşları arasındaki eş zamanlı etkileşimi gerçekleştirir (Banger, 2017). Aynı sektörde yer alan işletmelerde yatay entegrasyon uygulanmaktadır. Böylece risk analizi oluşturulur. Kısa ve uzun dönemde bu yönde stratejik plan hazırlanır. Riskli yatırımlarda şirketler tek başına olmadıklarından ötürü yatay entegrasyona ilgi duymaktadır. Yatay entegrasyonla şirket kendi değerlerini incelemektedir (Yelis, 2017). Dikey Entegrasyon, bir imalat sistemi içerisinde yer alan tüm birimlerin entegrasyonudur. Süreçler arasında sürekli bir iletişim ağının sağlanabilmesi teknolojik alt yapı sayesinde mümkündür. Akıllı işletmelerde kullanılan sensörler, vanalar, motorlar, imalat yönetim sistemleri ve kurumsal kaynak planlama vb. süreçlerde entegrasyon sağlanması dikey entegrasyon örneğidir. Bireyselleştirilmiş ürün ve hizmet sunumunu destekleyen uçtan uca mühendislik entegrasyonu ise hem işletme içerisindeki sistem ve süreçlerin hem de işletme dışarısında kalan değer zinciri aşmalarının entegrasyonudur (Bolat, 2019).

İşletmelerin birden fazla tedarik zincirine sahip olması durumu dikey entegrasyon olarak tanımlanır. Birden fazla tedarik zinciri durumu hammaddenin üretilmesinden müşteriye ulaştırılmasına kadar olan süreci ifade etmektedir (Kimberly, 2020). Endüstri 4.0 ile birlikte gelişme gösteren yatay ve dikey entegrasyon, imalat aşamalarında yaşanan sorun ve değişikliklere hızlı bir şekilde karşılık vermek, müşteriye özel kişiselleştirilmiş üretimin hızla çoğalmasını

sağlamak, kaynak verimliliğini sağlayarak küresel tedarik zincirinde optimizasyon elde etmesine katkıda bulunmaktadır.

Aynı zamanda İşletmelerde esnekliğin daha fazla olduğu bir yapıya kavuşmakta ve gereksinim duyulan değişiklikler kolay arayüz güncellemeleri ile yapılabilmektedir. Hammaddenin tedarik edilmesinden ulaştırmaya kadar her aşamada devamlılığı sağlayabilmek için yatay ve dikey entegrasyonun sağlanması gerekmektedir (Siemens, 2016).

1.2.1.10 Yapay Zeka

Yapay Zekâ alanında ilk çalışmalar, Walter Pitts ve Warren McCulloch tarafından 1943 yılında gerçekleştirildi. Bu çalışmaların konusu yapay sinir ağları ile çözüm önerileri geliştirmek ve basit hesaplamalarla modellemeler yapmaktı. Bu modellemeler yapay zekâ teknolojisinin fikir babası olan Alan Turing'in hesaplama teorisine dayanıyordu (Blay, 2005). 1950 yılında Mind adlı felsefe dergisinde makale yazan Alan Turing, makalesinde “Makineler düşünebilir mi?” sorusuyla yapay zeka uygulamalarını bilim dünyasının ve insanların tartışmasına açtı. Böylece yapay zeka teknolojisi fikirsel olarak ortaya atılmış oldu (Elmas, 2011). Yapay zeka teknolojisinin kavramsal olarak doğuşu ise, 1956 yılında John McCarthy'nin organizasyonunu gerçekleştirdiği Dartmouth Konferansı'na dayanır. Yapay zeka teknolojisi üzerine düzenlenen bu konferans, “Yapay Zekâ” teriminin ilk kullanıldığı platform olmuştur. Geçmişten günümüze yapay zeka ile ilgili bir çok tanımlamalar yapılmıştır. Yapay zeka teknolojisi, kısaca; bir makinayı veya bir programı, insan düzeyine getirme durumudur (Aydın, 2017).

Yapay zeka insan tarafından yapıldığında zeki olarak isimlendirilen davranışların makine tarafından gerçekleştirilmesidir. Yapay zeka insan zekasının nasıl çalıştığını göstermeye çalışan bir teoridir. Yapay zeka insan aklını bilgisayar aracılığıyla taklit edemektedir. Yapay zeka akıllı makineler, özellikle akıllı bilgisayar programları ve kodları oluşturma mühendisliği ya da bilimidir. Düşünme, anlama, uygulamaya geçirmeyi sağlayacak bilgi işlem çalışmasıdır. Yapay zeka bağımsız makineler-bu makineler insan olmadan karmaşık işler yapabilir-inşa etmek için araştırma gerçekleştirilen bilim dalıdır. Bu amaç makinelerin düşünmesini ve anlamasını sağlar (Elwes, 2013). İlk yapay zeka laboratuvarı 1959 yılında

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde John McCarty ve Marvin Minsky tarafından kurulmuştur. Yapay zeka temeli öğrenme becerisine dayanmaktadır. Fizik profesörü Stephen Hawking 2016 yılında Cambridge Üniversitesi Leverhulme Zekanın Geleceği Merkezi'nin açılışını gerçekleştirdi. Açılışta yapay zeka ilgili konuşma yaptı. Hawking, medeniyet tarihindeki en önemli buluş olabilir ve yaşamımız her açıdan büyük bir dönüşüm geçirecektir. Hawking: *"Aklımız yapay zeka ile güçlendirildiğinde neleri başarabileceğimizi bilemiyoruz. Belki bu yeni teknolojik devrimin araçlarıyla sanayileşme sonucu doğal yaşama verilen bazı zararları telafi edebiliriz. Ancak eminim sonuç olarak hastalık ve açlığı yok etmeyi hedefleyeceğiz."* dedi. (Pirim, 2016). Yukarıda ifade edildiği gibi yapay zeka gelişen sanayileşme sürecinin bir ürünüdür.

Başlıca yapay zeka uygulamaları; uzman sistemler, genetik algoritma yapay sinir ağları ve bulanık mantıktır. Uzman sistemler, bir konu hakkında uzman kişi ya da kişilerce yapılabilen muhakeme ve karar verme sürecini modelleyebilen bilgisayar algoritmalarıdır. Geliştirilmiş bir uzman sistem, alanında uzman olan kişilerin yapabildiği tasarım, planlama, teşhis etme, yorumlama, özetleme, genelleme, kontrol etme, önerilerde bulunma gibi işlemleri taklit edebilme özellikleri mevcuttur (Nabiyev, 2003).

Bulanık Mantık belirsizlikler dolu bir veri yığınının ve karmaşık süreçlerden, sonuçlar çıkararak bulanıklığı modellemeye yarayan bir yapay zekâ tekniğidir. Genetik algoritmalar AI'nın giderek genişleyen bir koludur. Evrimsel bir hesaplama teknik modelidir. Genetik algoritmalar, doğada gözlemlenen evrimsel sürece benzer şekilde çalışan arama ve en iyi bulma yöntemidir. Karmaşık çok boyutlu arama motorunda çalışırken, bütünsel olarak en iyi çözümü bulmaya çalışır. En iyi olan hayatta kalmalı ilkesine göre hareket eder (Demirhan vd.,2010).

Yapay sinir ağları (YSA), insan zekasının bilgi işlem teknolojisinden ilham alınarak geliştirilmiştir. Biyolojik sinir sisteminin çalışma şeklini simüle edilmiş halidir. Simüle edilen sinir hücreleri nöronlardır. Bu nöronlar çeşitli şekillerde birbirilerine bağlanarak sinir ağı oluşturmaktadır. Yapay Sinir Ağları öğrenme, hafıza ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kabiliyetine sahiptir (Begley vd., 2000). Endüstri 4.0 ile teknolojinin sürekli olarak gelişim göstermesi yapay zeka alanının dünya gündeminde yer almasına sebep olmuştur. Ülkeler gelişen

teknolojinin etkisiyle yapay zeka alanına çeşitli yatırımlar yapmaktadırlar. Ülkeler yapay zeka etkinliği ve robotik alanda lider ülke olma yarışı içindedirler. Bu açıdan Birleşik Krallık Araştırma ve Danışmanlık Şirketi IDC'nin araştırma sonuçları incelendiğinde, 2019 yılından beri dünya çapında gerçekleşen yapay zeka yatırımlarının ve alana yönelik yapılan harcamaların, geçen yıla oranla %44 artış göstererek 35,8 milyar dolara yükselmiştir. 2022 yılında ise bu oranın 79,2 dolara yükselerek iki katına çıkacağı hesap edilmiştir (Sönmez, 2019).

Yapay zeka alanında en çok yatırım yapan ülkeler arasında Çin, ABD, Birleşik Krallık, Japonya, Avustralya, Kanada ve İsrail yer almaktadır. Yapay zeka alanında en ileri teknoloji düzeyi seviyesine sahip olan ülke Çin'dir. Çin yapay zeka alanında sürekli gelişim göstermiştir. Çin 2030 yılında yapay zeka alanında lider ülke olmayı hedeflemektedir. Çin yapay zeka alanında ABD ile küresel boyutta rekabet etmektedir. Bunun yanısıra yapay zeka alanında ön plana çıkan ülkelerden birisi de Singapur'dur. Singapur son beş yıl içinde yapay zeka girişimleri için 109 milyon dolar harcamıştır (Önder vd., 2020).

Birleşik Arap Emirlikleri ülkedeki yapay zeka faaliyetlerini takip etmek amacıyla bakanlık kurmuştur. Ayrıca Birleşik Arap Emirlikleri'nde yaşanan iklim değişiklikleri için yapay zeka tabanlı projeler geliştirilmekte ve bu alanda öğrenciler yetiştirilmektedir. Ülkelerin yapay zeka çalışmalarına bakıldığında bazı ülkeler yapay zeka ile ilgili spesifik bir alanda çalışmalarını yürütmektedir. Örneğin İsrail'e bakıldığında tıp alanında yapay zeka faaliyetleri ile ilgili çalışmalar yürütmektedir. İsrail tıp alanında yapay zekanın öncü ülkesi olmayı hedeflemektedir. İsrail yapay zeka ile ilgili tıp alanında çalışmalar yürütmek için 5 yıllık bir program oluşturmuştur. Bu programa 280 milyon dolarlık bir bütçe ayırmıştır. İsrail sağlık endüstrisinde lider ülke olmayı amaçlar. Japonya yapay zekayı eğitim alanında kullanmaktadır. Japonya da öğrencilere İngilizce dilini öğretebilmek amacıyla sınıflara yapay zeka tabanlı robotlar yerleştirildi (Çifçi, 2020).

Hindistan ve Fransa gibi ülkeler spesifik bir alana yoğunlaşmak yerine yapay zekayı bütün alanlarda kullanmayı amaçlamaktadır. Hindistan ulusal stratejik planla eğitim, tarım, sağlık, akıllı şehirler ve ulaşım gibi alanlarda yapay zeka sistemlerinden yararlanmayı hedeflemektedir. Yapay zeka alanında gelişim gösteren diğer ülke ise Kanada'dır. Kanada'nın avantajı yapay zekanın günümüzdeki gelişmiş

seviyeye gelmesini sağlayan 4 kişiden ikisi olan Yoshua Bengio ve Geoffrey Hinton'nun Kanada da yaşıyor olmasıdır. Bu kişiler yapay zekanın gelişimi ve ilerlemesi için eğitimler düzenlemektedir. Bu kişilerin çabaları sonucunda yapay zeka, Kanada'da gelişim göstermiştir. Buna ek olarak Uber, Facebook ve Google firmalarının Kanada da yapay zeka ofisleri bulunmaktadır (Akın, 2021).

Ülkelerin yapay zeka alanında yaptıkları girişimler, Endüstri 4.0 ile revize olan toplumun tamamını ilgilendirmektedir. Böylelikle teknolojiyle ortaya çıkan her yenilik insanda merak uyandırarak yeni bilgi keşiflerinin önünü açacaktır.

1.2.2 Endüstri 4.0'ın Sağlık Sektörüne Etkisi

Sanayi devrimi sadece üretim alanında gerçekleşmedi. Sağlık alanını derinden etkileyerek radikal değişimleri başlattı. Tp stetoskobu, pistonlu şınga ve ateş ölçer gibi tıbbi cihazlar icat edildi. İcat edilen bu tıbbi cihazlar güç kaynağı olmadan çalışıyorlardı. Sanayi devrimi ile sağlık sistemlerinin temeli atıldı. Alternatif tıp modern tıba dönüştü. Endüstri 1.0 yüzyıl bile sürmeden endüstri 2.0 devrimi ortaya ıktı. Endüstri 2.0 'la tıbbi cihazlarda elektrik ağı başladı. X-ışını görüntüleme, tansiyon aleti, elektrokardiyografi, gibi tıbbi cihazlar icat edildi. Sağlık hizmeti veren işletmelerde bu tıbbi cihazlar kullanılmaya başlandı. Endüstri 3.0 ile dijital devrim dönemi başladı. Endüstri 3.0 ile hastanelerde otomosyon sistemleri kullanılmaya başlandı. Böylece sağlık hizmetleri sunumunda verimlilikte artış meydana geldi (Monteiro vd., 2018). Endüstri 3.0 ile meydana gelen teknolojik gelişmeler sonucu endüstri 4.0 ortaya ıktı. Endüstri 4.0 ile gelişen ve değişen dünyanın hızına ayak uyduran teknoloji aracılığı ile insanlığın hayatında devrim yaratacak nitelikte gelişmeler göze çarpmaktadır. Yaşlı nüfus sayısındaki artış sağlık hizmetlerine olan ihtiyaın artmasına sebep olmaktadır. Dünya nüfusu hızla yaşlanmaktadır. Bu nedenle yaşlı bakım ve koruyucu sağlık hizmetlerine olan önem artmaktadır (Afferni vd.,2018). Sağlık alanında endüstriyel teknolojik uygulamaların yer almasıyla reaktif ve ücret odaklı sağlık sistemi yerini proaktif değer temelli sağlık sistemi modeline bırakmıştır (Bause vd.,2019). Hastalara doğru zamanda kaliteli ve etkili sağlık hizmeti verme ihtiyaı sağlık alanında dijital dönüşümün başlamasında etkili olmuştur. Sağlık hizmetleri, yenilikçi ürün ve teknoloji geliştirmede önemli bir sektörel alana sahiptir. Endüstri 4.0 bileşenleri nesnelerin interneti, makineler arası

iletişim, bulut bilişim, büyük veri, giyilebilir ve taşınabilir teknolojiler, yapay zeka, 3D baskı, yatay ve dikey entegrasyon, otonom robotlar, sağlık sistemini derinden etkilemektedir. Her gün bilim ve teknoloji dünyasında meydana gelen gelişmeler sağlık hizmeti standartlarının değişimine yol açmaktadır. Hastalıkları hızlı ve erken teşhis etmede bireylerin sağlık verilerinden yararlanılarak bilgi elde edilmektedir. Bu bilgiyi elde etme süreci kendi kendine öğrenen makine yazılımı ile gerçekleşmektedir (Thummler, 2017).

Endüstri 4.0'ın sağlık alanına entegre olmasıyla hastaların paramedik bulgularını hekimler uzaktan izleyebilme olanağına sahip oldular. Böylece kişiselleştirilmiş sağlık hizmeti ortaya çıktı. Sağlık alanında endüstriyel uygulamaların yer almasıyla akıllı robotlar yeni laboratuvarlar ve giyilebilir cihazlar ortaya çıktı. Giyilebilir cihazlarla uzaktan hasta takibi sağlandı. Endüstriyel uygulamaların sağlık alanında yer almasıyla maliyette azalma meydana gelmiştir. Bu durum optimum düzeyde fayda sağlamıştır. Böylece sağlık işletmeleri hastaya odaklanarak tedaviyi optimize etme olanağı elde etmişlerdir (Silveira vd., 2019).

Sağlık bilişim sistemleri ile erken tanı ve yeni tıbbi cihaz, ekipman ve araçların geliştirilmesi ile yeni tedavi yöntemleri geliştirilmiştir. Sağlık bilişim sistemleri ile tıbbi veriler toplanabilmekte depolanabilmekte ve ilgili sunucularla paylaşılabilir. Sağlık işletmeleri sağlık bilişim sistemleri ile hastalara ait hizmet kayıtlarını dijital ortamda saklayabilmektedir. Böylece dijital ortamda saklanan verilerle kişiye özgü tedavi planlaması oluşturabilmeyecektir. Büyük verinin sunduğu imkanlar sayesinde sağlık sektöründe yer alan tıbbi sigorta ve ilaç endüstrileri, reçete edilen ilaçların özellikleri hakkında bilgi sahibi olabilmektedir (Sudana ve Emanuel, 2019).

Günümüzde fitness izleme cihazları, kan basıncı monitörleri ve kilo tartım terazileri gibi IoT cihazları ile hasta tarafından otomatik olarak kaydedilen veriler, bir bireyin vital bulguları hakkında önemli bilgiler vermektedir. Bu vital bulguları yaşamsal veriler, laboratuvar verileri, ilaç bilgileri, doktor notları, hasta taburculuk belgeleri, hasta günlükleri, gibi işlenmiş verilerle bir araya getirilerek bağlantı kurulmasının insanların günlük yaşamını iyileştirmek ya da kronik hastalık, alerjik ve hastaneye yatma vakalarını azaltmada büyük fayda sağlamaktadır (He, Li, ve Xu, 2014).

Elektronik sağlık kayıtları ile çok miktarda veri elde edilmektedir. Böylece elde edilen verilerle kişiselleştirilmiş tedavi imkanı ortaya çıkmaktadır. Örneğin kanser hastası bireylerin tıbbi verileri toplanarak kişinin verileri doğrultusunda tedavi geliştirilmektedir (Harper,2021). İngiltere Halk Sağlığı ve Ulusal Kanser İstihbarat Ağı çalışmalarında yenilik yaratmak amacıyla hastalıkların önlenmesi ve tedavisi için dünyanın en büyük kanser veri tabanı ağı oluşturmuştur (Gallagher, 2013). Philips, vital bulguları belli aralıklar izleyerek ve sağlık durumunu eş zamanlı oluşturarak kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi için akıllı bir sistem geliştirilmiştir (Ji vd.,2014).

Öyle ki artan yaşlı nüfus, kronik hastalıklar ve sağlık sistemini olumsuz etkileyen bir çok durum küresel sağlık topluluğunun dijital sağlık teknolojilerini kabul etme ve dijitalleşme sürecine adapte olunması gerektiğini göstermiştir. Son yıllarda sağlık sistemlerinin dikkatini fazlasıyla üzerine çeken Nesnelerin İnterneti (IoT), tıp ve sağlık hizmeti uygulamaları alanı üzerinde önemli etkiler yaratacak potansiyeli bulunmaktadır (Demir ve Şahin, 2019). Dünya Sağlık Örgütü tarafından yayınlanan yaşlılıkla ilgili raporda sağlık alanındaki küresel çaptaki n büyük yükün, gelişmekte olan ülkelerdeki kronik hastalıkların yükselmesi olarak belirtilmektedir (He,li,ve Xu, 2014). Günümüzde sağlıkla ilgili ölçümlerin birçoğu sağlık çalışanları için oldukça zaman alıcı, hastalar için ise pahalıdır. Nesnelerin interneti teknolojisi, tıbbi cihazlarla ölçüm yapabilmek için doğrudan hasta-hekim, hemşire etkileşimi ihtiyacını azaltarak değerli medikal verileri elde etmenin ve sunmanın yenilikçi yollarını sağlamaktadır.

Vücuda takılabilen, deri altına yerleştirebilen 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 farketmemekte, her türlü sağlık bilgisinin izlenmesi insanlar için hayati önem taşımaktadır (İleri, 2018). Sağlık bakımında nesnelerin interneti teknolojisinin kullanımının en büyük avantajlarından biri kişiye özel çözümlerinin olması ve daha verimli bir sağlık hizmeti için global olarak erişilebilir ve düzenli bir veri tabanı erişimi sunmasıdır (He, Li, ve Xu, 2014).

Sağlık sektöründe nesnelerin interneti teknolojisinin başarıyla ve geniş bir şekilde uyarlanması, sektörün daha iyi izleme, algılama, iletişim kurma ve kontrol etme yeteneklerine sahip olmasını sağlayacaktır. Yönetim, finans, lojistik, tanı, iyileşme, terapi, meditasyon ve günlük faaliyetler gibi farklı sağlık yönetimi ve hizmetleri disiplinlerinden gelen veri türleri nesnelerin interneti (IoT) altyapısı aracılığıyla toplanabilecektir. (Domingo, 2012).

Sağlık alanında nesnelerin interneti ile ilgili ilk kullanım örnekleri uzaktan izleme, akıllı sensörler ve tıbbi cihaz entegrasyonu gibi uygulamalarda görülmeye başlanmıştır. Sadece hastaları güvende ve sağlıklı tutma değil, aynı zamanda sağlık personelinin hizmet verme şeklini iyileştirme olanağına sahip olması nesnelerin internetinin sağlık alanında kullanımına teşvik edici bir etkidir. Sağlık alanındaki IoT destekli cihazlar ile hastalar doktorlar ile daha çok iletişime girebilmekte, daha fazla bilgi akışı sağlanmaktadır. Bunun sonucunda hasta-doktor iletişiminin daha fazla olması hasta katılımı ve memnuniyetinde olumlu etki yaratacaktır (Sezer vd., 2018).

Nesnelerin interneti teknolojisinin sağlık sektörüne sunduğu en önemli teknolojik yenilik; vücut içerisine implante edilebilen, kablosuz iletişim kurabilen ve uzun zaman dış müdahaleye gerek duymadan ölçüm yapabilen sensörler sayesinde, diyabet, kanser, koroner kalp hastalıkları, inme, diğer kronik hastalıklar, bilişsel bozukluklar, nörolojik nöbetler, ortopedik problemler gibi sağlık sorunları yaşayan hastaların hayatını kurtarabilecek sağlık kayıtlarını ölçmek ve saklamak için kolay ve etkili bir yol sunmasıdır (İleri, 2018). ABD’de yapılan bir araştırmada sağlık alanında IoT uygulamalarının yaygınlaştırılmasıyla önümüzdeki yıllarda sağlık harcamalarında sağlanan tasarruf oranının 25%’e kadar yükselebileceği hesaplanmıştır. Sağlık alanındaki başlıca güncel uygulamalar aşağıda verilmiştir (Kutay ve Ercan, 2019):

1. Sağlık verisinin toplanması
2. Teletıp uygulamaları
3. Mobil sağlık uygulamaları
4. Konum takibi
5. Yaşlı bakımı

6. Kronik hastaların (felç, diyabet, aizheimer vb.) izlenmesi
7. Koruyucu sağlık uygulamaları

Yapay zeka ve robotik uygulamalar sağlık alanında erken tanı ve teşhis, karar verme, tedavi, araştırma, koruyucu sağlık hizmetleri gibi alanlar da karşımıza çıkmaktadır. Bireyin sağlık verilerine bakıldığında doğru tanı ve tedavi için bu verilerin analiz edilmesi gerekmektedir. İşte bu durumda yapay zeka, bilişim ve otomasyon uygulanır. Yapay zeka, laboratuvar testlerini analiz eder, röntgen, BT, MR taramaları ve veri girişi gibi uygulamaları gerçekleştirebilmede kullanılmaktadır. Yapay zeka tabanlı uygulamalar, tıbbi konsültasyonda destek sağlayabilecek hastaların mevcut tıbbi durumunu takip etmede kullanılmaktadır (Büyükgöz ve Dereli, 2020). Sağlık alanında yapay zeka uygulamalarına örnek verdiğimizde; ilk olarak İngiltere'deki Babylon Health, yapay zeka chat botu şeklinde bir yapay zeka doktoru oluşturmuş ve bu doktor ile hastaları bu uygulamayla iletişim kurmuşlardır. Babylon Health, mobil uygulamada da yer almaktadır (Deloitte,2016).

GlaxoSmithKline, İskoçya merkezli Artificial Intelligence yapay zeka şirketi Exscientia'ya yeni ilaçlar üretmesi için 43 milyon dolar bütçe ayırmıştır. Böylece ilaç geliştirme aşamasında ve maliyetinde %75 oranında bir düşüş olacağı öngörülmektedir. Forbes Çin'de Nisan 2017'de 2015 yılına oranla 70 binden fazla yeni akciğer kanseri vakası olduğunu bildirmiştir ve Çin'de yılda 1.4 milyar radyoloji taraması yapmakta olan 80 bin tane radyolog bulunmaktadır. Çin'deki Shanghai Changzheng Hastanesinde radyologlar BT taramalarını ve x-ışınlarını okurken tıbbi tanıyı koymak, tedavi etmek ve akciğer kanseri hastalarında şüpheli lezyonları belirlemek için Infervision'dan yapay zeka teknolojisi kullanmaktadır (Uzialko,2016). Japon ilaç şirketi devi Takeda, Kaliforniya merkezli yapay zeka şirketi olan Numerate ile işbirliği halindedirler. Insilico Medicine, yapay zekanın daha az yan etkiye sahip ilaçlar tasarlayıp tasarlayamayacağını görmek için Oxford Üniversitesi hesaplamalı kalp ve damar ekibi ile birlikte çalışmaktadır. Örneğin, bazı kanser ilaçlarının kalıcı kalp hastalıklarına hasara sebep olduğu bilinmektedir (Ceylan, 2020).

Google DeepMind: 2010 yılında öğrenen makine, derin öğrenme, sinirbilim, mühendislik, matematik, fizik, simülasyon ve otomasyon altyapısı konularında yeni

düşünce ve gelişmeleri bir araya getirerek yeni bir bilimsel çalışma düzenlemenin yolunu geliştirmek için yeni bir multidisiplinlerarası yaklaşım ile yola çıkmıştır. 2014'te Google ile işbirliği sağlanmıştır (DeepMind,2019).

Göz hastalıklarını dünyanın en iyi doktorları kadar etkili bir şekilde tanı koymayı, veri merkezlerinde kullanılan enerjinin % 30'undan tasarruf ederek maliyet minimazasyonu sağlamayı ve bir gün ilaçların nasıl üretildiğini değiştirebilecek protein, dna ve gen yağlarının karmaşık 3D şekillerini tahmin etmeyi öğrenen programlar yapılmıştır (GoogleAI, 2020).

Endüstri 4.0'ın etkisiyle sağlık alanında gerçekleşen dijitalleşme sürecinde ortaya çıkan makinelerin yaşantımızı kolaylaştırdığı görülmektedir. Yapay zeka uygulamaları insandan kaynaklı hataları minimize ettiği için sağlık alanında vazgeçilmez bir alt yapı oluşturmaktadır.Sağlık alanında yapay zeka uygulamalarının kullanılmasıyla; yeni ilaç üretimi gerçekleştirilecek, hastalıkların etkileri ortaya çıkmadan teşhis edilerek tedavi planı oluşturulacak ve tedavi o şekilde planlanabilecektir. Sağlık hizmetlerinde entegrasyon birbiriyle koordineli bir şekilde hareket etmek durumunda olan farklı faaliyetlerin ortak bir birim etrafında birleştirilmesidir. Bu bütünleşme süreci ile yoğun bakım, dijital hastaneler, evde bakım hizmetleri, evlere hemşirelik hizmetlerini tek bir çatı altında toplayarak, hastalara sunulan hizmetin optimum düzeyde olmasını amaçlar (Gillies vd., 1993). Hekimin robot aracılığıyla hastada gerçekleştirdiği cerrahi uygulamalar robotik cerrahi olarak tanımlanmaktadır. Bu yöntem tıp alanında hekimlere farklı bakış açıları kazandırmıştır. Bir çok hekimin cerrahi uygulamalarda yararlandığı son dönem teknoloji ürünüdür (Palep, 2009). Dünya'da cerrahi uygulamalarda robotlar, ilk kez 1985 yılında PUMA 560 robotuyla beyin cerrahisi alanında biyopsilerde kullanılmıştır. Endüstri 4.0 devrimiyle gelişen teknolojiye bağlı olarak boyutları küçültülmüş, işlevleri artırılmış ve üç boyutlu görüntü eşliğinde çalışma imkanı veren Da Vinci adlı robot, cerrahi uygulamalarda yerini almıştır (Ateş vd., 2017).

