

## SANAYİ 4.0 VE TEKNOLOJİ BİLEŞENLERİ

### INDUSTRY 4.0 AND ITS COMPONENT

#### Güler Koştı

Sorumlu Yazar, Yüksek Lisans Öğrencisi., İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, ORCID: 0000-0002-5183-0472, guler.kst@hotmail.com

Gönderim Tarihi/Received:  
01.04.2020

Kabul Tarihi /  
Accepted: 27.08.2020

İletişim /  
Correspondence:  
Güler Koştı

Benzerlik Oranı/  
Plagiasim: %14

Makale Türü/Article Type:  
Araştırma Makalesi/  
Research Article

#### ÖZET

*Sanayileşme sürecinin dördüncü ve son evresini tanımlamak için kullanılan Sanayi 4.0 kavramı üretimle ilişki içinde olan tüm birimlerin ortak çalışma alanlarını planlayarak, dijital verilerin, yazılımların ve bilişim teknolojilerinin birbiriyle etkileşim içinde çalışmalarını sağlama amacı güden teknoloji yoğun bir süreci ifade etmektedir. Bu nedenle bu çalışma da gerekli literatür taramaları yapılarak geçmişten günümüze kadar değişim ve gelişim gösteren sanayi devrimlerinin tarihsel süreçlerine ve ayırt edici özelliklerine değinilmiş daha sonra ise makalenin temel konusu olan Sanayi 4.0 ve teknoloji bileşenleri hakkında bilgiler verilerek sonuç ve öneriler kısmıyla sonlandırılmıştır. Yürütülen bu çalışma konu hakkında yeni çalışmalar ve okumalar yapan kişilere yol gösterme amacı güden bir derleme çalışmasıdır. Araştırma sonucu elde edilen bilgiler ise hem iş dünyasında hem de literatürde Sanayi 4.0 teknoloji bileşenlerinin kullanımının giderek artmakta olduğunu ve bu teknolojinin üretimde esneklik, kalite, hız ve verimlilik artışının sağlanmasıyla gündelik hayatı ve üretim dünyasını etkilediğini göstermiştir. Bu doğrultuda yapılan öneri ise Sanayi 4.0 ve teknoloji bileşenlerini genel bir çatı altında toplayip bir bütün olarak araştırma yapılmasının süreci anlama ve gelişimini artırma konusunda katkı sağlayacağı yönündedir.*

**Anahtar Kelimeler:** Sanayi 4.0, sanayi 4.0 ve bileşenleri, dördüncü sanayi devrimi, endüstri 4.0

**JEL Kodları:** M10 , M11

#### ABSTRACT

*The concept of Industry 4.0, which is used to define the fourth and last phase of the industrialization process, refers to a technology-intensive process that aims to ensure that digital data, software and information technologies work in interaction with each other by planning the common working areas of all units that are in relation to production. For this reason, this study has also made the necessary literature reviews and touched upon the historical processes and distinctive features of the industrial revolutions that have changed and developed from the past to the present, and then ended with the results and recommendations section by giving information about the main subject of the article, Industry 4.0 and technology components. This study is a compilation study that aims to guide people who do new studies and readings on the subject. The information obtained as a result of the research has shown that the use of Industry 4.0 technology components is increasing both in the business world and in the literature, and this technology affects daily life and the world of production by increasing flexibility, quality, speed and efficiency in production. The suggestion made in this direction is that gathering Industry 4.0 and technology components under a general roof and conducting research as a whole will contribute to understanding the process and increasing its development.*

**Keywords:** Industry 4.0, industry 4.0 and its components, the fourth industrial revolution

**JEL Codes:** M10 , M11

## 1. GİRİŞ

21. Yüzyıl ile birlikte hayatın her alanında yer alan dijitalleşme hareketinin meydana getirdiği büyük bir değişim dalgası içinde yer almaktayız. Sanayi dünyasındaki karşılığı “Dördüncü Sanayi Devrimi”, “Endüstri 4.0” veya “Sanayi 4.0” olan bu değişim dalgası, modern endüstriyel süreçlerin devrim niteliğinde değişimlere uğramasına ve imalat, lojistik, sağlık, turizm, perakende gibi birçok sektörde iş tanımlarının yeniden yapılmasına ve bugün var olmayan birçok mesleğin doğması anlamına gelmektedir.

Sanayi devrimi süreci, insanlık tarihinin önemli bir dönüm noktası olan tarım ve insan gücüne dayalı ekonomiden, makine ve seri üretimin önemli olduğu ekonomiye geçişi içeren birinci sanayi devrimi ile İngiltere’de başlamış ve buradan bütün Dünya’ya yayılmıştır. İkinci sanayi devriminde sanayi elektrik enerjisine bağlı olarak gelişmiş, Henry Ford’un seri üretim otomobili bu dönemde üretilmiş ve Henry Ford’un montaj hattına, Taylor’un ilkeleri ve hareketli montaj hattı uygulanarak düşük maliyetli seri üretime geçilmiştir. Üçüncü sanayi devrimi elektronik ve bilişim teknolojilerindeki ilerlemelerle gelişim göstermiş ve bilgisayar destekli üretim ve tasarım kavramı sanayiye hızlı bir şekilde girmiştir (Dengiz, 2017: 38). Dördüncü sanayi devrimi ise birbirleriyle iletişim kurabilen teknolojilerin gelişim gösterdiği, akıllı fabrikalar vasıtasıyla daha düşük maliyetli, daha esnek, daha verimli ve daha hızlı üretim yapabilmeyi amaçlamayan teknoloji yoğun bir dönemin başlamasını sağlamıştır (Kılıç & Alkan, 2018: 30).

Adımı ilk defa 2011 yılında Almanya’daki Hannover Fuarı’nda duyuran Sanayi 4.0 kavramı, tüm dünyanın yakından izlemeye başladığı bir dijitalleşme sürecinin başlatmış ve gelişmiş ülkelerin endüstriyel üretim gücünü Doğu’ya kaydırma tehlikesiyle karşı karşıya kalması ve demografisinde yaşadığı sıkıntılar dijital dönüşümü bir zorunluluk haline getirmiştir (Gabaçlı & Uzunöz, 2017: 150). Sanayi 4.0 ile sıklıkla kullanılan bir kavram olan “Dijital Dönüşüm” ya da “Dijitalleşme” kavramları fiziksel dünyamızdaki algılamaları, sensörler yardımıyla elektronik sinyale, işlem, iletim ve depolama amacıyla ise dijital veriye dönüştürülmesi sürecini ifade ederken bütün bu işlemlerin yapılabilmesine katkıda bulunan teknolojilerin hepsi dijital teknoloji olarak adlandırılmaktadır. Dijitalleşme de dijital teknolojilerin kullanılarak yeni gelir kaynakları sağlama ya da değer üretecek fırsatlar yaratarak mevcut iş modellerini değiştirme sürecidir (Dengiz, 2017: 39).

Sanayi 4.0 kavramı verimlilik, hız, maliyet ve inovasyon odaklı pazarlama ve üretim anlayışıyla hızla gelişen teknolojilerle birlikte ilerleyen yeni bir süreci ifade etmektedir. Üretimde otomasyonu hedef alan yeni sistemler, birbirleriyle devamlı iletişim ve işbirliği içinde olan ve otonom olarak faaliyette bulunan makinelerle bu makinelerin meydana getirdiği akıllı üretim sistemlerinden oluşmaktadır (Ünlü & Atik, 2019). Üretim süreçlerinde yer alan bütün birimlerin birbirleriyle iletişim kurmasıyla, büyük verilere gerçek zamanlı ulaşabilmek ve istekleri en iyi seviyede karşılayacak çıktıları elde etme hedeflenmektedir (Soylu, 2018).

İlk olarak Almanya’nın ortaya attığı, teknolojinin yoğun olduğu yeni nesil fabrikalarda, işletmeler ihtiyaç duyacakları teknolojiyi, kurum içinde Ar-Ge çalışmalarını ilerelebilecekleri gibi kurum dışından da transfer edebileceklerdir. Gelişen teknoloji ile birlikte sosyal, ekonomik ve çevresel farklılıklar meydana gelmekte, ülkelerin ve şirketlerin bu değişime ayak uydurması ise bir zorunluluk olarak görülmektedir (EKOIQ, 2014). Ancak, Almanya’da gelişme göstermeye başlayan Sanayi 4.0, yalnızca gelişmiş ekonomiler için değil gelişmekte olan ekonomiler için de yeni olanaklar sunmaktadır (Kılıç & Alkan, 2018: 30).

