

ENDÜSTRİ 4.0'A GENEL BİR BAKIŞ: SANAYİNİN GELECEĞİ



OVERVIEW OF INDUSTRY 4.0: THE FUTURE OF THE INDUSTRY

Melek YILDIZ TONGA¹

Mahir TONGA²

Öz

Bu çalışmanın amacı, ilk kez 2011 yılında Almanya'da ortaya çıkmış olan Endüstri 4.0 kavramının kapsamının, avantaj ve dezavantajlarının ve bilişim teknolojileri ile ilgili bileşenlerinin incelenmesidir. Bu çalışmada, öncelikle sanayi devriminin tarihçesini oluşturan bileşenler ve Endüstri 1.0'dan başlayarak günümüze kadar gelişimi ele alınmıştır. Daha sonra günümüzde Endüstri 4.0 kavramının ne olduğu, ortaya çıkış nedenleri ile avantaj ve dezavantajları açıklanmıştır. Son bölümde de Endüstri 4.0 bileşenlerinden Nesnelerin İnterneti (IoT), Artırılmış Gerçeklik (AR-Augmented Reality), Bulut Bilişim (Cloud Computing), Otonom Robotlar (Autonomous Robots), 3D Yazıcılar (3D Printing), Büyük Veri ve Analizi (Big Data and Analytics) kavramları incelenmiştir. Sonuç olarak endüstri 4.0'ın ülkemizde yetişmiş insan gücünü sağlamaya yönelik eğitim politikaları ile hem geliştirilebilmesine hem de dezavantajlarının ortadan kaldırılmasına yönelik tespitler ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelime: Endüstri 4.0, Dijital dönüşüm, Endüstri 4.0 bileşenleri

JEL Kodu: O14, O39.

Abstract

The aim of this study is to examine the scope, advantages and disadvantages of the concept of Industry 4.0, which first emerged in Germany in 2011, and its components related to information technologies. In this study, first of all, the components that make up the history of the industrial revolution and its development from Industry 1.0 to the present are discussed. Then, what the concept of Industry 4.0 is today, the reasons for its emergence, and its advantages and disadvantages are explained. In the last chapter, Industry 4.0 components such as Internet of Things (IoT), Augmented Reality (AR-Augmented Reality), Cloud Computing, Autonomous Robots, 3D Printers (3D Printing), Big Data and Analysis (Big Data and Analysis) Analytics) concepts are examined. As a result, it has been revealed that industry 4.0 can be developed with education policies aimed at providing trained manpower in our country and to eliminate its disadvantages.

Keywords: Industry 4.0, Digital transformation, Industry 4.0 Components.

JEL Codes: O14, O39.

¹ Bilişim Teknolojileri Öğretmeni, Keçiören Yamantürk Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, myildiz@yahoo.com, ORCID: 0000-0003-1563-3444.

² Bilişim Teknolojileri Öğretmeni, İncirli Şehit Hüdayi Arslan Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi, mahirtonga@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5540-3021.

1. GİRİŞ

Sanayi devrimi insanlık için önemli bir atılım olmuştur. Sanayinin gelişme süreci 18. yüzyıldan başlayarak günümüze uzanmış ve teknoloji ile bütünleşerek çok hızlı bir gelişim göstermiştir. Sanayi devriminin başlangıcı olarak bilinen buharlı makinenin icadı ile önemli bir adım atılmıştır. Bu adım birinci sanayi devrimi olarak adlandırılmaktadır. Birinci sanayi devrimi bilimsel gelişmelerin önünün açılmasına sebep olmuş ve 19. yüzyılda çok fazla sayıda buluş ve icat ortaya çıkmıştır. Bu süreci takiben 18. yüzyıl sonları ile 19. yüzyıl başlarında petrol kullanan makinelerin icadı ve elektrik enerjisinin işletmeler tarafından kullanılmaya başlaması ile birlikte ikinci sanayi devrimi ortaya çıkmıştır. İkinci sanayi devrimi ile birlikte ekonomi ve sanayide çok büyük gelişmeler elde edilmiştir.

Elektriğin kullanımı ile birlikte elektronik cihazların ve bilgisayarların geliştirilmesi 20. yüzyılda üçüncü sanayi devriminin gerçekleşmesine sebep olmuştur. Üçüncü sanayi devriminde mikroişlemcilerin, bilgi teknolojilerinin ve programcılığın gelişmesi ile otomasyon süreçleri hızlanmıştır. Dolayısıyla verimlilik de artmıştır.

Üçüncü sanayi devrimi günümüze kadar devam etmiş ve günümüzde 21. yüzyıl teknolojisi ile dördüncü sanayi devrimi çağına girilmiştir. Dördüncü sanayi devrimi hali hazırda başlamış ve devam etmekte olan bir süreçtir ve aralarında Nesnelerin İnterneti (IoT), Artırılmış Gerçeklik (AR-Augmented Reality), Bulut Bilişim (Cloud Computing), Otonom Robotlar (Autonomous Robots), 3D Yazıcılar (3D Printing), Büyük Veri ve Analizi (Big Data and Analytics) gibi kavramları kapsamaktadır.

Avrupa'nın ucuz iş gücü nedeniyle Asya ve Doğu ülkelerinde yapılmakta olan üretim faaliyetlerini tekrar kendi bünyesine geri getirme çabası içinde olduğu görülmektedir. Bu çerçevede Endüstri 4.0, üretim süreçlerini ucuzlatan, hızlandıran, esnek, verimli ve kişiye özel üretim imkânı sunan, insanların katkısını azaltarak hata oranlarını sıfıra indirmeye çalışan bir süreçtir. Bu süreçte firmaların kalite, verimlilik, hız, rekabet ve bilgiye dayalı inovatif teknolojileri geliştirmesi ve bu doğrultuda üretim yapmaları ve teknolojinin geleceği konusunda öngörüye sahip olmaları, değişime, gelişime hızlı ayak uydurmaları kendilerini güncellemeleri ve yenilemeleri gerekmektedir. Küresel rekabetin yoğun olduğu günümüz koşullarında ancak bu şekilde varlıklarını sürdürebilirler.

Sanayileşme sürecinde otomasyon, teknoloji ve robotların hayatımıza girmesi sonucunda refah seviyesi yükselmiş ancak olumsuz durumlar da beraberinde ortaya çıkmıştır. Özellikle birinci ve ikinci sanayi devrimlerinde aşırı hammadde kullanımı, günümüzde üçüncü ve dördüncü sanayi devrimleri ile fabrikalarda emek yerine robotların kullanımı sonucu ortaya çıkan işsizlik örnek gösterilebilir. Ancak bu duruma çözüm olarak teknolojinin gelişimi ile birlikte yeni ve farklı iş alanlarının ve mesleklerin ortaya çıkması beklenmektedir.

2. ENDÜSTRİ 4.0

Endüstri 4.0, ilk olarak Almanya'da Hannover Ticaret Fuarında kullanılan bir terimdir. Bu terim, 4. Sanayi devrimi olarak adlandırılır. Endüstri 4.0'da amaç bilişim sektörü ile endüstri sektörünü bir araya getirmektir. Ana amaç; düşük maliyet, az enerji kullanımı, az yer kaplama, az ısı üretimi, yüksek hızlı çalışma ve yüksek verim ve kaliteli ürün çıkarmaktır. En olumlu yönü; anlık izlenebilirlik ve raporlara anlık ulaşılabilirliktir. Bu sayede şeffaf üretim gerçekleştirilir. İnsansız, kendi kendilerine iletişim halinde olan makineler ile donatılan akıllı fabrikalar bu sistemin mihenk taşıdır.

Endüstri 4.0, üretim süreçlerini ucuzlatan, hızlandıran ve kişiye özel üretim imkânı sunan; enerji tüketimi, stok arzı ve hata unsurlarını en aza indirgeyen dijital üretim sistemi olarak görülmektedir. Bu yeni üretim sistemi dijital ve yüksek teknoloji ürünü robotlar kullanarak fabrikalarda iş gücünü azaltan bir yapıya sahiptir. Burada amaçlanan birbirleri ile haberleşebilen

yapay zekâ robotların üretimde ana unsur olarak yer alması ve daha kaliteli, ucuz, hızlı ve israfi azaltan bir üretim yapılmasıdır (McKinsey, 2016).

Endüstri 4.0 ile otomasyon, sistemin ana öznesi olmuştur. Makineler ve sistemler arasında insan eli değmeden üretim yapılmaktadır. Böylece veri akışı sensörler ile sağlanarak elde edilen veriler, dünyanın farklı noktalarındaki üretim hatlarında anında iyileştirme sağlayabilmektedir.

Avrupa Parlamentosunun Endüstri 4.0, tanımı şu şekildedir; "Endüstri 4.0, imalat sistemlerinin ve ürünlerin tasarımında, imalatında, işletilmesinde ve hizmetinde bir grup hızlı dönüşüme uygulanan bir terimdir. Dünyanın dördüncü sanayi devrimi, tüm dünyadaki insanların hayatını değiştiren üç eski sanayi devriminin devamı niteliğindedir" (Aydın, 2018).

2015 yılında Dünya Ekonomik Forumu tarafından yayınlanan raporda 2025 yılına kadar yaşanabilecek muhtemel 21 dönüm noktası ifade edilmiştir. Bu değişimlerin, endüstri 4,0'ın getirdiği yenilikler olduğu göze çarpmaktadır. Bu değişimlere örnek olarak bazıları, aşağıda sıralanmıştır.