Robotik cerrahi girişimlerin bu kadar geniş çapta kullanılması ve tıp alanında popüler olması; cerrahi kesi alanının küçük olmasından, hastalarda ağrı, kanama ve enfeksiyon oranlarında azalma olması , erken ayağa kalkma ve taburculuk sürecinin kısa olmasından kaynaklanmaktadır. Ancak robotik cerrahi uygulamalarının avantajının yanı sıra dezavantajıda bulunmaktadır. Robotik cerrahide hekimlerin

dokunma duyusuna bağlı olarak çalışmamaları, maliyet artışı, hekimlerde tecrübe eksikliği ve sağlık alışanlarında bilgi eksikliği, cihazın büyük olması sebebiyle alanda daralma olması gibi olumsuz durumlar ortaya çıkabilmektedir (Palep, 2009).

Sağlık alanında robotik cihazların kullanılmasıyla insandan kaynaklı meydana gelebilecek hata oranı minimum düzeye indirgenmiştir. Gelecekte robotlar hastanın vital bulgularını ölçerek, değerlendirme yapıp ve hastaya ait epikrizi okuyarak sonrasında da hastanın tedavi sürecinin destekleyicisi olacaktır. Ülkemizde roloji, genel, göğüs ve kalp damar cerrahisi, ortopedik cerrahi, plastik cerrahi, kalp-damar cerrahisi, kulak burun boğaz cerrahisi ve jinekolojik cerrahi uygulamalarında robotik cerrahi ile çok sayıda ameliyat yapılmaktadır (elik, 2011).

Sağlık alanında simülasyonun kullanımı 1950’li yıllara dayanmaktadır. Abrahamson ve Denson tarafından üretilen ilk insan simülatörü rneği Sim One’dır. Kalp atımı ve senkronize karotis nabzı olan bu simülatör, insan hareketlerini taklit eder, ağzını açıp kapar, gözlerini kırpar, damar içi gaz ve ilaç uygulamalarına cevap vererek kan basıncını ler. Zamanın şartlarına göre benzeri üretimi gerçekleştirilemediğinden yaygınlaşmamadıştır (Sezer ve Orgun, 2017). 1980’li yıllarda Stanford ve Florida niversitesinden iki grup simülatör üretimi üzerinde çalışmıştır. David Gaba liderliğinde Compherensive Anaesthesia Simulation Environment (CASE), Michael Good ve JS Gravenstein liderliğinde ise Gainesville Anaesthesia Simulator (GAS) adı ile bilinen anestezi simülatörleri geliştirilmiştir. Ruh ve sinir hastalıkları klostrofobi, astrofobi, akrofobi vb psikiyatrik rahatsızlıkların tedavi sürecinde simülasyon uygulamasından faydalanılmaktadır. Hastanın korkusunu atlatabilmesi için simülatif ortamda aynı durum yaşatılır (Wiederhold, 2006).

Simülasyon ile tıp, hemşirelik ve diğer sağlık alanında eğitim gören öğrencilerin kadavra uygulamaları hasta üzerinde damar yolu bulma ve anatomi bilgilerini somut bir şekilde gözlemleyerek değerlendirmelerini sağlamak gibi öğrencilerin gerçek hastada deneyimleyemeyeceği olayların sanal ortamda uygulanmasına ve aldıkları teorik bilgilerin uygulamaya dönüştürmesinde katkı sağlayacaktır (Simpson, 2003).

Günümüzde e-sağlık uygulamalarının kullanılması bulut bilişim tabanlı sistemler sayesinde. Bulut bilişim ile sağlık hizmetleri iyileştirilerek sağlık

araştırmaları daha güvenli hale gelmektedir. Sağlık alanında bulut bilişim elektronik tıbbi kayıtlarda kullanılmaktadır. Bulut bilişim elektronik sağlık kayıtlarının donanım, yazılım, ağ, personel ve lisans ücretleri gibi başlangıç giderlerini azaltarak maliyette fayda sağlamaktadır. Bulut bilişimle hekimler, hastaların sağlık bilgilerine internet ağ bağlantısı olan herhangi bir cihazdan anlık erişebilmektedir (Bayın vd.,2018). Bulut bilişim ile reğeteler, sigorta bilgileri, farklı bilişim sistemleri arasında yer alan test sonuçları gibi biręok bilgi paylaşılabilmektedir. Örneğin radyoloji alanında biręok sağlık işletmesi, depolama maliyetlerini azaltıp ve görüntü değişimi sağlayabilmek için veri bilgilerini buluta taşımaktadır. Sağlık sektöründe bulut bilişim kullanımının yararlı olabileceği diğer bir alan ise medikal görüntü-işleme uygulamalarıdır. Böylece uzaktan teşhis yapılabilecektir. Örneğin, akciğerinde tümör olup olmadığının anlaşılması için hekime giden ve hastaneye sevki yapılan hasta CT taramasından geğirilir. Hekimler hastaya doğru tanı koyabilmek için teşhis sistemlerini bulut bilişim hizmeti satın alarak geręekleřtirebilirler (Turan ve Kaya, 2017).

Harvard Tıp Fakóltesinde yer alan Biyomedikal Bilişim Merkezinin Bireyselleştirilmiş Tıp Laboratuvarı rekor sürede devasa boyutlarda veriyi işleyebilmeyi başaran genetik test modelleri geliştirmek için bulut bilişimden yararlanmıştır. Sağlık sektöründe bulut bilişim hizmetlerinin kullanılmasındaki amaç; sağlık hizmetlerinin erişilebilirliğini artırmak, hakkaniyeti geręekleřtirmek, sağlık tüketicilerini güçlendirmek, kaynakları etkili ve verimli kullanabilmek, departmanlar ve kurumlar arasında bilgi ve veri paylaşımını artırarak iletişimi etkili hale getirmektir (Özger vd., 2013). Bulut bilişim hizmeti, daha kaliteli hizmet sunmak, maliyetleri azaltmak, sağlık bilgilerinin transferini sağlamak ve klinikler, hastaneler, sigorta şirketleri, eczaneler ve diğer sağlık işletmeleri arasında iş birliği sağlamak için fırsatlar oluşturmaktadır. Bulut tabanlı yapılar sağlık sistemlerinde bir norm haline gelerek sağlık işletmelerinin dijitalleşmesini sağlayacaktır.

Endüstri 4.0 bileşenlerinin hastanelerde kullanılmasıyla verimlilik artışı gözlemlendi. Bireysel hatalarda minimizasyon sağlandı. Maliyette fayda elde edilmiştir (Karaağaç, 2019).

1.2.2.1 Endüstri 4.0 Bileşenlerinin Covid-19 Sürecinde Etkileri

Dünya tarihinde küresel boyutta etkileri olan pandemiler; siyasi, ekonomik ve toplumsal dönüşümlerin gerçekleşmesine sebep olmuştur. Şu anda dünya tarihinin en büyük salgınlarından biri yaşanmaktadır. Çin'in wuhan kentinden 2019 yılında ortaya çıkan covid-19 virüsü tüm dünyaya hızla yayılarak 2020 yılında 446 binden fazla can kaybına yol açmıştır. Endüstri 4.0 devriminin yarattığı teknolojik uygulamaları gelecekte acil sağlık durumlarında belirleyici rol oynadığı küresel boyutta görülmektedir. Günümüzde yaşanan koronovirüs salgınında alınan önlemlerde yapay zeka, büyük veri, nesnelerin interneti, bulut bilişim gibi uygulamaların sağlık sistemlerinde etkisini görmemiz mümkündür. Modern teknolojileri stratejik biçimde kullanarak çok önemli kazanımlar elde etmekteyiz. Ancak sağlıkta dijital dönüşümün tamamen gerçekleşebilmesi için paydaşların tamamına gereksinim vardır. Hekimler, hastalar, sağlık hizmeti sunucuları ve politikacılar bu değişime inanmalı ve bu süreci desteklemelidir. Büyük verilerden pandemi gibi epidemik salgınlarda yararlanılmaktadır. Epidemiyolojide mikroorganizmaların inkübasyon süreleri, iletim oranlarındaki heterojenlik, bulaşıcılık süreleri ve yüksek riskli grupların varlığı gibi temel özelliklerinin belirlenmesiyle hastalığı kimin kime bulaştırdığı hızlı bir şekilde tespit edilebilir (Koa vd.,2014).

Şu an yaşanan covid-19 pandemi sürecinde endüstri 4.0 devriminin dinamiklerine ayak uydurmuş ülkeler büyük verinin olanaklarından büyük ölçüde yararlanmaktadır. Çin'de sokağa çıkma yasaklarının ortadan kalkması ile yerel yetkililer, wechat ve alipay üzerinden vatandaşların hareketlerini kontrol ederek daha fazla yayılmayı önlemeye ve olası bir yeni vaka durumunda aynı bölgede bulunmuş kişilere hızlı bilgi vermeye çalışmaktadır. Bu uygulama, vatandaşların kendi karekodlarını gittikleri her yerde okutmasını gerektirmektedir. Uygulama büyük veri teknolojisini kullanarak insanların; buldukları yer, seyahat geçmişleri ve temel sağlık durumları gibi bilgileri temel alarak kişilere bir renk kodu (yeşil, sarı veya kırmızı) atamakta ve bu renk/sağlık kodları ile kişilerin evden çıkabilme durumlarını belirlemektedir.

Çin'in önde gelen internet şirketi Qihoo 360, Çin'in göç trendini görüntülemek için cep telefonları veya bilgisayarlar aracılığıyla erişebilen "Büyük Veri Taşıma Haritası" yayınlamıştır. Wechat'in işletmecisi olan Tencent, insanların ücretsiz çevrimiçi sağlık danışmanlığı, güncel seyahat prosedürleri ve aksaklıkları hakkında bilgi almalarını sağlayan sohbet robotları (chatbot) geliştirmiştir (Deloitte, 2020).

Güney Kore Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezi tarafından MERS'in yayılmasını önlemek için kurulan «karantina bilgi sistemi», covid-19 ile mücadelede etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Sistem, havayolu ve telekomünikasyon şirketleri işbirliğiyle, kişilerin hareket geçmişinin tam bir kaydını tutmakta ve sağlık çalışanlarının şüpheli kişileri zamanında tanımlamasına ve tedavi etmesine yardımcı olmaktadır. Seyahat eden kişilerin telefonlarına bu sağlık uygulamasını indirmeleri ve 14 günlük kuluçka dönemi boyunca sağlık durumlarını bildirmeleri zorunlu tutulmaktadır. Uygulama üzerinden koronavirüse ilişkin bilgilendirici mesajlar da gönderilmektedir (Deloitte, 2020) .

Avrupa'da yaygın olarak kullanılmaya başlanan teletıp çözümleri, covid-19 hastalarını uzaktan izlemeyi mümkün kılarak sağlık sistemlerindeki yoğunluğun azaltılmasına yardımcı olmakta ve yüz yüze etkileşimi ortadan kaldırarak enfekte olma riskini de minimuma indirgemıştır. Dijital teletıp platformları, tarama ve izleme için covid-19 klinik protokolleri uygulanmasını sağlayarak yetkililerin uzaktan önleyici bakım yapmalarına izin vermekte ve hemşirelerin saatte ortalama 50 hastayı tetkik etmesini sağlayarak da mevcut sağlık kaynaklarının daha verimli kullanılmasına yardımcı olmaktadır (Kent, 2020).

MaskGoWhere, maskelerin tahsis edileceği yeri, günü ve saati gösteren bir internet sitesidir. İnternet sitesine yerleştirilmiş gerçek zamanlı kullanıcı geri bildirim mekanizması ile kullanıcılardan alınan geribildirimler ve son gelişmelere dayanarak internet sitesinde aşamalı güncellemeler ve iyileştirmeler yapılmaktadır. Singapur hükümeti resmi whatshap hesabı üzerinden vatandaşlara covid-19 durumu hakkında güncellemeleri duyurmaktadır. Whatsapp hesabı 4 farklı dilde ve 30 dakika içinde tüm abonelere mesaj gönderecek şekilde optimize edilmiştir (Clifford, 2020).

Koronavirüs salgını, artan yaşlı nüfus, kronik hastalıklar ve sağlık sistemini olumsuz etkileyen bir çok durum küresel sağlık topluluğunun dijital sağlık

teknolojilerini kabul etme ve dijitalleşme sürecine adapte olunması gerektiğini göstermiştir. Dünyada meydana gelen covid-19 pandemi sürecinde operasyonların, imalat hatlarının ve tesislerin gözlem ve denetiminin uzaktan kontrol edilmesine imkan veren Endüstri 4.0 ve akıllı üretim uygulamalarının yararlarını bir kez daha gözler önüne sermiştir. Covid-19 krizinde IoT'nin, sağlık sistemlerinin modernizasyonu, kriz yönetimi, halk sağlığı ve güvenliği, tedarik zinciri ve imalat konularında etkin olduğu görülmüştür. Akıllı uygulamaların sadece kriz dönemlerinde değil, bu süreçten sonra da üstün yararları olacağı göz önündedir (Czifra ve Molnar, 2020).

Türkiye de sahip olduğu yüksek eğitim düzeyi ve son dönemde artan teknoloji yatırımları ile covid -19 sürecinde diğer gelişmiş ülkeler gibi yeni nesil teknolojiler üzerinde çalışmalar yapmaktadır. Türk Ar -Ge şirketi Boni Global tarafından imal edilen kullanıcılar arasındaki etkileşimleri gözlemlemeye ve saklamaya yarayan ve bir kullanıcının virüse maruz kaldığını bildirmesi durumunda bu kullanıcı ile iletişim kuran tüm diğer kullanıcılara uyarı yapan «Korona Takip» programı, üç büyük operatör ve BTK'nın işbirliğiyle evde izole edilmesi gereken hastaların dijital yolla takip edilmesini sağlayan «Hayat Eve Sığar» uygulaması ve Sağlık Bakanlığı tarafından üretilen makine öğrenme algoritması ile çalışan «Online Korona Önlem» sitesi ve öğrencilerin dijital kanallar aracılığıyla eğitim süreçlerini yürütmesini sağlayan Eğitim Bilişim Ağı (EBA), Türkiye'de COVID -19 ile mücadele kapsamında yapay zeka uygulamalarına örnek çalışmalardır (T .C Sağlık Bakanlığı, 2020). Dijital teknolojiler, COVID-19'un tespit ve takibinde hayat kurtarabilir ve ülkeleri gelecekteki pandemilere karşı koruyabilmektedir.

1.3 Endüstri 4.0 Çağında Sağlık İşletmeleri: Dijital Hastaneler ve Merkezi Hekim Randevu Sistemi

Dijital hastanenin temeli 1960' lı yıllara dayanmaktadır. Endüstri 3.0 devrimiyle dijital hastanenin temelleri atıldı. Endüstri 3.0 devrimiyle otomasyon ve bilgisayarlar çeşitli iş kollarında yerini aldı. Sağlık iş kolunda ise hastanelerde bilgisayar ve otomasyon sistemleri kullanılmaya başlandı. İlk başlarda hastanelerde hasta kabul ve muhasebe biriminde bilgisayarlar kullanılmaya başlandı. Böylece 1970'li yılların sonuna doğru hastane otomasyonu yaygınlaşmaya başladı (Banger,

2017). Hasta verileri manuel olarak kaydedilmekteydi. Bilgisayarın yaygınlaşmasıyla hasta verileri bilgisayara kaydedilmeye başlandı. Otomasyon sistemleri ile sağlık işletmelerinde sunulan sağlık hizmetlerinin süreçleri organize edilmiş ve hasta verilerinden elde edilen bilgilere kolayca erişim sağlanmıştır. Böylece dijital hastane çalışmaları için ilk adım atılmış oldu (Akbolat ve Işık, 2010). 1976’ da ABD’de Hospital Financial Management Association tarafından hastanelerde otomasyon sistemlerinin kullanımına yönelik yapılmış olan bir çalışmada, hastanelerde %86 oranında bilgisayarlar ile hizmet döküm cetveli, borç hesapları ve hasta faturalamasında, devamında ise polikliniklerin yatak sayıları, hasta kabulü ve hastaneye yatacak olan hastanın randevu sisteminde kullanıldığı anlaşılmıştır. Ayrıca sağlık işletmeleri bilgisayarları yatakların doluluk seviyesi, acil müdahale, klinik müdahale faaliyetleri, ameliyathane, ileri rezervasyon, kaynakların yeterli tahsisi gibi alanlarda kullanarak veri oluşturmuşlardır. Bilgisayar yardımı ile elde edilen veriler aracılığıyla sağlık işletmelerinin verimliliği ölçülmüştür. Bu araştırmalar sonucunda Bilgisayar kullanımı ile Massachusetts Genel Hastanesinde yatak doluluk seviyesi %30 gibi bir orandan %100’ e, ameliyathanenin kullanılma seviyesi ise %25’ ten %79 gibi bir düzeye yükselmiştir (Ak, 2013).

Günümüzde Türkiye’ deki bütün hastanelerde bilgisayar ve otomasyon bilgi sistemleri kullanılmaktadır. Artık hastaneler büyük veri, nesnelerin interneti, bulut bilişim, yapay zeka uygulamaları gibi endüstri 4.0’ın getirdiği teknolojik yeniliklere kendilerini entegre ederek dijital hastane devri dönemini başlatmıştır. Endüstri 4.0 ‘la gelişen teknoloji hizmet sektöründe radikal değişimleri başlattı. Bir hizmet alanı olan sağlık işletmeleri dinamik ve karmaşık organizasyon yapılarına sahip oldukları için bu değişime uyum sağladılar. Bu değişim süreci beraberinde birçok yenilik getirdi (Sebetci vd.,2017).

Endüstri 4.0’la yenilenen teknoloji; büyük veri, nesnelerin interneti, bulut bilişim, yapay zeka ve cerrahi robotların sağlık işletmelerinde kullanılmasıyla dijital hastane dönemi başladı. Dijital hastane sağlık işletmelerinde yer alan sağlık bilişim sistemlerinin tıbbi ve tıbbi olmayan tüm teknolojik cihazlarla koordineli bir şekilde çalışarak güvenilir veri akışının sağlandığı, doktor, hemşire vb. sağlık çalışanlarının izni dahilinde hasta ile ilgili bilgilere her ortamda mobil ağ aracılığı ile erişimine olanak veren, kağıt kullanımını ortadan kaldırarak tasarruf sağlayan ve sağlık

personelinin daha aktif çalışmasını gerçekleştiren, tıbbi tedavi kayıt verileri doğrultusunda hasta takibinin yapıldığı, ve sağlık bilişim teknolojilerinin entegreli bir şekilde çalışmasını sağlayan hastane modelidir (Pang, Yang, ve Zhang, 2018).

Dijital Hastane; tıbbi ve idari işleri bilişim sistemleri ile birleştirerek kaliteli sağlık hizmeti sunmaktadır. Dijital hastane klinik bilgi sistemleri, dijital ortamda saklanan tıbbi kayıtlar, RFID teknolojileri, barkod, tıbbi ilaç ve malzeme takibi, teletıp, tıbbi teknolojiler, bina, enerji, aydınlatma teknolojileri, tele eğitim, sanallaştırma, sanal ameliyatlara, cerrahi robotlar, bulut bilişim veri uygulamaları ve diğer Endüstri 4.0 bileşenlerinin yer aldığı tam entegreli hastane modelidir. Endüstri 4.0 bileşen teknolojilerinin büyük veri, nesnelerin interneti, bulut bilişim, cerrahi robotların ve diğer teknoloji unsurlarının hastaneyle bütünleşmesiyle dijital hastane kavramı ortaya çıkmıştır (Juels, 2005). Dijital hastane; manuel işlemlerin yapılmadığı, bütün tıbbi ve idari süreçlerin teknolojik sistemlerle gerçekleştirilmesidir. Dijital hastaneler etkili sağlık hizmeti sunumu gerçekleştirmeyi hedefler. Bugün sağlık işletmelerinde Endüstri 4.0 bileşenlerinin kullanılması dijital hastanelerin sektörde yer aldığının önemli bir kanıtıdır.

1.3.1 Dijital Hastane Bileşenleri

Dijital hastane sistemleri klinik bilgi sistemleri, hastane bilgi yönetim sistemleri, teşhis ve tedavi sistemleri olmak üzere üç ana başlık altında incelenmektedir (Ak, 2013).

1.3.1.1 Klinik Bilgi Sistemleri

Bulut bilişim, büyük veri ve diğer teknolojik unsurlarla otomasyon ve ağ erişimi geliştirilmiş ve bilişim sistemleri ortaya çıkmıştır. Sağlık sektöründe ise hastanelerde bu teknolojik bileşenler sayesinde bilgisayarlarda yazılım modülü ile klinik bilgi sistemleri oluşturulmuştur. Klinik bilgi sistemleri; hastaların klinik bilgilerini saklar. Bu bilgiler ile sağlık hizmeti sunucuları kişiye özgü tedavi planı oluşturmaktadır (Özata ve Aslan, 2004).

Klinik bilgi sistemleri eczane, laboratuvar ve radyoloji sistemleri ile ilgili yazılım modülü içeren ve sağlık hizmeti sunucularının klinik bilgileri

görüntülemelerini sağlayan web tabanlı sistemlerdir. Klinik bilgi sistemleri hastaların vital bulguları ve ilaç alımına ilişkin verileri elektronik ortamda saklamaktadır. Bu sayede hastalığı oluşturan etkenler erken bir süreçte tespit edilerek ortadan kaldırılır. Sağlık hizmeti sunumunun kalitesi artar. Tıbbi hatalar azalır. Sağlık hizmeti sunucularının verimliliği artar. Böylece hasta memnuniyeti sağlanır (Tunca vd., 2013). Klinik bilgi sistemleri hasta ile ilgili tıbbi karar alınırken gerekli verilerin zamanında elde edilmesi için tasarlanmıştır. Klinik bilgi sistemleri ile sağlık hizmetlerinin kalitesi ve verimliliği maksimum düzeye ulaşacaktır. Klinik bilgi sistemleri sağlık işletmeleri için birer rekabet avantajıdır. Çünkü klinik bilgi sistemlerini kullanan sağlık işletmelerine dijital hastane adı verildi. Böylece dijital hastane kavramı sağlık sektöründe yerini aldı. Dijital hastane modeli hastalara güven vermektedir. Verilerin elektronik ortamda saklanması hastaların tıbbi tedavi açısından kendilerini daha güvende hissetmesi sağlar (John vd., 2011).

Klinik Bilgi Sistemlerinin bileşenlerine aşağıda yer verilmiştir (Ak, 2013).

- Elektronik Sağlık Kayıtları
- Klinik Karar Destek Sistemleri
- Hemşire Bilgi Sistemleri
- Görüntü yönetim ve depolama sistemleri (PACS)
- Teletıp
- Vaka Bileşimi
- Sanal Gerçeklik Uygulamaları
- E-sağlık ve Akıllı kart uygulamaları

Klinik bilgi sistemleri dijital hastanelerde kullanılmaktadır (Ay, 2009). Dijitalleşmenin etkisiyle ortaya çıkan klinik bilgi sistemleri hasta memnuniyeti sağlayarak sağlık işletmelerinde verimliliği maksimum düzeye ulaştıracaktır.

1.3.1.2 Hastane Bilgi Yönetim Sistemleri

Hastane bilgi yönetim sistemi, hastanede hastaların girişinden çıkışlarına kadar sağlanan tıbbi desteğin ve uygulamaların kayıt altına alındığı, ilerde kullanım olanağı sunan, klinik destek sistemlerine yardımcı olan ek uygulamalardır. Bu

uygulamalar gerek hastaların gerekse sağlık hizmeti sunucularının kullanımında zaman tasarrufu sağlayarak bütün kullanıcılarda oluşabilecek iş yükünün asgari ölçüde azaltılmasını sağlar (Yılmaz ve Demirkıran, 2012). Hastane Yönetim Bilgi Sistemleri Bileşenlerine aşağıda yer verilmiştir (Ak,2013).

- Merkezi Hekim Randevu Sistemi
- Poliklinik sistemi
- Hemşirelik Bilgi Sistemi Modülü,
- Ameliyathane Modülü,
- Ağız ve Diş Sağlığı Modülü,
- Hemodiyaliz Modülü,
- Sağlık Kurulu Modülü,
- Kan Merkezi Modülü,
- Diyet Modülü,
- Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS) Modülü,
- Organ ve Doku Bağış Modülü,
- Yetkilendirme Modülü,
- Sağlık-NET Modülü,
- Eczane Modülü

Hastalara ait verilerin saklanarak, daha sonraki muayene süreçlerinde kullanılması ve hasta tedavi sonucunda faturalama, istatistik, kalite çalışmaları gibi işlemlerde hızlı erişim kolaylığı açısından, Hastane Bilgi Yönetim Sistemleri sağlık hizmeti sunumunun vazgeçilmez parçalarındandır. Aynı zamanda dijital hastane modelinin temel yapıtaşlarından biridir (Uslu, Toygar, ve Mansur, 2016).

1.3.1.3. Teşhis ve Tedavi Sistemleri

Sağlık bilişim sistemlerinde yer alan bilgisayar teknolojisinin kullanılmasıyla tıbbi bilgilere hızlı ulaşım, tıbbi görüntüleme, laboratuvar sonuçları, klinik bilgi kayıtları, hasta takip kayıtları, hemşire bilgi sistemi gibi uygulamalar teşhis ve tedaviye destek sağlamaktadır. Teşhisin hızlı ve doğru bir şekilde konması, tedavi

süreci takibi açısından teşhis tedavi sistemlerini etkili kılar. Teşhisin kısa sürede konmasıyla hızlı bir şekilde tedavi planı başlar. Böylece hastanın iyileşmesine katkı sağlanır (Holt, Blaya, Fraser, ve Joaquin, 2010).

Teşhis ve tedavi sistemleri bileşenlerine aşağıda yer verilmiştir.

- Laboratuvar Bilgi Sistemi
- Tıbbi Görüntü Arşiv ve İletişim Sistemi
- Radyoterapi Bilgi Sistemi
- Nükleer Tıp Bilgi Sistemi
- Tıbbi Konuşma ve Tanıma Sistemidir.
- E-Reçete
- Elektronik sevk
- E- Nabız

Her türlü sağlık sorunlarının çözümünde medikal teknolojilerden ve sistemlerden yararlanılmaktadır (Karaağaç, 2019).

1.3.2 Dijital Hastanelerin Avantajları ve Dezavantajları

Hastaneler dinamik yapıli organizasyonlardır. Sağlık hizmeti sunucularının hastaya yaptığı teşhis ve tedavi işlemleri oldukça karmaşıktır. Bundan ötürü; hastalar ve sağlık çalışanları açısından bu işlemler yorucu bir hal almaktadır. Aynı zamanda hastaya yapılan teşhis ve tedavi işlemlerinin maliyeti oldukça fazladır. Bu olumsuz etmenler dijital hastane modeli ile en aza indirgenmiştir (Cansever vd.,2017). Dijital Hastane modeli ile bilişim teknolojileri hasta ve sağlık hizmeti sunucularına büyük fayda sağlamıştır. Dijital hastane modelinde kullanılan teknoloji sayesinde manuel kayıt ortadan kalkmıştır. Böylece sağlık hizmeti sunucularının kağıt, röntgen, tahlil ve tıbbi dökümantasyona ayırdıkları süre azaldı. Hastanın tıbbi tedavi süresince bilgilerinin veri şeklinde elektronik ortamda saklanmasıyla tıbbi hata azaldı.Hastanın tedavi süreci takibinde verimlilik sağlanmıştır (Ak, 2013).

Hastanın verileri doğrultusunda ilaca alerjik reaksiyon gösterip göstermeyeceği bilişim sistemleri tarafından tespit edilmektedir. Böylece sistem tarafından hastaya yanlış ilaç verimi engellenir. Dijital hastanelerde radyolojik

görüntüler kağıt şeklinde değil cd ve dijital olarak verileceği için çevre kirliliği önlenmiş olur (Yelmen, 2016). Dijital hastanelerde hasta geldiğinde öncelikle akıllı kart verilmektedir. Hastanın kişisel ve tıbbi bilgileri bu kart içinde yer alır. Bu dijital kart ile hastaya yanlış tedavi uygulama sorunu ortadan kalkmaktadır. Hastada bulunan dijital kartla hasta bilgilerini kendi isteği doğrultusunda başka hekimlerle paylaşabilmektedir. Web tabanlı ağ üzerinden girilen bütün bilgiler, görüntüler vb. hastane bilgi yönetim sistemi ile paylaşılır. Hasta bir bireyin test sonuçları hastadan sorumlu doktor ile web ağı sayesinde paylaşılabilen ve farklı şehirlerde yaşayan hastaların tedavi süreci takip edilebilmektedir.

