



Endüstri 4.0'ın Dinamiklerini Anlama ve Sağlık Sektöründeki Etki ve Kullanım Alanları

Nesteren ZAREI DENİZ

Doktora Öğrencisi, T.C. Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Yönetimi Bölümü

<https://orcid.org/0000-0002-4874-0935>, nesteren.zareideniz@st.uskudar.edu.tr

Özet

Hızla değişen dünya içinde bu değişimlere ayak uydurmayı becerebilenler başarıya ulaşma şanslarını arttırmış olurlar. Yeni teknolojik gelişmeler beraberinde birçok teknolojik akım ve jargonu getirmekte ve bunların okur yazarı olabilenler oyuna önde başlayabilirler. Her şeyin internet üzerinden idare edildiği bir dönemde sanayinin Endüstri 4.0 olarak karşımıza çıkıyor olması ve bunun ne anlama geldiğini araştıran bu çalışmada Endüstri 4.0 temel bileşenleri ve anlamları ve sağlık alanındaki uygulamaları anlamaya ve açıklamaya çalışacağım.

Anahtar sözcükler: endüstri 4.0, sağlık 4.0, nesnelerin interneti

Understanding the Dynamics of Industry 4.0 and Its Impact and Usage Areas in the Health Sector

Abstract

In a rapidly changing world to keep up with changes will increase the chance of success for those who can adopt them properly. New technologic developments bring along many technological trends and jargon, and being technologically literate will be a game changer quality. In an era that everything is managed over internet, industrial developments are emerging as Industry 4.0 and in this study I will set forth the basic components of Industry 4.0 understanding and explaining their meanings and the relevant applications in Healthcare field.

Keywords: Industry 4.0, Health 4.0, IoT

GİRİŞ

Evrimlerle örölü hayatın üretim alanında makineleşme, elektrifikasyon ve otomasyon ile evrimleşmesi şimdilerde Endüstri 4.0 olarak tanımlanan kavramı oluşturmaktadır (Kagermann H, 2011). Bu evrimler üretim ve teknoloji alanında neyi nasıl üretip satacağımızı ciddi anlamda şekillendirmektedir. Genel çerçevede ise Endüstri 4.0; makinelerin internet üzerinden birbirleri ile iletişime geçerek birbirlerini kontrol edebildikleri otonom bir üretim faaliyetini gerçekleştirme halidir.

Üniversiteye başladığım yıl olan 1995'te ailem okula gidip gelirken bana ulaşabilmek için bir cep telefonu almıştı. Bu kadar olağanüstü bir teknolojiyi cebimde taşıma lüksünü yaşadığım için kendimi çok şanslı hissetmişim. O gün biri çıkıp bana ailemin bu telefon üzerinden eş zamanlı olarak benim konum bilgilerime ulaşabileceğini bana söyleseydi muhtemelen çok fazla bilim kurgu filmi izleyen birinin hezeyanları diye durumu yorumlardım. Üzerinden geçen yirmi beş sene gibi dünya gelişmeler tarihi açısından kısa bir süre içerisinde bu ve bunun gibi sayısız teknolojik yenilik hayatımızın vazgeçilmez gereç ve gerçekleri oldu.

2000'li yılların başlarından bu yana teknolojide kaydedilen baş döndürücü gelişimler ışığında Alman Devleti 2011 yılında ülkedeki sanayi kuruluşlarında dijital dönüşümü başlatıp üretkenlik ve verimliliği arttırmak için yeni bir sanayi hamlesi hedeflemiştir (Plattform Industrie 4.0). 1970'li yıllarda sanayiye dahil olan bilişim teknolojilerini bir adım daha ileriye taşıyan bu hamle bilgisayarlı üretim koşullarını yeterli bulmayıp bunu dijital dönüşüm ile geliştirmek amaçlamış; diğer bir deyişle önemli olanın bilgisayara bağlı olmak değil internete bağlı olmak olduğunu ortaya koymuştur. Dünyada da geniş yer bulan bu stratejik hamle ilk defa 2015 yılında Alman mühendis ve ekonomist olan Klaus Schwab (Dünya Ekonomik Forum'u kurucusu ve başkanı) tarafından Dünya Ekonomik Forum'unda Dördüncü Endüstriyel Devrim olarak lanse edilmiştir. Sonrasında Endüstri 4.0 adıyla anılan bu yeni endüstriyel devrimin sadece sanayi ile de kısıtlı kalmaması gerektiği, hizmet, ulaşım, sağlık ve daha birçok alanda toplumların faydasına sunulması için ilgili alanlarda da dijital dönüşüme hız verilmiştir.

Sağlık alanında son yüzyılda gözle görülür bir gelişimden söz edilebilir. Bu değişimlerin en önemli nedenlerinin başında ise teknolojide yaşanan gelişimlerin sağlık sektöründe de kullanılması

gelmektedir. Hem teknolojinin hem de bilgi sistemlerinin sağlık sektöründe kullanılması sağlık sektörünün bugünü ve geleceğine dair beklentileri pozitif bir görüş ile şekillendirmektedir.

Sağlık sektörü diğer hizmet sektörlerine göre özellikli yapısı gereği endüstri 4.0'dan yararlanması en gerekli sahalardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte henüz geçmişinin çok yeni olup 10 yıllık bir süreye dayanıyor olması kendi içinde birtakım aksaklıkların ve belirsizliklerin halen giderilmediği gerçeği ile bilim insanlarını, politikacıları ve kullanıcıları karşı karşıya getirmektedir. Endüstri 4.0'ın kullanım alanları sektörden sektöre farklılık göstermektedir. Örneğin otomotiv sektöründe ideal bir şekilde kullanılabiliriyorken sağlık sektöründe bu o kadar kolay olmayabilmektedir. İnsan faktörü ve onun memnuniyetinin söz konusu olduğu her durum gibi sağlık sektöründe de kişiye özel sunulan hizmet ve ürünlerde birtakım sıkıntılara sebebiyet oluşturmaktadır.

Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde öncelikle Endüstri 4.0'ın tanımı ve onun ana öğeleri anlatılacak ve sonrasında sağlık sektöründe kullanım alanları ve faydaları ile Sağlık 4.0 detaylıca ele alınacaktır.