- İnternete bağlanabilen giysi giyen insan sayısının toplumun yüzde 10'u olacağı
- Sınırsız ve ücretsiz (reklam destekli) depolamaya sahip insan sayısının toplumun yüzde 90'ı olacağı
- İnternete bağlı sensör sayısının 1 trilyon olacağı
- İnternete bağlı okuma gözlüğü sayısının yüzde 10 olacağı
- Dijital varlığa sahip insan sayısının yüzde 80 olacağı
- 3D yazıcı kullanılarak ilk otomobilin üretileceği
- Büyük veri kaynakları ile nüfus sayımı yapan ilk devlet
- Tüketicilerin ihtiyacı olan ürünlerin yüzde 5'inin 3D yazıcı ile basılacağı
- Dünya nüfusunun yüzde 90'ının akıllı telefon kullanacağı ve internete düzenli erişebileceği
- Amerika'da sürücüsüz otomobil kullanımının yüzde 10 olacağı
- 3D yazıcı ile basılan ilk karaciğer naklinin yapılacağı
- Şirketlere yapılan denetimlerin yüzde 30'unun yapay zekâ ile yapılacağı
- İlk kez bir devletin blok zinciri üzerinden vergi tahsilatı yapacağı (Öztürk & Alaşahan, 2019).

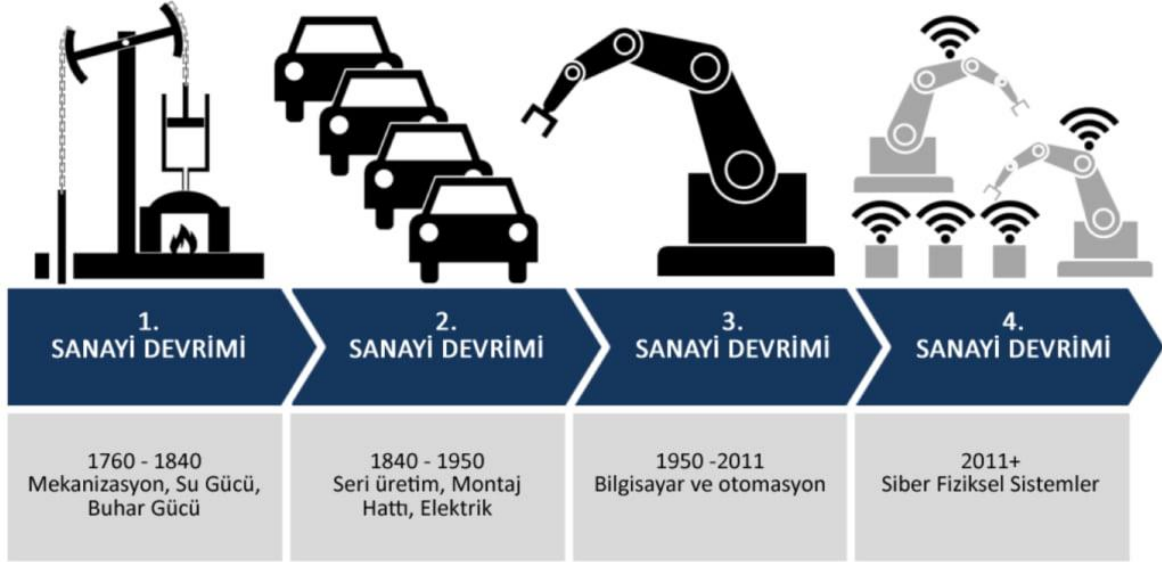
Endüstri 4.0, günümüz bilgi toplumunda üretim tekniklerini, tedarik, dağıtım sistemlerini, verimlilikleri, üretim yapılarını, rekabet stratejilerini, yaşam tarzlarını ve biçimlerini etkileyecektir. Bu sebeple değişimi ve dönüşümü doğru yönetmek oldukça önemli bir hâle gelmiştir. Endüstri 4.0 ile oluşturulacak akıllı üretim sistemleri, akıllı şehir, lojistik, ev, şebeke unsurlarının sosyal ağlar ile e-ticaret ağlarının birleşmesi sonucu hizmetler, veriler, nesnelere ve kişilerin internet ortamı aracılığıyla kuracağı ekosistemde yer alan ağın önümüzdeki çeyrek yüzyılda küresel ticaret hacmini yaklaşık yüzde 40' oranında etkileyeceği beklenmektedir (Metesen, 2021).

Endüstri 4.0'a gelene kadar geliştirilen teknolojiler hayatımızın birçok noktasında yer almaktadır. Robotlar otomotiv sektöründe yıllardır araba boyamada, çok ağır metal parçaların taşınmasında ve bunların montajında kullanılmaktadırlar. Endüstri 4,0, robotların bu alanlarda kullanımı ile ortaya çıkan faydayı ve mevcut teknolojilerin üzerine geliştirilecek yeni teknolojileri ekleyerek daha üst seviyelere çıkarmayı hedefleyen bir süreçtir. Bu süreç sayesinde beyin gücünün kullanımı, hatasız imalat, insan gücünden tasarruf, düşük maliyet, verimlilik, sürdürülebilirlik, müşteri memnuniyeti gibi pek çok olumlu katkı yapması beklenmektedir.

3. ENDÜSTRİ 4.0'IN TARİHİ GELİŞİMİ

Sanayide yaşanan tarihsel gelişimi inceleyerek Endüstri 4.0'ı daha rahat anlayabiliriz. Geçmişten günümüze Sanayi Devrimi'nin geçirdiği evrimsel süreçleri Şekil 1'deki gibi sıralayabiliriz (Sarıcıoğlu, İlerisoy & Soyluk, 2022).

Şekil 1: Endüstri 4.0'ın Tarihsel Gelişimi



Kaynak: (Sarıcıoğlu, İlerisoy & Soyluk, 2022)

3.1. Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0)

İlk toplumlarda üretim insan, toprak ve hayvan faktörlerine dayanırdı. Ticari mekanizmaları yok ve genelde kapalı toplumlardı. Tarımla uğraşıyorlar, kas gücünü kullanıyorlardı. Birinci Sanayi Devrimi ile buhar makinasının icadı üretimi etkiledi. Kas gücü ile üretilen pek çok ürün buhar gücü ile üretilmeye başlandı. Endüstride makinelerin kullanımı kitle üretimi gerçekleştirilmesine imkân tanıdı (Drath & Horch, 2014).

Birinci Sanayi Devrimi (Endüstri 1.0) ilk kendini İngiltere'de göstermeye başlamış ve etkisini 18. yüzyıl ikinci yarısından 19. yüzyıl ortalarına kadar göstermiştir. Birinci Sanayi Devrimi'nin başlamasında en önemli etkenler buhar gücü ile çalışan makinelerin keşfinin tekstilde verimliliği artırması ve demirin üretimidir (Coleman, 1956).

İngiltere'de buhar gücüyle çalışan yeni fabrikalar ile üreticiler daha verimli ve daha çok mal üretmeye başladılar. Ürettikleri bu mallar için hammadde ve pazar ihtiyacı ortaya çıktı. Bu durum ülkeler arası ihracatı beraberinde getirdi. Endüstri 1.0 ile ülkelerin sermayeleri artmaya ve toplumların ekonomik refah düzeyleri yükselmeye başladı.

3.2. İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0)

İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0) 19. yüzyıl ikinci yarısı ile 20. yüzyıl ilk yarısını kapsayan teknoloji devrimi olarak adlandırılır. Endüstri 2.0'da temel faktör demiryollarının gelişmesiyle uzak pazarlara ulaşım ve hammadde tedarik etmenin kolaylaşmasıdır. Enerji kaynakları ve hammaddelerin değişimi, teknolojinin ilerlemesi İkinci Endüstri Devrimi'nin temelini oluşturmaktadır. Bu dönemde çelik ve kimyasal madde kullanımı yaygınlaştı. Elektrik ve petrolün kullanılmaya başlanması üretimi hızlandırdı. Bu dönemde, seri üretim bandı fabrikalarda kullanılmaya başlandı. Bunun öncülüğünü ilk olarak Henry Ford yaptı. Haberleşme araçlarında sağlanan gelişmeler; telefon ve telgrafın bulunması vb. iletişim hızını arttırdı ve daha etkin hale getirdi. Bu sayede iletişim anlamında mesafeler azaldı (Pamuk & Soysal, 2018).

Endüstri 2.0’da elektriğin kullanılmaya başlanması, iletişim araçlarındaki gelişme ve seri üretim süreçleri ile birlikte sosyokültürel alanlarda da değişimler gerçekleşti. Yaşam köylerden kentlere kaydı. İşçi sınıfları oluştu. Farklı kültürlerde insanlar bir arada yaşamaya başladılar. İnsanların refah düzeyleri artmaya başladı. Köyden kentlere göç geleneksel mesleklerin unutulmasına neden oldu. Bu etki Avrupa ile birlikte birçok ülkeye yayıldı.