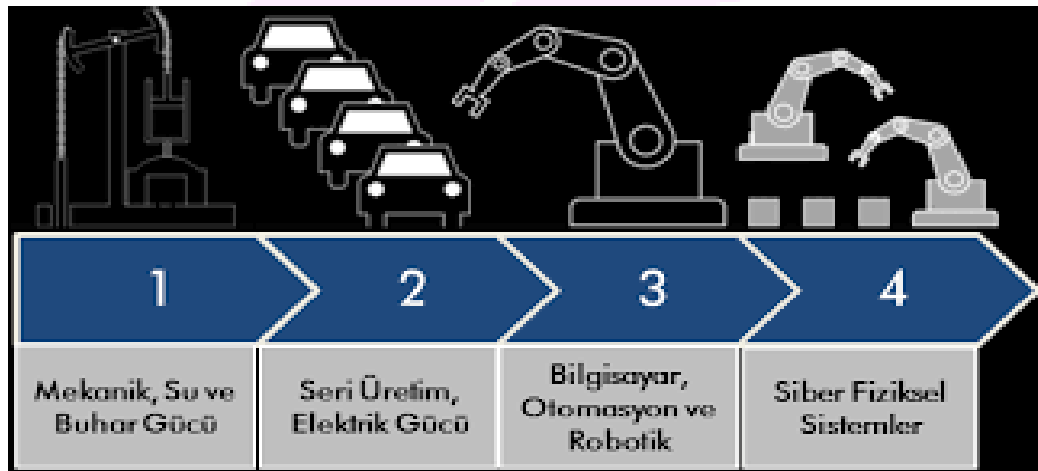
Bu yüzden bu çalışmanın birinci bölümünde geçmişten günümüze kadar yaşanmış olan sanayi devrimlerine kısaca değinilmiş, ikinci bölümünde ise asıl araştırma konumuz olan Sanayi 4.0 ve onun gelişimine katkı sağlayan teknoloji bileşenleri hakkında bilgi verilirken, üçüncü bölümde de bu devrimin sonuçları üzerinde durulmuştur. Bu makale bu konu da yeni okuma yapan çalışmacılara yol gösterme ve bilgilendirme amacı gütmektedir.

Bu doğrultuda Sanayi 4.0 kavramı aktarılmış ve bu süreçle gelişme gösteren teknoloji bileşenleri kısaca açıklanmıştır.

## 1. SANAYİ DEVRİMLERİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ

İnsanlık tarihinde insanların yaşamında köklü bir değişime sebep olan iki olay mevcuttur. Bunlardan birincisi tarım devrimi, ikinciyse sanayi devrimidir. Geçmiş yüzyıllardan günümüze kadar yaşayan insanlar bilgi ve tecrübelerini geliştirmiş ve gelişen bu bilgi birikimini gelecek nesillere aktararak ekonomik ve sosyal alanlarda önemli değişimlerin yaşanmasını sağlamıştır.

Tarım devrimi, avcılık ve toplayıcılık yaparak yaşamlarını sürdüren toplulukların yerleşik hayata geçerek çiftçilik ve hayvancılık yapmaya başlamasıyla gelişim göstermiştir. Bu gelişim toplumların sosyo-ekonomik yapılarında büyük dönüşümler yaşanmasını sağlamış, şehir hayatına geçilmiş, nüfus hızla artmış, mimarinin, sanatın ve kültürün gelişmesiyle özel mülkiyet anlayışı ortaya çıkmış, idari yapılanmayla birlikte yönetim şekillerinde de gelişmeler yaşanmıştır. Bu gelişmelerden yaklaşık olarak yüz yıl sonra ise ikinci önemli gelişme olan sanayi devrimi ortaya çıkmıştır. 1700'li yılların ikinci yarısında İngiltere'de başlayan Sanayi Devrimi, el ve beden gücünün yerini makine gücüne bırakmasıyla hızla gelişme göstermiştir. İngiltere'de başlayan sanayi devrimi kısa bir süre sonra Avrupa'ya, buradan da tüm Dünya'ya yayılmış, sanayileşen ülkelerde zenginlik ve refah seviyesi devamlı yükselmiştir (Genç, 2018: 237). Sanayileşmeyle birlikte tarım nüfusunun büyük bir kısmı tarım ve hayvancılığı bırakarak sanayi ve hizmet sektöründe üretim yapmaya başlamıştır. Şekil 1'de de görüldüğü üzere tarih boyunca meydana gelen sanayi devrimleri kendi içinde dört ayrı dönemden oluşmuştur ve aşağıda bu dönemlerde yaşanan gelişmelere yer verilmiştir.



Şekil 1. Sanayi Devrimleri (Tübitak, 2017).

**Birinci Sanayi Devrimi (Sanayi 1.0):** 1760-1830 yılları arasındaki dönemi içine alan ve sanayileşmenin başlangıcı olarak kabul edilen Sanayi 1.0, İngiltere'de insan emeğinin yerine, su ve buhar gücü ile çalışan mekanik tezgâhlarının kullanılmaya başlanmasıyla etkisini göstermiştir (Kılıç & Alkan, 2018). Bu kapsamda enerjinin odun yerine maden kömürü gibi fosil yakıtlardan elde edilmesi ve buharın kullanılmasıyla hareket gücünün artması, makineleşmeyi ve üretimin fabrikalara taşınmasını sağlamıştır. Eski tarz aile şirketleri ile küçük imalathaneler, yerini daha büyük fabrikalara bırakmıştır (Eldem, 2017). İngiltere'de ortaya çıkan, buradan Avrupa'ya ardından ise tüm Dünya'ya yayılan devrimin temeli buhar ve su gücünün daha verimli olarak kullanılmasına dayanmaktadır. Sanayi 1.0'da buhar gücünden yararlanılması demiryollarının gelişim sürecini hızlandırmış,

Avrupa yeni hammadde kaynaklarına kolayca ulaşabilmiş ve böylece ağır sanayi alanı gelişme olanağı bulmuştur (Gabaçlı & Uzunöz, 2017).

**İkinci Sanayi Devrimi (Sanayi 2.0):** Birinci sanayi devriminin ortaya çıkmasının üzerinden yüz yıl geçmeden ikinci sanayi devrimini belirleyen unsurlar ortaya çıkmıştır. Süreçleri yıl olarak sınıflandırmak çok kolay olmasa da, 1860 yıllarında başladığı kabul edilen bu dönem kimisine göre 1. Dünya Savaşına, kimisine göre de 2. Dünya Savaşına kadar sürmüştür. Sanayi 2.0 elektrik teknolojilerinin ilk kez fabrikaların üretim hatlarında kullanılmaya başlanmasıyla kitlesel üretimin yapıldığı, petrol tabanlı içten yanmalı motorların kullanımının yaygınlaştığı ve iş bölümünün gelişim gösterdiği dönemi kapsamaktadır (Kagermann vd., 2013). Bu devrimle birlikte sanayi üretiminde tamamıyla buhar gücünden yararlanılmış ve demiryolları inşa edilmiştir. Sanayide enerji kaynaklarına duyulan ihtiyaçlar, geleneksel buhar gücünden, petrol ve elektriğe dayalı enerji kaynaklarına doğru dönüşüm göstermiştir. Bu gelişmeler birinci sanayi devriminde kullanılan demirin yerini çelik üretimin almasını sağlamış, demir yolu taşımacılığı ve ticaret hızlanırken, radyo, telefon, daktilo gibi elektrikli haberleşme yöntemleri de haberleşme ve iletişimin gelişmesini sağlamıştır (Alfred & Chandler, 1994). Buhar gücünün yerini elektriğin alması ve montaj hattı yardımıyla seri üretim hatlarının oluşturulması Henry Ford'un otomobil fabrikasında üretim bandı tasarımıyla seri üretim imkanı elde etmesine ve otomotivde başlayan seri üretimin, birçok sektöre yayılmasına katkıda bulunmuştur (EKOIQ, 2014). Fordizm olarak isimlendirilebilen bu üretim çağı bu dönem için üretimin temel stratejisini oluşturmuştur (Alçın, 2016).