1. ENDÜSTRİ 4.0.

Endüstri 4.0; Sanayi Devriminin 4. sürümüdür. Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0) 18. Yüzyılın ortalarında İngiltere'de başladı. İlk buhar makinesinin icadı da devrimin yapı taşlarından. El işçiliğinden makine ile üretime geçiş sürecini tetiklemiştir. Bu süreçte buhar, su ve kömür gücünün endüstride yaygın olarak kullanılmasıyla tekstil, demir çelik, madencilik, ulaştırma ve kimya sektörlerinde önemli sonuçlar kaydetmiştir. 19. Yüzyılın sonlarına doğru Teknolojik Devrim (Endüstri 2.0) elektriğin sanayide yaygınlaşması ve buna bağlı olarak seri üretimlerin başlaması bunun yanı sıra iletişim ve ulaştırma alanlarındaki gelişmelerle birlikte insanların bilgiye ve birbirlerine ulaşması kolaylaştı. 20. Yüzyılın son çeyreğinde ise Bilişim Devrimi (Endüstri 3.0) bilişim teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak başlamış oldu. Bu süreçte elektronik aksamaların ve bilgisayarların da devreye girmesi ile otomasyon sistemlerdeki gelişmeler gözlenmektedir. Son olarak 21. Yüzyılın başlarında Almanya'da başlayan Endüstri 4.0 Bilgi ve iletişim teknolojileri kullanılarak; makineler ve üretim süreçlerinin akıllı ağılar yardımı ile birbirlerine bağlanıp harmoni

içerisinde çalışmasıdır (Plattform Industrie 4.0). Başka bir söylemle fiziki dünyanın dijital dünya ile iç içe geçmesi halidir.

1.1 Endüstri 4.0 Temel Prensipleri

1.1.1 Beraber ve birimler arası çalışabilme (Interoperability)

Siber-Fiziksel Sistemlerin insanlarla eşyaların interneti ve servislerin interneti üzerinden birbirlerine bağlanma halidir (Burns, 2019). Basitleştirmek gerekirse insanların bir ağ üzerinden makinelerle iletişime geçip onları yönetebilmeleri ve makinelerin de tamamladıkları veya tamamlayamadıkları işlemlerin geri bildirimini yapabilmeleridir. Yani insanlar ve makineler arası iletişim imkânıdır.

1.1.2 Sanallaştırma (Virtualization)

Siber-Fiziksel Sistemlerin sensor verileri sayesinde gerçek, yani fiziki ortama ait bilgileri edinip bunları sanal modelleme ve simülasyon yöntemleri ile işlemektir. Özetle insanlar ve makineler arasındaki ilişkinin tamamen sanal olduğu bilgisidir. İşlem esnasında ortaya çıkabilecek bir sistem hatasında makineler insanları(operatörleri) uyarır. Bununla beraber makine; hatayı müteakiben gerekli tüm bilgiyi, bir sonraki adımı veya güvenlik adımlarını operatöre iletir (Gorecky, 2014).

1.1.3 Özerklik (Decentralization)

Bilgisayarlı makine sistemleri, yapay zeka programları sayesinde uygun koşullar oluştuğunda kendi başlarına üretim kararı verebilirler ancak sistemin bir hata vermesi sonucunda görevlerini insanlara delege ederler (Boris Otto, 2021). Bu sebeple merkezi planlama ve kontrol ihtiyacı ortadan kalkmış olur (Schlick, 2014).

1.1.4 Gerçek Zamanlı Tepki Verme Kabiliyeti (Real-time Capability)

Verilerin tek noktada toplanıp bunların gerçek zamanlı olarak analiz edilebilme yeteneğidir dolayısı ile olası bir hata durumunda sonradan değil tam olay esnasında müdahale imkânı doğar ve bunu yapacak yetkilinin fiziki olarak makine veya üretim hattının yanında olması gerekmez. Makine içinde gömülü bilgisayara ağ yolu ile bağlanarak gerekli düzeltmeler anlık olarak yapılabilir (Schlick, 2014).

1.1.5 Hizmet Oryantasyonu (Service Orientation)

Şirketlerin, akıllı üretim sistemlerinin ve insanların hizmetleri ağ üzerinden diğer katılımcıların kullanımına sunulur. Böylelikle müşterinin özel gereksinimlerine göre ürüne özel işlem operasyonları oluşturulabilir (Schlick, 2014).

1.1.6 Modülerlik (Modularity)

Modülerlik akıllı üretim tesisleri içinde esnekliğe olanak sağlar. Eskiden bir üretim hattında yapılacak herhangi bir değişiklik için üretim hattı günlerce atıl hale getirilir ve gereken değişiklikler gerçekleştirilirdi ancak Endüstri 4.0 Modülerlik ilkesi sayesinde basit bir yazılım ile gereken değişiklik hızlı ve düşük maliyetli bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu kabiliyet sayesinde ürün özelliklerini değiştirebilme ya da dönemsel talep dalgalanmalarında akıllı fabrikalara ciddi bir manevra olanağı sağlar (Schlick, 2014).

1.2 Endüstri 4.0 Temel Elemanları

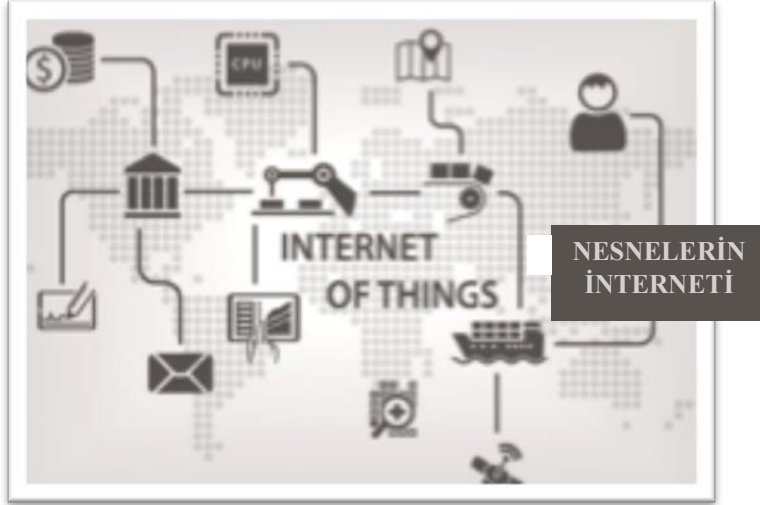
1.2.1 Siber Fiziksel Sistemler (SFS)