3.3. Üçüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 3.0)

Endüstri 3.0 İkinci Dünya Savaşından sonra başlayan ve 1970’lerde hız kazanan, bilgi, iletişim ve elektronik teknolojilerinin gelişimi ile birlikte üretimde otomasyon sağlandı. PLC’lerin (Programmable Logic Controller) gelişmesi sonucu üretimde otomasyon hız kazandı (Eldem, 2017).

Basit hesap makinesi ile yapılan işlemlerin yerine ihtiyaç duyulan daha karmaşık hesaplamaları yapmak amacıyla geliştirilen mikro bilgisayarlar bu yeni dönemde önemli bir rol oynamıştır. Bilgisayarların gün geçtikçe artan işlem gücü akıllı makineleri ortaya çıkarırken, robotik endüstrisi hızlı atılım göstererek üretimde insan gücüne olan ihtiyacın azalmasına ve otomatik robotların insan gücü yerine üretimde kullanılmasına sebep olmuştur.

Mikroişlemci ve bilgisayar kontrollü sistemlerin oluşturulmasına dayanan elektronik endüstrisi, televizyon, kişisel bilgisayarlar, mobil telefonlar gibi cihazları günlük hayata sokması nedeniyle Endüstri 3.0’ın ana aktörlerinden biri olmuştur (No4go, 2021).

1960’lı yıllarda kullanılmaya başlanan internet bilgiye erişimi kolaylaştırarak önemli bir değişime sebep olmuştur. 1995’ten itibaren internet daha yaygın hale gelmiş, bilgiyi üretme ve bilgiye ulaşma süreçleri önemli oranda artış göstermiştir. Böylece sosyal ve teknolojik gelişmeler ile bilginin üretilmesi, yaygınlaştırılması ve insanlar tarafından kabul görmesi bilgi toplumuna geçişi sağlamıştır. Bu teknik gelişmelerin yanı sıra Endüstri 3.0’ın en önemli sonuçlarından biri de dünyadaki doğal kaynakların hızlı bir şekilde tükenmeye başlaması ve sürdürülebilirlik kavramının önem kazanmasıdır.

3.4. Dördüncü Sanayi Devrimi (Endüstri 4.0)

Endüstri 4.0, ilk olarak Almanya’da nüfusun yaşlanması ve iş gücünün azalmaya başlaması sebebiyle kaybedilmeye başlanan rekabet gücünü yeniden kazanmak amacıyla başlanan bir çalışmadır. Endüstri 4.0 terimi ilk olarak 2011’de Hannover Ticaret Fuarı bünyesinde kullanılarak ne olduğu bu fuarda ortaya konulmuştur. Fabrikaların akıllanması sayesinde enerji, hammadde ile işgücü tüketiminde daha az sarfiyat olacağı, bununla birlikte maksimum çıktı elde edilebileceği ifade edilmiştir. Bu kapsamda robot, makine, sensör gibi donanımlar ile yazılımlar ana unsur olarak belirlenmiştir. Yaşanan bu gelişmelere bağlı olarak iş gücünün önemi azalmış, yapay zekâ ile robotik teknolojiler ve yazılımlar çok daha önemli olmaya başlamıştır (Kaygın, Zengin & Topçuoğlu, 2019).

Endüstri 4.0’ın hayatımıza girmesi ile birlikte, robotik teknolojiler, yapay zekâ, akıllı üretim, büyük veri, 3D yazıcılar, bulut bilişim ve nesnelerin interneti gibi alanlarda ortaya çıkan gelişmeler, sanayide yeni bir dönüşümün yolunu açacaktır. Endüstri 4.0, üretimde ucuzlamaya, hızlanmaya, kişisel talebe özel üretim yapılmasına imkân tanıyan bir sistemdir. Enerji tüketimi, fazla stok, hata gibi parametreleri en aza indirgeyen, dijital, üretim sistemidir.

Bu yeni üretim sistemi, insana dayalı iş gücünü azaltıp onların yaratıcılığını, bilgi ve birikimini ortaya koyarak üretimde yüksek teknolojiyle entegre olmuş, birbirleriyle haberleşebilen, fabrikalarda insan gücünü azaltmaya yönelik bir sistemdir. Robotların üretimde daha etkin görev alıp; kaliteli, ucuz, hızlı ve az israf yapacak şekilde üretim yapılması amaçlanmaktadır. Endüstri 4.0’da temel amaç insansız üretimi sağlamaktır. Özellikle bilişim teknolojilerinin çok hızlı gelişimine paralel akıllı fabrika dönemine adım atılacaktır. Makinelerin her bileşeninin birbirleriyle haberleştiği, otonom karar alabilen ve kendi kendini denetleyebilen üretim sistemleri devri başlayacaktır. (Metesen, 2021).

4. ENDÜSTRİ 4.0'IN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Teknoloji geçen her gün daha ileri seviyelere çıktığı için; güvenilir, sağlam ve hızlı ürünler üretilmektedir. Endüstri 4.0'da fabrikalarda bilgisayar kontrollü üretim süreçlerini ilerletip, hızlı şekilde müşteriye sunulması hedeflenmektedir. Bu teknoloji sayesinde maliyetlerde düşüş ortaya çıkacağı için, üretilen ürünlerin müşteriye sunulan fiyatında azalmaya neden olacaktır. Bu çerçevede Endüstri 4.0'ın başlıca avantajları aşağıda listelenmiştir.

- Üretim süreçlerinde esnekliğin artırılması
- Verimlilikte artış meydana gelmesi
- Hata oranı düşük, tek tip ürünlerde devamlılığın sağlanması
- Yeni hizmetlerin ve iş modellerinin geliştirilmesi
- Çevre dostu ve düşük kaynak politikalarında istikrar sağlanması
- Sistemi takip ve arıza tespit süreçlerinin daha kolay hale getirilmesi
- Üretim maliyetlerinde önemli düşüşler sağlanması
- İşçi kaynaklı hataların ortadan kaldırılması
- İnsan gücünün minimize edilerek, makine gücü kullanılması

Endüstri 4.0 sistemi uygulanırken zorluklar kısmı dikkate alındığında şu noktalar göz önünde bulundurulabilir:

- Otomasyona dâhil olan cihaz sayısının artması nedeniyle veri güvenliği problemleri ortaya çıkabilecektir
- Üretim sürecinde siber fiziksel etkileşimle siber güvenlik problemleri ortaya çıkabilecektir
- Üretim sürecinde insan faktörünün ortadan kalkması ile birlikte kalitede sürdürülebilirlik daha fazla önemli olacaktır
- Akıllı fabrikalarda robotların üretimde görev alması sonucu insana ihtiyaç kalmayacağından işsizlik ve istihdam sorunları ortaya çıkabilecektir
- Teknik problemlerin çözümüne yönelik uzun vadeli yüksek maliyetlerin olabileceği göz önüne alınmalıdır
- Bütün üreticilerin, yükselen piyasa koşullarında, rekabet açısından etkilenmesi kaçınılmaz bir süreç olacaktır (Okan, 2018).

5. ENDÜSTRİ 4.0'IN BİLEŞENLERİ

Nesnelerin interneti, büyük veri, bulut teknolojileri, artırılmış gerçeklik, robot teknolojileri ve üç boyutlu yazıcılar Endüstri 4.0'ın temel bileşenleri olarak sıralanabilir. Bu teknolojilerle ilgili ne olduğu, nasıl çalıştığı ve uygulama alanları hakkında bilgi verilecektir.

5.1. Nesnelerin İnterneti (IoT – Internet of Things)

Nesnelerin İnterneti (IoT) kavramını ilk olarak teknoloji öncülerinden Kevin Ashton, 1999 yılında şirketi için hazırladığı bir sunumda kullanmıştır. Bu sunumda şirkete ait tedarik zinciri aşamasında RFID teknolojisi ile yapılacak uygulamanın firmaya sağlayacağı faydaları belirtmiş ve kullanımını önermiştir. Nesnelerin İnterneti, nesnelere, bilgi ve insanları bilgisayar ağları aracılığıyla birbirlerine bağlayan ve bunun için RFID teknolojisini temelini oluşturduğu akıllı alt yapı şeklinde tanımlanmıştır. Nesne kavramı ile şu özellikler kastedilir:

- Birbirleriyle ve algıladıkları çevre ile etkileşim halinde olan, iletişim kurabilen, veri ve bilgi değişimi yapabilen,
- Gerçek dünyada var olan olaylara reaksiyon gösterebilen,
- Belirli işleri başlatıp hizmetleri üretmek amacıyla insan müdahalesi ile veya doğrudan süreçleri yürütebilen nesnelere.

Nesnelerin İnterneti temelde fiziksel nesnelerin birbiriyle ya da farklı sistemlerle haberleşebildiği iletişim ağı olarak tanımlanabilir (Kalkışım, 2020). Bir başka deyişle nesnelerin interneti, ağ bağlantısı ile birbirine bağlanmış olan fiziksel cihazların yani donanımların birbiriyle iletişim kurmasını ve bu sayede nesnelerin uzak bağlantı ile kontrol edilebilmesini ifade etmektedir (Özsoylu, 2017).

Nesnelerin İnterneti diğer adıyla IoT (internet of things) teknolojisi akıllı cihazların birbiriyle iletişime geçerek haberleşmesi esasına dayanan, küçük ev aletlerinden akıllı şehirlere kadar uzanan, sensörler, haberleşme sistemleri ve yazılımlarla birbirlerine veya internete bağlı bütün fiziksel cihazların birlikte oluşturduğu ağ şeklinde tanımlanabilir.