Acil bir durumda hekimler yurt dışındaki meslektaşlarıyla görüşüp konu hakkında fikir alabilir (Jauquin vd., 2003). Dijital hastaneler ile hızlı ulaşım, veri güvenliği, tüm hizmetlere her yerden erişim imkanının olması, hastane içindeki ve dışındaki sistemlerin karşılıklı entegrasyonu, minimum hata, düşük maliyet, hasta ve çalışan memnuniyeti, tanı ve tedavi de başarı sağlanmıştır.

Dijital hastaneler dezavantajları ile tehdit oluşturabileceği göz ardı edilmemelidir. Hastane, hasta, doktor ve diğer kuruluşlar için adli davalarda önemli bir kanıt olan hasta kayıtlarının kaybolması durumunda sağlık hizmeti veren kurum zor durumda kalmaktadır. Dijital hastaneler siber saldırı karşısında ne şekilde verileri koruyacakları diğer bir tehdit unsurudur (Yu, Lu, ve Zhu, 2012). Bu konuda en son 13 Mayıs 2017 tarihinde 99 ülkenin etkilendiği bir siber saldırı sonucu İngiltere Milli Sağlık Sistemi (National Health Service – NHS) çöktü (Ak,2013).

Dijital hastaneleri için bir tehdit unsuru ise; hastane içindeki ve dışındaki hekimlerin hasta kayıtlarına erişebilme olanağının olmasıdır. Bu durumda hastane içi veya dışındaki bir hekimin hastanın verilerini ne kadarını görebileceği belirsizdir. Bu konuda alınacak tedbirlere örnek olarak; tıpkı e-nabız sisteminde olduğu gibi ilgili kişiden alınacak izin doğrultusunda kişisel verilerin kullanımına izin verilmesidir (Cansever vd.,2019).

Dijital hastane sağlık hizmeti sunucuları ve hasta bazında çok yönlü bir yararı gözetmektedir. Ancak dijitalleşme noktasında bazı durumlarda belirsizlikler, yaşanabilecek olumsuz bir durum için tedbir alınmaması dijital hastanenin olası tehditlerini oluşturmaktadır. Burada önemli olan; dijital hastanelerde kullanılan teknolojinin iyi bir şekilde tasarlanması ve sistemi kullanacak olan sağlık çalışanı

sisteme hakim olmalıdır (Kılıç, 2016). Bu yönde sağlık hizmeti sunucularına ve hastalara oryantasyon eğitimi verilebilir.

1.3.3. Dijital Hastane Modellemesi: HIMSS-EMRAM

20 yy. başlarında Frederick W. Taylor iş gücü verimliliğini arttırmak için yaptığı hareket-zaman etüdü çalışmasıyla tarihe geçmiştir. Bu çalışmayla endüstri alanında hız kazanan verimlilik hareketi ile birçok farklı sektörlerde hizmet kalitesine önem verilmeye başlandı. Bu önem artışında Frederick W. Taylor'un çalışmalarının büyük etkisi vardır (Koçel, 2005). Ancak sağlık sektöründe beklenen verimlilik düzeyine ulaşılamadı. Bunun sebepleri ise sağlık hizmetlerinin makineden farklı olması, sağlık hizmetlerinde oluşabilecek bir hatanın geri dönülemez sonuçlara yol açabilmesi ve dolayısıyla sağlık hizmetlerinde hatanın kabul edilmez oluşudur (Kavuncubaşı ve Yıldırım, 2018).

Frank B. Gilbreth hareket-zaman etüdüne farklı bir yaklaşım getirerek sağlık işletmelerinin istenen verimlilik düzeyine ulaşmasını sağladı. Frank B. Gilbreth hastanede kullandığı kameralar ile hekimlerin, hemşirelerin ve diğer sağlık çalışanlarının hareketini gözlemledi. Ameliyathane, poliklinikler, servisler ve hastanenin diğer bölümlerini inceleyerek hastaneyi bir verimlilik Laboratuvarı haline getirdi. Hastanelerde hareket-zaman etüdü ile ameliyathanelerde maske kullanımı operasyon hızı gibi uygulamalar üzerinde verimlilik artışı sağlandı (Gainty, 2016). Günümüzde HIMMS (Healthcare Information and Management Systems Society) kuruluşunun yönlendirmesiyle verimlilik e-sağlık, dijital hastane gibi elektronik sağlık hizmetleri üzerinden sağlanmıştır. Ekim 1961 yılında HMSS (Healthcare Management Society Systems) kuruldu. HMSS 15 Aralık 1966'da AHA 'ya (American Health Association) bağlandı. 1968 ilk bölge Newyork şubesi açıldı (Avaner vd.,2018).

Endüstri 3.0 devrimi ile bilişim teknolojileri ortaya çıktı. Bilişim teknolojileri işletmelerde kullanılmaya başlandı (Banger, 2017). Endüstri 3.0 devrimi HMSS'i bilişim teknolojilerinin sağlık alanındaki etkisi üzerine uzmanlaşmaya itti. Bilişim teknolojilerini kullanabilen uzman gereksinimlerinin artması sonucunda HMSS adına İnformation (bilgi) ekiyle beraber Hospital (Hastane) yerine Healthcare (sağlık hizmetleri) eki eklendi. Böylece HMSS kavram değişimi nedeniyle HIMSS adını

aldı. HIMSS adının değişimiyle sağlık sektöründe yeni bir olgu değişimi meydana geldi. HIMSS hastane yerine sağlık hizmeti kavramını kullanmaya başladı (HIMSS Legacy Workgroup, 2013). 10 Eylül 1993 yılında 40 bölgede şubesi yer aldı. AHA'dan ayrılarak HIMSS bağımsız bir organizasyon haline geldi. 2006-2007 yılında Belçika, Avrupa, Orta Doğu ve Afrika'da HIMSS EMEA'yı kurdu. Bu bölgelerde HIMSS Avrupa Komisyonu (EC) Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ile birlikte sağlık bilişimi farkındalığı kazandırmak amacıyla eğitimler, konferanslar ve seminerler düzenledi. Böylece HIMSS artık küresel bir olgu halini aldı. HIMSS Avrupa, Orta Doğu ve Afrika'da açtığı şubelerle geniş bir sahaya yayıldı. ABD'de oluşturulan standartlara uyum sağlamaları, düzenli yapılan kontrol süreçleriyle verimlilik ve kalite ilişkisi bakımından üye ülke ve hastanelerine HIMSS ölçütleri uygulandı (Cansever vd.,2019). HIMSS sağlıkta dönüşümü sağladı. HIMSS; sadece sağlık idaresi değil, sağlıkta bilgi iletişim teknolojileri ve süreçleri hakkında da bir değerlendirme, derecelendirme, kalite ve akreditasyon merkezi haline geldi. Gelişen teknolojiyle beraber, sağlık hizmetlerinin uyum gösterme endişesi içinde olan ülkeler HIMSS ABD modelini uygulamaya başladı (Kılıç, 2016).

HIMSS hastanelerde etkin bir sağlık hizmeti sunabilmesini denetlemek için sağlık hizmetinin kalite ve güvenliğini ölçen bazı kriterler belirlemiştir. Bu kriterler doğrultusunda Elektronik Tıbbi Kayıt Uyum Modeli (EMRAM) sistemini geliştirilmişlerdir. EMRAM modeline göre hastaneler kullandıkları dijital yöntemlere göre 0. Seviyeden 7. Seviyeye kadar derecelendirilir. Buna göre 6. ve 7. Seviye olarak değerlendirilen hastanelere HIMSS tarafından uluslararası dijital hastane kalite ve akreditasyon belgesi verilir (Aslan ve Güzel, 2019). HIMSS hastanelerin gelişen teknolojiye uyum göstermesinde sağlık idarecilerini verimliliğin sağlanması için uygulayacağı stratejik planlamada EMRAM kriterleri yol gösterici olacaktır. EMRAM, sağlık hizmeti sunucularının, hastaların, bilişim hizmetlerinin sağlık idaresi etrafında birleşmesinin yansıra laboratuvar, radyoloji gibi farklı hizmet kollarının birlikte çalışabilmesini amaçlar. Hekimin dijital ortamda veri girişi yapabilmesi hastanın vital bulgularını elektronik ortamda görebilmesi, hastanın alerjik reaksiyon ya da olumsuz ilaç etkileşimlerinden etkilenmemesi için klinik karar destek sistemleri ile akıllı ilaç yönetimi sistemleri hastanın güvenliğini sağlamak amacıyla EMRAM kriterleri doğrultusunda belirlenmiştir (Ak, 2013).

Kağıtsız Dijital hastane ile sağlık hizmeti sunucularının iş yükü azalır ve bilgiye farklı yerlerden ulaşım sağlanması ile verimlilik artırılmaktadır. Bu nedenlerden ötürü EMRAM dijital sağlık yöneticiliği alanında yol göstericidir. Yenilenen teknoloji ile 2018 yılında EMRAM kriterlerinde değişiklikler meydana gelmiştir. Artık teknoloji ile değil teknolojinin hizmet üzerinde etkisi odak noktası olmuştur. Hastaya sunulan hizmetin kalitesi ön plandadır. Hastaların kişisel veri güvenliği ile sağlık hizmetini sağlayan farklı hizmet alanlarının birbirleriyle koordineli bir şekilde çalışması hedeflenmektedir. Buna göre EMRAM ölçütleri; tüm dünyada aynı standartta uygulanabilecek biçimde düzenlendi (Karaağaç, 2019). Böylece, 2018’de eklenen kriterlerle birlikte EMRAM seviyeleri ve gerektirdikleri aşağıdaki gibidir.

0. Seviye: Hastanelerde en temel üç hizmet alanı olan Laboratuvar, eczane ve radyoloji bölümlerinin olmadığı ya da hizmet süreçlerinin dijital ortamda yer almadığı hastane gruplarıdır (Karaağaç, 2019).

1. Seviye: Bu hastane gruplarında Laboratuvar, eczane ve radyoloji sağlık hizmetleri süreçleri dijital ortamda sunulmaktadır. PACS (Görüntü Arşivleme ve İletişim Sistemi), DICOM (Dijital Görüntülerin Arşivlenmesi) sistemleri yer alır (Karaağaç, 2019).

2. Seviye: Bu hastane gruplarında hastalar için elektronik sağlık kaydı oluşturulmaktadır. Elektronik hasta kaydında yer alan sağlık verileri birimler arasında transfer edilebilmektedir. Elektronik hasta kaydı verileri oluşturulurken tıbbi terminoloji kullanılmaktadır. Terimlerin farklılığından kaynaklanabilecek tıbbi hatalar böylece azalmış olur. Ayrıca bu hastane gruplarında karar destek sistemleri kullanılmaktadır. Bu sistem entegrasyonu için şifreleme politikası oluşturulmalıdır. Bu sayede kullanıcı güvenliği sağlanır (Karaağaç, 2019).

3. Seviye: Bu hastane gruplarında klasik istem (e-order) veri girişi mevcuttur. Klinik karar destek sistemleri kullanılmaktadır. Klinik karar destek sistemleri Pasif karar destek sistemleri ve Aktif karar destek sistemleri olmak üzere iki gruba ayrılır. Pasif Karar Destek Sistemleri, doktora hasta ile ilgili tüm bilgileri sunmaktadır. Aktif Karar Destek Sistemleri ise doktorun teşhis ve tedavi sürecinde karar vermesinde yol göstermektedir. Hastanın verileri dijital ortamda Karar Destek Sistemleri olasılık algoritmaları hesaplamaları ile hekimin karar vermesinde yardımcı olur. Elektronik

ilaç sistemi kullanılır. Hastane Bilgi Güvenlik Yönetim sistemi ile güvenlik sağlanmaktadır. Siber saldırı tespit sistemi yer alır (Hanaylı vd., 2017).

4. Seviye: Radyoloji, laboratuvar, ameliyathane gibi servisler için Bilgisayarlı Doktor İstem Girişi ve/veya e-reçete, tıbbi dokümantasyon hizmetine ve elektronik hasta kayıtları ile klinik veri saklama deposuna eklenmiştir (Hanaylı vd., 2017).

5. Seviye: Bu düzey hastanelerde tam donanımlı ve sürümlü bir PACS sistemi iç ağ (intranet) aracılığı ile hekimlerin medikal görüntülere erişimini sağlamakta ve film ortamındaki bütün görüntüler dijital ortamda yer alır (Ak, 2013).

6. Seviye: Bu hastanelerde tam donanımlı ve sürümlü bir hekim dokümantasyon sistemi mevcuttur. Kapalı devre ilaç yönetimi ile elektronik ilaç yönetim kaydı uygulanmaktadır. Bilgisayarlı Hekim İstem Girişi/e-Reçete ve/veya eczane ile entegreli çalışmaktadır. Bu sayede hastanın ilaç güvenliği maksimum düzeydedir. Barkodlama ya da RFID (radyo frekanslı kimlik tanımlama) otomasyonlu tanımlama teknolojileri dağıtım sistemleri kullanılmaktadır (Ak, 2013).

7. Seviye: Bu hastanelerde kağıt kullanılmamaktadır. Elektronik sağlık kayıt sisteminde gizli bilgi, tıbbi belge ve görüntülerden oluşan bir veri alanı mevcuttur. Klinik veri depoları kullanılmaktadır. Hastane, tüm kurumsal hizmetleri için veri sürekliliği sağlamaktadır. Tıbbi bilgi, standart elektronik işlemler aracılığıyla hastaya müdahale etmeye yetkisi olan tüm birimler ile ya da bir sağlık bilişim sistemi ile anında paylaşılabilir (Ak, 2013). Türkiye’de EMRAM 7. Seviye akreditasyon belgesi alan hastaneler Sakarya Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi, Düzce Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi, Yozgat Şehir Hastanesi, İzmir Tire Devlet Hastanesi, İzmir Ödemiş Devlet Hastanesi ve İstanbul Bahçelievler Devlet Hastanesidir (<https://dijitalhastane.saglik.gov.tr>). HIMMS EMRAM kriterleri sağlık hizmetlerinin verimliliğini ölçen bir modelledir. Türkiye’de ilk dijital pilot uygulaması 2012’de Ankara Gazi Mustafa Kemal Hastanesinde başladı. 2013’te HIMMS’ e akreditasyon için yapılan başvuru sonucu 6. seviye dijital hastane olarak belgelenmiş Türk hastanesidir. 25-27 Ekim 2018’de İstanbul’da, gerçekleşen HIMSS 18 Eurasia Sağlık Bilişimi Fuarı ve EMRAM Eğitim Konferansı ile en büyük uluslararası sağlık bilişimi etkinliği olarak e-sağlık hizmetleri, siber güvenlik, teletıp, EMRAM kriterleri, kişiye özel tıp uygulamaları gibi konular tartışıldı (<https://dijitalhastane.saglik.gov.tr>).

2021 itibariyle Türkiye’de 6 tane 7. seviye hastane bulunmaktadır Türkiye, sağlıkta dijitalleşme ile HIMSS EMRAM seviye 6 ve 7 alan 177 hastanesi ile Amerika’dan sonra dünya liderliğini almıştır. Sağlık bilişimi ve teknolojilerindeki başarısıyla Avrupa liderliğini sürdüren Türkiye, HIMSS EMRAM kriterlerine göre Seviye 6 akreditasyonu alan hastane sayısı 163’ten 167’ye, Seviye 7 hastane akreditasyonu alan hastane sayısı 5’e yükseldi (Avaner vd.,2018). Dijital hastanelerin sağlık hizmetine sağlayacağı etkilerin önemli göstergesi de hizmetin sonucunda ulaşılan verimlilik düzeyidir. Dijital hastanelerin, hasta ve sağlık hizmeti sunumunu sağlayan sağlık hizmeti sunucularının zaman kaybının önlenmesiyle insan kaynaklarının yetersiz olduğu durumlarda büyük ölçüde fayda sağlamaktadır.

1.4 MHRS (Merkezi Hekim Randevu Sistemi) Nedir?

Sağlıkta dönüşüm programının uygulanması ile sağlık hizmetlerine erişilebilirlik sağlanmıştır. Sağlık Bakanlığı, her hastanenin farklı internet sayfası ve telefon numarası ile randevu vermesi nedeniyle oluşan karmaşıklığı gidermek, sağlık hizmetlerinde yer alan mevcut kaynakların daha verimli ve etkin kullanılmasını sağlamak amacıyla merkezi bir randevu sistemi kurmak için çalışmalara başlamıştır. Tek bir telefon numarası ve internet sayfasından Türkiye ‘deki tüm kamu hastanelerine randevu alabilme olanağı sağlayacak bu sistemin temelleri 2009 yılında Türk Telekom ile yapılan protokolle atılmıştır (Uzun vd., 2017).

MHRS’nin planlanması ve hayata geçirilmesi için ilk önce bu alanda uygulanan sistemler incelenmiş ve Sağlık Bakanlığı’nın hedefine uygun olacak yöntemler belirlenmiştir. Hastane randevu uygulamaların ortak bir fayda sağlaması ve işlevselliği için sistemi basit ve kullanılabilir olarak tasarlamak amacıyla çalışmalara başlandı. Bu amaçla 2009 yılı eylül ayında Sağlık Bakanlığı ile Türk Telekom arasında, 144 kişilik MHRS çağrı merkezi operatörü protokolü imzalandı. Böylece MHRS’nin temelleri atılmış oldu. 23 Şubat 2010’da Erzurum ve Kayseri illerinde pilot olarak uygulanmaya başlanan MHRS uygulaması daha sonra tüm illerde yaygınlaştırıldı. 2012 tarihinde İstanbul’un dâhil edilmesiyle 81 ilde MHRS sistemi kullanılmaya başlandı (Kartal, 2015).

MHRS; vatandaşların Sağlık Bakanlığına bağlı 2. ve 3. Basamak sağlık kuruluşları ile ağız ve diş sağlığı merkezleri için, Alo 182 “MHRS çağrı merkezi”ni

arayarak veya web üzerinden mobil cihazlar yardımıyla istedikleri anda hastane ve hekimden randevu almalarını sağlayan bir dijital sağlık hizmeti uygulamasıdır (Öztaş, 2016). MHRS ile hastalar 182 çağrı merkezini arayarak tedavi olmak istedikleri poliklinikte hastane ve doktorun randevusu dolu ise başka bir doktora veya başka bir hastaneye randevu alabilme olanağına sahip olmuşlardır. Bu sistem web tabanlı mobil cihazlar üzerinde alınan randevular için de geçerlidir. MHRS'nin resmi internet sitesinden ya da resmi mobil uygulamalarından da ülkemizdeki tüm kamu hastanelerine randevu alınabilmektedir (Oyman, 2019).

1.4.1 Mhrs' nin Yapısı

Merkezi Hekim Randevu Sistemi yapısı 3'e ayrılmaktadır. Bu yapılar; teknik alt yapı ve sistem yönetimi, çağrı operatör merkezleri ve sağlık hizmeti sunan kuruluşlardır. Ayrıca, MHRS ile ilgili sorunların giderilmesi amacıyla "MHRS Yardım Masası" oluşturulmuştur. Bu yapılar birbirleri ile entegreli bir şekilde çalışmaktadır (Kartal, 2015). Yapay zekanın sağlık alanında kullanımının en iyi örneğini MHRS teknik alt yapısı üzerinde görmek mümkündür. Sağlık Bakanlığının Türk Telekom iş birliği sonucunda MHRS üzerinden acil servis polikliniklerine başvuran hasta sayısından kapasite tahmini yapılmaktadır ve ilaç kullanım tahmini raporları oluşturulmaktadır. Böylece kaynakların etkin kullanılıp kullanılmadığı konusunda MHRS sistemi bize bilgi vermektedir. MHRS, Hastane Yönetim Bilgi Sistemi, Kimlik Paylaşım Sistemi ve Çekirdek Kaynak Yönetim Sistemi ile uyumlu bir şekilde çalışmaktadır (Akalin ve Veranyurt, 2020). MHRS sistemi ile Hastane Bilgi Yönetim Sistemi (HBYS) koordineli bir şekilde çalışmazsa hastalar hastaneye geldiklerinde randevularını göremezler. Sağlık Kuruluşları da randevu sayıları, muayene sayıları, gerçekleşen, gerçekleşmeyen ve iptal edilen randevular, randevu oranları ve kapasiteleri gibi verileri sistem üzerinden gönderemezler. MHRS koordinatörü sorumlusu ve hastane koordinatörleri sistemin etkin ve verimli çalışmasını sağlamaktadır (Kurşun ve Kaygısız, 2018).

MHRS yapısı içindeki en önemli paydaş kamu hastaneleridir. Hastaneler, MHRS-HBYS uyumunun sağlanması, hekim aylık çalışma cetvellerinin hazırlanması, randevu sayıları, muayene sayıları, gerçekleşen, gerçekleşmeyen ve iptal edilen randevular, randevu oranları ve kapasiteleri gibi verilerin sistem

yönetimine bildirilmektedir. Hastane yöneticileri, randevu ile gelen hastaların, randevu saatinde sağlık hizmeti almasını sağlayacak organizasyonu oluşturmak ve idare etmekle sorumludur (Oyman, 2019).

MHRS'nin etkin ve verimli uygulanması hastane yöneticileri açısından oldukça önemlidir. MHRS muayene oranı ve kapasite oranı yönetici performans hedeflerinden biri olarak kabul edilmektedir. MHRS'nin etkin ve verimli kullanılması hastanelerin yöneticilerinin performans puanlarını artacaktır. Bu performans puanlandırma hastanenin ilgili ayda sağlık çalışanına dağıtacağı döner sermaye miktarını ve hastane puanını da etkileyecektir. Çağrı operatör merkezleri, hastaların telefon ile randevu almalarını sağlayan birimlerdir. MHRS çağrı merkezi hizmeti için, Erzurum, Ankara, Adıyaman, Bingöl, Bitlis, İstanbul, İzmir ve Rize illerinde 8 ayrı bölge birimi oluşturulmuştur. Vatandaşlar randevu almak amacıyla 182 numaralı MHRS telefonunu aradıklarında, çağrı merkezi çalışanları vatandaşların kimlik bilgileri ile sisteme girip istedikleri hastane ve hekime istedikleri saatte randevu alabilmektedirler (Aksu vd., 2018).

1.4.2 MHRS' nin Avantajları ve Dezavantajları

2012 yılından beri MHRS projesi ile hastane önlerindeki kuyrukların azaldığı, hasta, sağlık çalışanları ve hastanenin zamanını daha etkin kullandığı öte yandan sağlık personeli istihdamı, tıbbi cihaz ihtiyaçlarının belirlenmesi ve sağlık politikalarının geliştirilmesinde karar vericilere yol göstermektedir. MHRS, hastanelerde daha iyi bir kaynak planlanması yapılmasını sağlamaktadır. Böylece hasta memnuniyeti gerçekleşir. Merkezi hekim randevu sistemi verileriyle, kaynak kullanımını ve dağıtımını ölçülmektedir. Doğru kullanılacak bir randevu sistemiyle kimlere hangi sağlık hizmetlerinin verileceği önceden planlanabilecektir. Etkin ve verimli bir sağlık hizmetiyle atıl hizmet kapasitesi minimuma indirilebilecektir. Sağlık hizmetleri sunumunda, verim ve kalitenin artması MHRS'nin sağladığı en önemli faydadır (Evirgen ve Yorulmaz, 2019).

Türkiye kamu sağlık kuruluşlarının randevu sistemi MHRS'nin merkezi olması hastalar açısından kolaylık sağlarken sistem açısından bazı sorunları beraberinde getirmektedir. MHRS'nin dezavantajları şunlardır:

- Hastanelerin kendi randevu sistemlerinin olması MHRS'nin etkinliğini azaltmaktadır. MHRS'nin yanında hastanenin de kendi randevu havuzunun eklenmesi sistemin etkililiğini azaltır. Bu durum karışıklığa da sebep olmaktadır (Kartal, 2015).
- MHRS kullanılmadan hastanın hastaneye giderek yaptığı şahsen başvurular ile alınan muayene randevuları MHRS sisteminin başarı oranını azaltmaktadır. Hala bazı sağlık kuruluşlarında kuyruk sıraları sabahın erken saatlerinde oluşmaktadır (Alagöz, 2013).
- MHRS 'de hastaya 20 gün sonraya randevu verilmesi, hastanın randevu gününe kadar sağlık sorununu çözmesi ile hastalar randevu tarihine gelmeme sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Hastalar muayene olmak istediği gün MHRS 'den randevu hizmeti alamadıkları için, sağlık kuruluşuna şahsen başvurup randevu talep etmektedirler (Kıraç, 2019).
- Hekim sayısının azlığı ve hekimlerin geçici atamaları MHRS'nin en önemli sorunlarından biridir. Kamu hastanelerinde hekim sayısının azlığı halkın sağlık hizmeti talebinin karşılanamamasına neden olmaktadır. Bu durum hastaların randevu alamama sorununu ortaya çıkarmaktadır. Vatandaşlar randevu almak için 182 çağrı merkezi operatörünü aradıklarında ya da MHRS'nin web sitesini ziyaret ettiklerinde talep etikleri hastanelerdeki randevu gününü 15 gün sonrasına kadar dolu olduğu görülmektedir. Dolayısıyla hastanelere şahsen başvuru yapıp muayene olmayı denemektedirler. Bir diğer alternatif ise acil servislerde muayene olma yolunu tercih etmektedirler. İl içinde hekimlerin geçici görevlendirilmeleri MHRS açısından sorun teşkil etmektedir. Hastalar bu nedenle daha önce muayene oldukları doktora randevu alamamaktadırlar (Kıraç, 2019).
- Kamu hastanelerinde en büyük randevu sorunu hekim sayısının oldukça az olduğu branşlarda yaşanmaktadır. Endokrinoloji, çocuk psikiyatri, çocuk nöroloji, pedodonti, periodontoloji, çene cerrahisi gibi branş dallarında hekim sayısı oldukça düşük olduğundan talep karşılanamamaktadır. Bu nedenden ötürü vatandaşlar bu branşlara randevu alamamaktadırlar (Kartal, 2015).

İKİNCİ BÖLÜM

SAĞLIK İŞLETMELERİNDE VERİMLİLİK VE VERİMLİLİK ANALİZLERİ

Sağlık kurumları hasta profili anlayışıyla yönetilmektedir. Bu sistem anlayışıyla yönetilen sağlık işletmeleri verimliliklerini artırmak için maliyeti azaltma yoluna gideceklerdir. Bu yönetim anlayışı özel sektörde yer alan sağlık işletmeleri için geçerlidir. Özel sektörde yer alan sağlık işletmeleri bundan ötürü sağlık sektörünü ticari bir alan olarak değerlendirmemelidir. Çünkü önemli olan insan sağlığıdır. Sağlık hizmetleri, toplumsal bir fayda sunmalıdır. Toplumsal yararı ön planda tutulmalıdır. Kamu hastaneleri bu anlayışla yönetilmektedir (Kutlar ve Kartal, 2004). Diğer sektörlerde olduğu gibi sağlık sektöründe de sağlık işletmeleri çağdaş yönetim yaklaşımlarıyla yönetilerek sağlık hizmetlerinde beklenen kalite ve verimliliği elde edebilmektedir. Sağlık işletmelerinin bunu başarabilmesi için hizmet üretiminden sunumuna kadar çağdaş yönetim anlayışı olan toplam kalite yönetiminin ilkelerine göre tüm girdileri ve süreçleri belli standartlara göre sağlamalıdır. Akreditasyon uygulamalarıyla girdiler kontrol edilmeli, her türlü hizmeti ölçebilecek standartlar oluşturulmalıdır. Son yıllarda artan nüfus sağlık hizmetine olan talebi artırmıştır (Şenol, 2017).