(SFS) Endüstri 4.0'ın en temel unsurlarındandır. Kagermann'a göre fiziksel ve sanal dünyanın birleşmesidir. Bu birleşme çeşitli sensor ve aktuatörler vasıtası ile fiziksel dünyayı sanal dünya ile internet üzerinden birbirine bağlamak şeklindedir. (SFS) programlama ve fiziksel süreçlerin entegrasyonudur. Sistem içine gömülü bilgisayarlar ve ağlar fiziksel süreçleri izler ve kontrol

ederler. Bu işlem dahilinde geri bildirim döngüleri ile de birbirleri ile iletişim içinde olurlar (Lee, 2012). (SFS) çeşitli sensor ve aktuatörlerle donatılmıştır ve bu şekilde fiziksel ortamdan elde ettiği verileri depolayıp analiz eder ve ağlarla uyumludurlar (Bauernhansl, 2023). Bir örnek olarak Giatek firmasının ürettiği SmartRock isimli ürün; beton mukavemetini ve ısını ölçebilmekte (Giatec, 2024). Bu ürünün kullanımı sayesinde beton testleri sonucu oluşacak zaman ve maliyet kayıplarını ortadan kaldırmakla birlikte, bilinen standardizasyon kurumlarının onayından da geçmiş olmasıyla veri doğruluğu şüphelerini ortadan kaldırıyor. Gerçek zamanlı veri izleme kabiliyeti ile beton durumuna veya beton dökümüne anlık müdahale ve kontrol imkânı tanıyor. Sensorun basit bir aplikasyonla mobil bir cihaza bağlantı kurması ise inşaat sahasında fiilen bulunmadan bu test ve kontrollerin beton döküm veya donma süreçleri esnasında gerçekleşmesini mümkün kılıyor. Anahtarlık boyutundaki minicik bir alet inşaat mühendislerinin en temel kaygılarından biri olan beton kalite ve mukavemeti gibi sorulara hızlı, düşük maliyetli ve doğru cevabı bir sms gibi iletiyor.

1.2.2 Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin ve Servislerin İnternetinin üretim süreçlerine entegre olması Endüstri 4.0'ı başlattı (Kagermann H. W., 2013). Daha kapsayıcı bir tanımla üzerinde internete bağlanma yeteneği olan veri depolayan, bu verileri izleyip analiz eden akıllı nesnelerin yani Siber Fiziksel Sistemlere erişimi mümkün kılan oluşumdur. Mobil telefonunuzla evinizdeki ısıtıcıyı devreye sokma bu ilişkiyi tanımlayacak en basit gündelik örnektir. Böylece Nesnelerin internetini (SFS)'in özgün adresler üzerinden birbirleri ile iletişime geçtikleri bir ağ olarak tanımlayabiliriz (Bauernhansl, 2023). Nesnelerin İnterneti oldukça kapsamlıdır ve Şekil 1'de gösterildiği gibi birbirine bağlı birçok aygıt ve süreci kapsar.



Şekil 1 Nesnelerin İnterneti Gösterimi

1.2.3 Hizmetlerin İnterneti (IoS)

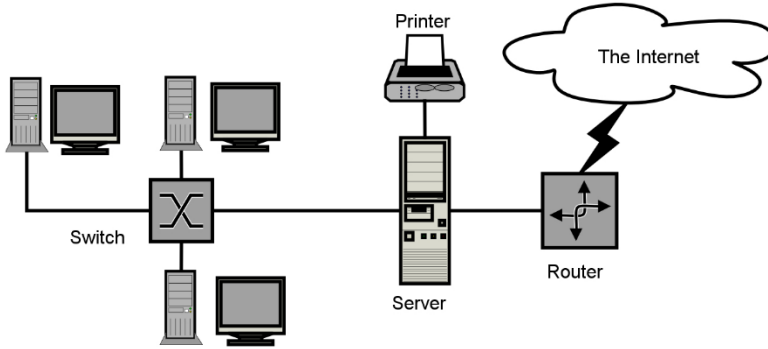
Endüstri 4.0 akımı ile beraber Hizmetlerin interneti paradigması da günlük hayatımıza girmiş oldu ancak çeşitli literatür taramalarında Nesnelerin internetine dair birçok tanım ve bilgi olmasına karşın hizmetlerin internetine dair net ve genel kabul gören bir tanıma ulaşamıyoruz. Bunun öncelikli sebebi hizmetlerin internetinin daha karmaşık bir olguyu anlatmaya çalışmasıdır. Bazı yayınlarda ise Hizmetlerin İnternetini, Nesnelerin İnterneti konusu altında ele alınmış olmasıdır kimi yaklaşımda ise ikisi bir bütün olarak anlatılmaktadır. Bu noktada Endüstri 4.0'ın bile henüz karanlıkta kalan taraflarının olmasının buna sebep oluşturduğu düşünülebilir. Detaylandırılmamış ancak en temel tanım; Hizmetlerin İnterneti, “hizmet tedarikçilerinin hizmetlerini internet üzerinden sunabilmeleri” şeklindedir (Buxmann, 2009). Fabrikalar bir adım daha ileri giderek sadece üretim türleri yerine özel üretim teknolojileri sunabilir. Anlaşılabilir olması için farazi bir örneklendirme yapalım. Yakın gelecekte internet üzerinden bir buzdolabı satın aldığımızı düşünelim. Bu buzdolabı fiziki olarak basit bir dolap olmanın ötesine geçmeyecekken sanal olarak üzerine yüklenmiş programlar için ödemeler yapılacak ve buzdolabının çalışmadığı ya da bozuk olduğu süre için kullanıcı hiçbir ödeme yapmayacaktır. Yani fiziksel donanıma değil de yazılıma para ödemiş olacağız.

1.2.4 Big Data

Big Data/Büyük Veri, insanların ve makinelerin her gün petabaytlarca ürettiği inanılmaz miktardaki yapılandırılmış ve yapılandırılmamış bilgiyi ifade ediyor (Chen, 2024). Başka bir tanımla Big Data sayısız “dijital evren” kaynaklarından sağlanan dijital veri akışıdır. Bu dijital kaynaklar; sensorlar, tarayıcılar, sayısallaştırıcılar, cep telefonları, internet, videolar, e-posta ve sosyal ağları kapsamaktadır. Veri türlerini ise metinler, videolar, sesler, görüntüler, geometriler ve bunların kombinasyonu oluşturmaktadır. Bu veriler doğrudan veya dolaylı olarak jeo-uzamsal bilgilerle ilişkilendirilebilir (Berkovich, 2012).