Endüstriyel kuruluşlar, daha verimli çalışma, daha iyi müşteri hizmeti verme, karar vermeyi geliştirme ve işin değerini arttırabilmek, müşterileri daha iyi anlayabilmek için Nesnelerin İnterneti teknolojisini kullanmaktadır.

IoT kol saati gibi birçok cihazın birbiriyle iletişime geçmesine olanak tanır. Örneğin; kolumuzdaki bir akıllı saatte, gittiğimiz mesafeyi, attığımız adımları ve bunları yaparken kalbimizin nasıl çarptığını algılayan sensörler bulunmaktadır. Bu sensörler vasıtasıyla toplanan veriler bilgisayar, mobil telefonu vb. iletişim araçları tarafından analiz edilerek bize sağlığımızla ilgili bilgiler sunar. Bu iki cihazın arasında gerçekleşen iletişim, IoT'yi oluşturan en önemli özelliktir.

Günümüzde internete bağlı cihaz sayısının 10-11 milyar olduğu tahmin edilmekte ve bu rakamın 2022 yılında 50 milyar seviyesine çıkacağı öngörülmektedir. Birbirlerine bağlı bu cihazlar sayesinde kayıt altına alınan veri miktarı inanılmaz büyüklüklere ulaşacak ve bu büyük verilerin çözümlenmesi, işlenmesi çok zor ve karmaşık bir hale gelebilecektir. Ayrıca bu verilerin gizliliğinin ve güvenliğinin sağlanması konusu bir diğer önemli unsurdur (Karel, 2021).

5.1.1. Nesnelerin İnterneti (IoT) Nasıl Çalışır?

IoT'de nesnelere cihazdan sunucuya, cihazdan cihaza ve sunucudan sunucuya olarak 3 farklı biçimde haberleşmektedirler. Bir IoT cihazı diğer bir cihaza bilgi aktarımı için bulut tabanlı protokolleri kullanarak bağlantı sağlar. Bu aygıtlar arası boşluk IoT platformları tarafından doldurulur. IoT sistemlerinin geliştirilmesinde farklı firmalar tarafından üretilen farklı platformlar bulunmaktadır. IoT'yi oluşturan platformlar temelde donanım ve yazılım olarak iki başlık halinde gruplanabilir.

Bir IoT uygulaması geliştirmenin temel unsuru doğru donanım ile yazılım platformunu seçmektir. Bir IoT cihazı bilgi iletmek amacıyla internet aktarım protokolü kullanarak bir diğer cihaza bağlanır. IoT platformları bu cihazların sensörleri ile veri ağları arasında köprü vazifesi görür (Oral & Bilgin, 2019).

Örneğin IoT, bir sandalyenin üzerine kaç kişi oturduğu bilgisini verebilir. Hatta bunu internete bir ortama kayıt edebilir ve takibi oradan sağlanabilir. Bu noktada kullanılması gereken IoT bileşenleri;

Sensörler: Kullandığımız nesneden farklı bilgileri almamızı sağlayan cihazlardır.

Gateway: Kullandığımız sensörler ile bulut arasındaki veri iletişimi sağlayan cihazlardır.

Bulut: Nesnelere alınan bilgilerin işlenebilmesi amacıyla internette bir veri tabanında tutulmasıdır.

Mobil uygulama: Nesneyle aramızdaki ilişkinin kontrol edilebilmesine yardımcı bir araçtır.

IoT, “Bir günde bu sandalyeye kaç kişi oturdu?” bilgisini internette bir yere kayıt ederek, bizim mobil uygulamayla sonuca bakmamıza imkân tanır. Çalışma prensibi kısaca şöyle özetlenebilir; basınç sensörü sandalyeye bir kişi oturduğu zaman onu algılayarak “oturdu” bilgisi üretir. Sensör bilgiyi alıp Gateway’ye iletir. Gateway bilgiyi internette bulunan veri tabanına atar. Biz buluttaki bu bilgiye mobil uygulama ya da web siteleri vasıtasıyla ulaşabiliriz. Böylece, “Şu an sandalyede biri oturuyor mu?”, “Bu ay sandalyeye kaç kişi oturdu?” bilgilerine uygulama vasıtasıyla ulaşip görüntüleyebiliriz (Dalcı, 2021).

5.1.2. Nesnelere İnterneti Kullanım Alanları

Nesnelere İnterneti, yeni akıllı üretim teknolojileri aracılığıyla tasarım yeniliği yaratarak birçok alanda dönüşüm teknolojisi biçimini almıştır. Nesnelere İnterneti; endüstri, endüstriyel otomasyon, enerji sistemleri, sağlık, lojistik, tarım akıllı şehir, bina ve ev otomasyonundan kamu hizmetlerine kadar geniş uygulama yelpazesine sahiptir. Nesnelere İnterneti ile yapılabilecek bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

- Metro istasyonları, belediye durakları, yani akıllı duraklar,
- Ortam koşullarına göre adapte olabilen akıllı aydınlatma
- Duman ve gaz algılayan güvenlik sistemleri
- SCADA (Denetim Kontrolü ve Veri Toplama)
- Online sağlık izleme sistemleri
- Giyilebilir IoT cihazları
- Gerçek zamanlı çalışan bebek izleme sistemi
- Akıllı trafik kontrol sistemi
- İnsansız navigasyon
- Güvenlik ve yol yardımı
- Akıllı park sistemi
- Bulut tabanlı hava izleme sistemi
- Gürültü ve hava kirliliği izleme sistemi
- Yangın algılama sistemleri
- Deprem erken uyarı sistemi
- Toprak durumu izleme sistemi (Endüstri40, 2021).

Ülkemizde Koç Sistem ve Siemens gibi şirketler, dünya çapında ise Oracle ve IBM gibi uluslararası firmalar IoT alanında önemli yatırımlar yapmaktadırlar. Örneğin, Koç Sistem; elektrik sayaçları, baz istasyonları, üretim ekipmanları vb. cihazları uzaktan yöneterek IoT kapsamında kurdukları bu yapıya platform 360 ismini vermişlerdir. Platform 360 vizyonu sadece üretim sürecini değil, pazarlama ve lojistik süreçlerini de içermektedir (Pamuk & Soysal, 2018).

5.2. Büyük Veri ve Analizi (Big Data and Analytics)

Günümüzdeki hızlı teknolojik gelişmelerle birlikte verinin önemi artmış ve işlenmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Dijitalleşme süreci ile birlikte tüm sektörlerde problem çözme ve geleceğe yönelik tahminlerde bulunmak önem ve öncelik kazanmıştır.

İş ortamlarını iyileştirmek ve karar mekanizmalarını geliştirmek için daha çok veriden yararlanmak gerekmektedir. Günümüz dünyasında işletmeler verileri yüksek hızlarda toplayarak işler ve sonuçları üretim süreçlerine entegre ederek rekabet avantajı sağlarlar (Özdemir, Erkollar & Oberer, 2018).

Bilişim sektörü gelişen bu veri teknolojisini tanımlamak amacıyla büyük veri kavramını ortaya çıkarmıştır. Büyük veri, hali hazırdaki bilişim sistemlerinin tek başına işlemekte zorlanacağı büyüklükte ve karmaşık veri kümeleri şeklinde tanımlanabilir (Ersöz, 2019).

Büyük veri genel bilgisayar kullanıcılarının kullandıkları programların depolama, yönetim ve işleme kapasitelerinin üzerindeki veri kümelerini ifade etmek amacıyla kullanılan terimdir. Büyük verinin boyutları ile bundan yarar sağlamak için gerekli analizlerin karmaşıklığı, yeni teknolojilerin ve bu teknolojileri yönetecek araçların gelişmesine sebep olmuştur. Bu yeni teknolojilerin büyük çoğunluğu, Google, Facebook, Amazon, ve LinkedIn gibi şirketlerin çok büyük sosyal medya verileri ile uğraşmaları sonucu ortaya çıkmıştır. Bu şirketler, düşük maliyete sahip mevcut donanım ve yazılımlara önem vermektedirler (Doğan & Arslantekin, 2016).

Bilişim sektöründe kullanılan, klasik yapısal verilerin dışında tutulan, kullanımı az olan ve yapısal olmayan veriler değersiz olarak düşünülmekteydi. Büyük veri, değersiz veri çöplüğünde yer alan verilerden önemli boyutlarda kullanılabilir ve işe yarayabilecek verileri ortaya çıkararak bu veri çöplüğünü veri bankasına dönüştüren bir sistem olmuştur. Bir başka deyişle büyük veri; internet ortamında bulunan sunucuların logları, internette yayımlanan istatistikler ile sosyal medyada yayınlanan tüm paylaşımlar, kişisel ve grup blogları, trafik, iklim ve insan yoğunluğu vb. algılayıcılar tarafından üretilen bilgiler ile mobil operatörlerin internete aktardıkları verilerden oluşmaktadır (Yalçınkaya, 2019).

5.2.1. Büyük Veri Bileşenleri

Büyük veri kavramı beş bileşen ile ifade edilir. Her bir bileşenin İngilizce karşılığı olan kelimelerin V harfi ile başlamalarından dolayı literatürde 5V olarak kullanılır.