Sağlık alanında kullanılan teknolojik cihazların maliyeti fazladır. Bundan dolayı sağlık sektörü en çok kaynak harcayan ekonomi alanlarından biridir. Bu nedenle hastaneler başta olmak üzere sağlık işletmelerinde, kaynakların hangi ölçüde verimli kullanıldıklarının saptanması, mevcut verimliliğin artırılması ve kaynak israfının önlenmesi büyük önem taşır (Şahin, 1998). Verimlilik girdi/çıktı oranı şeklinde tanımlanmaktadır. Verimlilik tanımının sağlık işletmelerinde uygulanması zordur. Çünkü sağlık işletmelerinde belirlenen girdi ve çıktılarının tanımlanması konusunda literatürde görüş birliğine varılmamıştır. Sağlık hizmetlerinde önceden planlanabilen girdilere personel, tıbbi teçhizat ve malzeme örnek olarak gösterilebilir. Gelişen teknoloji ile ortaya çıkan yeni tedavi yöntemleri ve ilaçların önceden bilinmesi güçtür. Sağlık işletmelerinde çıktı olarak sağlık hizmeti ele alınır. Sağlık işletmelerinde tedavi edilen hasta sayısı, hastaya ayrılan hizmet süresi, hasta

başına ortalama yatış süresi, enfeksiyon hızı, ölüm hızı, personel devir hızı gibi göstergeler çıktı olarak ele alınmaktadır. Hasta bakımı ve eğitim araştırma hizmetleri de çıktı olarak ele alınır (Dikmetaş, 2008).

Çıktı olarak somut göstergeler sayısallaştırılabildiği için ölçülebilir. Ancak eğitim araştırma hizmetlerinde araştırma hizmetlerinin uzun süreli olmasından ötürü ölçümü güçtür. Sağlık hizmetlerini standartlaştırmak güçtür. Aynı serviste yatan hastalar bile farklı sağlık hizmetlerine gereksinim duymaktadır. Bu gereksinimleri giderebilmek için farklı oranlarda sermaye ve iş gücü giderlerine gereksinim vardır. Sağlık işletmeleri bir çok farklı hizmeti bir arada sundukları için işletmelerin toplam verimliliğinin ölçülmesi oldukça zor olmaktadır. Verimlilik kavramı ise sektörden sektöre farklı anlamlar taşımaktadır (Öktem, Çakmak , ve Ömürgönülşen, 2009).

Artan sağlık harcamaları karşısında sahip olunan kaynakların sınırlı olması sağlık işletmelerini daha verimli çalışmaya zorlamaktadır. Kaynak dağılımında verilen yanlış bir karar sağlık hizmeti alan bireyin ihtiyaç duyduğu hizmeti alamamasına neden olmaktadır. Sağlık işletmelerinin amaçlarına ulaşabilmesi için politika yapıcıların ve yöneticilerin rasyonel karar vermesi ve kaynakları en etkili şekilde kullanabilmesi sağlanmalıdır. Sağlık işletmelerinin genel olarak girdi ve çıktı faktörleri tanımlanmalı ve somutlaştırılmalıdır. Bu unsurlar belirlendikten sonra verimlilik analizleri yapılmalıdır (Kerr, Glass, Mccallion, ve McKillop, 1999).

Bu nedenle çalışmanın bu bölümünde verimlilik ve verimliliği etkileyen faktörlerden kısaca bahsedilerek sağlık sektöründe verimlilik kavramı ve verimlilik analizleri üzerinde durulmuştur. Daha sonra ise çalışmanın önemli konusu olan veri zarflama analizi hakkında detaylı bir şekilde bilgi verilmiştir.

2.1. Verimlilik Kavramı

Verimlilik kavramı, insanlık tarihi kadar köklü bir geçmişe sahiptir. Antik çağın filozoflarından Aristothalese göre, “Ulaşmak istediği hedefe kendisini ulaştıracak araçları düşünen, yapan, ihtiyaç halinde de bu araçlar için birikimde bulunan, bu birikimleri kullanarak hedefe ulaşmayı gerçekleştiren tek varlık insandır.” Hedefle araç arasında ilişki kurar. Aklını, zekasını hedefin gerektirdiği araçları yapmakta ve geliştirmekte kullanır. Bu işleri gerçekleştirirken kaynak kullanımını ve ondan elde edeceği maliyet etkinliği üzerinde durur. Kaynak kullanımını

– maliyet ilişkisi ise verimliliğin sonucudur (Sumanth, 1984). Verimlilik verim kelimesinden türetilmiştir. Verimlilik imalat sonucunda ortaya çıkan mal veya hizmettir. Verimlilik aslında ortaya çıkan mal veya hizmetin imalat aşaması sürecidir. İmalat aşaması sürecinde kalite, süreklilik, çevresel etkenler gibi faktörler verimlilik kapsamı içinde değerlendirilmektedir (Şenol, 2017).

Verimlilik dönemlere ve sektörel alanlara göre birçok farklı şekilde tanımlanabilir. 1766 yılında Fizyokrat okulunun kurucusu Quesnay tarafından ilk kez verimlilik “ prodüksiyon becerisi ”olarak tanımlanmıştır. Albert Abraham Aftalion Revue Economique akademik dergisinin kurucusu verimliliği çıktıların kullanılan araçlara oranı şeklinde ifade etmektedir (İleri, 1999). Herbert A. Simon, Donald W. Smithburg ve Victor A. Thompson beraber yazdıkları kitapta, verimliliği, “en az çaba ile en çok iş başarısı” şeklinde ifade etmişlerdir. Gelecek İçin Yönetim adlı kitabıyla tanınan Peter Drucker ise verimliliği, kaynakların en iyi şekilde kullanılarak, yaşam standartlarının iyileştirilmesi ve iş hayatının yeniden yapılanması şeklinde yorumlamıştır (Baytekin, 2006). Fransızca bir sözcük olan produktivite üretim anlamına gelen “Produire” den türetilmektedir. “Productivity” üretken olma, üretkenliğe yatkın nitelikler taşıma anlamlarına gelmektedir. Produktivite Fransız dilinde yeteneği ifade etmektedir. Halbuki verimlilik üretim etkenleri kullanılarak mal üreten bir işletmede pozitif sonuç almaya olanak veren yöntemlerin varlığını ifade eder. Verimlilik kavramı ilk kez 16 yüzyılda Alman mühendis George Bauer tarafından produktivite ile yakın anlamda kullanılmıştır. Verimlilik ingilizce de produktivite kelimesinin eş anlamlısıdır (Odabaşı, 2008). Produktivite kelimesi Türkçe’ de kullanılan yabancı kökenli bir kelimedir. Milli Produktivite Merkezini kuran 17.04.1965 gün ve 580 sayılı kanun, bu kelimeyi yasa ile literatürümüze eklemiştir. Sadece verimlilik kavramının değil, bu kavramla ilişkili kurumun adı olarak da dilimize yerleşmiştir. Hala Türkçe ’de “verimlilik” ile eş anlamlı kelime olarak kullanılır (Gürsoy, 1985).

Günümüz küreselleşen ve değişen ekonomi dünyasında gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ekonominin dinamizmini yansıtan verimlilik kavramı olduğunun farkına varılmış olup, verimlilik kavramı ülkelerin gelişmişlik ve refah seviyesi için büyük önem taşır. Bugünün küreselleşen ve rekabetçi ekonomi piyasasında verimlilik kavramı işletmeler açısından da büyük önem taşır. Çünkü

bugünün rekabetçi piyasasında işletmelerin düşük verimlilik ile uzun dönemde etkin performans göstermeleri olanaksızdır (Özçelik, 2010). Verimlilik ekonomik zenginliğin göstergesidir. Çünkü verimlilik, istenilen çıktıyı elde edebilmek için girdilerin ne kadar etkin kullanıldığını göstermektedir (Cruz ve Avedillo, 1984). Adam Smith, “Ulusların Refahı” adlı yapıtında işgücü ve iş paylaşımı arasındaki ilişkiyi detaylı bir şekilde analiz etmiştir ve verimliliği, dünya genelinde uygulanabilecek bir kavram olarak tavsiye etmiştir (Kara, 2020). Verimlilik, ekonomik faaliyetler sonucu elde edilen sonuçların kıyaslanması sonucu ortaya çıkan pozitif göstergedir (Alp, 2003). Verimlilik mal veya hizmet sisteminin ürettiği çıktı bu çıktıyı oluşturmak için kullanılan girdi arasındaki ilişkidir. Verimlilik, çeşitli mal ve hizmetlerin imalattaki emek, sermaye, arazi, malzeme, enerji, bilgi faktör kullanımı olarak tanımlanabilir. Verimlilik, hasılanın girdi ve girdi toplamına oranıdır. İmal edilen mal ve hizmetlerin miktarı ile bu imalatta kullanılan girdi miktarları arasındaki ilişkidir. Kapsamlı olarak incelediğimizde, doğada sınırlı olarak bulunan ve insan gereksinimlerinin tatmini için imalatta kullanılan kaynakların etkili bir ölçümüdür (Kök ve Deliktaş, 2003). Bu ilişki genellikle şu şekilde ifade edilir; Verimlilik = Çıktı / Girdi (Prokopenko, 2005)

Verimlilik, müşteri memnuniyeti, kalite, maliyet etkililiği gibi olguları içermektedir. Bu olgular işletmelerin küresel pazara hakim olmasını rekabet piyasasında güç kazanmasını destekler. Gelişen endüstriyel teknoloji hızlı küreselleşmeyi beraberinde getirerek yeni piyasa şartlarını yaratmıştır. Ulusal ve uluslararası pazar ve sektörlerin yapısı değişti ve üretim sistemleri mal ve hizmetleri, bilgiyi, finansmanı ve ticaretle ilgili diğer faktörleri hedef aldı. Rekabet gücü giderek artan kaliteyle birlikte teknolojik yeniliklerle ürün ve hizmetin farklılaşmasıyla kendini göstermektedir (Özçelik, 2010).

Küresel rekabet piyasasında rekabetçiliğin temel hedeflerinden biri toplam verimliliği artırmadır. Küresel pazarın, değişen dış ortam ve yeni problemler sebebiyle farklı zamanlarda farklı yaklaşımlara gereksinimi vardır. İşletmelerin küresel pazarda avantajlı konuma gelebilmesi için verimliliği etkileyen temel faktörleri ve stratejileri belirlemeli ve kendi problemine ve çevresine göre kendi stratejik planını oluşturmalıdır.

2.1.1 Verimlilikle Karıştırılan Kavramlar

Verimlilik ile ilişkili olan ancak aynı anlama gelmeyen bazı kavramlar bulunmaktadır. Verimlilik ile aynı anlamda kullanılan bu kavramlar;

Verim: Verim üretim sonunda elde edilen çıktı miktarına denir. Verimlilik ise girdi/çıktı oranıdır. Yani verimde sadece çıktı ele alınır. Verimlilikte ise hem girdi hem çıktı birlikte değerlendirilir (Öner, 2010).

Etkinlik: Verimlilik ve etkinlik kavramları birbirlerinden farklıdır. Etkinlik, en iyi üretim yöntem ve teknikleri kullanılarak elde edilen en yüksek çıktının fiili çıktıya olan oranı ile ya da bir işletmenin veri, girdi, gelişmiş teknolojiyle en yüksek çıktıyı üretmedeki kapasite ve istekliliği olarak tanımlanmaktadır (Dikmetaş, 2008). İşletme yöneticiliği açısından etkinlik, işletmenin çıktılarına odaklanmaktadır. Gerçekleşen ve beklenen çıktıların birbirine oranı şeklinde de tanımlanabilir. Etkinlik, örgütsel hedefleri gerçekleştirebilmek amacıyla örgütsel kaynakların en uygun şekilde kullanılmasıdır. Verimlilik işin doğru yapılmasıdır. Etkinlik ise doğru işlerin nasıl yapılacağı yani işin yapılış tekniği ile ilgilidir (Günay M. , 2010).

Etkililik: İşletmelerin gerçekleştirdikleri faaliyetler sonucunda amaçlara ulaşabilme derecesini belirleyen bir performans ölçütüdür. Etkililik çıktılarıyla ilgili bir ifadedir. Etkililik, belirlenen hedeflerin başarılmaması; etkinlik ise çıktıları en az kaynakla başarma düzeyi olarak tanımlanmaktadır. Etkililik elde edilen çıktıların planlanan çıktılarıyla yakın sonuçlar elde edilip edilmediğini göstermektedir (Yükçü ve Atağan, 2009).

2.1.2. Verimlilik Ölçüm Türleri

Verimlilik ölçümleri üçe ayrılır: Bunlar; kısmi verimlilik, toplam faktör verimliliği ve toplam verimlilik ölçümleridir (Yükçü ve Atağan, 2009). Kullanılan verimlilik ölçüm türleri ölçüm amacına göre değişiklik göstermektedir.

Kısmi Verimlilik: İşletmeler açısından kısmi verimlilik incelendiğinde işletmenin tek bir girdisinin verimliliğini ölçmek için kullanılır. Girdiler tek tek ele alınmaktadır. Tek girdi ile ortalama verimlilik ölçülmektedir. Ölçümün temel hedefi girdiler esas alınarak bir malzemenin verimliliğinin ölçülmesidir (Yükçü ve Atağan, 2009).

Toplam Faktör Verimliliği: Girdilerin verimlilikleri teknik verimlilik ölçümlerinde tek tek ele alınmaktadır. Bu girdilerin verimliliklerinin toplamı işletmelerin genel verimliliği hakkında doğru ve etkili sonuçlar vermemektedir. Bu sebeple üretim sürecinde yer alan üretim faktörleri uygun miktarda ele alınarak tek bir girdi ya da tek bir çıktıya dönüştürülür. Dönüştürülen bu girdilerin birbiri ile oranlanması toplam faktör verimliliğini oluşturur. (Dikmetaş, 2008). Bu yöntemin dezavantajlarından biri, farklı özelliklere sahip olan girdi ve çıktı faktörlerini nasıl toplanacağı konusunda belirli bir standard şekli yoktur. Başka bir deyişle, faktörlere uygulanacak katsayılar belirsizdir.

Toplam Verimlilik: Toplam Faktör Verimliliğindeki gibi tüm imalat faktörlerinin genel ortalaması veya kısmi verimlilikte olduğu gibi yalnızca bir imalat faktörünün değil de birkaç imalat faktörünün bir arada hesaplanmasıdır. Bir işletmenin genel verimliliği hakkında bilgi sahibi olabilmek için tüm girdi ve çıktıları dikkate alarak toplam verimlilik ölçümü kullanılır. (Sevimli, 2013). Toplam verimlilik ölçüsü teknik verimlilik, yapısal verimlilik ve kaynak dağılım verimliliği olmak üzere üçe ayrılır. Teknik verimlilik, verilen bir girdi miktarından en yüksek düzeyde elde edilen çıktı üretimi ya da verilen her bir çıktı üretimini en az girdi miktarı ile üretmektir.

2.1.3 Verimliliğin Önemi

Ulusal ve uluslararası pazarda üretim yapılabilmesi amacıyla üretimin sağlanabilmesi için kullanılan hammadde ve malzemede kıtlık meydana gelmesi ile kullanılan hammadde ve malzemede fiyat artışı olmuştur. Gelişmiş ülkelerde kaynakların daha verimli nasıl kullanırım sorusu bu nedenle gündeme gelmiştir. İşletme uluslararası pazarda satış yapmak amacıyla üretim yapmaktadır. İşletme kar oranını arttırmak ve diğer işletmelere karşı rekabet üstünlüğü sağlayabilmesi için üretim sürecinde kullandığı tüm kaynakları verimli bir şekilde değerlendirmelidir (İbicioğlu, 1993). Aynı şekilde toplumların refah düzeyinin artırılması ülkelerin ekonomisine bağlıdır. Bundan ötürü ülkeler kaynaklarını verimli bir şekilde kullanmalıdır. Verimlilik yatırım ve gelir politikalarında belirleyicidir. Ülkelerarası ekonomik karşılaştırmalarda kullanılan faktörlerden biridir. Verimlilik ve ekonomik kalkınma biriyile bağlantılıdır. Ülke ekonomisinde işsizlik, enflasyon ve döviz kuru

gibi göstergeler içinde verimliliğin önemi büyüktür. Verimlilik artışı ile beraber reel gelirden artış söz konusudur. Artan reel gelirle birlikte tasarruf ve harcamalarda artacaktır. Bundan ötürü yatırımlarda artış meydana gelecektir. Verimlilik artışı ile fiyatta azalış ortaya çıkar. Böylece talep artar. Talep artışı AR-GE (Araştırma ve Geliştirme) verilen önemi artırır. Gelişen teknoloji verimliliğin ve talebin artmasına yol açar. Az maliyetle daha çok satın alabilen tüketici için refah düzeyinde artış sağlanır (Pekiner, 1971). Verimlilik üretim miktarının belirlenmesi ve ülkelerarası karşılaştırmalar yönüyle ulusal ekonomileri; İşletme yöneticiliği, kar-zarar ve başarı düzeyinin belirlenmesi açısından işletmeleri etkiler (Şenol, 2017).

İşletmeler sürdürülebilirliğini sağlayabilmek için kar elde etmelidir. Bu nedenle işletmelerin tutarlı ve rasyonel bir biçimde karar alması önemlidir. Verimlilik işletmenin başarısını ve kar elde etme oranını gösterir. İşletmeler teknolojik gelişmelere uyum sağlayarak rekabet ortamında var olabilmektedir. İşletmeler teknolojik yeniliklere uyum sağlamasıyla maliyette düşüş ve birim üründen kullanılan girdi miktarında azalma meydana gelir. Verimlilik girdi/çıktı oranıdır. İşletmenin başarısı verimlilik artışına bağlıdır. Az girdi ile çok çıktı meydana gelmesi işletmenin verimli çalıştığını gösterir. İşletme yöneticiliği açısından verimlilik belirleyici bir unsurdur (Dinçer ve Fidan, 2005). İşletmelerde girdi-çıktı oranları işletme yöneticisi için bir denetim aracıdır. İşletme yöneticisi veriler doğrultusunda işletme ile ilgili karar alması rasyonelliği sağlar. Hızlı küreselleşme ile beraber yeni piyasa şartları ortaya çıkmıştır. Küresel ekonomide rekabetçilik sürekli değişen piyasa koşullarına göre en avantajlı konumu alma yeteneğidir. Rekabetçiliğin en önemli faktörlerinden biri verimliliği arttırmaktır. Değişen piyasa koşulları ile beraber üretim teknikleri ve organizasyonlarında da değişim meydana gelmiştir. Verimlilik ile ilgili kavramsal ve teknik değişim sanayi devrimiyle başlamış ve günümüzde de bu değişim hala devam etmektedir. Ülkelerin küresel ekonomiye adapte olmasında verimlilik önemli bir rol oynamaktadır (Sevimli, 2013).

Verimlilik ulusal kalkınma ve işletmenin devamlılığı için temel bir kaynaktır. Başarılı işletmeler için verimlilik iş stratejisinin bir parçası olup değişen koşullara uyum sağlamada dinamik bir unsur olarak ele alınır. İşletme verimliliği etkileyen temel faktörleri belirler. Bu doğrultuda strateji oluşturur. Günümüzde teknoloji alanında yaşanan hızlı ve sürekli değişim işletmeleri derinden etkilemektedir.

İşletmeler dolayısıyla esnek olmalıdır. Başarılı işletmeler ürün, hizmet ve organizasyon yapılarında değişiklik yaratacak stratejiler geliştirir. Başarılı işletmeler rekabet ortamında sürdürülebilirliği devam ettirebilmek için verimlilik artırıcı yenilikçi stratejiler tasarlamaktadır (Seyhan ve Kara, 2016). Günümüzde sürekli değişim gösteren müşteri tercih ve beklentileri yönünde ortaya çıkan yeni üretim şekilleri ve çalışma yöntemleri, verimliliği arttırmaya yönelik teknikler geliştirilmeli ve uygulanmalıdır.

2.1.4. Verimliliği Etkileyen Faktörler

İşletmeyi etkileyen faktörler bulunduğu çevreyle değerlendirilmelidir. Buradaki çevresel faktörler içsel ve dışsal faktörler olmak üzere ikiye ayrılır. İçsel faktörler işletme tarafından kontrol edilebilen unsurlardır. Dışsal faktörler ise işletmenin kontrol ve denetiminde olmayan unsurlardır (Prokopenko, 2005).

2.1.4.1. İçsel Faktörler

İçsel faktörler işletmenin denetimindedir. İçsel faktörlerden bazıları işletme tarafından kolayca değiştirilebilir. Bundan ötürü ikiye ayrılır: Birincisi katı faktörler, ikincisi esnek faktörlerdir (Sevimli, 2013).

2.1.4.1.1 Katı Faktörler

Katı faktörler işletme tarafından kolay değiştirilemezler. Katı faktörler; hammadde ve malzeme, ürün, teknoloji fabrika ve teçhizatı kapsamaktadır (Sevimli, 2013).

Ürün: Müşteri istek ve ihtiyaçlarını karşılamak için pazara sunulan herhangi bir şeye ürün denir. Ürün faktör verimliliği, ürünün çıktı için gerekli özelliklere uygun olma düzeyidir. Müşterinin belli kalitedeki ürünü ödemeye hazır olduğu miktara “Kullanım değeri” denir. Bu kullanım değeri daha iyi tasarım ve özelliklerle artırılabilir. Ürün; yer, zaman ve fiyat faydası özelliklerini taşımalıdır. Yani, ürün, uygun fiyatla, doğru yer zamanda hazır bir şekilde bulunmalıdır. Özellikle “miktar faktörü”, üretim hacminde meydana gelen artışlar sebebiyle ölçek ekonomileri

konusunda daha iyi bir bilgi vermektedir. Aynı maliyetle daha çok fayda sağlanarak fayda maliyet faktörü artırılabilir (Özbek, 2007).

Fabrika ve Teçhizat: “Verimlilik arttırmada önemli olan nokta iyi bir bakım sisteminin kurulması, fabrika ve teçhizatın en yüksek kapasite ile çalıştırılması, sorunları gidererek ve düzeltici tedbirler alarak fabrika kapasitesinin artırılması ile boş zamanların azaltılması ve fabrika kapasitesinin daha verimli kullanılması amaçlanır. Fabrika ve teçhizat verimliliği; malzeme kullanımı, maliyet, fabrikada üretilen ürün, stok kontrol, üretim planlama ve denetim gibi konulara özen gösterilerek artırılabilir (Şenol, 2017).

Teknoloji: Teknolojik alanda meydana gelen gelişmeler, yüksek verimliliğin önemli bir kaynağıdır. Girdi miktarındaki azalış ve çıktı miktarındaki artış, toplam kalite yönetimi uygulamaları, farklı pazarlama yöntemleri, bilgi iletişim teknolojileriyle işletme yönetiminde yer almaya başladı. Bilgi iletişim teknolojileri ile işletmelerde depolama, üretim süreçlerinde iyileşme ve kalite artışı meydana geldi. Teknolojik gelişmelerle işletmelerde önemli verimlilik artışları sağlanmıştır. Günümüzde işletmeler teknolojik yeniliklere uyum sağlamadıkça başarılı olamazlar İşletmelerde verimliliğin uygulanmasıyla tüm işletmelerin amacı olan; daha hızlı, daha kaliteli ve daha ucuz üretim, ancak, teknolojinin üretim süreçlerinde kusursuz biçimde uygulanması sonucunda gerçekleşir (Karadal ve Türk, 2008). İşletmelerin, rekabet üstünlüğü elde edebilmesi ve bu üstünlüğü sürdürebilmesi için teknoloji yönetimine ihtiyaç duymaktadır. İşletmeler üretimini ve yatırımını elinde bulunan teknolojiye göre düzenleyebilir. Teknoloji fiziksel ve kuramsal olmak üzere iki boyutta ele alınır. Teknolojinin fiziksel tarafı teknolojik aletleri oluştururken, kuramsal tarafını ise teknolojinin kullanıldığı iş alanına göre öğrenme teknikleri ya da yönetim biçimleri oluşturmaktadır. Robotlar teknolojinin fiziksel tarafıdır. Bu robotları kullanabilmek için teknik bilgi gerekmektedir. Programlama bilgisine sahip yetenekli insanların bu robotları kullanabilmesi teknolojinin kuramsal boyutuna örnek olarak gösterilmektedir (Tekin, Güleş, ve Öğüt, 2010). İşletmelerin küresel pazarda başarılı olabilmesi için yeni teknolojiler keşfedip uygulamaya konulmasında rakiplerinden hızlı olmak zorundadır. Günümüzde endüstriler teknolojik tabanlı rekabetle karşı karşıyadır. Bundan ötürü işletmelerde teknolojiye adapte olanlar yarışı kazanacak, geride kalanlar ise kaybedecektir. Yani teknolojiyi iyi kullanıp, üretip ve buna uyum

sağlayan işletmeler rekabet üstünlüğü elde ederek sürdürülebilirliğini rekabet piyasasında sağlayacaktır (Dinçer, 2013).

Hammadde ve Malzeme: Üretim sonucunda elde çıktıların pazarda satılabilecek düzeyde, belirli kalite standartlarında olmalıdır. Üretim aşamasında kullanılan hammadde ve malzeme kaliteli olmalıdır. Hammadde ve malzemenin kaliteli olması verimlilik üzerinde olumlu bir etki göstermektedir (Özdemir, 2014).

2.1.4.1.2. Esnek Faktörler

İşletme içerisinde değiştirilebilen faktörlere esnek faktörler denir. Bu faktörler içerisinde insan, örgütsel sistemler, yönetim biçimleri ve iş metotları olarak sıralanmaktadır.

İnsan: İşletmelerin verimliliğini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörler içerisinde insan faktörü en ön planda olan faktörlerden biridir. Çünkü işletmeler amaçlarına çalışanları sayesinde ulaşabilmektedir. Çalışanların çalıştıkları işletmede üstlendikleri rolleri vardır. Bu rollerin iki yönü bulunmaktadır. Bunlar uygunluk ve etkililiktir. Uygunluk, insanların kendilerini işlerine verme derecesidir, İnsanlar sadece çalıştığı iş kolundaki yeteneğiyle değil, çalışma isteği bakımından da farklıdır. Örneğin işçiler motive olmadıkları için işlerini çok fazla çalışmadan da yapabilirler. İşçiler tüm kapasitelerini kullanarak işlerini yaptıklarında bile verim sağlanmayabilir (Özbek, 2007). Bundan ötürü işçilerin verimliliğini arttırabilmek için işçilerin motivasyonu arttırılmalıdır. Motivasyon verimlilik artışının temelidir. İşçilerde verimlilik artışı gözlemlendiğinde ödüllendirme yapılarak motive edilmektedir. İşçilerde başarı güdüsü oluşturularak iş doyumunu sağlanmaktadır. Böylece işletmede verimlilikte artış gözlemlenmektedir (Prokopenko, 2005).

Verimlilik artırma çabalarında insanın oynadığı roldeki ikinci faktör etkililiktir. Etkililik, insan gayretinin çıktı ve kalite için konulan amaçları gerçekleştirme düzeyidir. Etkililik, metot, teknik, kişisel beceri, bilgi, davranış ve yapma yeteneğinin bir işlevidir. Verimli iş yapabilme işletmelerde eğitim ve geliştirme birimi tarafından yapılan iş rotasyonları ve kariyer planlaması ile arttırılması hedeflenmektedir. Ücret ve maaşlar; eğitim ve öğretim, sosyal güvenlik; emeklilik ve ödüller, teşvik planları; katılım ya da birlikte karar verme, iş sözleşmesi

görüşmeleri; yüksek verimlilik için güdüleme, kariyer planlama; işe devamlılık emek verimliliğini artırmak için kullanılacak temel yaklaşım yöntem ve teknikler olarak sıralanmaktadır (Özbek, 2007).