1.2.5 Bulut Bilişim (Cloud Computing)

Bulut bilişim en basit tabiri ile veri ve programlarınızın bilgisayarınızın sabit diskinde depolanması yerine internette depolanması ve yine internet üzerinden bu verilere erişilmesidir. Bulut kelimesi internet için bir metafor olarak kullanılır.



Bir verinin bilgisayar sabit diskinde kaydedilip depolanması yerel depolama olarak adlandırılırken verilerin internet üzerinde depolanması hali bulut bilişimi açıklamaktadır. Benzer mantıkla yerel veri tabanlarında (ofis veya ev ortamındaki veri tabanları) verilerin depolanması ve bunlara erişim de bulut bilişim değildir. Bulut bilişimden bahsedebilmek için söz konusu verilere mutlaka internet üzerinden erişim söz konusu olmalıdır (Griffith, 2022).

1.2.6 Sis Bilişim (Fog Computing)

Sis Bilişim; bulut bilişimi (IoT) veri üreticilerine daha yakın noktalara taşıyan bir ara yüz fonksiyonu sağlamaktadır. Sis düğümleri adı da verilen bu cihazlar bağlantı ağı içindeki herhangi

bir noktaya yerleştirilebilir. Bir fabrika binasının zeminine, bir elektrik direğinin tepesine, demir yoluna, bir taşıtın üzerine veya bir petrol platformuna yerleştirilerek ağ üzerindeki bağlantı gecikmelerini ve buna bağlı zaman kayıplarını ciddi oranda azaltmaktadır (Abdelshkour, 2015).

1.2.7 Akıllı Fabrikalar

"Akıllı fabrikalar, Endüstri 4.0'ın temel bir özelliğini oluşturur" (Kagermann H. W., 2013). Akıllı Fabrika (Plattform Industrie 4.0); Siber Fiziksel Sistemlerin ve Nesnelerin İnterneti için verilen tanımlara dayanarak, (SFS)'in (IoT) üzerinden iletişim kurduğu; insanlara ve makinelere görevlerinin yerine getirilmesinde yardımcı olduğu bir fabrika olarak tanımlanabilir (Hozdić, 2015). Bu süreçte önemli olan ürün ve üretim hattı arasında veri alışverişinin sağlana bilmesidir. Burada bahse konu makinelerin salt otomasyonu değildir zira otomasyon uzun zamandır fabrika sistemleri veya üretim hatlarında var olan bir olgudur. Ancak otomasyon tekil bir görevin yapılması olarak algılanabilir. Mesela bir haddehane hattında ilk hatta alınan kütük, ilk merdane tezgahına gelinceye kadar kayar bantlar ikinci kütüğü ilerletmez. Bu otomasyon sisteme bir örnektir fakat akıllı fabrika konseptinde bahsedilen bunun ötesinde tüm sistemin entegre bir biçimde birbiri ile iletişim halinde olup, yapay zekâ sayesinde gerçek zamanlı verilerin işlenerek yine gerçek zamanlı karar verebilen bir sürecin geliştirilmesidir. Yine aynı örnekten ilerleyecek olursak akıllı bir haddehanede beklenen; ilk kütüğün ilk merdane tezgahından ikinci tezgâha geçiş esnasında oluşabilecek bir çatlağın gerçek zamanlı tespit edilip sistem kütüğü ilerletmeden onu hattan çıkarıp bir sonraki kütüğe yol vermesidir. Akıllı fabrika, daha geniş bir aęda performansı kendi kendine optimize edebilen, gerçek veya gerçeğe yakın zamanlı olarak yeni koşullara kendi kendine uyum sağlayabilen ve bunlardan öğrenebilen ve tüm üretim süreçlerini bağımsız olarak çalıştırabilen esnek bir sistemdir (Stephen Laaper, 2020).

1.3 Endüstri 4.0'ın Avantaj ve Dezavantajları

Yeniliğe ayak uydurabilmek; onun getireceği faydalardan yararlanmaya olanak sağladığı kadar beraberinde gelecek sıkıntılara da hazırlıklı olmayı ve gereken önlemleri almayı da zorunlu kılar. Endüstri 4.0 uygulamaları için de benzer koşullar geçerlidir.

Endüstri 4.0 temel amacı üretkenliğin artırılmasıdır. Kesintisiz üretim ütopyasını hayata geçirmeye yakın bir alan açmaktadır. (SFS)'in (IoT) üzerinden iletişime geçerek olası hata, fire ve gecikmelerin tahmin edilerek buna yönelik simülasyonların hazırlanmasını ve olayın gerçekleşme durumunda ise anlık müdahalelerle kesintisiz üretime katkı sağlar. Bu sayede maliyet ve kayıplar en aza indirilirken karlılığın da artışı hedefler. Sonuç olarak kaynaklar daha verimli kullanılır, daha hızlı bir üretim ve daha hızlı arz kabiliyeti sağlanır. İkincil amaç çalışanlar için daha iyi ve verimli çalışma koşullarının sağlanmasıdır. Akıllı sistemlerin devreye girmesi ile angarya sayılabilecek birçok görev ortadan kalkarken yine hassas izlemeler ve önceden tespit edilen olası aksaklıklar için anlık yeni alternatiflerin proaktif olarak oluşturulması çalışanların iş yükünü ve iş streslerini ciddi ölçüde azaltabilmektedir. Aynı zamanda olası iş kazalarının önlenmesi de akıllı fabrikaların bir faydası olarak sayılabilir. Akıllı fabrikalar müşteri taleplerine hızlı ve onların istekleri doğrultusunda özelleştirilmiş üretim yapma kabiliyetine de sahiptirler. Akıllı fabrikaların son ve en değerli avantajı hızlı ve değişimlere anında ayak uydurabilen sistemler olmalarıdır.