Hacim (Volume): Hacim, verinin klasik yöntemlerle ifade edilemeyecek oranda büyük olduğunu gösterir. Teknolojideki gelişmeler üretilen verinin boyutlarında büyük artışlara sebep olmuştur. Veri büyüklükleri terabyte ve petabyte'dan daha büyük hale gelmiş, klasik depolama araçları ve analiz yöntemleri yetersiz kalmıştır. Bu yüzden yeni yöntem ve araçların geliştirilmesine yönelik çalışmalar kaçınılmaz olmuştur.

Hız (Velocity): Büyük verinin üretilme hızı çok yüksektir. Çok kısa sürede sürekli artış göstermesinden dolayı veriyi kullanacak işlem sayısı ve çeşitliliği de hızla artmaktadır. Bu artış yeni yazılım ve donanım ihtiyaçları doğurur.

Çeşitlilik (Variety): İnternet üzerindeki çeşitli kaynaklardan alınan verilerin %80 kadarı yapısal değildir ve farklı veri biçimlerine sahiptir. Farklı türlerdeki verilerin bir bütünlük oluşturabilmesi amacıyla birbirlerine dönüşebilir olarak yapılandırılmaları gerekir.

Doğrulama (Verification): Verinin doğru ve güvenilir olması beklenmektedir. Veri miktarı çoğaldıkça, doğruluğunu denetlemek de güçleşmektedir. Veri akışı esnasında verinin güvenlik açısından izlenmesi, yetkili kişilerce görünebilir olması veya gizli kalması gerekir. Doğruluğu onaylanan veriler koruma altına alınarak saklanmalıdır.

Value (Değer): Diğer dört bileşen kullanılarak süzülen büyük veri işlenmiş ve üretilmiş hale geldikten sonra verinin anlamlı hale getirilmesi ve kurum için ek katkı sağlaması beklenmektedir. Büyük verinin karar verme sırasında anlık etki etmesi ve ulaşılabilir olması gerekmektedir (Özdeş, 2017).

5.2.2. Büyük Veri Analiz Yöntemleri

Veri analizi, eldeki mevcut verilerden yararlı sonuçlar elde etmek için bu verileri bir araya getirme ve düzenleme sürecidir. Bu süreçte, verilerden ihtiyaç duyulan bilgiyi elde etmek amacıyla mantıksal ve analitik akıl yürütme yöntemi kullanılır. Veri analizinin ana amacı, elde edilen bilgilerin doğru kararlar verebilmek için kullanılmasıyla verilerden anlam çıkarmaktır.

Büyük veri analizi için bir tek teknoloji yoktur. Büyük verilere uygulanan gelişmiş analizler bulunmaktadır, ancak pratikte, verilerden en yüksek faydayı elde edebilmek için birden fazla teknoloji türü birlikte kullanılabilir. Bu teknolojiler; makine öğrenmesi, veri yönetimi, veri madenciliği, bellek içi analitik, tahmine dayalı analitik, metin madenciliğidir.

Büyük veri analizinin en önemli noktası verilerin analiz edilerek bu verilerden değer yaratmaktır. Veri Analizinde kurumun performansını yükselterek doğru kararlar verebilmesi için izlenmesi gereken adımlar şunlardır:

Sorularınızı tanımlayın: Veri analizine doğru sorular sorularak başlanmalıdır. Bu sorular kısa, net ve ölçülebilir olmalıdır. Sorulacak sorular bir probleme veya bir fırsata özgü olmalıdır.

Ölçüm önceliklerinizi net belirleyin: Neyin nasıl ölçüleceğine karar verilmelidir. Sorulan soruların neticesinde ortaya çıkacak cevapların, hangi niteliklere göre ölçüleceği önceden belirlenmelidir.

Veriyi toplama: Öncelikle mevcut veri tabanları kullanılarak hangi verilerin toplanabileceğine bakılmalıdır. Zaman tasarrufu ve tekrar eden veri oluşumunu engellemek için dosya depolama ve adlandırma sistemi oluşturulmalıdır. Toplanan veri tarihleriyle birlikte loglanmalıdır.

Veriyi analiz edin: Bu aşamada, toplanan veri manipüle edilerek sonuç ve çıkarımlarda bulunulur. Eğilimler, varyasyonlar, korelasyonlar ve aykırı değerler analiz edilerek ulaşılmak istenen sonuca varılabilir.

Sonuçları yorumlayın: Yorumlama sürecinde şu sorulara cevap aranır. Elde edilen veriler soruları cevaplıyor mu? Nasıl? Veriler itirazlara karşı cevabı destekliyor mu? Nasıl? Verilerin yorumlanması bu sorular karşısında tutarlı ise, verimli bir sonuca ulaşılması olasıdır.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan veri analiz yöntemleri şunlardır; A/B Testi, Veri Madenciliği, Veri Füzyonu ve Veri Entegrasyonu, Nörolingüistik Programlama (NLP), Makine Öğrenmesi ve İstatistik olarak sıralanabilir (Gtech, 2021).

Büyük veri yazılım platformları (Hadoop, Spark, Cassandra, OpenStack Swift NoSQL, Striim vb.) sayesinde kapasitenin belirlenmesi, bilgi güvenliği politikalarıyla uyumlu altyapının oluşturulması ve kurum için daha iyi kararlar alınması sağlanabilir.

5.2.3. Büyük Veri Kullanım Alanları

İnternetin yaygınlaşması, günlük hayatta alınan hizmetlerin, web tabanlı yazılımlar yoluyla kolaylıkla erişilebilir olması sebebiyle, son kullanıcıların kişisel bilgilerinin firmalar tarafından alınarak depolanması sonucunu doğurdu. Son yıllarda öne çıkan yeniliklerle birlikte firmalar, müşterilerine yönelik kişiye özel hizmetler sunabilmek amacıyla onlarla ilgili daha fazla kişisel bilgiyi saklama ihtiyacı duymaktadırlar.

Büyük veri yalnızca iş dünyasında değil, diğer pek çok alanda da hayatımızı etkilemeye ve değiştirmeye yardımcı olmaktadır.

Eğitimde; öğrenme ve öğretme süreçlerinin kişiselleştirilmesinde öğrenme analitikleri yardımıyla büyük veri işlenerek, öğrencilerin öğrenme ihtiyaçlarına ve davranışlarına yönelik öğrenme süreçleri tasarlanabilmektedir.

Sağlıkta; hastaneler hastalarına yönelik etkin ve bireysel tıbbi hizmetler sunabilmek için, kişisel verileri hastanenin bilgi işlem ortamlarında depolamaktadırlar. Depolanan hasta kayıtları, sigorta bilgileri, sağlık planları vb. bilgilerin yönetilmesi zordur. Ancak veri analitiği uygulandığı zaman temel bilgiler ile ilgili önemli sonuçlar elde edilebilmektedir. Bunun yanı sıra örneğin ilaç sanayisinde kanser araştırmaları için büyük genomik veri tabanları, sürekli olarak araştırmacıların erişimine açık tutulmaktadır.

Hükümetler; vatandaşlarına yönelik hizmet sunarken ortaya çıkan verileri işleyip, depoladığında oluşacak büyük ölçekte veriler ile çalışmak zorunda kalırlar. Örnek olarak, RTÜK kurallarına göre ülkemizde yayın yapan televizyon kanalları, son bir yıla ait yayınlarını saklamak zorundadırlar. Saklanacak bu bilgiler, "Büyük Veri" olarak tanımlanır. Bir diğer örnek, internet üzerinden gerçekleşen üretici, satıcı ve tüketicilerin iletişimi ile ortaya çıkan verilerin kapasitesinin büyümesi, başta servis sağlayıcılar olmak üzere, bu bilgiyi işleyip anlamlı bir şekle dönüştürerek yeniden kullanıma sunma ihtiyacı doğurmaktadır.

Finans sektörü kuruluşları; müşterilerinin internet bankacılığı işlemleri sonucunda depoladıkları bilgiler aracılığıyla, kullanıcılarını tanıyan, internet şubesine gün içerisinde hangi işlem için girdiğini bilen, buna göre sayfaları ve menüyü daha etkin hale getirip, müşterilerine hatırlatmalar yapan, kişisel ara yüzler sunan, hızlı, zengin içerikli ve daha kullanışlı internet şubelerini oluşturdu.

Enerji firmaları; akıllı sayaçlar ve şebekeler kullanarak, abonelerin kişisel kullanımları ile ilgili verileri, depolayıp, işlemektedirler.

İmalat sektörü; üreticiler için işgücü kısıtlamalarından tedarik zincirlerine ve ekipman arızalarına dek oluşabilecek sorunlarla karşılaşmaktadırlar. Bu sebeple, büyük veri analizi rekabet halindeki kuruluşlara maliyet tasarrufu ve gelir fırsatları sağladığı için üretim endüstrisinde oldukça önemlidir.

Sporla performansa yönelik ölçümler, skor tahminleri, sporcu seçimi ve sponsorluk gibi konularda da büyük veri analizi kullanılır.