**Üçüncü Sanayi Devrimi (Sanayi 3.0):** Üçüncü sanayi devrimi, elektronik ve bilgi teknolojilerinde yaşanan gelişmeler ile beraber 1970'li yılların ilk zamanlarından beri gelişmektedir. Ancak asıl gelişim süreci II. Dünya Savaşı sonrasında nükleer, bilgisayar, lazer ve genetik gibi alanlarda ortaya çıkan gelişmelerle yaşanmıştır. 20. yüzyılın ikinci yarısında tüketici tercihlerinin değişmesiyle tek tip üretimin yapıldığı Fordizm anlayışı zamanla terk edilmeye başlanmış ve üretim anlayışı, pazarlama ve satış yöntemleri tamamıyla değişmiş seri üretim yerini kişiye özel üretim anlayışına bırakmış, hızlı bir şekilde değişen koşullara ayak uyduramayan büyük şirketler ise yok olmaya başlamıştır. Bilişim sektörü ve internetin yaygınlaşmasıyla kaliteli ancak ucuz üretmek temel yaklaşım olmuştur. Sanayi 3.0 ile sanayileşmiş ülkelerin imalat sanayindeki payı azalmış hizmet sektörü ise ön plana çıkmıştır (Özsoylu, 2017). Sanayi devrimlerinde yaşanan gelişmelerle birlikte dünyada yenilenemez kaynakların hızla tükenmeye başlaması çevresel sorunları ortaya çıkarmış ve yenilenebilir enerji kaynakları önem kazanmaya başlamıştır (SIEMENS, 2016). Sanayi 3.0'ın en belirgin özelliği bilişim teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler olmuştur. Bu dönemde ilk bilgisayarlar geliştirilmiş ve dijital teknolojiler öne çıkmıştır. 1990'lı yıllarda internetin ortaya çıkması ise Sanayi 3.0'ın dönüm noktalarından biri olmuş iletişim ve ulaşımda ilerlemeler yaşanarak küreselleşme olgusu sanayinin birçok alanında kendini hissettirmeye başlamıştır (Gabaçlı & Uzunöz, 2017). Bu da günümüzde "Dijital Çağ" olarak da anılan dönemin oluşmasına zemin hazırlamış ve üretimde elektronik ve mekanik teknolojiye dayalı makinelerin yerini, dijital teknolojiye dayalı makineler almıştır (Rifkin, 2011). Bilgi, iletişim ve elektronik teknolojileriyle beraber Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (PLC)'ler geliştirilmiş ve üretimde otomasyon sistemlerinin gelişimi sağlanmıştır (EBSO, 2015).

**Dördüncü Sanayi Devrimi (Sanayi 4.0):** 21. yüzyılın ilk başlarında iletişim ve bilişim teknolojilerinde yaşanan önemli gelişmeler internetin yaygın kullanımını sağlarken yazılım alanındaki gelişmeler de akıllı sistemlerin gelişmesini sağlamıştır. Bu süreçte fiziksel ve dijital sistemler arasında bağlantı kurarak üretim süreçlerini insansız biçimde kurgulayabilen yeni üretim sistemlerinin ortaya çıkması ise Sanayi 4.0 sürecinin başlamasına katkıda bulunmuştur (Soylu, 2018).

Sanayi devrimleri, insanların kullandığı aletlerde ve üretim süreçlerinde köklü değişimlerin yaşandığı, kullanılan iletişim araçlarının ve enerji sistemlerinin dönüşerek yeni üretim ve yaşam şekillerini meydana getirdiği dönemler olarak özetlenebilir. Sanayi

devrimleri yaşadıkları dönemleri sadece ekonomik olarak değil aynı zamanda kültürel, toplumsal, yönetsel ve sosyal olarak ciddi bir şekilde etkilemiştir. Rifkin (2011)'e göre sanayi devrimlerinin ortaya çıkmasındaki en önemli sebep yeni iletişim kanalları ile yeni enerji sistemlerinin birleşmesidir. Bu teknolojilerin ortaya çıkmasına neden olan gelişmeler toplumların sorunlarını çözmeye farklı cevaplar sunarak yeni bir hayatın oluşumuna katkıda bulunmuştur. Ortaya çıkan yeni hayat ile birbirine bağımlı olan ekonomik faaliyetler sonucunda daha yoğun ve sıkı bir toplumsal yapı ortaya çıkmış ve sanayileşen toplum, bir yandan sosyal ve ekonomik yönden değişirken, bilimsel yöntemlerin değişime uğraması sonucu ayrıca bilim kaynaklı bilgiye de önem vermiş ve bilgiyle elde edilen güç sanayileşmiş toplumlarda bilginin önem kazanmasını sağlamıştır. Toplumsal düzeyde bir anlam ifade etmeyen toplumlar geliştirdikleri bilgi ile birlikte bir sınıfa ait olup kendilerini geliştirmeye fırsat bulmuş ve iyi yaşam şartlarına ulaşmak için verinin ne denli önemli olduğunu anlamışlardır.

Hem günlük yaşamda, hem de sosyal olarak önemli gelişmelere yol açan sanayi devrimleri, uluslararası ticaretin, hukuki yapının, siyasi yapılanmaların önünü açmış ve sadece mühendislik alanında değil, sağlık ve sosyal bilimlerde de devrimlerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Yukarıdaki gelişmelerden de anlaşılacağı üzere sanayi devrimlerinin en önemli özelliğinin sürekli bir gelişim sürecini içerisinde barındırması ve yeni devrimlere yol açması olduğunu söylemek mümkündür. Bu doğrultuda Sanayi 4.0 süreciyle birlikte gelişme gösteren teknolojilerden ise aşağıda kısaca bahsedilmiştir.

## 2. SANAYİ 4.0 ve GELİŞEN TEKNOLOJİ BİLEŞENLERİ

Sanayinin tarihsel süreçlerine göz gezdirildiğinde üretim süreçlerinin devrim olarak nitelendirilebilecek üç adımlı bir süreçten geçtiğini söylemek mümkündür. Şu an ki zaman dilimine gelindiğinde ise Nesnelerin İnterneti (IoT)'ne ve Siber-Fiziksel Sistemler (CPS)'e dayalı üretimden söz edilen yeni bir sanayi devrimi sürecine geçilmiştir. Sanayi 4.0 olarak adlandırılan bu süreç makinelerin insan gücüne ihtiyaç duymadan kendilerini ve üretim süreçlerini yönetebilmeleri olarak tanımlanmaktadır (EBSO, 2015). Henüz başlangıç düzeyinde olan Sanayi 4.0, sanayi üretiminde yer alan bütün aktörlerin birbiriyle iletişim kurmasına, bütün verilere anlık olarak ulaşmasına ve bu verilerin yardımıyla yüksek katma değer elde etmesine zemin oluşturmaktadır.

Sanayi 4.0 kavramı tedarik zinciri içinde bulunan tüm ürünlerin ve süreçlerin ortak bir ağa bağlanarak tüm işlemlerin birbiriyle bağlantılı olacağı bir çalışma tarzını ifade etmekle birlikte bu terim ilk defa 2011'de Almanya'da düzenlenen Hannover Fuarı'nda konuşulmaya başlanmıştır. Almanya, internetin üretimde kullanılmasının yaratacağı fırsatların bir devrim niteliğinde olacağını niteleyerek geleceğin senaryosunu Sanayi 4.0 başlığı altında ele almıştır. Bundan dolayı bu kavram, Almanya'nın üretim merkezi haline dönüşmesinde önemli bir faktör olarak görülmektedir. Sanayi 4.0 ile bilgi teknolojilerinin üretim içerisindeki mevcut konumu vurgulanmış ve üretimin bütünüyle otomasyona bağlı hale gelmesi ve çoğunlukla kol gücünün kullanıldığı fabrikaların, beyin gücü ile yönetilen birimler haline gelip tamamen robotlar ve robotik cihazlar tarafından kullanılması amaçlanmıştır. World Economic Forum'un kurucusu ve başkanı olan Klaus Schwab ise üç temel özellik ile Sanayi 4.0'ın ortaya çıktığını ve Sanayi 3.0 devriminden ayrı özelliklere sahip olduğunu ortaya koymuştur. Schwab (2017)'in bahsettiği üç temel özellikler şunlardır:

**Hız:** Bu devrim önceki devrimlerin aksine doğrusal bir hızla değil üstel bir hızla ilerlemektedir. Bu da içinde yaşadığımız toplumun son derece bağlantılı ve çok yönlü olarak sürekli daha yeni ve daha yetenekli teknolojilerin önünü açmasının bir sonucudur.