Örgüt ve Sistemler: İyi bir örgütün komut birliği, yetki devri ve kontrol alanı gibi bilinen temel ilkeleri, işletmede uzmanlaşma, iş bölümü, iş birliği sağlamak için geliştirilmiştir. Bir örgütün dinamik bir biçimde çalışması, amaçlarını gerçekleştirmeye yöneltilmesi ve yeni hedeflerini gerçekleştirebilmesi için zaman zaman yeniden örgütlenmelidir. Örgütlerde görülen düşük verimliliğin sebebi, örgütlenmenin katılığıdır. Örgütlenme katılığı yaşayan örgütler pazarda yaşanan değişimleri anlayamadıklarından ötürü pazar değişimine yanıt verememektedir. Teknolojik yeni gelişmelerin ve dışsal faktörlerin farkında değildirler (Özdemir, 2007). Bu tür örgütlerde yatay iletişim eksikliği mevcuttur. Yatay iletişim süreci karar alma aşamasını yavaşlatır. Bundan ötürü bürokrasi işlemleri uzar. Meslek alanlarına ya da fonksiyonlarına göre bölünme değişimi engellemektedir. Örneğin, karar alma süreçleri, var olan belli bir teknolojiye, belli bir ürün ya da hizmet harcamasına göre tasarlanabilir. Koşulların değişimi karşısında yöneticiler değişimi gerçekleştirmek istemediklerinden ötürü aynı prosedürler uygulanmaya devam etmektedir. Verimliliği en üst dereceye çıkartmak için, sistem tasarımı dinamik ve esnek olmalıdır (Şenol, 2017).

İş Metotları: Sermayenin kıt, teknolojik gelişmelerle oluşturulan yöntemlerin etkili olduğu gelişmekte olan ekonomilerde, geliştirilmiş iş yöntemleri verimlilik artışı için en uygun alanı oluşturmaktadır. İş metodu teknikleri, işin yapılma şeklini, insanın yaptığı hareketleri, kullanılan araçları, işyeri düzenini, stok kontrol ve makinelerin kullanım tarzını geliştirerek, elde yapılan işlerin verimliliğini artırmayı hedefler. Var olan yöntemlerle sistematik analiz yapılarak gereksiz işlemler ortadan kaldırılır. Böylece işlerin daha az çaba, zaman ve maliyetle yapılması sağlanarak iş yöntemleri geliştirilebilir, iş etüdü, endüstri mühendisliği ve eğitim, iş metotlarını geliştirmede etkili olan temel araçlardır (Sevimli, 2013).

Yönetim Biçimleri: Yönetim biçimleri işletme verimliliğini etkiler. İşletmede yer alan tüm kaynakların etkili kullanımından sorumludur. Mükemmel yönetim biçimi yoktur. Etkililik, yöneticinin bir yönetim biçimini ne zaman, nereye, nasıl ve kime uyguladığına bağlı olarak değişim gösterir. Yönetim biçim ve uygulamaları, örgütsel

tasarım, çalışan politikası, iş tasarımı ve işlemlerin planlanması, bakım ve satın alma politikalarını, sermaye maliyetlerini ve kaynakları, bütçe sistemlerini ve maliyet kontrol biçimlerini etkilemektedir (Prokopenko, 2005).

2.1.4.2 Dışsal Faktörler

İşletmenin denetleyemediği faktörlere dışsal faktörler denir. İşletmeden işletmeye dışsal faktörler değişkenlik gösterir. Bir işletmeyi etkileyen dışsal faktörler başka bir işletmenin dışsal faktörler listesinde yer almayabilir. İşletmenin amaçlarına ulaşması ve ekonomik açıdan kaynaklarını daha verimli kullanabilmesi için sürekli olarak dışsal faktörleri gözlemlemelidir. İşletme yöneticileri dışsal faktörlerde meydana gelen değişimlere karşı tedbirler almalı ve bu değişimleri işletme açısından avantajlı bir hale dönüştürmelidir. Genel olarak dışsal faktörler yapısal düzenlemeler, doğal kaynaklar, devlet ve alt yapı olarak üç grupta incelenir. Bu faktörler işletmenin genel verimliliğini etkilemektedir. İşletmeler bu faktörlere müdahale edemediklerinden ötürü denetleme imkanı yoktur (Şenol, 2017).

2.1.4.2.1 Yapısal Düzenlemeler

Bir toplumda meydana gelen yapısal değişimler işletme verimliliğini ve ulusal verimlilik düzeyini etkiler. Yapısal değişimler verimliliği etkiler. Verimlilikte meydana gelen değişimler de yapıyı değiştirir. Ekonomik ve sosyal gelişmeler değişimi başlatmaktadır. Bu değişimlerin uygulanması, hükümet politikalarının geliştirilmesine, işletme planlamasının daha gerçekçi ve hedefe yönelik yapılmasına, sosyal ve ekonomik altyapının gelişmesine bağlıdır. En önemli yapısal değişimler ise ekonomik, sosyal ve demografik değişimlerdir. İşletmelerin rekabet edebilmesini sağlayan olanaklar, istihdam, sermaye ve teknoloji alanında meydana gelen gelişmeler ekonomik değişime neden olmaktadır (Belcher, 1987).

İşletmelerin rekabet edebilmesini sağlayan olanaklar, istihdam, sermaye ve teknoloji alanında meydana gelen gelişmeler ekonomik değişime neden olmaktadır (Belcher, 1987). İstihdamın tarımdan imalat sektörüne geçişle ekonomide verimlilik artışları meydana gelmiştir. İstihdam alanında meydana gelen bir diğer

geçiş ise imalat endüstrisinin yerini hizmet endüstrisinin almasıdır. Bu durumda emek gücünün verimlilikte etkisi artmıştır. Sermaye tasarruf ve yatırımlara bağlıdır. İmalat endüstrileri düşük sermaye yoğunluğuyla da yüksek verimlilik oranları sağlarlar. Araştırma-geliştirme ve teknolojiye meydana gelen gelişmeler, makro düzeydeki verimlilik artışında önemli faktördür (Özbek, 2007). Araştırma-geliştirme ve teknolojinin yönetimi ve yeni metotlar, teknikler, ürünler ve süreçlerin uygulanması verimliliği büyük ölçüde etkiler. Dolayısıyla yapıyı değiştirebilir.

2.1.4.2.2 Doğal Kaynaklar

En önemli doğal kaynaklar, insan, arazi, enerji ve hammaddedir. İşletmenin bu kaynakları, üretme, harekete geçirme ve kullanma yeteneği, verimlilik artışı sağlamada çok önemli rol oynamaktadır (Özdemir, 2014).

2.1.4.2.3. Hükümet ve Altyapı

Devleti temsil eden mahalli idareler işletmeye müdahale edebilir. Bu durum verimliliği büyük ölçüde etkiler.

- Devlet dairelerindeki uygulamalar,
- Yönetmelikler (Fiyat kontrolü, gelir ve ücret politikaları gibi),
- Taşıma ve iletişim,
- Enerji,
- Mali önlemler ve teşvik kalkınma politikaları örnek olarak sıralanabilir. Verimliliği etkileyen yapısal değişimler yasalar, yönetmelikler ve kurumsal etkinliklerdir (Dinçer, 2013).

2.2 Verimlilik Analizleri

Günümüz piyasa koşullarında işletmeler kendilerine SWOT analizi uygulamaktadırlar. İşletme içinde bulunduğu mevcut durumu değerlendirip geleceğe yönelik oluşabilecek fırsat ve tehditlere karşı hazırlıklı olmak istemektedir. İşletmenin bunu başarabilmesi için geçmişe yönelik değerlendirme yaparak eksikliklerini saptamaktadır. Bu eksiklikler doğrultusunda geleceğe yönelik

planlamalar yapmaktadır. Bu oluşturduğu stratejik planların hayata geçebilmesi verimlilik ölçümlerine bağlıdır. Ancak hizmet sektörü yapısı gereği verimlilik ölçümlerinde bir takım zorluklarla karşılaşmaktadır. Hizmet sektöründe girdi ve çıktı sayısının fazlalığı ve belli bir standardının olmaması verimlilik ölçümlerinde bir engeldir. Bu sebeple hizmet sektörlerinde verimlilik ölçümü yapılırken girdi ve çıktı unsurları bütüncül ve eş zamanlı olarak değerlendirilmelidir (Seiford, Lewin, Charnes, ve Cooper, 1994). Verimlilik ölçümü ve verimlilik analizleri günümüzde birçok farklı sektörel alanda uygulama olanağı bularak popüler hale gelmiştir. Çünkü yöneticiler artık ölçülmeyen çıktı ve girdilerin yönetilemeyeceğini ve müdahale edilemeyeceği kanaatine varmışlardır. Dolayısıyla gelişen ve ilerleyen teknoloji sayesinde toplanan verileri değerlendirebilmek amacıyla yeni ölçüm teknikleri geliştirilmiştir (Akgül, 2005). Bu ölçümde kullanılan yöntemler; oran analizi, parametrik yöntemler ve parametrik olmayan yöntemler kullanılmaktadır. Yöntemler aşağıda açıklanmaktadır (Akgül, 2005).

2.2.1. Oran Analizleri

Verimlilik ölçümünde en sık kullanılan yöntem oran analizidir. Oran analizinde oldukça az bilgiye ihtiyaç duyulduğu için yaygın olarak kullanılmaktadır. Tek girdi ve çıktı ile sınırlandırılmış olduklarından ötürü dar kapsamlıdır. Bu analizde tek girdi ve çıktının ölçüsü değerlendirilir. Dolayısıyla bu analizde birden çok girdi ve çıktı kullanıldığında sonuç elde edilemez. Girdiler ve çıktılar aynı birimle ifade edilmediği durumlarda girdiler ve çıktılar ayrı ayrı değerlendirilmek zorundadır (Akdoğan, 2001). Oran analizi sonuçlarından bulunan oranlar işletmenin başarılı olup olmadığını göstermektedir. Örneğin sağlık işletmesi olan hastanelerde çok sayıda girdi ve çıktı bulunduğundan ötürü bir tek orana bakarak hastanelerin verimliliğini tespit etmek mümkün değildir. Oran Analizi ile aynı iş kolundaki benzer işletmelerin oranları, işletmenin geçmiş dönemlere ait oranları ile karşılaştırılarak anlamlı hale getirilebilir ve yorumlanabilir (Karahan ve Özgür, 2011).

Kolay uygulanabilirliğine rağmen oran analizinin zayıf yönleri mevcuttur. Grup ortalamaları gibi standartları esas alan karşılaştırmalarda tek girdi ve tek çıktı ele alınarak oran analizi yapılamaz. Grup ortalamasında bu analiz yapıldığında çok

sayıda oran elde edileceğinde yorumlanma güçlüğü ortaya çıkmaktadır. Oran analizi statik bir yapıdadır. Bu sebeple işletmeler yalnızca dönemlik performanslarını oran analizi ile ölçebilmektedir. Hastaneler gibi birden çok girdi ve çıktısı bulunan organizasyonlarda oran analizi sonucunda birden çok oran elde edilir. Birden fazla ortaya çıkan oran sonuçları ile işletmelerarası karşılaştırılmalarda kullanılması yöntemin zayıf yönünü oluşturmaktadır (Kıllı ve Murat, 2004). Sağlık işletmelerinde nelerin girdi nelerin çıktı olduğu konusunda fikir birliği yoktur. Ayrıca belirlenen girdi ve çıktı değişkenleri birim nedeniyle homojen yapıda olmadıklarından dolayı oran analizinde etkili sonuç çıkmamasına neden olabilmektedir. Dolayısıyla oran analizi yapılırken bu hususlar dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir (Kurt, 2002).

2.2.2 Parametrik Yöntemler

Parametrik yöntemlerde bir üretim fonksiyonun geçerli olduğu varsayılmaktadır. Bu üretim fonksiyonun parametreleri tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Bu üretim fonksiyonun parametreleri regresyon teknikleri ile tahmin edilmektedir. Parametrik yöntemlerde tek çıktı birden fazla girdi ile ilişkisi regresyon analizi ile ölçülür. Bağımlı değişkenin değişimine neden olan etkilerin neler olduğu regresyon analizi ile çözümlenmeye çalışılır (Emiral, 2001). Parametrik yöntemlerde bir gözlem kümesi mevcuttur. Bu küme içinde en iyi performansın regresyon çizgisi üzerinde olduğu varsayılmaktadır. Bu çizgiden sapma göstermeyen göstergeler etkindir. Bu gözlemlerde başarısız olanlar diğer gözlemlerde etkin olarak tanımlanır (Karahana ve Özgür, 2011).

Aynı çıktı derecesinde fazla maliyet ya da aynı girdi derecesinde düşük çıktı ortaya çıkarsa bu gözlem kümesi başarısız olarak değerlendirilmektedir. Gözlem kümesinde yer alan üretim birimleri homojen yapıda olduğu varsayılmaktadır. Tam etkinliğin sağlandığı gözlemlerde hata payı sıfır olarak kabul edilir (İnan, 2000). Parametrik yöntemler diğer yöntemlere göre avantajlıdır. Bunun sebebi ölçüm hatalarının ayıklanmasına olanak sağlamasıdır. Parametrik yöntemlerde yaşanan en büyük problem rassal hata ve etkin olamama arasındaki farkın nasıl ayırt edileceğidir. Parametrik yöntemlerde bu ayırımın yapılabilmesi için kullandıkları dağılım varsayımlarından faydalanılmaktadır (Demirci, 2018). Verimliliği ölçmek amacıyla kullanılan parametrik analiz yöntemleri şunlardır; Regresyon analizi,

Stokastik Sınır Yaklaşımı, Serbest Dağılım Yaklaşımı ve Kalın Sınır Yaklaşımıdır (Atan, 2002)

2.2.2.1 Regresyon Analizi

Regresyon terimi ilk kez Francis Galton tarafından kullanıldı. Francis Galton yaptığı bir biyolojik araştırmada uzun boylu anne-babaların uzun boylu çocukları olur. Bu eğilimin geçerliliğine rağmen normalden daha uzun ya da kısa anne-babaların çocuklarının boyları nüfus boy ortalamasına yaklaşma eğilimlidir. Bu çalışma Karl Pearson tarafından doğrulanmıştır. Regresyon analizinde üretim fonksiyonunda yer alan bağımlı-bağımsız değişkenler arasındaki sebep-sonuç ilişkisi belirlenmeye çalışılır. Değişkenler arasındaki ilişki nokta grafiklerle gösterilir (Gujarati, 1999). Regresyon analizinin amaçlarına aşağıda yer verilmiştir.

1. Bağımsız değişkene verilen değer ile bağımlı değişkenin ortalama değerini tahmin edebilmek
2. Bağımsız değişkenin, bağımlı değişken üzerinde önemli bir etkiye sahip olup olmadığını tespit etmek

Regresyon analizinde nokta grafiklerinden yararlanılmaktadır (Demirci, 2018). Nokta grafiklerinden faydalanılarak regresyon doğrusuna göre yorum yapılmaktadır. Karar verme birimleri regresyon doğrusunun üzerinde kalıyorsa göreceli olarak etkindir. Eğer altında kalıyorsa etkisiz olarak kabul edilir. Regresyon analizinde oran analizine göre daha kapsamlı sonuçlar edilmektedir. Bunun nedeni regresyon analizi ikiden fazla değişkeni hesaplamaya dahil edilmesidir. Buna karşın regresyon analizi yöntemiyle ölçüm yapmanın sakıncaları vardır. Aşağıda bunlara yer verilmiştir. (Gülcü vd., 2004).

1. Birden çok bağımsız değişkene karşı (girdi) sadece bir bağımlı değişkenin (çıktı) analizi yapılabilmektedir.
2. Regresyon analizi sonucunda en iyi performansa değil ortalama performans doğrultusunda göreceli olarak elde edilen bir ölçüttür. Dolayısıyla en iyi karar birimlerine iyileştirme imkanı tanımadığı için ortalama sonucunda en iyi karar birimlerini de ortalamaya çekme gibi bir sonuca götürür.

3. Regresyon analizi verimsiz birimleri tanımlayamamaktadır. Yani diğer bir deyişle üretim fonksiyonundaki girdi ve çıktının ne olduğu tanımlanmalıdır. Bundan ötürü çoklu girdi ve çıktı üretiminin yapıldığı örgütlerde regresyon analizi verimlilik ölçümü bakımından yetersiz kalmaktadır.

2.2.2.2. Stokastik Sınır Yaklaşımı

Stokastik sınır yaklaşımı ekonometri alanında yer alan bir yaklaşımdır. Literatürde rastlantısal değişkenlerin olduğu işlemlerde kullanılan bir terimdir. Stokastik kavramına rassal ya da olasılıksal gibi anlamlar verilebilir. Stokastik sınır analizi ise gözlemediği işletmenin kontrolü dışında olan çevresel faktörleri incelerken rassal hatayı hesaba katan bir analiz yöntemidir. Bazen ekonometrik sınır yaklaşımı olarak da adlandırılır. Stokastik sınır yaklaşımı, maliyet, kâr ya da üretim ilişkisi ile girdi, çıktı ve çevresel faktörler arasında rastlantısal hatayı da hesaba katan bir fonksiyonel işlemdir (Bakırer, 2016). Parametrik bir teknik olan stokastik sınır analizi Aigner, Lovell ve Schmidt, Meeusen ve Van Den Broeck'in öncülüğünde geliştirilmiştir. Stokastik Sınır Analizi organizasyonların etkinsizliklerini tespit ederken dışsal faktörleri de dahil etmektedir. Stokastik sınır analizi, tanımlanan üretim teknolojisi sınırlarından sapmaları ve etkinsiz gözlemi ölçmektedir. Birinci kısım rassallığı, ikinci kısımda ise etkinsizliği ifade etmektedir (Karahana ve Özgür, 2011).

2.2.2.3 Serbest Dağılım Yaklaşımı

Bu yaklaşımın temel varsayımları arasında verimliliğin istikrarlı olması, verimsizliğin negatif olmayan herhangi bir dağılım göstermesi, rastlantısal hatanın ise sıfır olacak şekilde dalgalanması vardır. Serbest dağılım yaklaşımıyla firmaların en iyi uygulamalarının ortalama sapması hesaplanmaktadır. Uzun vadede sabit olduğu varsayılan bir işletmenin verimliliğinin teknoloji, yasal düzenlemelerdeki değişiklikler, faiz hadlerinin değişkenliği ya da benzeri etkenler nedeniyle anlamlı oranda değişmesi durumunda, ölçülen her birimin en iyi gözlemden sapması dikkate alınmalıdır (Şenol, 2017).

2.2.2.4 Kalın Sınır Yaklaşımı

Humprey'nin çalışmalarında geliştirdiği Kalın Sınır Yaklaşımı, Stokastik Sınır Yaklaşımı ve Serbest Dağılım Yaklaşımı tekniklerinden rassal hata ve verimsizlik dağılımları üzerine yaptığı varsayımlarla farklılık göstermektedir. Gözlemlenen değerler ile varsayılan değerler arasındaki farkı oluşturan faktörlerin dağılımına ilişkin gerçekleşen varsayımlar stokastik sınır yaklaşımı ve serbest dağılım yaklaşımı arasındaki farkı oluşturur. Kalın sınır yaklaşımı bu iki faktör dağılımına ilişkin varsayım sunmamaktadır. Kalın sınır yaklaşımı, işletmeleri ortalama maliyet dağılımları üzerinden maksimum ve minimum olmak üzere iki gruba ayırmaktadır. Kalın sınır yaklaşımı, tek bir işletme için kesin bir verimlilik ölçüm noktası vermemektedir. Fakat tüm verimlilik düzeyleri için genel bir ortalama amacı gütmektedir (Çavmak ve Çavmak, 2017). Literatürde bu yaklaşımlarla yapılan çalışmalarda Kalın Sınır Yaklaşımının çok uygulanmadığı görülmektedir. Buna karşın stokastik sınır analizi ve serbest dağılım yaklaşım teknikleri sıklıkla istatistiksel uygulamalarda kullanılmaktadır.

2.2.3. Parametrik Olmayan Yöntemler

Parametrik yöntemlerin eksiklerini giderebilme ihtiyacı parametrik olmayan yöntemlerin ortaya çıkmasını sağladı. Parametrik olmayan yöntemler matematiksel algoritmayı kullanırlar. Parametrik olmayan yöntemler çok sayıda bağımlı ve bağımsız değişkeni kullanabilirler. Bundan ötürü büyük organizasyon yapılarının verimliliğini ölçmede etkili bir yöntemdir. İşletmelerin farklı boyutlarının aynı anda ölçülebilmesine olanak tanımaktadır. Matematiksel programlama yaklaşımının kullanılmasına olanak sağlayan Farrel işletme etkinliğinin teknik-ölçek ve fiyat etkinliği olmak üzere iki temel değişkene bağlı olduğunu belirtmektedir (Demirci, 2018). Farrel' in 1957'deki araştırmasının devamı olarak Boles ve Afriat' ın matematiksel algoritma önerileri bulunmaktadır. Parametrik olmayan ölçüm yöntemleri girdiye ve çıktıya yönelik verimlilik ölçümü şeklinde iki gruba ayrılmaktadır. Girdiye yönelik verimlilik ölçümünde çıktı için verimli olmayan karar birimleri girdilerini ne derecede azaltması gerektiğini araştırmalıdır. Çıktıya yönelik verimlilik ölçümünde ise çıktıların ne kadar arttırılabileceği üzerine araştırma

yapmalıdır (Akdoğan, 2001). Parametrik olmayan yöntemlerden en yaygın kullanılanı veri zarflama analizidir. Bir diğer yöntem ise serbest atılabilir zarf yöntemidir.

2.2.3.1 Serbest Atılabilir Zarf Yöntemi

Üretim kümesinde gözlem noktalarının yer almasıdır. Bu gözlem noktalarının kapsadığı alana serbest atılabilir zarf denir. Üretim kümesinin sınırı ile üretim kümesinin elemanları arasındaki uzaklık her faaliyet alanının görelisi olarak ne kadar verimli olduğunu tespit etmektedir. Verimli olmayan üretim birim alanları, verimli üretim birim alanlarının kapsamındadır. Burada kapsadığı alan daha az girdi ile daha çok çıktı üretim yetisi olarak anlaşılmalıdır (Karahan ve Özgür, 2011).

2.2.3.2 Veri Zarflama Analizi

Veri zarflama analizinin tanımı 1957 yılında Farrell tarafından yapılmıştır. Farrel veri zarflama analizini etkinlik ölçme tekniği olarak tanımlar. Farrell 1957’de yayınladığı çalışma veri zarflama analizinin başlangıcıdır. 1978’ de Charnes, Cooper ve Rhodes’un çalışmasıyla bilinmektedir. Veri zarflama analizi Edwardo ‘nun European Journal of Operations Research’ de 1978 ‘de yayımlanan makale çalışmasıyla literatürde yerini almıştır (Wheelock ve Wilson, 2000). VZA, karşılaştırılmaları zor olan çoklu girdi ve çıktılar görelisi etkililiği ölçmede kullanılan doğrusal programlama tabanlı matematiksel modeldir (Demirci, 2018). VZA birden çok girdi ve çıktıya sahip örgütler kümesinde girdi ve çıktılar verimlilik endeksi ile birleştirilemediği durumlarda göreceli verimlilik ölçümünde kullanılan bir tekniktir (Kavuncubaşı ve Yıldırım, 2010). VZA matematiksel olarak ağırlıklandırılmış çıktılar toplamının ağırlıklandırılmış girdiler toplamına oranının en iyi belirlediği verimlilik sınırına göre konumu şeklinde tanımlanabilir (Karahan ve Özgür, 2011). VZA Charnes, Cooper, ve Rhodes tarafından 1978’ de ve Banker’in Charnes ve Cooper tarafından da 1984’te geliştirilen Farrell’in geliştirdiği doğrusal programların özel bir uygulamasıdır (Yolalan, 1993).

VZA, benzer girdiler kullanarak benzer çıktıları üreten benzer karar verme biriminin karşılaştırmalı verimliliklerinin ölçülmesi amacıyla geliştirilmiş parametrik

olmayan bir tekniktir (Behdioğlu ve Özcan, 2009). VZA yöntemi, ilk başta kar amacı gütmeyen işletmelerin karşılaştırmalı verimliliğini ölçmeyi hedeflemektedir. Bu teknik daha sonra kar amaçlı üretim ve hizmet sektörlerinde de görelî etkinliğin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılmaya başlandı. Bu yöntemin parametrik yöntemlerden farkı üretim fonksiyonuna ihtiyaç duyulmadan ölçüm yapabilmeyi sağlar (Karahan ve Özgür, 2011).

VZA etkinlik teorisi üç önemli aşamadan geçmiştir. İlk aşamadan ağırlıklı çıktının ağırlıklı girdiye oranı mühendislik alanında uygulanmaya başlandı. Bu alanda maliyetin tamamı göz önüne alınmamaktadır. Kamu sektöründe bu uygulama alanı geniş yer bulmuştur. Bu uygulama alanı okul, üniversite, devlet hastanesi, postane ve belediye gibi alanlarda uygulanmıştır. İkinci aşama bankalar, havayolları, ulaşım sektörü gibi pazardaki fiyat belirlenmesinde rekabetçi pazar koşullarının aktif rol oynadığı özel sektör alan uygulamalarında görülür. Özel sektörde maliyet sınırından çok üretim sınırı üzerinde durulmaktadır. VZA'nın en iyi örnek sınırına ve bireysel optimizasyona odaklanması teorik kavramın ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Depren, 2008). VZA verimlilik ölçüm yöntemleri arasında çabuk sonuç veren bir yöntemdir. Veri zarflama analizinde eğer girdiler meydana gelen artış sonucunda çıktıda da artış meydana gelmesi ölçeğe göre sabit getiri, aynı oranda değil farklı oranda artış göstermesi ise ölçeğe göre değişken getiri olarak ifade edilir.

2.2.3.2.1 Veri Zarflama Analizinin Uygulama Aşamaları ve Amaçları

VZA aşağıdaki aşamalardan oluşan bir uygulamadır (Demirci, 2018).

1. Karar verme birimlerinin seçilmesi,
2. Girdi ve çıktılarının belirlenmesi,
3. Verilerin elde edilme safhası ve güvenilirlik,
4. Görelî etkinliğin ölçümü,
5. Etkinlik değerlerinin oluşturulma safhası,
6. Referans gruplarını belirleme,
7. Etkin olmayan karar verme birimleri için hedeflerin belirtilmesi,

8. Sonuçların değerlendirilmesi ve önerilerin sunumu ile uygulama tamamlanmaktadır (Boğa, 2019). Veri zarflama analizinin temel amaçları şunlardır (Boğa, 2019).

- Karşılaştırılan karar verme birimlerinin her biri için meydana gelen girdi-çıkıtı boyutlarından herhangi birinde görece etkinsizliğe neden olan kaynakları belirlemek (Akdoğan, 2001).
- Karar verme birimlerinin etkinlik skorlarına göre birimlerin sınıflandırılmasını sağlamak (Depren, 2008).
- Karşılaştırılan karar birimlerinin yönetimlerinin verimliliğe etkisinin değerlendirilmesini yapmak (Demirci, 2018).
- Karşılaştırılan karar birimlerinin kontrolleri dışındaki program ve politikaların verimliliklerini değerlendirmek ve yönetsel etkinsizlik ile program etkinsizliğini ayırt edilebilmesini sağlamak (Karahana ve Özgür, 2011).
- Karar birimleri için kaynakların kullanımına ilişkin niceliksel bir altyapı oluşturmak, sınırlı kaynakların istenilen çıktı seviyesine ulaşabilmesi için daha etkin kullanılacak birimler arasında yer değişikliği yapmak (Karahana ve Özgür, 2011).
- Karar birimlerinin buldukları eş kümeler içerisindeki verimliliğin değerlendirmesini yapmak (Atan, 2002).
- Karar birimlerinin içinde buldukları sektörel alanlarda standartları belirlemek, belirlenen standartlar doğrultusunda etkin olan karar birimleri referans alınarak, etkin olmayan karar birimleri için girdi - çıktı miktarlarının tespit etmeyle beraber etkin olmayan karar birimlerinin girdi miktarlarını ne kadar azaltmalı ya da çıktı miktarlarını ne kadar artırması gerektiğini belirlemek (Şenol, 2017). Özetlendiğinde VZA homojen karar verme birimlerinin etkinliklerini görece olarak hesaplayabilen ölçüm tekniği olarak tanımlanmaktadır. VZA uygulandığı işletmelerde iyileştirici politikaların üretilmesine yardımcı olmaktadır. Dolayısıyla pek çok mal ve hizmet üreten işletmelerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Akdoğan, 2001).