Her insan yapımı sistem gibi Endüstri 4.0'ın da kendine özgü kusurları bulunmaktadır. Dezavantaj sayılabilecek en temel kusuru düşük güvenli bir sistem olmasıdır. Akıllı sistemlerin tüm verileri siber ortama aktarılıp depolanır. Aynı zamanda üretim faaliyetleri de siber bağlantılar sayesinde gerçekleşir. Veri depolarına veya üretim sürecini yöneten sistemlere yapılacak kötücül saldırılar karşısında savunmasız kalabilmektedir. Bu konu ile ilgili ne kadar önlem alınsa da devasa boyuttaki verilerin güvenliği risk altındadır. Önemli başka bir dezavantaj ise bilgi eksikliğidir. Endüstri 4.0 teknolojileri alanında yetkin eleman açığı tahmin edilenin üstündedir. Sürekli gelişen ve değişen teknolojik bilgilere sahip elemanlar ve bu elemanların eğitilmesi ciddi bir sorun ve maliyet oluşturmaktadır. Bu anlamda eğitim kritik bir yer tutmakta çünkü bugün öğrenilen bilginin geçerliliğinin yitirilmesi çok hızlı olabilir ve teknolojik olarak geriye düşmek an meselesi haline dönüşebilmektedir.

Endüstri 4.0 maliyet düşürücü, verimlilik arttırıcı, daha iyi çalışma koşulları sunması ve çevik olması olarak algılanabilir fakat gerçek şu ki gelişen teknoloji ve çağın ihtiyaçları doğrultusunda yeni bir iş modeli olarak karşımıza çıkmaktadır.

2. SAĞLIK 4.0.

Endüstri 4.0 paradigması hayatın birçok alanında kendine yer bulmuştur. Başta üretim ve imalat alanları olmak üzere, teknoloji, inşaat, otomotive, lojistik, tarım ve özellikle covid-19'un yayılımı ile birlikte Endüstri 4.0 kavramından türetilen sağlık alanı için stratejik bir konsept olarak ortaya çıktı (Thuemmler, 2017). Net bir tabirle Tıp alanındaki dijitalleşme fonksiyonlarına Sağlık 4.0 diyebiliriz . Sağlık alanında en yaygın şekilde kullanılan Endüstri 4.0 öğelerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz.

- Nesnelerin İnterneti
- Sensorlar ve aktuatörler (SFS)
- Yapay Zekâ
- Robotik Sistemler
- Holografik Sistemler
- Katmanlı Üretim (3 Boyutlu üretim ile çok fonksiyonlu cihazlar üretme)

Sağlık 4.0'ın temel ilkesi; hastaları, kişisel tıbbi cihazları, tıbbi sistemleri, hastane ve klinikleri, tıbbi tedarikçileri ve diğer tıbbi unsurları ve son olarak sağlık hizmeti sağlayıcılarını akıllı bir sağlık ağı üzerinden tüm sağlık hizmeti değer zinciri boyunca otomatikleştirip optimize ederek, birbirine bağlamaktır. Bu akıllı sağlık hizmetleri ağı klasik sağlık hizmet modellerini değiştirerek sağlık değer zinciri ile faydalı bir etkileşim sağlar (Al-Jaroodi, 2019).

Hastalara ve sağlık hizmeti sağlayıcılarına büyük kolaylıklar getiren Sağlık 4.0 gerek sağlık sektörünün imalat tarafında gerekse hizmet tarafında kendini gösterir. Akıllı fabrikalarda üretilen akıllı medikal cihazlar ve ilaçlar ile doktorların çalışmasını kolaylaştırırken hizmet tarafında hastaların daha sağlıklı ve doğru tedavi metotlarına erişimi sağlanmış olur. Aynı zamanda hastane yönetimi ve kaynakların doğru kullanım ve aktarımı noktasında hassas sonuçlar verir.

2.1 Sağlık 4.0'ın Temel Elemanları

2.1.1 Nesnelerin İnterneti (IoT)

Farklı medikal cihazları (Kalp hızını ölçmek için kullanılan medikal sensorlar, ateş ölçerler, tansiyon ölçerler, oksijen satürasyonu ölçen cihazlar) ve ağ içindeki ciğer cihazları birbirine bağlar (Islam, 2015).

2.1.2 Herşeyin İnterneti (IoE)

Sadece fiziki nesnelerin değil aynı zamanda insanları, süreçleri ve verileri internet üzerinden birbirine bağlar. Sağlık hizmetlerinde (IoE) insanları (hastalar ve sağlık çalışanlarını), süreçleri (teşhis, tedavi, randevular ve sağlık sigortası hizmetleri), verileri (elektronik sağlık raporları, gerçek zamanlı sağlık izlemelerini, laboratuvar ve görüntüleme sonuçlarını) ve nesneleri (medikal cihazlar, taşınabilir medikal cihazlar, doktorların tanı ve tedavi aygıtları ve ilaçlar) akıllı bağlantı ile birbirine bağlar.

2.1.3 Hizmetlerin İnterneti (IoS)

İnternet üzerinden sağlıkla ilgili farklı sistem ve kuruluşlara hizmet verilmesine olanak tanır. Bu hizmetler gerek hizmet sahipleri gerekse farklı sağlık kuruluşları tarafından kullanılabilir (Cardoso, 2009).

2.1.4 Medikal Siber Fiziksel Sistemler (Medikal SFS)

Siber dünya ve hastalar arasında faydalı etkileşim sağlayıp kesintisiz sağlık durumu izleme ve sağlık hizmetlerini sunmak için kullanılır (Lee, 2012).

2.1.5 Sağlık Bulutu

Sağlıkla ilgili uygulamalar için veri depolama, ölçeklendirilebilir hesaplamalar yapmak ve sağlık ilintili gelişmiş hizmetler sağlamak (AbuKhoua, 2012).

2.1.6 Sağlık Sisi

Düşük gecikme zamanlı destek, gerçek zamanlı denetim, konum duyarlılığı, gelişmiş güvenlik ve mobilite desteği ve sağlık uygulamaları için gerçek zamanlı destek hizmetleri sağlar (Ahmad, 2016).

2.1.7 Sağlık Veri Analitiği

Sağlık ve sağlık hizmetleri verilerine dayanarak akıllı analiz ve kararlar için araçlar sunarak sağlık hizmetleri ve sağlık yönetimini geliştirmeyi sağlar (Raghupathi W, 2014).

2.1.8 Blockchain

Sağlık hizmeti sağlayıcıları arasında güvenli ve hakkaniyetli işbirliğine olanak tanıma, hasta mahremiyetini temin etme, görüşmeler, işlemler ve akıllı sözleşmelerin sağlık hizmetleri değer zinciri boyunca mümkün kılma sürecini yürütmek (Mohamed, 2019).