**Genişlik ve Derinlik:** Dijitalleşme, devrimin hız kazanmasını tetikleyerek teknoloji çeşitliliğinin artmasına katkıda bulunmuştur. Yeni devrim ile iktisadi sorular olan “ne” ve “nasıl” sorularının yanında “biz kimiz” sorusuna verilen cevaplarda değişim göstermiştir.

**Sistem Etkisi:** Bu devrim ile birlikte tüm sektörler, şirketler ve hatta ülkeler de köklü bir dönüşüm yaşanması beklenmektedir.

Yukarıda bahsedilen üç temel özellik ile birlikte Sanayi 4.0'ın ortaya çıktığının ve gelişme sürecinde olduğunun kabul edilmesiyle birlikte Hannover Fuarı'nda bulunan uzmanlar bilişim çağının modern yüzünün, üretim süreçlerine yeni bir format kazandırdığını ve yeni bir Sanayi Devrimi'ne geçiş aşamasında olduğunu ifade etmişlerdir. Ancak Almanya Hükümeti'nin bu düşüncelerini, yeni bir sanayi stratejisi olarak gündeme getirmesi ile Sanayi 4.0 kavramsal bir olgu olmanın yanında resmi bir boyutta elde etmiştir. Gerçekleşen fuardan hemen sonra Sanayi 4.0 üzerine çalışma yapan bir çalışma grubu kurulmuş ve bu çalışma grubu, bir yıl sonra, Sanayi 4.0'ın stratejik olarak uygulanabilmesine yönelik önerilerini öncelikle Hannover Fuarı'nda sunmuş daha sonra ise Almanya Hükümeti'ne raporlamıştır (EBSO, 2015). 2013 yılında ise Almanya hükümeti Sanayi 4.0 uyum sürecini açıklayan bir eylem planı oluşturarak bunu tüm dünyaya sunmuş, geleneksel üretim yöntemleriyle bilişim sistemlerinin ilişki içinde olduğu akıllı hizmet ve ürün üretimi, Nesnelerin İnterneti ve akıllı fabrikalar gibi daha birçok yeniliği içeren Sanayi 4.0'ın hayata geçirilmesini sağlamıştır (Aydın, 2018).

Sanayi 4.0'ın ortaya çıkışı, Almanya'da dünyanın önde gelen çeşitli firmalarının Ar-Ge araştırmaları yapması ve bu araştırmalar dahilinde geliştirdikleri yeni teknolojiler ile gelişme göstermiştir. Ancak Sanayi 4.0, bugün farklı kesimler tarafından da yavaş yavaş tanınmaya başlanmış ve firmalar bu sürecin içinde yer almak için daha çok çaba sarf etmeye başlamışlardır. Temelleri Almanya'da atılmış olsa da ilk olarak Avrupa'da yayılmaya başlamış ve ABD ve Japonya'da kısa bir süre de bu sürece dahil olmuştur (EBSO, 2015).

Bu kavram için farklı ülkelerde aynı anlamı ifade eden benzer kavramlar da kullanılmıştır. Örneğin; Avrupa'da, "Geleceğin Fabrikaları", Almanya'da "Endüstri 4.0", ABD'de "Endüstriyel İnternet" ve Çin'de "İnternet +" olarak anılmaktadır. Şuan da tüm sektörleri etkileme gücüne sahip olan Sanayi 4.0 kavramı "Endüstriyel İnternet", "Akıllı imalat" ya da "Entegre Sanayi" adlarını da almaktadır (Qin, Liu, & Grosvenor, 2017).

Sanayi 4.0'ın en dikkat çekici özelliği, üretim süreçlerinde bulunan tüm araç ve makinaların birbirleriyle iletişime geçerek üretimin tam zamanlı olarak yapılmasını sağlayacak çalışma disiplinine sahip olmasıdır. Üretimde talep edilecek olan verinin bulut sisteminde depolanacağı sanayinin bu yeni formunda zaman ve mekan kavramının aşılması ve istenilen zamanda ve yerde işlerin yerine getirilmesi sağlanmaktadır. Büyük oranda mühendislik bilgisi gerektiren ve sistemler arasında tam entegrasyonun sağlanmasına katkı sağlayan Sanayi 4.0'ın, uluslararası alanda ucuz işgücüne dayalı rekabetin yerine yüksek katma değerli üretime dayalı rekabete geçişi sağlayacağı düşünülmektedir (Alçın, 2016).

Sanayi 4.0 ile kolay ve anlık bakım gibi veri analizine dayalı ve ortaya kolaylıkla konabilecek süreçler neticesinde ürünlerin maliyetlerinin düşmesi ve kullanım sürelerinin artması beklenmektedir. Yani Sanayi 4.0, makinaların, iş parçalarının, sistemlerin ve süreçlerin akıllı ağlarla sıralı olarak birbirine bağlanması ve eş zamanlı olarak kendilerini kontrol etmesidir.

İçinde bulunduğumuz süreçte, hızlı bir şekilde ilerleme gösteren Sanayi 4.0'ın temel amacı kendi kendini yönetme yeteneğine sahip olan üretim süreçlerinden oluşan akıllı fabrikaların hayata geçirilmesini sağlamaktır. Bu yüzden Sanayi 4.0'ı anlayabilmek için



terminolojisi içinde yoğunlukla kullanılan kavramları bilmek gerekmektedir. Bu kavramların çoğunun bugün kullanılıyor olması Sanayi 4.0'ın başlangıcını göstermekte ve gelecekte neler olabileceğine dair mühim ipuçları vermektedir. Aşağıda yer alan Şekil 2'de TÜSİAD'a göre geleceğin sanayi üretimi olan Sanayi 4.0'ı oluşturan dokuz bileşen yer almaktadır (TÜSİAD, 2016: 25). Bunların içeriklerinden bahsedecek olursak;

**Şekil 2.** Sanayi 4.0'ı Tetikleyen Dokuz Teknolojik Unsur (TÜSİAD, 2016: 25).

### 3.1. Büyük Veri ve Analizi

Büyük veri, mevcut bilgi sistemlerinin işleyemeyeceği kadar büyük ve karmaşık veri kümelerini ifade etmektedir. Yani bilinen veri tabanı yönetim sistemleri ve yazılım araçlarının, verileri toplama, saklama, yönetme ve çözümlene yeteneklerini aşan büyüklükteki verilerdir (Özsoylu, 2017: 51). İnternetin ortaya çıktığı zamandan beri var olan, fakat önemi ve işlevi yeni kavranan internet üzerindeki bu hareketler artık değerlendirilmeye ve analiz edilmeye başlanmış, ortaya da büyük veri kavramı çıkmıştır. Büyük veriyi toplumsal medya paylaşımları, GSM operatörlerinden alınan arama kayıtları, iklim algılayıcıları ve benzer sensörlerden elde edilen bilgiler, RFID etiketleri, ağ günlükleri, fotoğraf, video, gibi değişik kaynaklardan toplanan çok büyük sayıdaki bilginin, işlenebilir ve anlamlı hale dönüştürme süreci olarak ifade edebiliriz. Büyük veri sayesinde karar vermede iyileşme, maliyetleri düşürme, ürün ve hizmetlerde iyileşme olmak üzere üç önemli değer elde edilmektedir. Böylesine büyük miktarda ki verinin güvenli bir sistemde saklanıp daha sonra analiz edilerek anlamlı bilgilere dönüştürülmesi ile özellikle işletmeler kayda değer bilgiler elde etmektedir. Farklı kaynaklardan ulaşılan bu bilgilerin toplanması ve doğru analiz yöntemleriyle yorumlanması şirketlerin kendileri için önemli olan kararları doğru bir şekilde almalarına, risklerini daha iyi yönetmelerine ve inovasyon yapmalarına imkan yarattığından firmalar için büyük bir öneme sahiptir (EBSO, 2015). Çünkü doğru stratejiler yalnızca doğru bilgilerden yola çıkarak üretilebildiği için büyük veri Sanayi 4.0 için önemlidir.