2.2.3.2.2 Veri Zarflama Analizinin Güçlü ve Zayıf Yönleri

VZA, verimsiz karar verme biriminin performans kümesindeki görel olarak verimli olan karar verme birimlerinin derecesine çıkarmak için alternatif yol belirler. VZA girdi ve çıktı verilerinin deterministik olduğunu varsaymaktadır. Verimlilik analizi, ortalama fonksiyonun yerine, en iyi gözlemlerce oluşturulan sınır fonksiyonuna göre analiz yapılmaktadır (Güzel, 2019). Belirlenen hedefler en iyi verimlilik göstermiş birimler örnek alınarak yapılmaktadır. VZA 'yı güçlü yapan özellikler şunlardır (Akdoğan, 2001).

- VZA ile birden çok girdi ve çıktı işlenebilmektedir (Gülcü vd., 2004)
- VZA ile verimlilikleri hesaplanan karar birimleri görel olarak tam verimliliğe sahip olanlarla karşılaştırılır (Demirci, 2018).
- Girdi ve çıktı arasında fonksiyonel ilişki olma zorunluluğu yoktur (Kutlar ve Kartal, 2004).
- Homojen olan birimler arasında karşılaştırma yapılmaktadır (Kıllı ve Murat, 2004). Her ölçüm yönteminde olduğu gibi VZA yönteminin de bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bunları sıraladığımızda (Demirci, 2018);
- VZA ölçüm hatasına karşı çok duyarlıdır (Akdoğan, 2001)
- VZA sonuçlarına istatistiksel hipotez testi uygulanması zordur (Karahana ve Özgür, 2011).
- Statik bir analiz yapabilmektedir. Dinamik analize elverişli değildir (Demirci, 2018).
- Karar birimlerinin verimliliklerini ölçmede yeterli olmasına rağmen mutlak verimlilik değerlendirmesi açısından yetersizdir (Akdoğan, 2001).

2.2.3.2.3 Sağlık Alanı ile İlgili Yapılmış olan Veri Zarflama Analizi Çalışmaları

Sağlık hizmetlerinde verimliliği ölçmek, hastane verimliliğini ortaya çıkarmak, hastaneler arası karşılaştırma yapmak gibi çeşitli amaçlarla ulusal ve uluslararası farklı çalışmalar bulunmaktadır. Şahin tarafından yapılan çalışmada (1998), Yataklı tedavi kurumları istatistik yılı 1996 yılı verileri ile 80 ildeki

Sağlık bakanlığı bünyesindeki hastanelere ilişkin veriler kullanılmıştır. Çalışma sonucunda karşılaştırmalı olarak görel verimlilikler analiz edilmiş ve verimsiz kullanılan kaynaklar belirlenip ilgili karar vericilere önerilerde bulunmuştur. Kıdak (2006) VZA ve Toplam faktör verimliliğini kullanarak İzmir ilindeki 229 sağlık ocağının etkinliği analizi edilmiştir. Sağlık ocaklarının 2002, 2003 ve 2004 yılına ait etkinlik skorları incelenmiştir (Güzel, 2019).

Androutsou ve arkadaşları (2011) Yunanistan'da bir hastanenin kliniklerini karar verme birimi olarak seçmiştir. Girdi odaklı yaptıkları analiz çalışmasında yedi kliniğin beş yıl içindeki teknik etkinlikleri ölçme çalışması yapılmıştır (Androutsou vd., 2011).

Özgülbaş (2003) yaptığı bir çalışmada, Sağlık Bakanlığı'na bağlı 289 hastanenin teknik verimliliğini veri zarflama analizi yöntemini kullanarak ölçmüştür. Çalışmada girdi unsuru olarak; uzman ve pratisyen hekim sayısı, fiili yatak sayısı ve döner sermaye geliri ele alınmıştır. Çıktı olarak ise; taburcu edilen hasta sayısı, poliklinik sayısı, ameliyat sayısı ve döner sermaye giderleri ele alınmıştır. Çalışma sonucunda hastanelerin yıllara göre verimliliği ölçülmüştür. Bu sonuçlara göre 1996'da hastanelerin %20'sinin, 1997'de %32'sinin ve 1998'de de %23'ünün verimsiz çalıştığı sonucuna varılmıştır (Şenol, 2017).

Lorcu (2008) doktora çalışmasında Türkiye ve Avrupa Birliği'ne üye ülkelerin sağlık sistemlerinde verimliliği etkileyen değişkenleri belirleyerek 2004 verilerini kullanarak yaptığı VZA çalışması sonucunda kümeleme analizi de yaparak ülkeleri kümelere ayırıp indirgeme yöntemiyle değişkenlerin sayılarını azaltıp toplam, teknik ve ölçek etkinlikleri belirtilmiştir. Türkiye'yi diğer ülkelerle kıyaslamıştır (Mut, Turgut ve Kutlu, 2019).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

SAĞLIK İŞLETMELERİNDE VERİ ZARFLAMA ANALİZİ YÖNTEMİYLE MERKEZİ HEKİM RANDEVU SİSTEMİ VERİMLİLİK ANALİZİ UYGULAMASI

3.1 Amaç ve Önem

Bu araştırmanın temel amacı; Türkiye 'de endüstri 4.0 teknolojisi ile hastanelere entegre olan sağlık bilişimi (MHRS) hastane il ve bölgesel verimlilik düzeyinin veri zarflama analiz yoluyla saptanmasıdır. Çalışmada söz konusu temel amaç dışında gözetilen diğer amaçlar ise şunlardır: Endüstri 4.0 kavramı ve bileşenlerinin tanıtılması ve sağlık sektöründeki etkilerinin incelenmesi, sağlık sektöründe ortaya çıkan yeni sağlık işletmeleri dijital hastane, e-sağlık uygulamalarının verimlilik üzerindeki etkisini incelemek amaçlanmaktadır.

3.2 Araştırma Problemi

Araştırmanın problemini; T.C Sağlık Bakanlığına bağlı kamu hastanelerinin Merkezi Hekim Randevu Sistemi hangi hastane, il ve bölgede daha verimli çalışmaktadır? sorusu oluşturmaktadır. Araştırmanın problem cümlesi ise, merkezi hekim randevu randevu sisteminin etkin ve etkin olamayan hastane, il ve bölgeler hangileri sorusu oluşturmaktadır.

3.3 Kısıtlar

Araştırmada seçilen girdi ve çıktı değişkenleri dışındaki değişkenler sabit tutulmuştur. Diğer değişkenlerin sabit tutulmuş olması araştırmanın en önemli kısıtıdır. Çalışma sürecinde toplam dört adet girdi ve dört adet çıktı değişkeni ile çalışılmıştır. Girdi değişkeni olarak açılan kapasite sayısı, MHRS 'ye esas toplam muayene sayısı, kapasite açma oranı ve alınan randevu sayısı; çıktı değişkeni olarak randevu doluluk oranı, gerçekleşen randevu sayısı, gerçekleşme oranı ve randevulu muayane oranı esas alınmıştır.

3.4 Veri Toplama Yöntemi

Araştırmada, 2017 tarafından yayınlanmış olan “Kamu Hastaneleri İstatistik Yıllığı 2017 MHRS Hizmet Raporu”nda yer alan veriler kullanılmıştır. Söz konusu veriler yayınlanmış olan en güncel ve en sağlıklı verilerdir. Bu çalışmada mümkün olduğu kadar fazla girdi çıktı değişkeni belirlenerek daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır. Girdi değişkeni olarak açılan kapasite sayısı (X_1), MHRS esas toplam muayene sayısı (X_2), kapasite açma oranı (X_3) ve alınan randevu sayısı (X_4); çıktı değişkeni olarak randevu doluluk oranı (Y_1), gerçekleşen randevu sayısı (Y_2), gerçekleşme oranı (Y_3) ve randevulu muayane oranı (Y_4), alınmıştır. Kamu Hastaneleri İstatistik Yıllığı 2017 MHRS Hizmet Raporunda bu veriler baz alınarak ölçüm yapıldığı için bu değişkenler baz alınmıştır.

3.5 Evren ve Örneklem

Kamu hastanelerinin hastane, il ve bölgesel bazda MHRS verimliliğini ölçen bu çalışmanın evrenini T.C Sağlık Bakanlığı’na bağlı kamu hastaneleri oluşturmaktadır. Kamu Hastaneleri 2017 MHRS Hizmet raporu verilerinden il ve hastane bazında kamu hastanelerinin verileri çekilmiştir. Türkiye’de merkezi hekim randevu sistemini kullanan 760 hastane bu çalışmaya dahil edilmiştir. Bu hastanelerin seçilme sebebi ise merkezi hekim randevu sisteminin hastanelerde kullanılması dijital hastane olma sürecinde önemli bir adımdır. Dolayısıyla merkezi hekim randevu sistemi verileri olmayan kamu hastaneleri bu çalışmaya dahil edilmemiştir.

3.6 Araştırmanın Yöntemi

Çalışmanın bu bölümünde hastanelerin, illerin ve bölgelerin verimlilik düzeylerini analiz etmek için tanımlayıcı istatistiksel analiz, Pearson korelasyon analizi, Veri Zarflama Analizi ve Süper Etkinlik Veri Zarflama analizi uygulanmıştır. Analiz sürecinde toplam dört adet girdi ve dört adet çıktı değişkeni ile çalışılmıştır. Girdi değişkeni olarak açılan kapasite sayısı (X_1), MHRS esas toplam muayene sayısı

(X_2), kapasite açma oranı (X_3) ve alınan randevu sayısı (X_4); çıktı değişkeni olarak randevu doluluk oranı (Y_1), gerçekleşen randevu sayısı (Y_2), gerçekleşme oranı (Y_3) ve randevulu muayane oranı (Y_4), alınmıştır. VZA uygulamalarında ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımı altında girdiye yönelik model esas alınmıştır. Bu model ile toplam etkinlik hesaplanmaktadır. Burada etkinlik skorları 0.0 ile 1.0 arasında değer almaktadır.

İstatistiksel analiz bulgularının tamamı R-Project yazılımı (R Core Team, 2020) ve yazılımda bulunan Benchmarking paketi (Bogetoft ve Otto, 2020) ile hesaplanmıştır. R-Project yazılım programı tarafından yapılandırılmış excel dosyası ile hazırlanmıştır. Bu Excel veri setleri R-Project yazılım programına aktarılıp program çalıştırılmıştır. R-Project yazılım programında etkinlik ölçümü yapılmış ve yazılımda bulunan Benchmarking paketine (Bogetoft ve Otto, 2020) göre veri setleri üzerinde karşılaştırma tabloları oluşturulmuştur.

3.7 Bulgular

Çalışma kapsamında 760 hastane 81 il ve 7 bölgenin merkezi hekim randevu sistemi verileriyle ölçeğe göre sabit getiri (CRS) varsayımı altında girdiye yönelik model esas alınarak göreceli verimlilik ölçülmüştür. Analizde seçilen hastaneler, iller ve bölgelerin kendi aralarında karşılaştırılması yapılmıştır. Analizde seçilen hastanelerin illerin ve bölgelerin göreceli etkinliklerinin karşılaştırılabilmesi için öncelikle MHRS sürecini en iyi temsil edecek girdi ve çıktı değişkenlerinin belirlenmesi gerekmektedir. MHRS verimlilik analizinde belirlenen girdi ve çıktı değişkenlerine hastane il ve bölge bazında ilk olarak tanımlayıcı istatistik, pearson korelasyon analizi, klasik ve süper etkinlik veri zarflama analizi uygulanmıştır. İlk aşamada hastaneler kendi aralarında kıyaslanmıştır. Aşağıdaki Tablo1'de hastanelerin MHRS girdi ve çıktı değişkenleri arasında tanımlayıcı istatistik analizi uygulanmıştır. Girdi değişkeni olarak açılan kapasite sayısı (X_1), MHRS' ye esas toplam muayene sayısı (X_2), kapasite açma oranı (X_3) ve alınan randevu sayısı (X_4); çıktı değişkeni olarak randevu doluluk oranı (Y_1), gerçekleşen randevu sayısı (Y_2), gerçekleşme oranı (Y_3) ve randevulu muayane oranı (Y_4), şeklinde ifade edilmiştir.

Tablo 1 : Hastanelere ait girdi çıktı değişkenlerinin tanımlayıcı istatistikleri

Değişken	Ort.	SS	Min.	Maks.
	177392.750	220760.220	751.000	1618011.000
	298331.700	374443.300	1267.000	2782311.000
	70.740	35.380	3.520	481.140
	104178.860	146423.830	2.000	1287525.000
	47.430	25.780	0.070	96.880
	78922.070	111593.000	0.000	1007837.000
	74.610	10.640	0.000	100.000
	23.210	15.680	0.000	125.950

Hastane veri setinin genel özelliklerini tanımlayan sayısal ölçütleri saptamak için tanımlayıcı istatistiksel analiz uygulanmıştır. Bu istatistiklere göre hastanelerde ortalama açılan kapasite sayısı 177392.750, ortalama MHRSYE esas toplam muayene sayısı 298331.700, ortalama kapasite açma oranı 70.740, ortalama alınan randevu sayısı 104178.860, ortalama randevu doluluk oranı 47.430, ortalama gerçekleşen randevu sayısı 78922.070, ortalama gerçekleşme oranı 74.610 ve ortalama randevulu muayane oranı 23.210'dir. Bu istatistiklere göre hastanelerde açılan kapasite sayısı standart sapması 220760.220, MHRSYE esas toplam muayene sayısının standart sapması 374443.300, kapasite açma oranı standart sapması 35.380, alınan randevu sayısının standart sapması 146423.830, randevu doluluk oranının standart sapması 25.780, gerçekleşen randevu sayısının standart sapması 111593.000, gerçekleşme oranının standart sapması 10.640, randevulu muayane oranının standart sapması ise 15.680 dir. Standart sapma ile ortalama arasındaki fark ne kadar az olursa hata payı o kadar az olmaktadır. (Y_4) değişkeninde hata oranı en az olan çıktı değişkenidir.

Tablo 2: Hastanelere ait girdi çıktı değişkenlerinin korelasyon analizi tablosu

1	0.940	-0.075	0.946	0.353	0.944	0.091	0.306
0.940	1	-0.254	0.896	0.377	0.894	0.096	0.165
-0.075	-0.254	1	-0.100	-0.291	-0.103	-0.202	0.214
0.946	0.896	-0.100	1	0.484	0.993	0.077	0.396
0.353	0.377	-0.291	0.484	1	0.475	0.140	0.734
0.944	0.894	-0.103	0.993	0.475	1	0.122	0.400
0.091	0.096	-0.202	0.077	0.140	0.122	1	0.199
0.306	0.165	0.214	0.396	0.734	0.400	0.199	1

Girdi ve çıktı değişkenleri normal dağılım gösterdiği için pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Korelasyon katsayısının değeri -1 ile +1 arasında değişir. Sonucun +1 değerine yakın çıkması iki değişken arasında kuvvetli olumlu ilişkinin bulunduğunu, -1 yakın değer çıkması ise kuvvetli olumsuz ilişkinin bulunduğunu gösterir. Korelasyon katsayısı 0 'a yaklaştıkça ilişkinin kuvveti zayıflar, sıfır ise iki değişken arasında doğrusal bir ilişkinin olmadığını gösterir. Bu doğrultuda tablo 2'yi yorumladığımızda (X_1) ile (X_2), arasındaki değer 0.940' dür. 1'e yakındır. Aralarında pozitif yönlü bir ilişki vardır. (X_1) ile oranı (X_3) arasındaki değer-0.075 tir. Aralarında negatif yönlü bir ilişki vardır. (X_1) ile (X_4) arasındaki değer 0.946 dır. Aralarında pozitif yönlü bir ilişki vardır. (X) ile (Y_1) arasındaki değer 0.353 tür. Aralarında pozitif yönlü bir ilişki vardır. (X) ile (Y_2) arasındaki değer 0.944 'dür. Aralarında pozitif yönlü bir ilişki vardır. (X) ile (Y_3) arasındaki değer 0.091 dir. Aralarında pozitif yönlü bir ilişki vardır. (X) ile (Y_4) arasındaki değer 0.306 dır. Aralarında pozitif yönlü bir ilişki vardır.) değişkeni için; (X_3) değişkeni dışındaki diğer değişkenlerle aralarında pozitif yönlü bir ilişki vardır. Ama) ile (X_3) arasındaki değer -0.254' tür. Aralarında negatif yönlü bir ilişki vardır. (X_3)

değişkeni için; (Y_4) değişkeni dışındaki diğer değişkenlerle aralarında negatif yönlü bir ilişki vardır. (X_3) ile (Y_4) değişkeni arasındaki değer 0.214 'tür. Aralarında pozitif yönlü bir ilişki vardır. (X_4) ; değişkeni için, (X_3) değişkeni dışındaki diğer değişkenlerle aralarında pozitif yönlü bir ilişki vardır. (X_4) ; ile (X_3) değişkeni arasındaki değer -0.100 dür. Aralarında negatif yönü bir ilişki vardır. (Y_1) değişkeni için; (X) değişkeni dışındaki diğer değişkenlerle aralarında pozitif yönlü bir ilişki vardır. Ama (Y_1) ile (X_3) arasındaki değer -0.291' dir. Aralarında negatif yönlü bir ilişki vardır. (Y_2) , değişkeni için; (X_3) değişkeni dışındaki diğer değişkenlerle aralarında pozitif yönlü bir ilişki vardır. Ama (Y_2) , ile (X) arasındaki değer -0.103' dür. Aralarında negatif yönlü bir ilişki vardır. (Y_4) değişkeni için; (X) değişkeni dışındaki diğer değişkenlerle aralarında pozitif yönlü bir ilişki vardır. Ama (Y_4) ile (X) arasındaki değer -0.202' dür. Aralarında negatif yönlü bir ilişki vardır. (Y_4) , değişkenin tablo 3' deki diğer değişkenlerle aralarında pozitif yönlü bir ilişki vardır. Veri zarflama analizinde analiz sonucu 1 çıktığında etkin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Süper etkinlik veri zarflama analizi uygulamasında 1' den büyük hangi karar verme birimi ise o en etkin olandır.

Tablo 3: Hastanelere ait etkinlik skorları

Hastane	Klasik VZA etkinlik	Süper etkinlik
Muş Korkut İlçe Hastanesi	1.000	21.614
Trabzon Ataköy Ruh ve Sinir Hastalıkları Hastanesi	1.000	6.020
Yozgat Çayıralan İlçe Devlet Hastanesi	1.000	1.807
Bolu Mudurnu İlçe Hastanesi	1.000	1.783
Gaziantep Nizip Ağız ve Diş Sağlığı Merkez	1.000	1.577
İstanbul Bahçelievler Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi	1.000	1.466
Kastamonu Azdavay İlçe Hastanesi	1.000	1.327
İstanbul Bakırköy- Dr. Sadi Konuk E.A.H	1.000	1.255
İstanbul Bakırköy Prof. Dr. Mazhar Osman Ruh Sağlığı ve Sinir Hastalıkları E.A.H.	1.000	1.156
Şırnak Beytüşşebap Devlet Hastanesi	1.000	1.144
Konya Beyhekim Devlet Hastanesi	1.000	1.114
İstanbul Bakırköy -Lepra Deri ve Zührevi Hastalıkları Hastanesi	1.000	1.098
Sinop Türkeli Devlet Hastanesi	1.000	1.094
Mardin Kızıltepe Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi	1.000	1.077
İstanbul Esenyurt Necmi Kadioğlu Devlet Hastanesi	1.000	1.075
Erzurum Nenehatun Kadın Doğum Hastanesi	1.000	1.072
Bursa İnegöl Devlet Hastanesi	1.000	1.065
Ankara Etimesgut Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi	1.000	1.058
Samsun Ladik Devlet Hastanesi	1.000	1.057
Antalya E.A.H	1.000	1.049
Bursa Dörtçelik Çocuk Hastalıkları Hastanesi	1.000	1.041
Kayseri Nimet Bayraktar Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi	1.000	1.038
Tekirdağ Çerkezköy Devlet Hastanesi	1.000	1.037
Bursa Duaçınarı Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi	1.000	1.033
Konya Numune Hastanesi	1.000	1.027
Sakarya Sağlık Bakanlığı Sakarya Üniversitesi E.A.H.	1.000	1.023
Konya Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi	1.000	1.017
Tekirdağ Çorlu Devlet Hastanesi	1.000	1.008
İstanbul Çekmeköy Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi	1.000	1.004
Muş Devlet Hastanesi	1.000	1.002

Tablo 3 'te etkin bulunan hastanelere ait klasik VZA ve süper etkinlik skorları gösterilmektedir. Bu skorlara göre toplam otuz hastanenin merkezi hekim randevu sistemi açısından etkin olduğu belirlenmiştir. Süper etkinlik skorları incelendiğinde merkezi hekim randevu sistemi açısından etkin olan hastaneler arasında en etkin olan hastanenin Muş Korkut İlçe Hastanesi, en az etkin olan hastanenin de Muş Devlet Hastanesi olduğu görülmektedir.

Tablo 4: İllere ait girdi çıktı değişkenlerinin tanımlayıcı istatistikleri

Değişken	Ort.	SS	Min.	Maks.
	2058719.570	4036439.160	191193.000	32860647.000
	3321978.300	5314497.880	342932.000	41718117.000
	57.670	10.780	35.070	90.440
	998533.110	1223849.220	37215.000	6549957.000
	55.240	11.900	16.840	80.310
	943578.660	2267655.930	411.000	19501126.000
	75.550	4.050	64.430	81.980
	24.140	7.130	5.870	46.740

Tablo 4'te illere ait girdi ve çıktı değişkenlerinin tanımlayıcı istatistikleri verilmiştir. Bu istatistiklere göre illerde ortalama açılan kapasite sayısı 2058719.570, ortalama MHRS 'ye esas toplam muayene sayısı 3321978.300, ortalama kapasite açma oranı 57.670, ortalama alınan randevu sayısı 998533.110, ortalama randevu doluluk oranı 55.240, ortalama gerçekleşen randevu sayısı 943578.660, ortalama gerçekleşme oranı 75.550 ve ortalama randevulu muayane oranı 24.140'tır. Açılan Kapasite sayısının standart sapması 4036439.160, MHRSYE esas toplam muayene sayısının standart sapması 5314497.880, kapasite açma oranının standart sapması 10.780, alınan randevu sayısının standart sapması 1223849.220, randevu doluluk oranının standart sapması 11.900, gerçekleşen randevu sayısının standart sapması 2267655.930, gerçekleşme oranının standart sapması 4.050, randevulu muayane oranının standart sapması 7.130 dur. Standart sapma ile ortalama arasındaki fark ne kadar az olursa hata payı o kadar az olmaktadır. Y4 değişkeni hata payı en az olan değişkendir.

Tablo 5: İllere ait girdi çıktı değişkenlerinin korelasyon analizi tablosu

1	0.992	0.309	0.799	0.235	0.982	0.049	0.429
0.992	1	0.252	0.836	0.238	0.962	0.027	0.392
0.309	0.252	1	0.308	0.016	0.299	0.274	0.678
0.799	0.836	0.308	1	0.332	0.726	0.063	0.479
0.235	0.238	0.016	0.332	1	0.293	-0.002	0.714
0.982	0.962	0.299	0.726	0.293	1	0.065	0.472
0.049	0.027	0.274	0.063	-0.002	0.065	1	0.332
0.429	0.392	0.678	0.479	0.714	0.472	0.332	1

İl bazındaki tabloyu yorumladığımızda (X_1) , (X_2) , (X_3) , (X_4) , (Y_1) , (Y_2) , (Y_3) , (Y_4) , değişkenlerinin diğer değişkenlerle aralarında pozitif yönlü bir ilişki vardır. (Y_1) , değişkeni için (Y_2) değişkeni dışında diğer değişkenlerle aralarında pozitif yönlü bir ilişki vardır. (Y_1) , ile (Y_3) değişkeni arasındaki değer -0.002 dir. Aralarında negatif yönlü bir ilişki vardır

Tablo 6: İllere ait etkinlik skorları

İl	Klasik VZA etkinlik	Süper etkinlik
İstanbul	1	4.447
Ardahan	1	2.456
Tunceli	1	1.464
Bayburt	1	1.303
Iğdır	1	1.265
Muş	1	1.240
Sakarya	1	1.092
Bartın	1	1.045
Karabük	1	1.034
Kilis	1	1.032
Sinop	1	1.025
Yalova	1	1.023
Amasya	1	1.015
Bilecik	1	1.014

Tablo 6 'da 81 ile klasik veri zarflama analizi uygulanmıştır. Etkinlik skorları sonucunda merkezi hekim randevu sistemi 11 ilde verimli bir şekilde işlediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu 11 il arasında hangisinin merkezi hekim randevu sistemi daha iyi olduğunu ölçmek için bu 11 il arasında süper etkinlik veri zarflama analizi uygulanmıştır. Süper etkinlik skorları incelendiğinde merkezi hekim randevu sistemi açısından etkin olan iller arasında en etkin olan ilin İstanbul, en az etkin olan ilin de Bilecik olduğu görülmektedir.

Tablo 7: Bölgelere ait etkinlik skorlarının tanımlayıcı istatistikleri

Bölge	Etkinlik türü	Ort.	SS	Min.	Maks.
Marmara	Klasik-VZA	0.940	0.080	0.790	1.000
	Süper etkinlik	1.260	1.060	0.790	4.450
Ege	Klasik-VZA	0.820	0.090	0.660	0.950
	Süper etkinlik	0.820	0.090	0.660	0.950
Karadeniz	Klasik-VZA	0.880	0.110	0.700	1.000
	Süper etkinlik	0.900	0.150	0.700	1.300
Akdeniz	Klasik-VZA	0.750	0.090	0.650	0.890
	Süper etkinlik	0.750	0.090	0.650	0.890
İç Anadolu	Klasik-VZA	0.810	0.090	0.630	0.930
	Süper etkinlik	0.810	0.090	0.630	0.930
Güneydoğu Anadolu	Klasik-VZA	0.800	0.110	0.660	1.000
	Süper etkinlik	0.800	0.120	0.660	1.030
Doğu Anadolu	Klasik-VZA	0.840	0.130	0.670	1.000
	Süper etkinlik	1.010	0.480	0.670	2.460

Bölge analizi yapılırken ilk önce iller bölgelere göre sınıflandırıldı. İller bölgelere göre 7 kategoriye ayrılmaktadır. Bölge analizi yapabilmek için illerin klasik veri zarflama analizi ve süper etkinlik veri zarflama analizi sonucunda elde edilen etkinlik skorları analizde kullanıldı. Her bölgede yer alan illerin klasik veri zarflama analizi ve süper etkinlik veri zarflama analizi sonucunda elde edilen etkinlik skorlarının ortalaması hesaplanarak bölgelerin ortalama etkinliği, standart sapması, minimum ve maksimum değerleri hesaplandı. Bu istatistiklere göre hem klasik VZA hem de süper etkinlik skorları açısından ortalama etkinlik düzeyi en

yüksek olan bölge Marmara bölgesidir. Ayrıca klasik VZA ve süper etkinlik skorları açısından ortalama etkinlik düzeyi en düşük olan bölge ise Akdeniz bölgesidir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bütün dünya ülkeleri dördüncü sanayi devriminin etkisiyle ekonomi alanında değişim ve dönüşüm sürecine girmiştir. Teknoloji alanında dördüncü sanayi devriminin etkisiyle meydana gelen bu değişim sonucunda ülkelerarası rekabet şiddeti artmıştır. Ülkeler rekabet ortamında var olabilmek en çok çıktı elde edebilmeyi planlanmaktadır. Ülkeleri ilgilendiren konuların başında sağlık gelmektedir. Sağlık hizmeti veren işletmelerin başında hastaneler gelmektedir. Endüstri 4.0'ın sağlık sektöründe etkisini göstermesiyle ülkeler sağlık alanında verimliliğin artışı sağlayacak politikalar geliştirmişlerdir. Türk sağlık sisteminde bu politikalar sağlıkta dönüşüm programıyla başlamıştır. Sağlıkta Dönüşüm Programının temel bileşenlerinden birisi Ulusal Sağlık Bilgi Sistemidir. Ulusal Sağlık Bilgi Sistemi ile e-sağlık uygulamaları kamu hastanelerinde hayata geçirildi. Böylece kamu hastaneleri dijitalleşmeye doğru adım adım yol almıştır. Böylece dijital hastaneler ortaya çıkmıştır. Merkezi Hastane Randevu Sistemi (MHRS), Tele-Tıp, E-nabız, E-reçete ve internet üzerinden sunulan çok sayıda servis, Türkiye'deki e-sağlık uygulamalarının temel bileşenlerini oluşturmaktadır. Sağlıkta dönüşümle Endüstri 4.0 ile gelişen e-sağlık uygulamaları T.C Sağlık Bakanlığına bağlı kamu hastanelerinde faaliyete geçirilmiştir. E-sağlık uygulamaları pandemi sürecinin en az hasarla atlatılmasında etkin rol oynamıştır. T.C Sağlık Bakanlığı aşılama sürecinde MHRS 'den büyük ölçüde faydalanmıştır. Ayrıca MHRS'nin e-nabızla entegreli çalışması sayesinde hangi bireylerin aşılandığı sistemde görülmektedir.