5.3. Bulut Bilişim (Cloud Computing)

Günümüz teknolojisinde kullanılan cihazlarla gün geçtikçe daha çok kişisel veri saklanmasına ihtiyaç duyulduğu için depolama kapasiteleri önemli sorunlara neden olmaktadır. Bu süreçte cihazların kapasiteleri ve özellikleri, her geçen gün artmaktadır. Bilgisayar, netbook, notebook ve taşınabilen akıllı cihazların teknolojik özellikleri ve kapasitelerinin artmasıyla bağlantılı olarak ürün fiyatları da yükselmektedir. Bütün bu sorunlara çözüm getirmek amacıyla ortaya çıkan yeni bir kavram olan Bulut (Cloud) Bilişim Teknolojisi, internet tabanlı, erişimde kullanılan yazılım uygulamaları, veri saklama hizmetleri ve işlem kapasitesi biçiminde tanımlanmaktadır. Çok düşük kapasiteli cihazlarla bile istenen yerden istendiği zaman her çeşit bilgiye ve kişisel verilere ulaşmayı mümkün kılar (Bulut, 2021). Kısacası işletmeler için sunucu (server), ağ (network), depolama vb. hizmetler sunulmasını amaçlar (Petekçi, 2021). Aynı zamanda işletmelere ve bireylere ihtiyaç duydukları depolama alanlarını sunan bu teknoloji önemli bir ihtiyaç halini almaktadır (Çelik, 2021).

Bulut bilişim, esnekliği ve diğer pek çok avantajlarından ötürü endüstri 4.0'ın en önemli bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Bulut bilişim altyapı, uygulama ve servislerin internette yer alan sunucular üzerinde bulundurulup internete bağlı bir cihaz yardımıyla uygulama ve servislerin çalıştırılmasıdır. Bulut bilişim 3 servis modeline ayrılır. Bunlar; altyapı olarak servis (IaaS), platform olarak servis (PaaS) ve yazılım olarak servistir (SaaS). Bulut bilişim ayrıca genel (public), topluluk

(community), özel (private) ve melez (hybrid) olmak üzere 4 çeşit uygulama modelinden oluşur. (Çelebi & Taşçı, 2019)

Bulut bilişim, üretim sistemleri ve firmaların hantal yönlerini ortadan kaldırarak, yeni ürünlerin kişiye özel tasarım, üretim ve teslimi için gereken her tür verinin saklandığı bir ortamdır. Böylelikle bulut bilişim aracılığı ile büyük verinin internette depolanabilirliği ve verilere erişilebilirliği teknolojik bakımdan devrim olarak nitelendirilebilecek bir gelişmedir. Bulut bilişim teknolojisi; bilgisayar, tablet, dizüstü bilgisayar ve akıllı telefon gibi teknolojik cihazlar aracılığı ile her ortamda genel ve kişisel veriyi saklayarak bu verilere ulaşmayı sağlayan sanal bir sunucu olarak tanımlanmaktadır (Özen, 2019).

Bulut bilişim teknolojisi sayesinde kullanıcılar, firma için gereken uygulamaları kurum içi bilgisayarlarda veya veri merkezlerinde depolamak yerine, servis sağlayıcılara ait bilgisayarlar vasıtasıyla internet üzerinde istedikleri anda kullanabilmektedirler. Böylece daha ekonomik ve esnek veri yönetimi elde edilmektedir. Kapsamlı altyapı yatırımları ihtiyacı olmaksızın bilişim teknolojileri hizmetleri almaya imkân tanıyan bulut bilişim, firmaların tüm bilişim teknolojileri hizmetlerini servis sağlayıcıların yönetimine bırakarak kendi faaliyetlerine odaklanmalarını sağlar. Bulut Bilişimin büyük depolama alanları, gelişmiş hesaplama yetenekleri gibi özellikleri, endüstriyel üretim için önemli olan verilerin toplanması, analiz edilmesi ve saklanması konusunda büyük imkânlar sunar. Akıllı cihazlar arası iletişimin devreye girmesi sayesinde, nesnelerin interneti, büyük veri ve bulut bilişim birlikte çalışarak endüstride yeni bir dönem açmaya devam etmektedir (Eldem, 2017).

Dünyadaki önemli bulut altyapı hizmeti sağlayıcılarından olan Amazon, veri merkezlerini yeniden yapılandırarak ilk bulut teknolojisi hizmeti olan Amazon S3'ü 2006 yılında hizmete soktu. Ardından 2008 yılında Danışmanlık ve Araştırma Şirketi Gartner, bulut teknolojisini bilişim teknolojileri sektöründe tedarikçiler ve kullanıcılar arasındaki iletişimi farklı bir boyuta taşıyabileceğini ortaya koydu. Bulut teknolojisi bundan sonraki süreçte tüm dünyaca kullanılmaya başlandı. Ülkemizde de son yıllarda kullanılan bulut bilişim, hızlı bir şekilde gelişerek büyümeye devam etmektedir (Mysoft, 2021).

Bulut bilişim hizmeti sunan platformlardan bazıları şunlardır; Google Drive, Microsoft OneDrive, Amazon Drive, Apple iCloud, Dropbox, Yandex Disk, TTNET Bulut, Turkcell Bulut.

5.3.1. Bulut Bilişim Servis Modelleri

Bulut bilişim hizmeti, 3 farklı kategoriden oluşmaktadır. IaaS, PaaS ve SaaS. Bu hizmetlerin ne olduğu ve aralarındaki farklar aşağıda açıklanacaktır.

Yazılım olarak sunulan servis (SaaS)

Servis olarak yazılım, uygulamaları internet üzerinden genellikle tanımlı bir abonelik aracılığı ile dağıtma yöntemidir. Bu özellik sayesinde bulut servis sağlayıcıları, yazılım uygulamaları ile temel altyapıyı hazırlayıp yönetmenin yanında yazılım yükseltme ve güvenlik düzeltme gibi bakım işlerini de yürütür. Kullanıcılar ise uygulamalara genellikle, tablet, telefon veya bilgisayarlarındaki web tarayıcısı aracılığıyla internet üzerinden bağlanırlar.

Platform olarak sunulan servis (PaaS)

Servis olarak platform, uygulamalar geliştirmek, test etmek, yönetmek ve teslim etmek için kullanılan bulut bilişim hizmetleri şeklinde tanımlanır. PaaS, geliştiricilere web uygulamaları ve mobil uygulamalar geliştirmek için gerekli sunucu, depolama alanı, veri tabanı ve ağ gibi temel altyapı hizmetlerini sağlar.

Altyapı olarak sunulan servis (IaaS)

Bulut bilişim hizmetlerinin temel kategorisidir. IaaS, bulut sağlayıcılarından kullandıkça ödeme esasına dayalı olacak şekilde bilişim teknolojileri altyapısı (depolama, sunucular, ağ, sanal makineler ve işletim sistemleri) kiralanmasına olanak tanır (Azure, 2021).

5.3.2. Bulut Bilişim Dağıtım Modelleri

Dört farklı bulut bilişim uygulama modeli bulunmaktadır: genel, özel, topluluk ve melez. Bunlar, müşterilerin gerçekleştirmeleri gereken yönetim miktarı ile sağlanan güvenlik düzeyi açısından değişkenlik gösterir.

Genel bulut (public cloud)

Hizmet sağlayıcılarının kaynaklarını internet üzerinde kullanıcılara açması olarak tanımlanabilir. Genel bulut, tamamen buluta dağıtılmış, tüm bölümleri bulut üzerinde çalışan uygulamalardır. Genellikle web tabanlı e-Posta, depolama, ofis uygulamaları için kullanılmaktadır. Microsoft ve Google genel bulut sağlayıcılarına örnek olarak verilebilir.

Özel bulut (private cloud)

Bulut bilişim teknolojisi kaynaklarının (depolama, donanım, uygulama) tümünün yalnızca bir firma tarafından yönetilerek kullanılmasıdır. Firma içi bulut olarak da adlandırılmaktadır. Özel bulut teknolojisinde kaynaklar şirketin hissedarı, çalışanı ve müşterisi tarafından internet tabanlı veya firma içi ağ üzerinde kullanılır. Özel bulut, firmanın tesislerinde veya bulut sağlayıcılarının veri merkezlerinde barındırılır. Özel bulut genellikle veri gizliliğinin önemli olduğu büyük kuruluşlar tarafından tercih edilmektedir.

Melez bulut (hybrid cloud)

Genel ve özel bulutların birleşiminden ortaya çıkan teknolojidir. Melez bulut teknolojisi, bulut tabanlı kaynaklar ile bulutta bulunmayan uygulamalar ve mevcut altyapı arasında bağlantı sağlamak amacıyla kullanılan metottur. Melez bulut, bir firmanın kritik işleri için firma içi özel bulut teknolojisini; test etme, geliştirme, arşivleme gibi işlerinde ise genel bulut teknolojisini kullanmasını sağlar.

Topluluk bulut (community cloud)

Birkaç farklı şirket tarafından ortak kullanılan servisleri barındıran bulut bilişim teknolojisidir. Topluluk üyeleri verilere ve uygulamalara erişebilmektedir (Mysoft, 2021).