2.2 Endüstri 4.0'ın Sağlık Sektöründeki Temel Kullanım Alanları

Endüstri 4.0'ın bileşenleri arasında halı hazırda farklı tıbbi alanlarda uygulanmaktadır. Örneğin, gömülü sistemlerdeki geliştirilmiş işlevler, yüksek çözünürlüklü görüntüleri ve anında dokunsal

geri bildirimini içeren gerçek zamanlı veri işleme nedeniyle robotik cerrahiye fayda sağlamıştır (Alloghani, 2018). Tablo 1 tıp alanındaki çeşitli uygulama alanlarını göstermektedir.

Sıra No.	Uygulama	Açıklamalar	Referanslar
1	Kişiselleştirilmiş İmplantlar	<ul style="list-style-type: none">* Kişiselleştirme Tıp alanında temel ihtiyaçtır çünkü her hastanın sağlık verileri birbirinden farklıdır ve farklı hastalar için farklı cihazlara gereksinim duyulur.	(van Erp, 2016)
2	Dijital Hastane	<ul style="list-style-type: none">* Endüstri 4.0 ile düşük zaman ve maliyetli kişiselleştirilmiş cihaz üretimi mümkündür* Nesnelerin İnterneti sayesinde hastane içi daha iyi veri yönetimi sağlanır	(Wang, 2017) (Kılıç, 2017)
3	Akıllı İmplantlar	<ul style="list-style-type: none">* Dijital teknolojilerin kullanımı ile hastalık semptomları ve buna bağlı teşhislerin yapılması* Akıllı medikal parça ve ürünlerin etkin bir şekilde üretilmesi ile Nesnelerin İnterneti üzerinden birbirleri ve doktorlar ile iletişime geçebilen cihazlar	(Jee K, 2013), (Liu, 2017)
4	Cerrahi alet ve cihazların tasarım ve üretimi	<ul style="list-style-type: none">* Robotik ve katmanlı üretim ile alet ve cihazların üretilmesi* Endüstri 4.0 dijital teknolojileri ile daha kısa sürede etkin üretim	(Zhong, 2017) (Javaid M, 2018)

- 5 Cerrahi girişim öncesinde hasta değerlendirilmesi
- * Acil durum esnasında; hastanın yanında bir yakının olmaması hali ya da acil müdahale gerektiren durumlarda hastanın geçmiş sağlık kayıtlarına erişim sağlanması (kan grubu, kronik hastalık bilgisi, yaşı vb. (Ramanayake, 2014)
 - * Hasta kabul sürecinde hızlı hareket imkanı
 - * Hastanın ambulans içinde çekilen EKG ve diğer vital bulguların iletişim teknolojileri ile hasta hastaneye varmadan doktoruna ulaştırılması
- 6 Hastaneler için uygun maliyetli olması
- * Medikal araç gereç ve cihazların düşük maliyetli üretimi (Bahga A, 2013); Wang et al 2016
 - * Hastane içinde dijital kontrol sistemleri ile hastalara daha iyi bir hizmet sunulması
 - * Kişiselleştirilmiş implantların üretimi ile cerrahi risk ve girişim sürelerinin azaltılması
- 7 Cerrahlar için hassas uygulanma imkanı
- * Zor vaka girişimlerinde bile Endüstri 4.0 teknolojik imkanları ile üretilen kişiye özel implant ve protezler cerrahlar açısından hassas işlem yapma imkanı doğurur (Javaid M, 2018)
- 8 Cerrahi girişim risklerini azaltır
- * Karmaşık vakalarda sorunun tespit edilmesinin kolaylaştıran cihazların üretilmesi (Haleem, 2018),
 - * Hassas görüntüleme cihazları ile müdahale imkanı, (Bahrin, 2016),
 - * Girişimin başarı oranını yükseltebilecek robotik cihazlar (Branke, 2016)

		* Endüstri 4,0 'ın temel ilkesi olan kişiselleştirilmiş imalat sayesinde her tip ve şekilde implant/protez üretimi mümkündür	(Ghobakhloo, 2019),
9	İmplant ve protez Envanterini düşürür	*İhtiyaca binaen talep edilen implant/protez envanter maliyetini düşürür *Dijital kayıtlar sayesinde de talep işlemleri hızlanır evrak işleri azalır	(Hofmann, 2017), (Hozdić, 2015)
10	Gelişmiş iletişim imkanı	*Dijital teknolojilere bağlı olarak hasta ve doktor arasındaki iletişimi geliştirir * Doktorlar yaptıkları girişimin sonuçlarını daha net bir şekilde izleme imkanına sahip olurlar dolayısıyla hastaya daha doğru ve sağlıklı geri bildirimlerde bulunabilirler	(Zhong, 2017); (Aceto, 2018)

Tablo 1 Sağlık 4.0 Uygulamaları

2.3 Sağlık 4.0 Avantaj ve Dezavantajları

Günümüzün en önemli kavramlarından biri haline gelen yaşam kalitesi ve sağlıklı yaşam; koruyucu tıp, erken teşhis, kişiselleştirilmiş tedavi ve tedavi gereçleri ile desteklenmekte ve mümkün hale gelmektedir. Bahse konu bu hizmetlerin daha hızlı, düşük maliyetli, hata payı minimuma indirgenmiş, hasta ve hastalık verilerinin doğru bir şekilde depolanıp bu bilgilerle doğru tedavi yöntemlerinin ortaya konması, metotların ve hastalık seyirlerinin kıyaslanabilmesi, hastalara uzaktan erişimli sağlık hizmetlerinin ulaştırılması yine hastaların üzerlerinde taşıdığı sağlık cihaz ve protezlerin izlenmesi ve lüzum halinde gerçek zamanlı müdahale imkanları Endüstri 4.0'ın ortaya koyduğu bilişim ve iletişim teknolojileriyle yeni Sağlık 4.0 paradigması içinde mümkün hale gelmektedir. Bu alanda çalışmalar daha çok yeni olmasına rağmen kısa zamanda önemli gelişmeler kaydetmiş. Başlıca çalışmalar arasında sayılabilecek olan robotik teknolojiler ile geliştirilmiş tıbbi cihazların yaygın kullanımınıdır. Robotik ameliyatlarda elde edilen yüksek başarı oranı da buna bir örnektir. Giyilebilen cihazlar (Pantelopoulos A, 2010) da benzer

faydaları göstermekte. Hastanın kullandığı cihazın nesnelerin interneti aracılığı ile mobil cihazları üzerinden kontrol edilmesi, kullanılan cihazın ömrü, arıza halinde uyarı vermesi ve uygun yazılım ile bu arızaların giderilmesi yine tıp alanında son günlerde görünen önemli ve yüksek faydalı hizmetlere örnektir. E-nabız (e-nabız, 2015) gibi sistemlerle hasta verilerinin kolaylıkla toplanması ve takip edilmesi yine aynı sistem üzerinde gerekli yönlendirmelerle hastanın en uygun hizmete optimum sürede ulaşması imkânı sağlanmaktadır.