Bu çalışmanın amacına uygun olarak endüstri 4.0 bileşenlerinin yer aldığı koordineli bir yapıya sahip olan MHRS' nin hastane, il ve bölge bazdaki verimliliği ölçülmüştür. Veri analizi aşamasında ilk önce belirlenen girdi ve çıktıların max, min, standart sapma ve ortalama değerleri ölçülmüştür. Veri setinin dağılım tespiti için pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Analiz sonucunda veri setinin normal dağılım gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Veri setinin güvenilirlik ve dağılım türü analizi sonrasında veri zarflama analizi ve süper etkinlik analizleri gerçekleştirildi.

MHRS verileri analizi sonucunda elde edilen bulguları incelediğimizde Türkiye'de karar verme birimi olarak belirlediğimiz 760 hastane içerisinde

MHRS'nin etkili bir şekilde çalıştığı 30 hastane mevcuttur. Bunlar, Muş Korkut İlçe Hastanesi, Trabzon Ataköy Ruh ve Sinir Hastalıkları Hastanesi, Yozgat Çayıralan İlçe Devlet Hastanesi, Bolu Mudurnu İlçe Hastanesi, Gaziantep Nizip Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi, İstanbul Bahçelievler Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi, Kastamonu Azdavay İlçe Hastanesi, İstanbul Bakırköy- Dr. Sadi Konuk E.A.H, İstanbul Bakırköy Prof. Dr. Mazhar Osman Ruh Sağlığı ve Sinir Hastalıkları E.A.H, Şırnak Beytüşşebap Devlet Hastanesi, Konya Beyhekim Devlet Hastanesi, İstanbul Bakırköy -Lepra Deri ve Zührevi Hastalıkları Hastanesi, Sinop Türkeli Devlet Hastanesi, Mardin Kızıltepe Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi, İstanbul Esenyurt Necmi Kadioğlu Devlet Hastanesi, Erzurum Nene Hatun Kadın Doğum Hastanesi, Bursa İnegöl Devlet Hastanesi, Ankara Etimesgut Ağız ve Diş Sağlığı Merkezi, Samsun Ladik Devlet Hastanesi, Antalya E.A.H, Bursa Dörtçelik Çocuk Hastalıkları Hastanesi, Kayseri Nimet Bayraktar Ağız ve Diş Sağlığı Hastanesi, Tekirdağ Çerkezköy Devlet Hastanesi, Bursa Duaçınarı Ağız ve Diş Sağlığı Merkezidir.

Toplam 760 hastane içerisinde 30 hastane etkin skor almıştır. Bunların 15 tanesi dal hastaneleri, 2 tanesi eğitim araştırma ve 13 tanesi ise ilçe ve devlet hastaneleridir. Bu sonuca bakıldığında genel olarak dal hastanelerinin MHRS kullanımında daha verimli olduğu söylenebilir. Eğitim ve Araştırma hastanelerinde MHRS'nin verimli kullanılmadığı görülmektedir. Bu etkinlik skoru 1 olan 30 hastane arasında hangisinde MHRS'nin verimli çalıştığını tespit etmek için süper etkinlik veri zarflama analizi uygulandı. Analiz sonucunda Muş Korkut İlçe Hastanesi en etkin, en az etkin olan hastanenin de Muş Devlet Hastanesi olduğu görülmektedir.

İl bazında yapılan VZA analizi sonucunda Etkinlik skorları sonucuna bakılarak araştırma kapsamına alınan 81 il içerisinde merkezi hekim randevu sisteminin 11 ilde verimli bir şekilde işlendiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu iller İstanbul, Ardahan, Tunceli, Bayburt, Iğdır, Muş, Sakarya, Bartın, Karabük, Kilis, Sinop, Yalova, Amasya ve Bilecik'tir. Bu sonuçları incelediğimizde büyükşehirlerde MHRS'nin nüfus bakımından az olan küçük illerde verimli bir işleyişte olduğu görülmektedir. Bu 11 il arasında hangisinin merkezi hekim randevu sistemi daha iyi olduğunu ölçebilmek amacıyla bu 11 il arasında süper etkinlik veri zarflama analizi uygulanmıştır. Süper etkinlik skorları incelendiğinde merkezi hekim randevu sistemi

açısından etkin olan iller arasında en etkin olan il İstanbul, en az etkin olan il ise Bilecik olduğu görülmektedir. İstanbul'un mhrs sisteminin etkin çıkması şaşırtıcı bir sonuçtur. Çünkü İstanbul üç büyük şehirden biridir. İstanbul dışındaki diğer 10 il ise küçükşehirdir.

Bölge bazında elde edilen bulguları incelendiğinde bölge analizi yapılırken ilk önce iller bölgelere göre kategorize edildi. İller bölgelere göre 7 kategoriye ayrılmaktadır. Bölge analizi için illerin klasik veri zarflama analizi ve süper etkinlik veri zarflama analizi sonucunda elde edilen etkinlik skorları analiz sürecinde kullanıldı. Her bölgede yer alan illerin klasik veri zarflama analizi ve süper etkinlik veri zarflama analizi sonucunda elde edilen etkinlik skorlarının ortalaması hesaplanarak bölgelerin ortalama etkinliği hesaplanmasıyla bölgeye göre etkinlik skoru oluşturuldu. Ayrıca bölgelere göre standart sapma, minimum ve maksimum değerler hesaplandı. Bu istatistiklere göre hem klasik VZA hem de süper etkinlik skorları açısından ortalama etkinlik düzeyi en yüksek olan bölge Marmara Bölgesidir. Ayrıca klasik VZA ve süper etkinlik skorları açısından ortalama etkinlik düzeyi en düşük olan bölge ise Akdeniz bölgesidir.

Bu veri analizleri ışığında Türkiye'de Sağlık Bakanlığı'na bağlı kamu hastanelerin büyüklükleri ile MHRS arasında anlamlı bir ilişki olduğu, dal ve ilçe hastanelerinin daha etkili, eğitim ve araştırma hastanelerinin karmaşık organizasyon yapısına sahip olmasından ötürü MHRS etkililik düzeyinin düşük düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İl veri setinde yapılan analizde MHRS verimlilik düzeyinin en etkili olduğu il İstanbul'dur. Çünkü İstanbul hem sanayi ve hem teknoloji açısından verimlilik düzeyi en etkili il olması bu sonucu doğurmuştur.

Bölge bazında yapılan analizleri incelediğimizde ilde İstanbul'un olduğu bölge Marmara bölgesi etkili çıkmıştır. Marmara bölgesinin sanayi ve teknoloji bölgesi olması etkisini sağlık sektöründe de göstermiştir. Sonuç olarak değerlendirdiğimizde hastane büyüklükleri ile MHRS arasında anlamlı bir ilişki vardır. MHRS ile il büyüklükleri arasında anlamlı bir ilişki olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmanın sonucunda MHRS'nin etkili olmadığı eğitim ve araştırma hastaneleri karmaşık organizasyon yapısını küçültme stratejisiyle daha etkili bir organizasyon yapısına dönüştürülmesi, Teknolojinin etkinliğinin az ama nüfusun

fazla olduğu Akdeniz bölgesine daha fazla kamu hastaneleri açılmalıdır. Çünkü Akdeniz Bölgesi nüfusuna hastane sayısı yeterli olmadığından ötürü MHRS etkili hizmet gösterememektedir. Bu durum, hastanelerin kapasite geliştirme stratejileri ile MHRS stratejilerinin eşgüdüm içerisinde olması gerekliliğini açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

Marmara bölgesi MHRS kaynak planlamasını etkili bir şekilde gerçekleştirmişken; Akdeniz bölgesi MHRS kaynak planlamasını etkili bir şekilde gerçekleştirmemiştir. Marmara bölgesinin sanayi bölgesi olması Akdeniz bölgesinin nüfus sayısının fazla ve özel hastane çokluğu bu sonucun ortaya çıkmasında etkili unsur olmuştur.

KAYNAKÇA

- Ak, B. (23-25 Ocak, 2013). Sağlıkta Yeni Hedef: Dijital Hastaneler. *Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri* (s. 971-976). Antalya: Akdeniz Üniversitesi.
- Akal, Z. (2005). *İşletmelerde Performans Ölçümü ve Denetimi: Çok yönlü performans göstergeleri*. Ankara: Milli Prodüktivite Yayınları.
- Akalın, B., ve Veranyurt, Ü. (2020). Sağlıkta Dijitalleşme ve Yapay Zeka . *Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Yönetimi Dergisi*, 131-141.
- Akbolat, M., ve Işık, O. (2010). Bilgi Teknolojileri ve Hastane Bilgi Sistemleri Kullanımı: Sağlık Çalışanları Üzerine Bir Araştırma . *ResearchGate*, 365-389.
- Akdoğan, M. (2001). *Veri Zarflama Analizi Tekniği ile Sigorta Şirketlerinin Etkinlik Ölçümü: Türkiye Örneği* . Ankara : Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Akgül, A. (2005). *Tıbbi Araştırmalarda İstatiksel Analiz Teknikleri*. Ankara: Kişisel Yayınlar.
- Akın, S. (2021, 03 11). *Yapay Zeka Teknolojisinde Fark Yaratan Ülkeler*. Yapay Zeka Teknolojisinde Fark Yaratan Ülkeler: <https://pazarlamasyon.com/yapay-zeka-teknolojisinde-fark-yaratan-ulkeler> adresinden alındı
- Aksoy, A. (2016). Geleneksel Devletten Modern Devlete: Sanayi Devrimi ve Kamu Yönetimi Düşüncesinde Değişim. *Uluslararası Politika Araştırmalar Dergisi*, 32-37.
- Aksu, M. Ç., Ateş, Y., Yaman, H., ve Karaman, E. (2018). Merkezi Hekim Randevu Sistemi İçin Öneriler . *5 th International Management Information Systems Conference* (s. 1-6). Ankara: Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi.

- Aktaş, F., Çeken, C., ve Erdemli, Y. E. (2016). Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Biyomedikal Alanındaki Uygulamaları . *Düzce Üniversitesi Bilim Teknoloji Dergisi*, 37-54.
- Alagöz, M. A. (2013). *Kamu Hastanelerinde Kuyruk, Randevu Sistemleri: Merkezi Hastane Randevu Sistemi*. İstanbul: İstanbul Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni İzlek: Sanayi 4.0. *Journal Of Life Economics*, 19-30.
- Alp, M. (2003). *Verimlilik Kavramının Tarihçesi ve Günümüz Yönetim Model ve Uygulamalarındaki Yeri*. Ankara: Atılım Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Androutsou, L., Geitona, M., ve Yfantopoulos, J. (2011). Measuring Efficiency and Productivity Across Hospitals in the Regional Health Authority of Thessaly in Greece . *Journal of Health Management* , 121-140.
- Armağan, E., ve Bozkurt, Y. (2019). *Yapay Zeka Endüstri 4.0 ve Robot Üreticiler Hukuki Baakış*. İstanbul: Aristo Yayınevi.
- ARSLAN, M. Ç., ve Demirkan, S. (2019). Endüstri 4.0 ve Muhasebe Sistemine etkisi üzerine kuramsal Bir İnceleme. *Enderun Dergisi*, 40-56.
- Aslan, R., ve Erdoğan, S. (2017). 21. Yüzyılda Hekimlik Eğitimi: Sanal Gerçeklik, Artırılmış Gerçeklik, Hologram. *Kocatepe Veterinary Journal*, 204-212.
- Aslan, Ş., ve Güzel , Ş. (2019). Endüstri 4.0 Gelişim Süreci ve Sağlıkta Dijital Dönüşüm. *2nd International Congress On New Horizons In Education And Social Sciences (ICES-2019) Proceedings*, (s. 650-659). İstanbul.
- Aşut, Ş. (2020, 09 01). *Yeni Sanayi Devrimi Endüstri 4.0 doğru anlaşılmalıdır*. Mersin Ticaret ve Sanayi Odası: <https://www.haberler.com/asut-hedefimiz-endustri-4-0-in-gereklerini-tum-10292875-haberi/> adresinden alındı

- Atan, M. (2002). *Türkiye Bankacılık Sektöründe Veri Zarflama Analizi ile Bilançooya Dayalı Mali Etkinlik ve Verimlilik Analizi*. Ankara .
- Ataseven, H. (2019). *Şehir Hastaneleri A ve B rolü Hastaneler*. Ankara: Verimlilik Yeriinde Değerlendirme Rehberi.
- Ateş, U., Ergün, E., Göllü, G., Türedi, B., Bahadır, K., ve Çakmak, A. M. (2017). Robotik Cerrahinin Ülkemizdeki Yaygınlaşma Süreci ve Önündeki Engeller. *Turkish Journal Of Pediatric Disease*, 248-253.
- Avaner, T., ve Avaner, E. B. (2018). Yazılım Teknolojileri ve Sağlık Yönetimi: HIMSS ya da Dijital Hastane Hizmetleri Üzerine Bir Değerlendirme. *Yasama Dergisi*, 5-37.
- Avder, E. (2020, 12 12). *İşletmelerde verimliliğe etki eden faktörler*. <http://www.arsivbelge.com/yaz.php?sc=2212>, adresinden alındı
- Ay, F. (2009). Uluslararası elektronik hasta kayıt sistemleri, hemşirelikuygulamaları ve bilgisayar ilişkisi. *Gülhane Tıp Dergisi*, 131-136.
- Ayan, A. (2018). *E-Ticaret sitelerinin satışlarının artırılması için bulut bilişim tabanlı yapay öğrenme*. Konya: Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aydın, Ş. E. (2017). *Yapay Zeka Teknolojisi*. Adana: Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme ve Teknoloji Yönetimi.
- Aytekin, A., Erdoğan, Y., ve Kavalcı, K. (2016). Yeni Bir İş Modeli: Muhasebe Alanında Bulut Bilişim. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 46-62.
- Azuma, R. T. (1999). The Challenge of Making Augmented Reality Work Outdoors. *Mixed Reality: Merging real and virtual worlds* , 379-390.
- Bakanlığı, S. (2015, 03 07). *E-nabız* . Mehmet Müezzinoğlu e-nabızını tanıttı: (<http://www.saglik.gov.tr/TR/belge/1-39784/mehmet-muezzinoglu-e-nabiz-sistemini-tanitti.html>). adresinden alındı

- Bakanlığı, T. S. (2020). *Hes Kodu Uygulaması*.
<https://hayatevesigar.saglik.gov.tr/HES.pdf>: TC Sağlık Bakanlığı.
- Bakanlığı, T. S. (2020, 05 7). *Özel Hastaneler ve Sağlık Kuruluşları Derneği*. Sağlık Bakanlığı tarafından “COVID-19 Normalleşme Süreci ve Alınacak Tedbirler: <https://ohsad.org/saglik-bakanligi-tarafindan-covid-19-normallesme-sureci-ve-alinacak-tedbirler-yayinlandi/> adresinden alındı
- Bakanlığı, T. S. (2021, 03 22). *Tc. Sağlık Bakanlığı*. Dijital Hastane: <https://dijitalhastane.saglik.gov.tr/TR,53125/seviye7-hastanelerimiz.html> adresinden alındı
- Bakırer, A. (2016). *636 Sayılı KHK' nin Devlet Hastanelerinin Verimliliklerine Olan Etkisinin Veri Zarflama Analizi ile Ölçümü*. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Banger, G. (2017). *Endüstri 4.0 Ekstra*. Ankara: Dorlion Yayınları.
- Bartodziej, C. J. (2017). *The Concept Industry4.0. In: The Concept Industry 4.0*. Wiesbaden: Springer Gabler.
- Bayın, G., YeşilAydın, G., ve Özkan, O. (2018). Bulut Bilişimin Sağlık Hizmetlerinde Kullanımı. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 233-253.
- Baytekin, E. P. (2006). *Bir Halkla İlişkiler Görevi Olarak Örgütsel Verimliliğin Arttırılmasında Bilgi Yönetimi*. İzmir: Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü .
- Begley, R., Riege, M., Rosenblum, J., ve Jseng, D. (2000). Adding intelligence to medical devices. *Medical Device & Diagnostic Industry Magazine*.
- Behdioğlu, S., ve Özcan, G. (2009). Veri Zarflama Analizi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi*, 301-326.

- Belcher, J. (1987). *Productivity PLUS+: How Today's Best Run Companies Are Gaining the Competitive Edge*. American: Houston: American Productivity Center.
- Blay, W. (2005). *Yapay Zeka*. İletişim Yayınları.
- Boğa, A. (2019). *Hastanelerin Teknik Performans Ölçümünde Veri Zarflama Analizi ve Türkiye Örneği*. AfyonKarahisar: AfyonKocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Bolat, S. (2019). *Dördüncü Sanayi Devriminin Lojistik Sektörüne Etkileri: Antalya Bölgesinde Lojistik Faaliyette Bulunan İşletmelerde Bir Araştırma*. Antalya: Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Uluslararası Ticaret ve Lojistik Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi .
- Bradley, J. M., ve Atkins, E. (2015). Optimization and Control of Cyber-Physical Vehicle Systems. *sensors 2015*, 23020-23049.
- Bruner, J. (2013). *Industrial Internet*. O'Reilly Media.
- Büyükgöz, S., ve Dereli, E. (2020). Dijital Sağlık Uygulamalarında Yapay Zeka . *ResearchGate*, 1-7.
- Cansever, İ. H., Tüfekçi, N., ve Yorulmaz, R. (2017). Dijital Hastane. *Journal of Current Researches on Health Sector*, 143-156.
- Ceylan, A. (2020, 11 15). *Yapay Zeka ve Sağlık*. Yeşil Science: <http://www.yesilscience.com/tr/yapayzeka/yapay-zeka-ve-saglik/> adresinden alındı
- Clifford, C. (2020). *Look Inside the Hospital in China where coronavirus patients were treated by robots*. <https://www.cnbc.com/2020/03/23/video-hospital-in-china-where-CO-VID-19-patients-treated-by-robots.html>: Make it.
- Cruz, M., ve Avedillo, E. (1984). *A Manual on Quick Productivity Appraisal Productivity ve Development Center Development Academy of the Philippines, Pasig, Metro* . NewYork: Manila Philippines.

- Czıfra, G., ve Molnar, Z. (2020). COVID-19 AND INDUSTRY 4.0. *RESEARCH PAPERS FACULTY OF MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY IN TRNAVA*, 36-45.
- Çaka, C., Kuzu Demir, E. B., Tuğtekin, U., Demir, K., İslamoğlu, H., ve Kuzu, A. (2016). Üç Boyutlu Yazdırma Teknolojilerinin Eğitim Alanında Kullanımı: Türkiye'deki Uygulamalar. *Ege Eğitim Dergisi*, 481-503.
- Çavmak, Ş., ve Çavmak, D. (2017). Sağlık Hizmetlerinde Etkinlik Kavramı. *DergiPark*, 21-34.
- Çelen, S. (2017). Sanayi 4.0 ve Simülasyon. *INTERNATIONAL JOURNAL OF 3D PRINTING TECHNOLOGIES AND DIGITAL INDUSTRY*, 9-26.
- Çelik, S. (2011). Cerrahi Bakımda Bilgi Güncelleme. *AcıBadem Üniveristesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 61-65.
- Çelikleş, M. S., Sonlu, G., Özgel, S., ve Atalay, Y. (2015). Endüstriyel Devrimin Son Sürümünde Mühendisliğin Yol Haritası. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 24-34.
- Çetin, B. (2019). *SAĞLIK HİZMETLERİNDE NESNELERİN İNTERNETİ Uygulamalarının Kullanımı*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Çifci, B. S. (2020). *Yapay Zeka Konusunun Toplumsal Cinsiyet Kapsamında İncelenmesi*. Trabzon: Trabzon Üniversitesi Eğitim Enstitüsü.
- Deloitte. (2020, Nisan 04). *Yeni Nesil Teknolojilerin COVID-19 Mücadelesindeki Önemi- Ülke Örnekleri*. Deloitte.
- Demir, H., ve Şahin, İ. (2019). Tip 2 Diyabet Hastalarının Nesnelere İnterneti Tabanlı İzlemi. *Sağlıkta Performans ve Kalite Dergisi*, 97-134.
- Demircan, B. (2019). *Endüstriyel tabanlı sistem için bulut bilişim tabanlı nesnelere interneti uygulaması*. Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi FenBilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı.

- Demirci, A. (2018). *Teori ve Uygulamalarla Veri Zarflama Analizi*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Demirhan, A., Kılıç, Y. A., ve Güler, İ. (2010). Tıpta Yapay Zeka Uygulamaları. *Yoğun Bakım Dergisi*, 31-41.
- Demirtaş, B., ve Argan, M. (2015). Büyük veri ve Pazarlamadaki Dönüşüm: Kuramsal Bir Yaklaşım. *Pazarlama ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 1-21.
- Depren, Ö. (2008). *Veri Zarflama Analizi ve Bir Uygulama*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü.
- Derya, H. (2018). Endüstri Devrimleri ve Endüstri 4.0. *G. Ü. İslâhiye İİBF Uluslararası E-Dergi*, 1-20.
- Dikmetaş, E. (2008). Sağlık Kurumlarında Verimlilik ve Veri Zarflama Analizi. *Verimlilik Dergisi*, 1-18.
- Dinçer, Ö. (2013). *Stratejik Yönetim ve İşletme Politikası*. İstanbul: Alfa Yayınları.
- Dinçer, Ö., ve Fidan, Y. (2005). *İşletme Yönetimine Giriş*. İstanbul: Alfa Yayınları.
- Doğan, K., ve ArslanTekin, S. (2016). Büyük Veri: Önemi, Yapısı ve Günümüzdeki Durum. *DTFC Dergisi*, 15-36.
- Domingo, M. C. (2012). An overview of the Internet of Things for people with disabilities. *Journal of Network and Computer Applications*, 584-596.
- Döger, C. (2019). *C D E Rolü Hastaneler*. Ankara: TC Sağlık Bakanlığı.
- EBSO. (2020, 07 11). *Sanayi 4.0 Uyum Sağlamayan Ülke Kaybedecek?* www.ebso.org.tr: EBSO (2015), Sanayi 4.0 Uyum Sağlamayan Kaybedecek, www.ebso.org.tr, (E.T: 01.02.2017) adresinden alındı
- Elitaş, C., ve Özdemir, S. (2014). Bulut Bilişim ve Muhasebede Kullanımı. *Muhasebede Bilim Dünyası Dergisi*, 93-108.
- Elmas, Ç. (2011). *Yapay Zeka Uygulamaları*. Seçkin Yayıncılık.

- Elwes, R. (2013). *Yapay Zeka Nasıl Oluşturulur*. İthaki Yayınları.
- Emiral, F. (2001). *Türk Bankacılık Sisteminde Etkinlik Analizi (Veri Zarflama Analizi Uygulaması)*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigorta Enstitüsü.
- Erbaş, Ç., ve Demirer, V. (2014). Eğitimde Arttırılmış Gerçeklik Uygulamaları: Google Class Örneği. *ResearchGate*, 8-16.
- Esmer, Y., ve Alan, M. A. (2019). Endüstri Perspektifinde İnovasyon. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 465-478.
- Evirgen, H., ve Yorulmaz, M. (2019). Merkezi Hekim Randevu Sistemi: Bir Kamu Hastanesi Örneği. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 432-443.
- Eysenbach, G. (2001). What is E-Health? *Journal of Medical Internet Research*.
- Gainty, C. (2016). Mr Gilbreth's motion pictures-the evolution of medical efficiency. *New England Journal of Medicine* , 109-111.
- Geisberger, E., ve Broy, M. (2012). *AgendaCPS, Integrierte Forschungsagenda CyberPhysical Systems* . Munich: Deutsche Akademie der Technikwissenschaften.
- Gillies, R., Shortell, S., Anderson, D., Mitchell, J., ve Morgan, K. (1993). Conceptualizing and Measuring Integration: Findings from the health systems integration systems. *Hospital&Health Services Administration*, 467-89.
- GoogleAI. (2020, 11 15). *Healthcare and Bioscience*. <https://ai.google/healthcare> adresinden alındı
- Göktaş, P., ve Baysal, H. (2018). Türkiyede Dijital İnsan Kaynakları Yönetiminde Bulut Bilişim. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1409-1424.
- Görçün, Ö. (2016). *Endüstri 4.0*. İstanbul: Beta Basım Yayın.

- Göriş, S., Bilgi, N., ve Korkut Bayındır, S. (2014). Hemşirelik Eğitiminde Simülasyon Kullanımı. *Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25-29.
- Greengard, S. (2017). *Nesnelerin İnterneti*. İstanbul: Optimist Yayınları.
- Gujarati, D. (1999). *Temel Ekonometri*. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Gülcü, A., Çoşkun, A., Yeşilyurt, C., Çoşkun, S., ve Esener, T. (2004). Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesinin Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Göreceli Etkinlik Analizi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 1-5.
- Günay, D. (2002). Sanayi ve Sanayi Tarihi. *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Mimar ve Mühendis Dergisi*, 8-14.
- Günay, M. (2010). *Üniversite Hastanelerinin 2008 Yılı Verimlilik ve Etkinlik Analizi*. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Güneş, H., Bıçakçı, S., Çıtak, H., Çoramık, M., ve Ege, Y. (2019). Nesnelerin İnterneti Üzerine Bir Uygulama. *Bilimsel Araştırmalar Sempozyumu*, 319-327.
- Gür, N., Ünay, S., ve Dilek, Ş. (2017). *Sanayiye Yeniden Düşünmek: KÜRESEL TEKNOLOJİK DÖNÜŞÜMÜN DÜNYA VE TÜRKİYE EKONOMİSİNE YANSIMALARI*. İstanbul: Turkuvaz Haberleşme ve Yayıncılık.
- Gürdin, B. (2020). Türkiyede Robonomi: Zkuşağın gençlerin hastanelerde Potansiyel Hizmet Robotu Kullanımına Yönelik Tutumları. *Artuklu Kaime Uluslararası İktisadi ve İdari Araştırmalar Dergisi*, 56-78.
- Gürsoy, B. (1985). *Verimlilik Üzerine Düşünceler*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Güzel, İ. (2019). *Türkiye ve Avrupa Birliğine Üye Ülkelerin Seçilmiş Sağlık Göstergelerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi*. Muğla : Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.