5.3.3. Bulut Bilişimin Avantajları

- Bulut teknolojisi, kurumlar için yazılım, donanım ve veri merkezi oluşturma gibi yatırım maliyetlerini ve bu işlerle ilgili görevlere duyulan gereksinimi ortadan kaldırır.
- Bilgi teknolojilerine istenen yer ve zamanda erişebilme imkânı tanır.
- Bulut teknolojisiyle her geçen gün artan verinin takibi, depolanması ve kullanıcı yetkilendirmeleri gibi sorunlar ortadan kalkar.
- Bilişim kaynaklarına çok hızlı erişim imkânı sağlar,
- Bulut teknolojisi servisleri, dünya çapındaki en güvenilir veri merkezi sunucularında çalışır.
- Bulut bilişim servis sağlayıcılarının sunucuları, yazılımsal ve donanımsal güvenlik tedbirlerini 7/24 sağladıklarından dolayı ana bilgisayarlardan daha güvenlidir.
- Yüksek maliyetli depolama ve güvenlik yazılımlarına büyük meblağlar harcamak yerine bulut servisleri kullanıldığı müddetçe ödeme yapılır. (ibm, 2021)

5.4. Artırılmış Gerçeklik (AR – Augmented Reality)

Gerçeklik teknolojisi terim olarak sanal ve artırılmış gerçeklik olmak üzere ikiye ayrılır. Sanal gerçeklik, üç boyutlu oyunlarda, kullanıcının bir ortama girdiğinde dünya ile iletişiminin tamamıyla kesildiği ortam olarak ifade edilir. Diğer taraftan artırılmış gerçeklik; gerçek dünyadaki bağlantısını sürdüren, verilerin ve görüntülerin gerçek dünyadaki görüntülere eklenerek, sanal ve gerçek nesnelerin aynı ortamda bir arada algılanmasına olanak tanıyan bir ortam olarak tanımlanabilir (İçten & Bal, 2017).

Artırılmış gerçeklik, sanal dünyadaki materyallerin içinde bulunduğumuz gerçek dünya ile adapte edilmesidir. Cihazların nesne tanıma özelliği sayesinde fotoğraf, ses, grafik, video ve GPS gibi nesnelerin 3 boyutlu olan gerçek görüntülerini canlandırarak, bu canlandırmaları duyarlarla algılanabilen veriler kullanarak gerçek dünya ile birleştiren ileri düzey bir teknolojidir. Bir başka deyişle cihazların nesne tanıma özelliği sayesinde, sanal nesnelerin gerçek görüntüler üzerine bindirilmesidir.

Artırılmış gerçeklik, dijital dönüşümde insan ve makine etkileşiminin en temel ögesidir. Artırılmış gerçeklik endüstriyel tasarım süreçlerinde bir ürünün tasarlanması aşamasında oluşturulan tasarımın gerçeğe dönüştüğü zaman ortaya çıkacak durumları tespit edebilmek için testlerinin yapılması için kullanılmaktadır. Bu sayede ürün ortaya konulmadan yapılan testler sonucunda maliyet açısından önemli azalışlar ortaya çıkacaktır. (Özen, 2019) Benzer şekilde çalışanlar tamir etmeleri gereken ve gerçek sistemde yer alan makinelerle ilgili belirli parçaların nasıl tamir edileceğine dair işlem basamaklarını artırılmış gerçeklik ortamında alabilmektedirler (Esmer & Alan, 2019).

İlk Artırılmış gerçeklik uygulaması 1990'lı yıllarda savaş uçaklarının görüntüleme ve algılama sistemlerinde kullanılmıştır. Günümüzde akıllı telefon veya tablet bilgisayar aracılığıyla fiziksel nesnelere olduğundan zengin göstermek amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Bunun yanında mobil cihazlara yüklenebilen uygulamalarla birlikte çalışan artırılmış gerçeklik yazılımlarıyla gerçek dünyada senkron olarak, sanal veriler ile daha fazla veri elde etmemiz mümkün hale geldi. Artırılmış gerçekliğin kullanım alanları her geçen gün artarken; artırılmış gerçeklik kullanan 3d modellemeyle dijitalleşen dijital maketler, ürün katalogları, ürün montaj sunumları, kartvizitler, kitaplar ve fiyat etiketleri en temel örnekleridir.

5.4.1. Artırılmış Gerçeklik Teknolojileri

Artırılmış gerçeklik teknolojisi optik temelli ve video temelli olmak üzere ikiye ayrılır. Bu iki teknoloji arasındaki temel fark gerçek ve sanal dünyanın bütünleşmesiyle gerçekleşen sahnenin görüldüğü yerdir. Optik sistemde bütünleştirilmiş sahneler tablet, bilgisayar veya mobil cihazlar üzerinde görülebilmektedir. Optik sistemler kullanıcıların kafasına yerleştirdiği gözlük benzeri cihazlar aracılığıyla gerçek dünya ile sanal dünyayı birlikte görmelerini sağlamaktadır. Video temelli sistemlerde ise gerçek görüntünün sanal monitörlere aktarılması için video kamera kullanılmaktadır. Sanal dünya görselleri ile gerçek dünya görüntü videoları bilgisayar ortamında yazılımlar vasıtasıyla birleştirilir. Bilgisayar ekranında sanal dünya ile gerçek dünyanın birleştiği bir sahne görüntülenir (Togay, Düzgün & Kayhan, 2019).

Artırılmış gerçeklik teknolojisi için gereken altyapı özellikleri şunlardır: donanım, ekran, HUD (baş üstü göstergeler) gözlük, lensler, elde taşınan ekran, uzaysal artırılmış gerçeklik (SAR), izlenebilirlik, ağ bağlantıları, yazılım ve algoritma'dır. Microsoft'un Hololens ve Meta firmasının AR 2 gözlükleri artırılmış gerçeklik ürünlerine birer örnektir.

5.4.2. Artırılmış Gerçeklik Kullanım Alanları

Artırılmış gerçeklik kullanım alanlarını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- Otomobil, tasarım, inşaat, mimari, sağlık, turizm, sanat, kargo hizmetleri, eğitim ve pazarlama alanlarında
- E-ticaret sitelerinde satılan ev ürünlerini, artırılmış gerçeklik sayesinde insanların ürün evindeymiş gibi denemesine imkân veren uygulamalar
- İş yerlerinde çalışan otomasyon araçlarının teknik takibinin yapılması ve arızalarının simülasyon sistemleri ile bulunmasına imkân veren uygulamalar
- Tıp alanında artırılmış gerçeklik teknolojileri ile doktorlara hastalığın tanı ve tedavisinde kolaylık sağlayan uygulamalar.

5.5. Otonom Robotlar (Autonomous Robots)

Endüstri 4.0 günümüz iletişim çağında bilişim teknolojilerinin sağladığı bir ortamda bulut teknolojisi ile büyük veri teknolojisinin getirdiği hız sayesinde ilerlemektedir. Hem üretim sektörü hem de kullanılan servisler alanında robotlar yeni sistem için en önemli bileşenlerden biri ve yeni devrimin vazgeçilmezleri olmuşlardır. (Fırat & Fırat, 2017) Bu çerçevede yeni bilgisayarlar ve yeni yazılımların, makineler ile uyumlu çalışması sonucu akıllı üretim yaygınlaşmaya başlamıştır (Koştı, 2020).

Robotlar, metal veya inorganik maddelerden oluşan ve programlanarak belirli bir veya birden fazla iş yapabilen, günlük hayatta veya tehlikeli işlerde insanların yerine kullanılabilen otomatik aygıtlardır. Robotlar tamamen veya kısmen uzaktan kontrollü ya da tamamen otonom olarak tasarlanabilir.

Otonom, sürücüsüz yani insansız işlem yapabilen teknolojiyi ifade eder. Otonom üretim, otomobiller, uçaklar, robotlar, gemiler gibi birçok alanda yapılmaktadır. Üretim sanayinde otonom denildiğinde akla ilk gelen, fabrikalar içerisinde birbirleriyle iletişim sağlayan robotik cihazlardır (Pirobotik, 2021).

Otonom robotların atasını oluşturan otomatik yönlendirmeli robotlar ilk olarak 1980'li yıllarda fabrikalarda kullanılmaya başlandı. Bu robotlar uzun mesafeli ve ağır yükleri taşıma görevlerini yerine getiriyorlardı ancak fabrika ortamında malzeme taşımak için zemine çizilen çizgilere, kablolar, manyetik şeritlere veya raylara ihtiyaç duymaktaydılar. Halen bazı üretim tesislerinde kullanılmaya devam etmekte olan bu robotlar Endüstri 4.0 ile birlikte yerlerini otonom robotlara bırakmaya başladılar.

Otonom robotlar Endüstri 4.0'ın getirdiği sensör teknolojisi ile işlem gücünü yapay zekayla birleştirerek daha esnek, daha verimli ve daha bütünleşik çalışma yöntemleri sunar. Çalışacakları alanda haritalama işlemi yaparak şerit, bant, kablo veya ray gibi hiçbir altyapı bileşenine ihtiyaç duymazlar. Herhangi bir yolu izlemek zorunda olmadıkları için bu robotlar dinamik bir yol planlaması yaparak, sınırlar dahilinde en verimli yolu tercih edebilirler. İnsanlarla birlikte aynı ortamda çalışma yeteneğine sahip olan bu robotlar üretim tesisinin yönetim sistemi ile entegre olarak bu sistemden iş emri alabilirler. Bu robotlar fabrikalardaki robot kol veya taşıyıcı ile iletişim sağlayarak yükleme ve boşaltma işlemleri yapabilirler.