Bu olumlu gelişmelere rağmen bilişime dayalı tüm sistemlerin temel kusuru olan güvenlik ve gizlilik konuları bu alanda da karşımıza çıkmakta. Siber saldırılara açık olan sistem tüm koruma katmanlarına rağmen saldırı tehditlerinden tam manası ile korunamamaktadır (Manogaran, 2017). Ayrıca teknoloji ve sağlık okur yazarı olmayan kimseler için kullanım açısından güçlük olmanın dışında bir değer taşımaz. Geleneksel hasta-doktor ilişkisine alışmış kitle açısından da zayıflıklar gösterebilmektedir. Sağlık 4.0'ın önemli diğer bir zaafı ise malpraktis (yanlış tedavi) durumunda karşımıza çıkmaktadır. Bununla ilgili detaylı mevzuatın bulunmaması ve malpraktisin sağlık personeli, kurum veya yazılım kaynaklı olup olmadığının tespiti sorun teşkil eder. En hayati dezavantajı ise kullanıcıları “internet yoksa, erişim de yoktur” gerçeği ile yüz yüze bırakmaktır.

SONUÇ

Endüstri 4.0 çıkış noktası itibari ile bilgi ve iletişim sistemleri ile beraber akıllı üretimi slogan edinmiştir. Bu bağlamda Endüstri 4.0'ın öncülüğünü ettiği dijital teknolojilerin sağlık hizmetlerinde kullanımına bağlı olarak hastaya özel, yüksek kaliteli tıbbi cihaz ve diğer tedavi unsurlarının üretilmesine olanak tanır. Böylelikle sağlık alanındaki tüm bileşenlerin genel performansı gözle görünür bir biçimde artacaktır. Bürokrasinin azaltılması, görüntüleme ve takip kalitesinin artması, kişiye özel implant/protez ve tedavi protokollerinin uygulanması ile genel sağlık maliyetlerinde azalma diğer taraftan sağlık hizmetlerinin ulaştırılmasında ciddi bir hızlanma beklenmektedir. İnsan kaynakları ve tıbbi ekipman israfının önüne geçerek çevreye de olumlu fayda sağlayacaktır. Bununla beraber bu çalışmaların halen çok yeni olması ve içinde birçok bilinmez barındırması Endüstri 4.0 dolayısıyla da Sağlık 4.0'ın zaaf noktasıdır zira bu paradigmlar bugüne kadar bildiğimiz her şeyin yeniden tanımlanması anlamına gelir ki bu

faydaları kadar götürüleri de olabilecek bir durumdur. Bu çalışma sonucunda okuyucunun aklında iki soruya yer açmak istenmektedir; Hedeflenen şey teknolojinin geliştirilmesi ve yükseltilmesi midir yoksa toplumların kültür ve alışkanlıklarının değiştirilmesi midir? Bu soruyu bir adım daha ileriye taşırsak ikinci soru; insanların değişimi kabullenmesi teknolojiyi kullanmasından daha mı önemli ve önceliklidir?

Kaynakça

(2024). Mayıs 2024 tarihinde Giatec: <https://www.giatecscientific.com/innovations-transforming-concreting/> adresinden alındı

Abdelshkour, M. (2015, Mart 25). *Perspectives IoT, from Cloud to Fog Computing*. Cisco : <https://blogs.cisco.com/perspectives/iot-from-cloud-to-fog-computing?dtid=ossdc000283> adresinden alındı

AbuKhoua, E. M.-J. (2012). e-Health Cloud: Opportunities and Challenges. . *Future Internet*, 4(3), , 621-645. <https://doi.org/10.3390/fi4030621>.

Aceto, G. P. (2018). The role of Information and Communication Technologies in healthcare: taxonomies, perspectives, and challenges. . *Journal of Network and Computer Applications*, 107, , 125-154.

Ahmad, M. A. (2016). Health Fog: a novel framework for health and wellness applications. . *Journal of Supercomputing*, 72(10), 3677-3695. <https://doi.org/10.1007/s11227-016-1634-x>.

Al-Jaroodi, J. &. (2019). Blockchain in industries: A survey. . *IEEE access*, 7, 36500-36515.

Alloghani, M. A.-J. (2018). Healthcare Services Innovations Based on the State of the Art Technology Trend Industry 4.0. *11th International Conference on Developments in eSystems (DeSE)*, (s. doi:10.1109/DeSE.2018.00016.).

Büchi, G. C. (2020). Smart factory performance and Industry 4.0. . *Technological forecasting and social change*, 150, 119790.

Baccarelli, E. N. (2017). Fog of everything: Energy-efficient networked computing architectures, research challenges, and a case study. *IEEE access*, 5, 9882-9910. .

Bahga A, M. V. (2013). A cloud-based approach for interoperable electronic health records (EHRs). *IEEE J Biomed Health Inform.* (5), 894-906. doi: 10.1109/JBHI.2013.2257818.

Bahrin, M. A. (2016). Industry 4.0: A review on industrial automation and robotic. . *Jurnal teknologi*, 78, 6-13.

Bauernhansl, T. (2023). *Handbuch Industrie 4.0*. Springer.

Berkovich, S. L. (2012). On clusterization of" big data" streams. . *In Proceedings of the 3rd International Conference on Computing for Geospatial Research and Applications* , (s. (pp. 1-6)).

Boris Otto, M. t. (2021). *Designing Data Spaces; The Ecosystem Approach to Competitive Advantage*. Springer.

Branke, J. F. (2016). Industry 4.0: a vision for personalized medicine supply chains?. *Cell and Gene Therapy Insights*, 2(2), 263-270.