### 3.2. Akıllı Robotlar

Akıllı üretim, gelişen bilgisayarlar ve yazılım programlarının, makinelere uyum sağlaması ile yaygınlaşmaya başlamıştır (EBSO, 2015). İnsanların her zaman kendisine yardım edebilecek araçlar geliştirmeyi düşünmesi insanların bugün için bitkilere, hayvanlara ve özellikle kendine benzer cihazları geliştirmeye çalışmalarını sağlamıştır. Bu da akıllı robot kavramının ortaya çıkmasına yardımcı olmuş ve mekanik olarak çalışan akıllı robotlar 1900'lü yıllarda dokuma tezgâhlarında yardımcı iş makineleri olarak kullanılmaya başlanmasıyla hayatımızda yer almaya başlamıştır. İnsanların yaptığı işi yapabilen akıllı robotlar ise ilk olarak otomotiv endüstrisi montaj hattında kullanılmış ve böylece maliyeti az olan, daha hızlı, hata oranı az ve seri üretimlerin yapıldığı üretim hatları oluşturulmuştur (Acar, 2007). İlerleyen yıllarda elektronik ve yazılım dünyasında yaşanan gelişmeler ise yapay zekâya dayanan akıllı robot sistemlerinin hızlıca gelişmesine katkıda bulunmuştur. Akıllı robotların programlanabilir bir şekilde kendi kendilerine iş yapabilme yeteneği günümüze kadar akıllı robotların kesme, taşıma, imalat, montaj gibi birçok işi yapmasına imkan vermiştir. Özellikle, akıllı robotlara yeni teknolojik sistemler ile hareket etme yeteneği kazandırılması akıllı robotların belli olan üretim alanının dışına çıkmasına askeri, uzay, tıp, arama kurtarma, hizmet sektörü ve ev uygulamaları gibi birçok alanda kullanılmasını sağlamıştır (Çayırpunar, 2009). Sanayide akıllı robotların kullanılmasıyla üretim hız kazanmış, işçilik maliyetleri azalmış ve üretim miktarı artmıştır. İnsanların yaptığı hataların önemli olduğu, insan hayatını tehlikeye sokan ve dikkat gerektiren işlerde akıllı robotların kullanımıyla birlikte tutarlı, tekrarlı, yüksek başarının elde edildiği sonuçlara ulaşılmıştır (Gürgüze & Türkoğlu, 2019).

### 3.3. Üç Boyutlu (3B) Yazıcılar – Eklemeli Üretim

Üç boyutlu yazıcı sanal ortamda programlanmış üç boyutlu bir nesnenin katı şekilde basılması işlemlerinden oluşmakla birlikte bilgisayar ortamında saklanan verinin fiziksel olarak gerçek nesnelere dönüştürülmesi işlemini gerçekleştiren cihazlara verilen isimdir

(Gilpin, 2014). Eklemeli üretim adıyla da bilinen bu baskı yöntemi geleneksel üretim yönteminin tam tersi şeklinde çalışmakta olup temel çalışma standarttı bilgisayar ortamında hazırlanmış olan üç boyutlu nesnenin sanal olarak katmanlara bölünmesini sağlayarak her katmana eritilen hammaddenin boşaltılıp üst üste gelecek biçimde basılması sürecini ifade etmektedir (Berman, 2012). 3B yazıcılara yönelik yapılan çalışmalar yeni gibi görünse de bu teknolojinin tarihsel süreci 1970'li yıllara kadar dayanmaktadır (Schubert vd., 2014). 3B teknoloji 1970'li yıllarda hızlı prototipleme olarak, tasarımların prototiplerini üretmeyi amaçlamış, 1980'li yıllarda ise numune yerine gerçek parça üretimi konuşulmaya başlanmış ve patentlerin alınmasıyla, bu teknolojinin ticarileştirilmesi sağlanarak ilk defa bir katı maddenin yazdırılma işlemi 1982 yılında yapılmıştır. 3B yazıcıların pazara girmesi ise 1995 yılında gerçekleşmiştir (Roşker & Shellabear, 2004). 2006 yılında Regrap adıyla ilk açık kaynak kodlarına sahip yazıcılar piyasaya çıkmış, birçok sıradan kullanıcı ve hobi sever ise bu cihazları kullanmaya başlamıştır (Turan & Şahin, 2018) Açık kodların kullanılmaya başlanması üç boyutlu yazıcıların hızlı bir şekilde gelişmesine katkı sağlamıştır (Sönmez vd., 2018: 472). Bu yazıcılar sayesinde bilgisayar destekli tasarım programlarında dijital olarak oluşturulan 3B modellerle gerçek dünyada yine 3B katı nesnelere üretilmiştir (Kruth, Leu, & Nakagawa, 1998). 3B yazıcılar çok farklı malzeme ve yöntem kombinasyonları kullanılarak tıptan gıdaya, genetikten bilişim teknolojilerine, şehir planlamasından sanayiye, otomotivden uzay ve savunma sanayisine kadar oldukça büyük bir alanı içine almaktadır.

### 3.4. Sümülasyon

Simülasyon, ürünlerin, üretim süreçlerinin ve malzemelerin bilgisayarda üç boyutlu olarak ve gerçek zamanlı verileri kullanarak taklit edilmesidir (EBSO, 2015). Gerçek hayattan elde edilen verilerden faydalanılarak hazırlanan sanal modellemelerde ürünler, makineler ve insanlar ile birlikte fiziksel dünyanın sanal gerçekliği oluşturulmaya çalışılmaktadır (BCG, 2015). Böylece hazırlanan sanal modeller verimliliği daha yüksek olan ürünlerin gerçek zamanlı üretime geçilmeden sanal dünyada test edilebilmesine fırsat sunacak ve en uygun kurulum ile kalitenin artmasıyla makine kurulum süresi kısılacaktır (Davutoğlu, Akgül, & Yıldız, 2017). Tasarım aşamasında olan ürünlerin ise 3 boyutlu simülasyonlardan faydalanılabilmesi sağlanacak ve zamanla simülasyonlar fabrika üretimlerinde daha etkin kullanılacaktır. (TÜSİAD, 2016: 27).

### 3.5. Bulut Bilişim

Bulut bilişim teknolojisi internetin kullanılmaya başlanmasıyla ortaya çıkmış ve yaşanan gelişmelerle artan bir öneme sahip bilişim hizmeti halini dönüşmüştür (Laudon & Laudon, 2012). Ancak bulut bilişim tamamen yeni bir kavram değildir uzun yıllardır kullanılan sanallaştırma, dağıtık hesaplamalar, bilgi işlem, yazılım hizmetleri ve küme hesaplama gibi diğer pek çok teknolojiyle de bağlantısı vardır (Foster, Zhao, Raicu, & Lu, 2008). Bulut kelime anlamı ile hizmetin sağlandığı uzaktaki konumu ifade etmekte ve kullanıcılar diledikleri zaman, diledikleri yerden yalnızca internete bağlı bir bilgisayar yardımıyla sisteme bağlanabilmektedir (Velte vd., 2010). Bulut bilişim kavramıysa ölçülebilir, gerçek zamanlı altyapı, servis ve uygulamaları dünyanın başka yerlerinde bulunan sunucular vasıtasıyla müşteri ihtiyaçlarına göre ölçekleyen, anında kullanıma hazır donanım ve yazılımı sunan ve kullandıkça öde modeline sahip bir bilgi ve iletişim teknolojisi anlamına gelmektedir (Marston vd., 2011). Bulut bilişimin işletmelere sağlayacağı üstünlükler ve ortaya çıkaracağı değişimin potansiyeli dikkate alındığında ise internetten sonra bilişim dünyasında ortaya çıkan en önemli yeniliklerden biri olacağı düşünülmektedir.

### 3.6. Nesnelerin İnterneti

Amerikan Federal Ticaret Komisyonu günlük hayatımızda kullandığımız nesnelerin, internete bağlanarak veri gönderip alması yeteneğini nesnelerin interneti adıyla ifade etmektedir. Bu kavram Radyo Frekans Tanımlama (RFID) teknolojisiyle gelişme göstermiştir. Nesnelerin interneti teknolojisinin ilk uygulama örneği 1991'de Cambridge Üniversitesi'ndeki 15 akademisyenin birlikte kullandıkları kahve makinesini görebilmeleri için kurdukları kameralı sistemi 2001 yılına kadar kullanması ve sistemin dakikada üç defa