- Hanaylı, M. C., Sebetci, Ö., ve Dönük, G. G. (2017). Hastanelerin Dijitalleşme Sürecinde HIMSS-EMRAM Modeli Kullanımının Dünyada ve Türkiye'deki Genel Durumunun İncelenmesi. *Journal of Business Research Turk*, 359-372.
- Hançerlioğulları, A. (2006). MonteCarlo Simülasyon Metodu ve MCNP Kod Sistemi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 545-556.
- He, W., li, S., ve Xu, L. D. (2014). Internet of Things in Industries: A Survey. *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS*, , 2233-2243.
- Holt, B., Blaya, A., Fraser, H., ve Joaquin, B. (2010). E-Health Technologies Show Promise In Developing Countries. *HEALTH AFFAIRS*, 244-251.
- İbicioğlu, H. (1993). *İşletmelerde insan gücü verimliliğinin artırılması ve teknolojik değişim*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- İleri, H. (1999). Kalkınmada verimlilik. *Anahtar Dergisi*, 10-24.
- ileri, y. y. (2018). SAĞLIK HİZMETLERİNDE NESNELERİN İNTERNETİ (NİT): AVANTAJLAR VE ZORLUKLAR . *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 159-171.
- İnan, E. A. (2000). Banka Etkinliğinin Ölçülmesi ve Düşük Enflasyon Sürecinde Bankacılıkta Etkinlik. *Bankacılık Dergisi*, 34.
- Ivanov, S. H. (2017). Robonomics-Principles, Benefits, Challenges,Solutions. *Yearbook of Varna University of Management*, 283-293.
- Jauquin, L., Fisher, J. E., King, L. A., ve Zeltwanger, P. E. (2003). The digital hospital: opportunities and challenges. *Journal of Healthcare Information Management*, 37-45.
- Juels, A. (2005). RFID Security and Privacy A Research Survey. *ResearchGate*, 1-19.
- Jung, M. (tarih yok).

- Jung, M. (2008). *“From Health to E-Health: Understanding Citizens' Acceptance of Online Healthcare”*. Luleå University of Technology, Department of Business Administration and Social Sciences, Division of Industrial Marketing: e-Commerce and Logistics, Doctoral Thesis, Sweden, s.3-5.
- Kagermann, H., Wahister, W., ve Helbig, J. (2013). Recommendations for Implementing The Strategic Initiative Industrie 4.0. *Industrie 4.0 Platform*, 9.
- Kahraman, F. (2017). *Çalışma İlişkileri Bakımından Dördüncü Sanayi Devrimi ve Sivas İlinde Farkındalık Üzerine Alan Araştırması*. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kara, Ö. (2020). *Türkiye de Kamu ve Özel Hastanelerde Verimlilik: 2000-2019 Döneminde Yazılan Lisansüstü Tezlerin Analizi*. İstanbul: İstanbul Esenyurt Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Karaağaç, M. (2019). *Dijital Hastane Sistemlerinin Hemşirelerin Zihinsel İşyükü ve Tıbbi Hataya Eğilimlerine Etkisi*. Gaziantep: Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimleri Üniversitesi.
- Karadağ, Ü. (1993). *İşletme Sermayesine Simülasyon Tekniği ile Karar Verilmesi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı.
- Karadal, F., ve Türk, M. (2008). İşletmelerde Teknoloji Yönetiminin Geleceği. *Niğde Üniversitesi İİBF Dergisi*, 59-71.
- Karademir, M. (2020, 07 08). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. Türk Asya Stratejik Araştırmalar Merkezi: https://tasam.org/tr-TR/Icerik/25733/dorduncu_sanayi_devrimi adresinden alındı
- Karahan, A., ve Özgür, E. (2011). *Hastanelerde Performans Yönetim Sistemi ve Veri Zarflama Analizi*. Ankara: Nobel Yayın.
- Karaman, E. (2019). *Bulut Bilişim Yakın Gelecekte Vazgeçilmez Olacaktır*. İstanbul: Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği.

- Kartal, Y. E. (2015). *Diş Tedavi Hizmetlerinde Kullanılan Merkezi Hekim Randevu Sisteminin Diş Hekimlerce Değerlendirilmesine İlişkin Bir Çalışma*. Sakarya: Sakarya Üniveristesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Kavuncubaşı, Ş., ve Yıldırım, S. (2010). *Hastane ve Sağlık Kurumları İşletmeciliği*. Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Kavuncubaşı, Ş., ve Yıldırım, S. (2018). *Hastane ve Sağlık Kurumları Yönetimi*. Ankara: Siyasal Kitabevi.
- Kent, J. (2020, 02 31). *Artificial Intelligence Predicts Severe Disease in Covid-19 Patients* . Health it Analytics : <https://healthitanalytics.com/news/artificial-intelligence-predicts-severe-disease-in-covid-19-patients> adresinden alındı
- Kerr, C. A., Glass, C. J., Mccallion, G. M., ve McKillop, D. G. (1999). Best-Practice Measures of Resource Utilization for Hospitals: A useful complement in performance assessment. *Public Administration*,, 639-650.
- Kılıç, T. (2016). Digital Hospital. *An Example of Best Practice, International Journal f Health Science Research and Policy*, 52-58.
- Kıllı, M., ve Murat, A. (2004). *Etkinlik/Verimlilik Çalışmalarında Kullanılan Veri Zarflama Analizi Üzerine Karşılaştırılmalı Yaklaşımlar*. Ankara: Gazi Üniversitesi.
- Kimberly, A. (2020, 05 28). *The Balance*. Vertical İntegration: Pros,cons, and examples: <https://www.thebalance.com/what-is-vertical-integration-3305807> adresinden alındı
- Kıraç, R. (2019). Hastane randevu sistemlerinin hastalar açısından değerlendirilmesi. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 189-195.
- Koç, Ş. (2020). *Dördüncü Sanayi Devriminin Dünyaya ve Türkiye'ye Ekonomik Yansımaları*. Konya: Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Ana Bilim Dalı.

- Koçak, C. (2019). *Dördüncü Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Bir Cam Ambalaj Fabrikasında Uygulama*. Kocaeli: Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koçel, T. (2005). *İşletme Yöneticiliği*. İstanbul: Arıkan Basım Yayınevi.
- Kök, R., ve Deliktaş, E. (2003). *Endüstri İktisadında Verimlilik Ölçme ve Strateji Geliştirme Teknikleri*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi İBFF Yayınları.
- Köse, U., ve Armutlu, H. (2015). *Bulut Bilişim Temel Konular ve Amazon Web Services*. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Kranenburg, R. v., ve Bassi, A. (2012). IoT Challenges. *Communications in mobile computing a spring open journal*, 1-5.
- Kurşun, A., ve Kaygısız, E. G. (2018). Merkezi Hekim Randevu Sistemi Uygulamalarına Yönelik Memnuniyet ve Erişilebilirlik Düzeyinin Belirlenmesi. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1-10.
- Kurt, T. (2002). *Bankalarda Risk Yönetimi ve Etkinlik: Türk Bankacılık Sisteminde 1992-2000 döneminde DEA ile Etkinlik Ölçümü*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Kutay, M., ve Ercan, T. (2019). Nesnelerin İnterneti ve Yenilikçi Sağlık Hizmeti Uygulamaları. *Research Gate*, 51-65.
- Kutlar, A., ve Kartal, M. (2004). Cumhuriyet Üniversitesinin Verimlilik Analizi: Fakülteler Düzeyinde Veri Zarflama Yöntemiyle Bir Uygulama. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 49-79.
- Küçüksille, E. U., Özger, F., ve Genç, S. (2013). Mobil Bulut Bilişim ve Geleceği. *Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri* (s. 695-699). Antalya: Akdeniz Üniversitesi.
- Landriscina, F. (2013). *Simulation and Learning*. New York: A Model-Centered Approach.

- Loy, J. (2014). eLearning and eMaking: 3D Printing Blurring the Digital and the Physical. *Education Sciences*, 108-121.
- Mackulak, G. T., ve Cochran, J. H. (2015). Ascertaininig Important Features For Industrial Simülation Environments. *ResearchGate*, 1-21.
- Madakam, S., Ramaswamy, R., ve Tripathi, S. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Scientific Research Publising*, 164-173.
- Mendi, O. (2012). *E-DÖNÜŞÜM SÜRECİNDE SAĞLIK BİLİŞİMİ UYGULAMALARININ Yeri ve Hastaların E- sağlık uygulamaları kapsamındaki tutumlarını belirlemeye yönelik bir araştırma*. İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Meydan, C., Horasan , E., Aslan Çetin, F., Kosa, G., Horasan, M., Cengiz, Ö., ve Atay, S. E. (2018). *Endüstri 4.0 Üzerine Yazılar*. Ankara: Savaş Kitabevi.
- Mıdık, Ö., ve Kartal, M. (2010). Simülasyona Dayalı Tıp Eğitimi. *Marmara Medical Journal*, 389-399.
- Mitchell, J. (2000). IncreasingtheCost-Effectiveness of TelemedicinebyEmbracingE-Health. . *Telemed Telecare*, 16-19.
- Monteiro, A. B., França, R. P., Estrela, V., Lano, Y., Khelassi, A., ve Razmjoooy, N. (2018). Health 4.0 as an Application Of Industry 4.0 in Healthcare Services and Management. *researchgate*, 262-277.
- Motola, I., Devine, L., Chung, H. S., Sullivan, J., ve Issenberg, S. B. (2013). Simulation in healthcare education: A best evidence practical quide. *Medical Teacher* , 1511-1530.
- Mut, S., Turgut, M., ve Kutlu, G. (2019). Türkiye de Sağlık Alanında Veri Zarflama Analizi Yöntemi Kullanılarak Yapılan Makalelerin İncelenmesi. *Hacettepe Journal of Health Administration*, 207-244.
- Nabiyev, V. (2003). *Yapay zeka*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

- Odabaşı, Y. (2008). *Satışta ve Pazarlamada Müşteri İlişkileri*. İstanbul: Der Yayınevi .
- Onar, A. (2013, 1 08). *Sgk Bölge Bulut Bilişim Merkezi Olacak*. Bt Haber Merkezi: <https://www.bthaber.com/sgk-bolge-bulut-bilisim-merkezi-olacak/> adresinden alındı
- Oyman, F. (2019). *Merkezi hekim randevu sistemi (MHRS) ve devam eden muayene çalışma cetvelleri (DEMC)'nin romatoloji polikliniği'nde hasta devamsızlığına etkisi*. İstanbul: Sağlık Bilimleri Üniversitesi.
- Öcal, H., Doğru, A., ve Barışçı, N. (03.05.2018). Akıllı ve geleneksel giyilebilir sağlık cihazlarında nesnelerin interneti. *Politeknik Dergisi*, 695-714.
- Öktem, M. K., Çakmak , M., ve Ömürgönülşen, U. (2009). Türk Kamu Hastanelerinde Teknik Verimlilik Sorunu: Veri Zarflama Analizi Tekniği ile Sağlık Bakanlığına Bağlı Kadın Doğum Hastanelerinin Teknik Verimliliklerinin Ölçülmesi. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 1-36.
- Ömürberk, N., DemirGubuz, M., ve Tunca, Z. (2013). Hastanelerdeki Bilişim Sistemlerinden Klinik Bilgi Sistemlerinin Kullanımına Yönelik Bir Araştırma: Denizli ve Isparta Örneği. *Selçuk Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 301-328.
- Önder, M., Ulasan, F., Demir, İ., ve Saygılı, H. (2020). Yapay Zeka Stratejileri ve Türkiye. *ResearchGate*, 2-55.
- Öner, N. (2010). *Sağlık Bakanlığına bağlı ağız ve diş sağlığı kurumlarının veri zarflama analizi yöntemi ile performansının değerlendirilmesi*. Ankara: Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Özarslan, Y. (2011). Öğrenen İçerik Etkileşiminin Genişletilmiş Gerçeklik ile Zenginleştirilmesi . *5 International Computer & Instructional Technologies Symposium* (s. 726-730). Elazığ: Fırat Üniversitesi.
- Özata, M., ve Aslan, Ş. (2004). Klinik Karar Destek Sistemleri ve Örnek Uygulamalar. *Kocatepe Tıp Dergisi*, 11-17.

- Özbek, Ç. (2007). *Verimlilik Arttırma Teknikleri*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Özcan, D. (2020). *Bulut Bilişim Uygulamalarının Muhasebe Alanında Kullanımı ve Farkındalığı*. İstanbul: İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü .
- Özçelik, S. (2010). *Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmelerde Verimliliği Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi Erzurum İlinde Bir Uygulama* . Erzurum: Atatürk Üniveristesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Özdemir, G. (2014). *Performans Değerlendirme ve Çalışma Hayatına Etkisi*. İstanbul: Çatı Kitapları.
- Özdemir, K. (2007). *Hızlı Verimlilik Değerlendirme Yaklaşımı ile Verimlilik Ölçümü ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama*. Kütahya: Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Özden, Ü. (2020, 08 21). *Simülasyon*.
<http://www.unalozden.com/DOWNLOAD/simulasyon.pdf>:
<http://www.unalozden.com/DOWNLOAD/simulasyon.pdf> adresinden alındı
- Özdoğan, O. (2017). *Dördüncü Sanayi Devrimi ve Endüstriyel Dönüşümün Anahtarı*. İstanbul: Pusula20Teknoloji A.Ş.
- Özsever, Ç., Gençoğlu, T., ve Erginel, N. (2009). İş gücü verimlilik takibi için sistem tasarımı ve karar destek modelinin geliştirilmesi. *DumluPınar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 45-58.
- Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 41-64.
- Öztaş, D. (2016). Bir Eğitim ve Araştırma Hastanesinde Merkezi Hekim Randevu Sisteminin Kullanan Hastaların Memnuniyet Düzeylerinin Ölçülmesi. *ResearchGate*, 293-302.
- Öztuna, B. (2017). *Endüstri 4.0: Dördüncü Sanayi Devrimi İle Çalışma Yaşamının Geleceği*. İstanbul: Gece Kitaplığı.

- Palep, J. H. (2009). Robotics assisted minimally invasive surgery journal of minimal access surgery. *Journal of minimal access surgery* , 1-7.
- Pang, Z., Yang, G., ve Zhang, Y. T. (2018). Introduction to the special section: Convergence of Automation Technology, Biomedical Engineering, and Health Informatics Toward the Healthcare 4.0. *IEEE Reviews in biomedical engineering*, 360-374.
- Peker, S. V., Yavuz Van Giersbergen, ve Biçersoy, G. (2018). Sağlık Bilişimi Türkiyede Hastanelerin Dijitalleşmesi. *Sağlık Akademisi*, 228-267.
- Pekiner, K. (1971). *İşletmelerde Prodüktivite Denetimi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Peter, S., Gunes, V., Givagis, T., ve Vahid, F. (2014). A Survey on Concepts, Applications, and Challenges in Cyber- Physical Systems. *Transactions on Internet and Information Systems* , 4242-4268.
- Pretlow, R. (2020, 11 23). *eHealth International: A CuttingEdgeCompanyFor A New Age*. E-health: <http://www.carolstock.com/ehealthi.html> adresinden alındı
- Prokopenko, J. (2005). *Verimlilik Yönetimi Uygulamalı El Kitabı*. Ankara: Milli Prodüktivite Yayınları.
- Raste, K. (2014). *Big Data Analytics – Hadoop Performance Analysis*. SanDiago: State Univesty.
- Schwab, K. (2018). *Dördüncü Sanayi Devrimi* . İSTANBUL: Optimist Yayıncılık.
- Seiford , M. L., Lewin, A. Y., Charnes, A., ve Cooper, W. W. (1994). *DEA, Theory, Methodogy and Applications*. london: Paperback.
- Sevimli, Ö. (2013). *Sağlık Kurumlarında Veri Zarflama Analizi Tekniği İle Verimlilik Analizi*. İstanbul: Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı .

- Seyhan, M., ve Kara, M. (2016). Verimlilik Kavramı ve İşletmelerde Verimliliğin Önemi: Akfa Çay Fabrikası Örneği. *International Journal of Academic Value Studies*, 161-169.
- Seyrek, İ. H. (2011). Bulut Bilişim: İşletmeler İçin Fırsatlar ve Zorluklar. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 701-713.
- Sezer, E., Ünalır, M. O., Yıldız, F., GümüşKavak, A., ve Akçay, N. (2018). Sağlık Alanı için Kişiselleştirilmiş Nesnelerin İnterneti Platformu . *2018 Published in 6th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 09-11 November 2018 (ISITES2018 Alanya – Antalya - Turkey*, 311-320.
- Sezer, H., ve Orgun, F. (2017). Hemşirelik Eğitiminde Simülasyon Kullanımı ve Simülasyon Modeli. *Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, 140-152.
- Sezer, H., ve Orgun, F. (2017). Hemşirelik Eğitiminde Simülasyon Kullanımı ve Simülasyon Modeli. *Ege Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, 140-152.
- Siemens. (2016). *Endüstri 4.0 Yolunda* . Türkiye: Siemens 4.0 Dergisi.
- Siemens. (2016). *Endüstri 4.0 yolunda dijital fabrikalar* . <http://www.kayserto.org.tr/upload/dosyalar/file/3.pdf>: Siemens Bogaziçi Yazılım Atos.
- Silveira, F. d., Neto, I. R., Machado, F. M., Silva, M. P., ve Amoral, F. G. (2019). Analysis of Industry 4.0 Technologies Applied to the Health Sector: Systematic Literature Review. *Springer Nature Switzerland* , 701-708.
- Sisnews. (2020, 11 24). *Sağlık Bilişiminde Objektif Haber*. e-sağlık yaklaşımının nihai hedefleri: <https://www.sisoft.com.tr/haber/page?SYF=Detay&hb=981> adresinden alındı
- Somyürek, S. (2014). Öğrenme Sürecinde Z Kuşağının Dikkatini Çekme: Arttırılmış Gerçeklik. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 63-80.

- Söğüt, E., ve Erdem, A. (tarih yok). Günümüzün Vazgeçilmez Sistemleri: Nesnelere Haberleşmesi ve Kullanılan Teknolojiler. *Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği*, 1-7.
- Sönmez, S. (2019, 09 23). *Dünya Halleri*. Yapay Zeka Destekli Protez, Tekrar Yürümeye Başlama Süresini Kısaltıyor: <https://www.dunyahalleri.com/yapay-zeka-destekli-protez-tekraryurumeye-baslama-suresini-kisaltiyor/> (adresinden alındı
- Sudana, D., ve Emanuel, A. (2019). How Big Data in Health 4.0 Prevent the spread of Tuberculosis. *2019 2 nd International Conference on Bioinformatics, Biotechnology and Biomedical Engineering* (s. 1-6). Indonesia : BioMIC.
- Sumanth, D. J. (1984). *Productivity Management; Planing, Measurement And Evoluation*. NewYork: Focus.
- Şahin, İ. (1998). *Sağlık Bakanlığı Hastanelerinin İllere Göre Karşılaştırmalı Verimlilik Analizi: Veri Zarflama Analizine Dayalı Bir Uygulama*. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Şener, S., ve Elevli, B. (2017). Endüstri 4.0 da yeni iş kolları ve yüksek öğrenim. *Mühendis Beyinleri Dergisi*, 25-37.
- Şengül, G., ve Bostan, A. (2013). Bulut Bilişimde Bilgi Güvenliği ve Standardizasyon Çalışmaları. *6. Uluslararası Bilgi Güvenliği ve Kriptoloji Konferansı* (s. 263-267). Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi & Gazi Üniversitesi.
- Şenol, O. (2017). *Veri Zarflama Analiziyle Kamu Hastaneleri Birliklerinde Verimlilik Analizi*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Şenol, O. (2017). *Veri Zarflama Analiziyle Kamu Hastaneleri Birliklerinde Verimlilik Analizi*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- TAHER, O. F. (2013). *Bulut Bilişim Platform ve Yazılım Hizmetlerini Dağıtmak için web-tabanlı Sanal Laboratuvar Tasarımı*. Ankara: Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü.
- Tekin, M., Güleş, H., ve Öğüt, A. (2010). *Değişim Çağında Teknoloji Yönetimi*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- teknolojisi, S. s. (2020, 09 03). *Sağlık sektöründeki yeni umut ışığı: 3D printer teknolojisi*. Sağlık sektöründeki yeni umut ışığı: 3D printer teknolojisi: <http://www.printondemand.com.tr/saglik-sektorundeki-yeni-umut-isiği-3d-printer-teknolojisi/> adresinden alındı
- Tengilimoğlu, D., ve Çermikli, H. (2016). Sağlık Kuruluşlarında Rekabetçi Strateji Olarak Firma Birleşmeleri Konusunda Hastane Yöneticilerinin Görüşlerini Tespit Etmeye Yönelik Bir Alan Çalışması . *Hacettepe Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi*, 171-186.
- Terzioğlu, F., Kapucu, S., Özdemir, L., Boztepe, H., Duygulu, S., Tuna, Z., ve Akdemir, N. (2012). Simülasyon Yöntemine İlişkin Hemşirelik Öğrencilerinin Görüşleri. *Sağlık Bilimleri Fakültesi Hemşirelik Dergisi*, 16-23.
- THINKTECH. (2020). *COVID-19 SONRASI SAĞLIK TEKNOLOJİSİ VE KLİNİK KARAR DESTEK SİSTEMLERİ*. https://thinktech.stm.com.tr/uploads/raporlar/pdf/2362020134444710_stm_covid_19_sonrasi_saglik_teknolojisi.pdf: Trend Analizi Düşünce Merkezi.
- Thummler, C. (2017). *Health 4.0: How Virtualization and Big Data are Revolutionizing*. Switzerland: Springer International Publishing .
- Topaloğlu, M., Özkişi, H., ve Tekkanat, E. (2017). *Bulut Bilişim*. İstanbul: Seçkin Yayıncılık.
- Toygar, Ş. A. (2018). E-sağlık Uygulamaları. *Yasama Dergisi*, 103-123.

- Turan, K. (2018). *DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİNİN ULUSLARARASI İLİŞKİLERE SOSYOEKONOMİK ETKİLERİ*. İzmir: Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Turan, M. (2014). Bulut Bilişim Mali Etkileri: Bulutta Veri. *Bilgi Dünyası*, 296-326.
- Turan, M. (2019). *Bulut Bilişim*. İstanbul: Seçkin Yayıncılık.
- Turan, N., ve Kaya, H. (2017). Bulut Bilişim ve Sağlık Bakımı. *Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi*, 161-166.
- TÜBA. (2020, OCAK 15). *TÜRKÇE BİLİM TERİMLERİ SÖZLÜĞÜ*. TÜBA: <http://www.tubaterim.gov.tr> adresinden alındı
- Uslu, D., Toygar, Ş. A., ve Mansur, F. (2016). Hastane Bilgi Yönetim Sisteminin Kullanılabilirliğini Belirlemeye Yönelik Bir Araştırma. *Uluslararası Sağlık Yönetim ve Stratejileri Dergisi*, 45-57.
- Uzun, B., Kördeve , M. K., ve Ünal, E. (2017). Merkezi Hekim Randevu Sisteminin İşleyişi Üzerine Bir Alan Araştırması. *Uluslararası Sağlık Yönetimi ve Stratejileri Araştırma Dergisi*, 52-61.
- Wang, S., Wan, J., Zhang, D., Li, D., ve Zhang, C. (2016). Towards Smart Factory for Industry4.0: A Self- Organized Multi-Agent System with Big Data Based FeedBack and Coordination. *Computer Networks*, 158-168.
- Wheelock, D., ve Wilson, P. (2000). Evaluating the Efficiency of Commercial Banks: Does Our View of What Banks Do Matter. *Bussiness Review*, 127-138.
- WHO. (2011). *mHealth: New HorizonsforHealthThrough Mobile Technologies: Based on the findings of the second global survey on e-health global observatory fore health series*. Volume 3.
- Wickramasinghe, N., ve Misra, S. (2004). A wireless trust model for healthcare. *International Journal e-Health*.

Winter, A., Haux, R., Ammenwerth, E., Hellrung, N., ve John, F. (2011). *Health Information Systems Architectures and Strategies*. Newyork: Springer.

Workgroup, H. L. (2013, 01 22). *History of the Healthcare Information* . Formerly Hospital Management System Society. adresinden alındı

Yankın, F. B. (2019). DİJİTAL DÖNÜŞÜM SÜRECİNDE ÇALIŞMA YAŞAMI. *E-DERGİ Trakya Üniversitesi*, 1-38.

Yazıcı, A. (2016). Endüstri 4.0 ve Otonom Robotlar. *Elektrik Mühendisliği* , 39-43.

Yelis, B. (2017, 10 13). *Türkiyenin Endüstri 4.0 Platformu*. Yatay ve Dikey Entegrasyon Nedir?: <https://www.endustri40.com/yatay-ve-dikey-entegrasyon-nedir/> adresinden alındı

Yelmen, A. (2016). Klinik Bilgi Sistemlerine İlişkin Lisans Sözleşmeleri Hakkında Değerlendirmeler. *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 365-382.

Yıldırım, H. (2019). *Dördüncü Sanayi Devriminin Ulusal Güvenliğe Etkisinin Karşılaştırılmalı Analizi*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek lisans Tezi.

Yılmaz, D. A. (2014). *Tıp Eğitiminde Simülasyonun Önemi ve Simülasyon Eğitimi ile Acil Tıp Ekibinin Kardiyopulmoner Resüsitasyon Uygulamasında Takım Performansının Artırılması*. Gaziantep: Gaziantep Üniversitesi.

Yılmaz, F., Arar, E., ve Koç, E. (2013). 3D Baskı ile Hızlı Prototip ve Son Ürün Üretimi. *Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi* , 1-9.

Yılmaz, M., ve Demirkıran, A. E. (2012). Hastane Yönetim ve Bilgi Sisteminin Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 19-28.

- Yolalan, R. (1993). *İşletmelerarası Görelı Etkınlık Ölçümü*. Ankara: Milli Prodüktive Merkezi Yayınları.
- Yu, L., Lu, Y., ve Zhu, X. J. (2012). Smart Hospital based on Internet of Things. *JOURNAL OF NETWORKS*, 1654-1695.
- Yue, X., Cai, H., Yan, H., Zou, C., ve Zhou, K. (2015). Cloud-assisted industrial cyber- physical systems: An insight. *Microprocessors and Microsystems*, 1262-1270.
- Yumurtacı, S., ve Mert, T. (2003). Robotik Kaynak Sistemleri ve Gelişme İstikametleri. *Kaynak Teknolojisi 4 Ulusal Kongre* (s. 1-13). Kocaeli: Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Yükçü, S., ve Atağan, G. (2009). Etkınlık, Etkıllık ve Verimlilik Kavramlarının Yarattığı Karışıklık. *Atatürk Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi*, 1-24.
- Yüksel, M., ve Genç, K. Y. (2018). Endüstri 4.0 ve Liderlik. 2. *International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies*, 338-341.
- Zhu, W., Owen, C. B., Li, H., ve Lee, J.-H. (2004). Personalized In Store E-commerce with Promopad an augmented reality shopping assistant. *Electronic Journal for E-commerce tools and applications* , 1-19.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı SOYADI: Özge Akkuş

E-mail: ozgeakkus35@gmail.com

GSM: 0534 241 32 32

Doğum Tarihi: 07.10.1995



Eğitim Süreci

Derece	Üniversite	Bölüm	Yıl
Lisans	Gümüşhane Üniversitesi	Sağlık Yönetim	2013-2018
Yüksek Lisans	İzmir Katip Çelebi Üniversitesi	Sağlık Yönetim	2018-2021

İş Deneyimleri

İş yeri	Görev	Deneyim Süreci
İEÜMedicalPark Hastanesi	Covid-19 Birim Sorumlusu	Operasyonel 2020-2021

Akademik Çalışmalar

Akkuş, Ö., Burmaoğlu, S. (2019). Geleceğin Sağlık Kurumları: Sağlık 4.0 Uygulamaları 3. *Uluslararası 13. Ulusal Sağlık ve Hastane İdaresi Kongresi*, Sakarya.

Kariyer Hedefim

Aldığım eğitim ve edindiğim iş deneyimlerimle takım içerisinde etkin bir şekilde yer alarak liderlik rolünü nasıl üstlenebileceğimi, insan ilişkilerinde iletişimin etkin rolünün nasıl işlediğini öğrenme fırsatım oldu. Bu nedenle akademik süreçte insan kaynakları ve sağlık yazılımcılığı alanında çalışmalarla kuruma olumlu katkıda bulunup sağlık sektöründeki gelişmeleri yakından takip etmekte ve bilgilerimi sürekli güncel tutmaya özen gösteririm. Bu nedenle insanlarla iletişimin öğreticiliğinden yararlanmak gerektiğini düşünüyorum. Aktif bir şekilde çalışarak akademik kariyer sürecinde ilerlemeyi hedeflemekteyim.