Burns, T. C. (2019). A review of Interoperability Standards for Industry 4.0. . *Procedia Manufacturing*, 38, , 646-653.

Buxmann, P. H. (2009). Internet of services. . *Business & Information Systems Engineering*, 1, 341-342.

Cardoso, J. V. (2009). Service engineering for the internet of services. *In Enterprise Information Systems: 10th International Conference, ICEIS 2008*, (s. Revised Selected Papers 10 (pp. 15-27)). Barcelona, Spain,: Springer.

Chen, M. (2024). *What Is Big Data?* . OCI: <https://www.oracle.com/big-data/what-is-big-data/> adresinden alındı

Dalmarco, G. R. (2019). Providing industry 4.0 technologies: The case of a production technology cluster. *The journal of high technology management research*, 30(2), 100355.

e-nabız. (2015). (T. S. Bakanlığı, Prodüktör) Mayıs 2024 tarihinde e-Nabız kişisel sağlık sistemi: <https://enabiz.gov.tr/> adresinden alındı

Final Opinion on “Draft Environmental Quality Standards for Priority Substances under the Water Framework Directive”, silver and its compounds. (2021). *SCHEER (Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks)*.

Ghobakhloo, M. &. (2019). Adoption of Digital Technologies of Smart Manufacturing in SMEs. *Journal of Industrial Information Integration*. 16. , 100107. 10.1016/j.jii.2019.100107.

Gorecky, D. S. (2014). Mensch-Maschine-Interaktion im Industrie 4.0-Zeitalter. . *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik*, 525–542, https://doi.org/10.1007/978-3-658-04682-8_26.

Griffith, E. (2022). *What Is Cloud Computing?* PC MAG: <https://www.pcmag.com/how-to/what-is-cloud-computing> adresinden alındı

Haleem, A. &. (2018). Role of CT and MRI in the design and development of orthopaedic model using additive manufacturing . *Journal of clinical Orthopaedics and Trauma*, 9(3), 213-217.

Hofmann, E. &. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in industry*, 89, 23-34.

Horváth, D. &. (2019). Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *Technological forecasting and social change*, 146,, 119-132.

Hozdić, E. (2015). Smart factory for industry 4.0: A review. . *Journal of Modern Manufacturing Systems and Technology*. 7., 28-35. .

<https://www.plattform-i40.de/PI40/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html>. (tarih yok).

Islam, S. M. (2015). The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey. IEEE Access. 3. 678-708. 10.1109/ACCESS.2015.2437951. .

Javaid M, H. A. (2018). Additive manufacturing applications in orthopaedics: A review. . *J Clin Orthop Trauma*. 2018 Jul-Sep;9(3), 202-206. doi: 10.1016/j.jcot.2018.04.008. Epub 2018.

Jee K, K. G. (2013). Potentiality of big data in the medical sector: focus on how to reshape the healthcare system. . *Healthc Inform Res.* (2), 79-85, PMID: 23882412; PMCID: PMC3717441.doi: 10.4258/hir.2013.19.2.79. Epub .

Kılıç, T. (2017). e-Sağlık, iyi uygulama örneği; Hollanda. . *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6(3), , 203-217.

Kagermann H, L. W. (2011). Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. VDI nachrichten, 13, 2-3.

Kagermann, H. A. (2016). Industrie 4.0 in a global context. *German Research Center for Artificial Intelligence*, , 16-34.

Kagermann, H. W. (2013). (2013) Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0. Final Report of the Industrie 4.0 Working Group, . *Acatech— National Academy of Science and Engineering*, , 678.

Lee, I. S.-F. (2012). Challenges and research directions in medical cyber-physical systems. *Proceedings of the IEEE*, 100(1), 75-90. Article 6051465. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2011.2165270>.

Liu, L. L. (2017). A review of waste prevention through 3R under the concept of circular economy in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*,. 19, 1314-1323.

Manogaran, G. T. (2017). Big Data Security Intelligence for Healthcare Industry 4.0. *Cybersecurity for Industry 4.0*, 103–126. doi:10.1007/978-3-319-50660-9_5 .

Mohamed, N. A.-J. (2019). Applying blockchain in industry 4.0 applications. *9th annual computing and communication workshop and conference (CCWC)*, (s. (pp. 0852-0858). IEEE.).

Mrugalska, B. &. (2017). Towards lean production in industry 4.0. . *Procedia engineering*, 182,, 466-473.

Pantelopoulos A, B. N. (2010). A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis. *IEEE Trans Syst Man Cybern Part C (Appl Rev)* 40(1), 1–12. doi:10.1109/tsmcc.2009.2032660.

Parajuly, K. &. (2017). Product Family Approach in E-Waste Management: A Conceptual Framework for Circular Economy. *Sustainability*, 9(5), 768. <https://doi.org/10.3390/su9050768>.

Patrizia Ghisellini, C. C. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, Volume 114, 11-32, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>.

Plattform Industrie 4.0. (tarih yok). What is Plattform Industrie 4.0?: <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/EN/Home/home.html> adresinden alındı

Raghupathi W, R. V. (2014). Big data analytics in healthcare: promise and potential. *Health Inf Sci Syst.* ;2:3. doi: 10.1186/2047-2501-2-3., PMID: 25825667; PMCID: PMC4341817.

Ramanayake, R. P. (2014). Management of emergencies in general practice: role of general practitioners. . *Journal of family medicine and primary care*, 3(4), 305-308.

Schlick, J. S. (2014). Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung. *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung· Technologien·, Migration*, 57-84.

Stephen Laaper, B. D. (2020, March 30). *Implementing the smart factory New perspectives for driving value*. Deloitte : <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/topics/digital-transformation/smart-factory-2-0-technology-initiatives.html> adresinden alındı

Stock, T. &. (2016). Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. . *procedia CIRP*, 40, 536-541.

Thuemmler, C. &. (2017). *Health 4.0: How Virtualization and Big Data are Revolutionizing Healthcare*. (Cilt E- kitap). Switzerland: Springer .

van Erp, T. &. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. . *Procedia CIRP*. 40. , 536-541. 10.1016/j.procir.2016.01.129. .

Wang, Y. M. (2017). Industry 4.0: a way from mass customization to mass personalization production. . *Advances in manufacturing*, 5, , 311-320.

Zhong, R. Y. (2017). Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. . *Engineering*, 3(5), , 616-630.