kahve makinesinin görüntüsünü bilgisayara göndermesiyle oluşmuştur. Ancak nesnelerin interneti kavramı ilk defa 1999'da Kevin Ashton'un Procter & Gamble şirketi için hazırladığı bir sunumda kullanılmasıyla hayatımız da yer almaya başlamıştır (Geng, 2016). Nesnelerin interneti fiziksel nesnelerin birbirleriyle bilgi paylaşarak birbirlerini görebilmelerine, duyabilmelerine, düşünebilmelerine ve konuşabilmelerine imkân verip, algılayıcı ağlar, gömülü cihazlar, haberleşme protokolleri gibi başlıca teknolojilerin geleneksel bir sistemden akıllı bir sisteme değişiminin sağlanmasıdır ( Aktaş vd., 2016; Al-Fuqaha, Guizani, Mohammadi, Aledhari, & Ayyash, 2015). Bu yüzden nesnelerin interneti kavramıyla, verilerin uzaktan günlük olarak alınmasını, bu verilerin incelenmesini kolaylaştıracak çeşitli amaçlar için birbiri ile iletişimde olan bir çevre oluşturulmasına katkı sağlayan bir teknoloji süreci geliştirilmek amaçlanmaktadır (Ashton, 2009). Bu gelişen teknoloji ile milyarlarca insan taşınabilir mobil teknolojiler veya bilgisayarlarla internete bağlanabilmektedir (Kutup, 2011). Nesnelerin interneti, veri girişine ve insan müdahalesine gerek duymadan makinelerin ve cihazların kendi kendine veri iletişimi yaparak veri topladığı ve oluşturduğu bu veriler yardımıyla karar verebilen akıllı bir ağ yapısını da ifade etmektedir. Genel anlamda ise fiziksel nesnelerin birbirleriyle ya da kendisinden daha büyük olan sistemler ile karşılıklı bağlantı içinde olduğu iletişim ağlarını tanımlamaktadır (Karagöz, 2018). Bu yüzden Sanayi 4.0 sürecinin gelişimine en büyük katkıyı sağlayan teknoloji bileşenin nesnelerin interneti olduğunu söylemek mümkündür. Çünkü bu bileşen ile sanal ve gerçek arasında sağlanan ağ bağlantısı güçlenmiş ve gelişimin hız kazanması sağlanmıştır

### **3.7. Zenginleştirilmiş Gerçeklik (Artırılmış Gerçeklik)**

Zenginleştirilmiş gerçeklik, gerçek dünyada var olan çevreden elde edilen video, ses grafik ya da GPS verilerinin bilgisayar yardımıyla üretilip daha sonra duyuşal girdiyle artırarak canlandırılan elemanların fiziksel ortamla birleştirilmesi ile oluşturulan yeni algı ortamının canlı, doğrudan veya dolaylı bir görünümüdür (Graham, Zook, & Boulton, 2014). Türkçe'de zenginleştirilmiş, genişletilmiş veya artırılmış gerçeklik ifadeleriyle tanımlanan bu kavram kısaca gerçekliğin bilgisayar tarafından değiştirilmesidir (EBSO, 2015). Zenginleştirilmiş gerçeklik kavramının ilk olarak 1990'lı yıllarda David Mizell ve Tom Caudell tarafından kullanılmıştır. 2000'li yıllarda ise Nokia mobil artırılmış gerçeklik uygulama projesine liderlik ederek Bruce Thomas ve arkadaşlarının, zenginleştirilmiş gerçeklik oyunu olan Quake geliştirmişlerini sağlamıştır (Kipper & Rampolla, 2013). 2013'te Google'un geliştirdiği, bir zenginleştirilmiş gerçeklik uygulaması olan ve Goggle Glass olarak isimlendirilen gözlükler sanal dünyayla gerçek dünyayı birleştirmiştir (Uğur & Apaydın, 2014). Azuma zenginleştirilmiş gerçeklik uygulamalarının gerçek ve sanalın gerçek koşullarla birleştirilmesi, gerçek zamanlı etkileşimin sağlanması ve üç boyutlu koşullarda bu unsurların konumlandırılması olmak üzere üç tane karakteristik özelliğe sahip olduğunu ifade etmektedir (Azuma, 1997). Zenginleştirilmiş gerçeklik dijital objelerin herhangi bir zamanda genellikle kare kodlar kullanılarak gerçek objelere dönüşmesi olarak düşünülebilir ve zenginleştirilmiş gerçeklik gerçekliğin yeniden oluşturulduğu değil, mevcut olan gerçekliğin desteklendiği ortamlardır (Erbaş & Demirer, 2014). Zenginleştirilmiş gerçeklik ortamlarında gerçek ve sanal nesnelere kullanıcıya uyumlu bir şekilde sunulmaktadır (Bronack, 2011). Normal olarak insanların bilişsel süreçleri ve duyuları yardımıyla saptaması mümkün olmayan bilgilere ulaşılmasını sağlayarak, gerçekliğin desteklenmesini ve güçlendirilmesini yardımcı olmakta böylece sanal nesnelerin gerçek dünyaya yerleştirilmesiyle kullanıcının algısının iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır (Azuma, 1999).

### **3.8. Yatay – Dikey Entegrasyon**

Yatay entegrasyon, müşterileri benzer olan farklı firmaların pazar paylarını yükseltme amacıyla birleşmeleri ya da birbirleriyle iletişim ve dayanışma içinde olmalarıdır. Aynı sektörde ve türdeş alanlarda yer alan şirketlerin Yatay Entegrasyonla bir arada olmaları maliyetler ve rekabet açısından avantaj yakalamalarını sağlamaktadır (Tarver, 2019). Yatay birleşmelerde hammadde tedarikinden satış sürecine kadar tam kapasite çalışarak maliyetler

düşmektedir. Bu durum yalnızca üreticiler için değil, tüketiciler için de istenen bir gelişmedir (Yelis, 2017). Kısaca Yatay Entegrasyon, Sanayi 4.0 ile ortaya çıkan rekabet koşulunda şirketlerin içinde buldukları tehditlerden korunma yolu olarak da ifade edilebilir (Stock & Seliger, 2016).

Dikey Entegrasyon, bir şirketin birden fazla tedarik zincirine sahip olması olarak tanımlanırken ham maddenin üretildiği, bir ürüne dönüştürüldüğü ve müşterinin kullanımına sunulduğu bütün süreçleri kapsamaktadır (Amadeo, 2019). Dikey entegrasyon, aynı sektöre hizmet veren tedarikçi veya müşteriler ile farklı bir şirketi yapısına katarak büyümeyi ifade etmektedir (Yelis, 2017). Üretim maliyetlerini düşürmek, tedarik zincirini kuvvetlendirmek, kârı dengede tutmak ve dağıtımını en iyi hale getirebilmek için Sanayi 4.0 da dikey entegrasyon önemlidir. Dikey Entegrasyon sadece süreçler arasında değil, süreçlerde kullanılan bütün teknolojik altyapıda da devamlı bir akış ve iletişim sağlamayı hedeflemektedir.

### 3.9. Siber Güvenlik

Siber güvenlik kavramı ilk defa 1990 yıllarında bir bilgisayar mühendisinin, ağa bağlı olan bilgisayarların güvenlik sorunlarını anlatmasıyla kullanılmıştır (Hansen, 2009). Sanayi 4.0'ın hız kazandırdığı yüksek oranda veri paylaşımı, artan internet kullanımı ve teknolojiye yaşanan gelişmeler bugün daha güçlü ve etkin olan savunma sistemlerinin oluşturulmasını, acil durum hazırlığının yapılmasını ve bunların kullanım aşamalarının oluşturulmasını hızlandırmıştır. Siber güvenlik kavramı yatay ve dikey entegrasyonun gelişimiyle, büyük öneme sahip endüstriyel sistemleri ve üretim kanallarını siber güvenlik tehditlerine karşı savunma amacı güden makinelerin kimliklerinin belirlenmesi ve makinelere erişiminin sağlanması temeline dayanan güvenilir iletişimin önem kazanması sonucu ortaya çıkmıştır (Gerbert vd., 2015). Bu kavramı tanımlayacak olursak, siber güvenlik bilgisayarların, yazılım, donanım ve ağlarını, yetkisiz erişimden, siber suçlulardan, terörist gruplar ve bilgisayar korsanlarından, internet ve bilgisayar üzerinde ortaya çıkabilecek güvenlik açıklarından korumak için ortaya çıkan teknolojiler ve süreçler olarak ifade edilmektedir (Goutam, 2015). Saldırıların, ortaya çıkmasıyla tespit edilmesi, fiziksel veya sanal bariyerlerin oluşturulması, bölgesel ve ulusal siber güvenlik politikalarının geliştirilmesiyle siber güvenliğin sağlanmasını mecburi hale getirmiştir (Goodman, 2008). Siber güvenliğin genel amacı yalnızca bilgi kaynaklarının korunması ya da internet güvenliğinin sağlanması değil, ayrıca bireyin kendisi de olmak üzere diğer varlıkların korunmasını da kapsayacak şekilde geleneksel veri güvenliğini sağlamaktır (Von Solms & Van Niekerk, 2013).

## 4. SONUÇ

Araştırma sonucu elde edilen bilgiler hem iş dünyasında hem de literatürde Sanayi 4.0 teknolojisinin kullanımının giderek artmakta olduğunu göstermekte ve bu teknolojinin üretimde esneklik, kalite, hız ve verimlilik artışının sağlanmasını hedefleyerek gündelik hayatı ve üretim dünyasını etkilediğini gözler önüne koymaktadır. Sanayi 4.0, özel ve kamu sektöründe yer alan toplumun tüm katmanlarını etkisi altına alan yeni bir süreçtir. Bu sanayi devriminin öteki sanayi devrimleri gibi üretim esaslı olarak ortaya çıktığı düşünülse de etkileri yalnızca bu alanla sınırlı kalmamıştır. Sanayi 4.0, imalatta daha fazla otomasyonun yer aldığı, müşteri isteklerine daha uygun ve daha kaliteli üretimin gerçekleştiği yenilikçi imalat sürecine geçilmesini sağladığını söylemek ise mümkündür.

Sanayi 4.0 sürecini diğer süreçlerden ayıran en önemli özelliğin teknoloji yoğun bir dönemi içinde bulundurması olduğunu söylemek mümkündür. Bu süreç diğer sanayi süreçlerine oranla daha hızlı ilerlemekte ve hayatımızın tamamında kendine yer edinmektedir. Sanayi 4.0 süreciyle birlikte gelişen teknoloji bileşenleri ise bu sürecin anlaşılabilmesini sağlamakta ve kolay adapte olunmasına katkıda bulunmaktadır. Gelişen teknolojilerin ise tüm iş yapma süreçlerimizde köklü bir değişikliğin yaşanmasına katkıda bulunacağını söylemek mümkündür. Öyle ki gelişen teknolojiler konusunda daha fazla uzmanlık kazanmak ve çalışmalar yürütmek bu süreçte aktif olarak yer alabilmek için katkı

sağlayabilir. Bu yüzden ilk olarak çalışmacıların Sanayi 4.0 ve gelişim sürecinin ne gibi teknolojik yenilikleri ortaya çıkardığını veya gelişimine katkı sağladığını bilmek bu süreçte ilerlemede başlangıç adımını oluşturmaktadır. Daha sonrasında ise Sanayi 4.0 sürecinin gelişmesinde en önemli katkıyı sağlayan teknolojinin Nesnelere İnterneti ve Bulut Bilişim olduğunu söylemek mümkündür. Ancak bu teknolojilerde yaşanacak en önemli sorunun ise Siber Güvenlik açıklarından kaynaklanacağını söylemek mümkündür. Çünkü geliştirilen teknolojilerin ilerlemesini ve birlikte çalışabilirliğini artırmak için Siber güvenlik üzerinde yoğun çalışmalar yürütülmeli ve kullanıcıların bilgilerine erişilebilirliği konusunda daha az endişe duymaları sağlanmalıdır.

Sanayi 4.0'ın işsizliği artıracığı yönünde yaygın bir düşünce hakimdir ancak Sanayi 4.0 ile birlikte yeni iş alanları da açılmaya başlamıştır. Çünkü üretimden pazarlamaya bilişim altyapısı dijitalleşme olan tüm sistemler işletme fonksiyonlarını etkilemenin yanında mevcut iş yapma biçimlerine ek olarak akıllı üretim yardımıyla farklı ve yeni iş alanlarının ortaya çıkmasını sağlamış, buna uygun yeni girişimlerin kurulmasına ise katkı da bulunmuştur. Sanayi 4.0 daha az kaynak kullanılarak daha esnek ve daha hızlı, uygulamaları içine alan müşterilere yönelik kişiselleştirilmiş ürünler, üretkenlik, verimlilik ve optimizasyonun oluşturulduğu üretim anlayışı ile gelişme gösterecektir.

Sanayi 4.0 üretimde yeni bir döneme girilmesini sağlamış ve üretim, tüketim, lojistik sistemleri yeniden biçimlendirilmiştir. Üreticiler için de yeni olan bu sanayi devrimi üretim alanında yeni uygulama biçimleri ortaya çıkararak toplumsal ve sınıfsal etkilerin yeniden belirlenmesini sağlayacak gibi durmaktadır. Toplumsal boyutta ise kişilerin kendilerini anlatma, iletişim kurma, bilgi verme, çalışma ve eğlenme biçimlerinde gözle görülür bir değişim yaşanmakla birlikte sağlık, eğitim ve ulaşım gibi birçok sistem de yeniden şekillenecektir.

Sanayi 4.0 ile hedeflenenin, teknolojinin tüm olanaklarının ortak bir platformda birleştirildiği ve insanlığın geleceğindeki sanayi ortamının tamamen bilgiye dayalı olduğu, gerçek ve güvenilir veriye dayalı analitik çözümler ile yönetilen, akıllı otomasyon sistemlerinin ağırlıklı olarak kullanıldığı bir düzenin oluşturulması süreci olarak ifade etmek mümkündür. Kısaca Sanayi 4.0 doğrultusunda gelişme gösteren teknoloji bileşenleriyle nesnelere, sistemler ve insanların birbirleriyle bağlantılı olacağını ve istihdam, ekonomik büyüme, yatırım, iş dünyası, hatta akademik çalışmaların bile yeni fırsatlar ve tehditlerle karşı karşıya kalacağını göstermektedir. Bu yüzden Sanayi 4.0'ın bir dönüşüm anlayışı ile beslenen sürekli bir gelişim hareketi olduğu ve bu anlayışın en önemli hedefinin dijital gelişmelerle gelen yeniliklerle birlikte üretimi daha verimli ve rekabetçi hale getirmek olduğu unutulmamalı ve Sanayi 4.0 ve gelişimi yönünde çalışmalar yapılmaya daha fazla önem verilmelidir.

## 5. ÖNERİLER

Sanayi 4.0 süreci henüz yeni yeni çalışılmaya başlanılan bir konu olduğu için bu alanda yapılan çalışmalar da güncel çalışmalardan oluşmaktadır. Bu yüzden bu sürecin anlaşılabilirliğini artırmak için araştırmacıların Sanayi 4.0 ve gelişim süreci üzerinde yoğunlaşması hem araştırmacılara hem de literatüre katkı sağlayabilir. Sanayi 4.0 ve teknoloji bileşenleri geniş bir konu havuzunu oluşturduğu için bu bileşenlerin tek tek inceleyen birçok akademik yazı bulunmasına rağmen bunu bir çatı altında gösteren yazın sayısının ise çok az olduğunu söylemek mümkündür. Bu yüzden araştırmacılar bu gelişimi tek çatı altında gösteren çalışmalar da yürütebilir. Ayrıca Sanayi 4.0 süreci yalnızca üretim sürecini etkilememiş bununla birlikte eğitimden sağlığa birçok alanda önemli gelişmelerin yaşanmasına sebep olmuştur ancak çalışmaların genellikle üretim sektörü üzerinden yürütüldüğünü söylemek mümkündür bu yüzden bu alanda araştırma yapmak isteyen bireyler Sanayi 4.0'ın diğer sektöre yansımalarına da odaklanabilir.

## KAYNAKÇA

Acar, M. (2007). *İki Ayaklı Yürüme Hareketinin Modellenmesi Ve Kontrolü*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2015). Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347–2376. <https://doi.org/10.1109/COMST.2015.2444095>
- Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek: Sanayi 4.0. *Journa of Life Economics*, 19–30.
- Alfred, D., & Chandler, J. (1994). *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*. Belknap Press.
- Amadeo, K. (2019). Vertical Integration: Definition, Examples, Pros, Cons. Tarihinde 06 Ocak 2020, adresinden erişildi <https://www.thebalance.com/what-is-vertical-integration-3305807>
- Ashton, K. (2009). “Internet of Things”. *RFiD Journal*, 97–114. Tarihinde adresinden erişildi <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>
- Aydın, N. (2018). Almanya’nın Endüstri 4.0 Vizyonu. Tarihinde 20 Kasım 2019, adresinden erişildi <https://www.endustri40.com/almanyain-endustri-4-0-vizyonu/>
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Azuma, R. T. (1999). *The Challenge of Making Augmented Reality Work Outdoors*. Springer-Verlag.
- BCG. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. Tarihinde 30 Mart 2020, adresinden erişildi <http://www.informeticplus.com/industry-4-0-the-future-of-productivity-and-growth-in-manufacturing-industries-bcg>
- Berman, B. (2012). 3-D Printing: The New Industrial Revolution. *Business Horizons*, 55(2), 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2011.11.003>
- Bronack, S. C. (2011). The Role of Immersive Media in Online Education. *Journal of Continuing Higher Education*, 59(2), 113–117. <https://doi.org/10.1080/07377363.2011.583186>
- Çayırpunar, Ö. (2009). *Çoklu Robot Sistemlerinde Robotlar Arası Haberleşme ve İşbirliği Kullanılarak Arama Verimliliğinin Artırılması*. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Davutoğlu, N. A., Akgül, B., & Yıldız, E. (2017). İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı ile Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak. *The Journal of Academic Social Sciences*, 52(52), 544–567. <https://doi.org/10.16992/asos.12648>
- Dengiz, O. (2017). Endüstri 4.0: Üretimde Kavram ve Algı Devrimi. *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 15(1), 38–45. Tarihinde adresinden erişildi <http://dergipark.gov.tr/matim/issue/36791/419135>
- EBSO. (2015). Sanayi 4.0. *Ege Bölgesi Sanayiciler Odası*, 1–56.
- EKOIQ. (2014). Endüstri 4.0 Akıllı Yeni Dünya: Dördüncü Sanayi Devrimi, 4–5.
- Eldem, M. O. (2017). Endüstri 4.0. *TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni*, 3, 10–16.
- Erbaş, Ç., & Demirer, V. (2014). Eğitimde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları: Google Glass Örneği. *Journal of Instructional Technologies & Teacher Education*, 3(2), 8–16.
- Foster, I., Zhao, Y., Raicu, I., & Lu, S. (2008). Cloud Computing and Grid Computing. İçinde *GCE '08, The Grid Computing Environments Workshop* (ss. 1–10). <https://doi.org/10.1109/GCE.2008.4738445>
- Gabaçlı, N., & Uzunöz, M. (2017). IV.Sanayi Devrimi: Endüstri 4.0 ve Otomotiv Sektörü. *International Congress on Politic, Economic and Social Studies*, (3), 149–174.
- Genç, S. (2018). Sanayi 4.0 Yolunda Türkiye. *Sosyoekonomi*, 26(36), 235–243. <https://doi.org/10.17233/sosyoekonomi.2018.02.14>
- Geng, H. (2016). *Internet of Things and Data Analytics Handbook*. John Wiley & Sons, Incorporated.
- Gerbert, P., Lorenz, M., Rüßmann, M., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*.

- Gilpin, L. (2014). 10 Facts on 3D Printing: Understanding Tech's Next Big Game-Changer. Tarihinde 11 Şubat 2020, adresinden erişildi <https://www.techrepublic.com/article/10-facts-on-3d-printing-understanding-techs-next-big-game-changer/>
- Goodman, S. E. (2008). Critical Information Infrastructure Protection. *Responses to Cyber Terrorism*, 34, 24–33.
- Goutam, R. K. (2015). Importance of Cyber Security. *International Journal of Computer Applications*, 11(7), 975–8887.
- Graham, M., Zook, M., & Boulton, A. (2014). Augmented Reality in Urban Places: Contested Content and the Duplicity of Code. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 464–479.
- Gürgüze, G., & Türkoğlu, İ. (2019). Kullanım Alanlarına Göre Robot Sistemlerinin Sınıflandırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31(1), 53–66.
- Hansen, L. (2009). Digital Disaster, Cyber Security, and the Copenhagen School. *International Studies Quarterly*, 53, 1155–1175.
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J. (2013). *Acatech: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative Industrie 4.0*. German.
- Karagöz, J. (2018). *Sağlıkta Dijital Dönüşüm*. İstanbul: Kutlu Yayınevi.
- Kipper, G., & Rampolla, J. (2013). *Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR*. Syngress/Elsevier.
- Kılıç, S., & Alkan, R. M. (2018). Dördüncü Sanayi Devrimi Endüstri 4.0: Dünya ve Türkiye Değerlendirmeleri. *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 2(3), 29–49. <https://doi.org/10.31006/gipad.417536>
- Kruth, J. P., Leu, M. C., & Nakagawa, T. (1998). Progress in Additive Manufacturing and Rapid Prototyping. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 47(2), 525–540. [https://doi.org/10.1016/S0007-8506\(07\)63240-5](https://doi.org/10.1016/S0007-8506(07)63240-5)
- Kutup, N. (2011). *Nesnelerin İnterneti; 4H Her Yerden, Herkesle, Her Zaman, Her Nesne ile Bağlantı*. İzmir.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2012). *Management Information Systems: Managing the Digital Firm* (Twelfth). New York.
- Marston, S., Li, Z., Bandyopadhyay, S., Zhang, J., & Ghalsasi, A. (2011). Cloud Computing - The Business Perspective. *Decision Support Systems*, 51(1), 176–189. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2010.12.006>
- Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 21(1), 41–64.
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R. (2017). A Framework of Energy Consumption Modelling for Additive Manufacturing Using Internet of Things. *Procedia CIRP*, 63, 307–312. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.036>
- Rifkin, J. (2011). *Üçüncü Sanayi Devrimi*.
- Roşker, P., & Shellabear, M. (2004). E-manufacturing with laser-sintering - to series production and beyond.
- Schubert, C., Van Langeveld, M. C., & Donoso, L. A. (2014). Innovations in 3D Printing: A 3D Overview from Optics to Organs. *British Journal of Ophthalmology*, 98(2), 159–161. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2013-304446>
- Schwab, K. (2017). *Dördüncü Sanayi Devrimi*. Optimist Yayınları.
- SIEMENS. (2016). Endüstri 4.0 Yolunda: Dijital Fabrikalar. Tarihinde 20 Kasım 2019, adresinden erişildi [http://siemens-dergi.com/pubs/Endustri40/Endustri40\\_DigitalFabrikalar/assets/basic-html/page-1.html#](http://siemens-dergi.com/pubs/Endustri40/Endustri40_DigitalFabrikalar/assets/basic-html/page-1.html#)
- Sönmez, S., Kesen, U., & Dalgıç, C. (2018). 3 Boyutlu Yazıcılar. *6th International Printing Technologies Symposium*, 471–481.
- Soylu, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Girişimcilikte Yeni Yaklaşımlar. *Pamukkale University Journal of Social Sciences Institute*. <https://doi.org/10.30794/pausbed.424955>

- Stock, T., & Seliger, G. (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0, 536–541. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>
- Tarver, E. (2019). Horizontal Integration Definition and Notable Examples. Tarihinde 06 Ocak 2020, adresinden erişildi <https://www.investopedia.com/ask/answers/051315/what-are-some-examples-horizontal-integration.asp>
- Tübitak. (2017). Yeni Sanayi Devrimi: Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası. *Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanlığı*, 1–28.
- Turan, B. O., & Şahin, K. (2018). Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin Karşılaştırmalı Analizi. *Stratejik ve Sosyal Araştırma Dergisi*, 2(2), 2587–2621.
- TÜSİAD. (2016). *Türkiye'nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklik Olarak Sanayi 4.0: Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektif*. İstanbul. Tarihinde adresinden erişildi [www.tusiad.org](http://www.tusiad.org)
- Uğur, İ., & Apaydın, Ş. C. (2014). Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Reklam Beğeni Düzeyindeki Rolü. *NWSA-Humanities*, 9(4), 145–156. <https://doi.org/10.12739>
- Ünlü, F., & Atik, H. (2019). Türkiye'deki İşletmelerin Endüstri 4.0'a Geçiş Performansı: Avrupa Birliği Ülkeleri İle Karşılaştırmalı Ampirik Analiz. *Ankara Avrupa Calismalari Dergisi*, 17(2), 431–463. <https://doi.org/10.32450/aacd.512006>
- Velte, A. T., Velte, T. J., & Elsenpeter, R. C. (2010). *Cloud Computing : A Practical Approach*. McGraw-Hill.
- Von Solms, R., & Van Niekerk, J. (2013). From information security to cyber security. *Computers & Security*, 38, 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.cose.2013.04.004>
- Yelis, B. (2017). Yatay ve Dikey Entegrasyon Nedir? Tarihinde 06 Ocak 2020, adresinden erişildi <https://www.endustri40.com/yatay-ve-dikey-entegrasyon-nedir/>