Otonom robotlar yüksek verimle hızlı malzeme taşımakta, çalışan maliyetlerini düşürmekte, üretim yoğunluğunu arttırmakta, iş kazalarını, altyapı yatırımlarına olan ihtiyacı, bakım maliyetlerini ve depolama maliyetlerini azaltmaktadırlar.(Milvusrobotics, 2017).

Yapay zekâ teknolojisinin bir alt dalı olarak incelenen otonom robotlar, insanlara benzer şekilde kendi kararlarını vererek bu kararlara göre eylemde bulunabilen bir yapıya sahiptir. Otonom robotlar, çevresini algılayan ve algıladığı bilgiye dayanarak karar verebilen ya da o ortamdaki herhangi bir hareketi tanımak, başlatmak veya bitirmek üzere programlanabilmektedirler (Bıçakçı, 2019).

Otonom robotlar, belli zekâya sahip, çevresini algılayabilen, yapay zekâ kullanan, karar verme, konumlandırma ve haritalama yapabilen özellikleri sayesinde üretim sistemlerinde kullanılabilirler. Bu teknoloji ile fabrikaların üretim sistemlerindeki gelişmeler şöyle sıralanabilir:

- Fabrika içerisinde istenen bir noktada konum alabilen otonom üretim tezgâhları ile robot kolları.
- Konumunu bilen ve çevreyi algılayarak otonom biçimde hareket eden robot taşıyıcılar.
- Ortaya çıkabilecek arızalara göre iş planı üretebilen, problem çıkması durumunda birbirinin yerini kendiliğinden alacak otonom robotik sistemler (Yazıcı, 2016).

Robotlar ilk başlarda sanayi üretiminde tehlikeli ve kirli işler için kullanılmış olsa da günümüzde daha farklı alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Sağlık hizmetlerinde ameliyatlarda, hastalara refakat etmede, tıbbi laboratuvar sonuçları ve hasta numunelerini teslim etmede, tarım uygulamaları ve üretim sistemlerinde, nükleer santraller ve kanalizasyon gibi tehlikeli mekânları temizlemekte, ulaşım ve eğlence sektörlerinde, evlerde temizlik işlerinde, insansız hava araçları ile kargo tesliminde de kullanılmaktadır.

5.6. 3D Yazıcılar (3D Printing)

3D yazıcılar, bilgisayarda bulunan dijital tasarım dosyalarının fiziksel nesnelere dönüştürülmesi işlemi yapan cihazlardır. 3D yazıcılarla yapılan üretim 3D baskı olarak da adlandırılabilir. 3D baskı yapabilmek için öncelikle üretilecek modelin ortaya konulması gerekir. Modelleme işlemi, 3D tasarım yazılımları aracılığıyla sıfırdan oluşturulabileceği gibi, 3 boyutlu tarama teknolojisi ile de modellenebilir. Bilgisayarda yapılan tasarım işlemi CAD (Bilgisayar destekli tasarım) olarak adlandırılır. Piyasada güncel olarak kullanılmakta olan çeşitli CAD yazılımları vardır.

5.6.1. 3D Yazıcı Çalışma Yöntemi

Yapılan tasarımların 3D yazıcılarda basılabilmesi için kullanılan yöntem katmanlı üretim (Additive Manufacturing) yöntemidir. Katmanlı üretim ile bilgisayarda tasarlanan 3 boyutlu nesnelere fiziksel hale dönüştürülerek prototip oluşturulur. STL dosyası formatında kaydedilen tasarımlar, 3D yazıcıda katmanlar halinde gerçeğe dönüştürülür.

3D yazıcıda baskı yapabilmek için oluşturulan STL formatındaki tasarım dosyası, dilimleyici (slicer) olarak adlandırılan programa gönderilir. Bu programın kullanılma amacı, tasarımda oluşturulan nesnenin, yazıcının özelliklerine uygun biçimde katman katman dilimlenmesini sağlamaktır. Kısaca dilimleyiciler, yazıcıya parçanın nasıl basılacağı hakkında bilgi verirler. Dilimleyici programda bu işlemler yapıldıktan sonra SD kart, USB kablo veya internet üzerinden dilimlenmiş dosya 3D yazıcıya gönderilir. Gönderilen bu dosyadaki bilgilere göre 3D yazıcı en alt katmandan başlamak üzere kullandığı hammaddeyi eriterek üretimi gerçekleştirir (Kayalı, 2020).

Hammadde olarak genelde plastik kökenli malzemeler kullanılmaktadır. Masaüstü yazıcılara yönelik kullanılan hammaddeler ABS ve PLA'dır. Bunun yanı sıra reçine, seramik, polyamid ve titanyum gibi malzemeleri hammadde olarak kullanan profesyonel 3D yazıcılar da mevcuttur.

5.6.2. 3D Yazdırma Teknolojileri

3 boyutlu üretim, masaüstü veya eklemeli üretim olarak da kabul edilir. 3D yazıcılar, farklı teknolojiler kullanabilirler. Bu teknolojiler arasında en temel fark katmanların oluşturulma şekli ile ilgilidir. 3D yazıcılar tarafından kullanılan teknolojilerin çalışma özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

FDM (Fused Deposition Modelling) teknolojisi

Günlük hayatta en çok tercih edilen 3D baskı teknolojisidir. Filament adı verilen hammaddenin yüksek ısılarda eritilmesiyle katman katman üretim yapılan bir tekniktir.

SLS (Selective Laser Sintering) teknolojisi

FDM teknolojisi ile üretimi zor olan veya hassas parçaların üretiminde tercih edilmektedir. Bu teknolojiye hammadde toz şeklindedir. Toz formundaki hammaddenin hazneye döküldükten sonra lazer ışını ile katman katman yakılarak üretim yapılmasına dayalı bir tekniktir

SLA (Stereolithography) teknolojisi

Hassas ve hızlı parçaların üretimi için tercih edilen yöntemdir. Dünyada kullanılan ilk 3D baskı teknolojisidir. Hammadde olarak kullanılan reçine üzerine katı lazer ışını düşürülmesi ve ışının geldiği yerin katılaştırılması prensibine dayalı üretim yapılan bir tekniktir.

Multi jet fusion (MJF) teknolojisi

Hızlı üretim yapmak için tercih edilen bir baskı teknolojisidir. ink-jet teknolojisi ile hammadde olarak kullanılan tozun üst üste yapıştırılması prensibine dayalı üretim yapılan bir tekniktir.

Polyjet teknolojisi

Bir tablanın üzerine püskürtülen fotopolimer özellikli reçinenin ultraviyole ışığı yardımıyla katılaştırılması ve katman katman birleştirilmesi prensibine dayalı üretim yapılan bir tekniktir (Altan, 2019).

5.6.3. 3D Yazıcı Kullanım Alanları

3D yazıcılarda tasarımların bilgisayar ortamında yer alması, değişikliklerin hızlı ve kolay yapılabilmesi, kişiye özel ürünlerin üretilmesi, verimli üretim sağlanması, ürün fiyatlarının önceden hesaplanabilmesi, maliyetin düşük olması, geri dönüşüme uygun malzeme kullanılması, firenin az olması gibi avantajlardan dolayı 3D yazıcılar hayatımızın her alanında artan bir hızla kullanılmaktadır (Şahin & Turan, 2018).

3D yazıcı teknolojisi otomotiv sektöründen sağlık sektörüne kadar çok geniş bir yelpazede kullanılmaya devam etmektedir. Bunlara örnek olarak;

- NASA tarafından 3D yazıcı ile üretilen PUFFER adlı robot
- Uluslararası Uzay İstasyonu'ndaki astronot ve kozmonotlar için inek hücrelerinin üç boyutlu yazıcıyla çoğaltılması yoluyla üretilen biftek
- Otomotiv sektöründe üretilen yedek parçalar
- Havacılık sektöründe 3 boyutlu uçak iç mekân parçaları
- Sağlık sektöründe tıbbi cihaz, protez, implant, damar, doku ve hatta organ üretimi
- Mimarlık ve inşaat alanında 3D yazıcı ile üretilen ev
- Elektronik sektöründe 3D yazıcı ile üretilen anten, pil, devre kartı ve radar sistemler
- Moda sektöründe 3D yazıcı ile üretilen giysi ve ayakkabılar
- Enerji sektöründe 3D yazıcı ile üretilen enerji santrali parçaları
- 3D yazıcı ile üretilen tüketim malzemeleri

Tersine mühendislik uygulamaları gösterilebilir (Boyutkat, 2021).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Endüstri 4.0 kavramı ve bilişim konusundaki bileşenleri üzerinde durulmuştur. Bu çalışmanın amacı Endüstri 4.0 ile ilgili bilgi vermek ve Endüstri 4.0 konusunda farkındalık yaratmaktır. Çalışma sonucunda iş dünyasında Endüstri 4.0 kullanımının gün geçtikçe arttığı görülmüştür. Nesnelerin interneti, bulut teknolojisi, büyük veri, 3D yazıcılar, otonom robotlar ve artırılmış gerçeklik uygulamaları Endüstri 4.0'ın temel bileşenleri olarak öne çıkmıştır. Endüstri 4.0 üretimde esneklik, kişiselleştirilebilirlik, verimlilik, rekabet, hız, düşük maliyet, israfın azaltılması ve kalite artışı konularında üretimi ve günlük yaşamı etkilemektedir.

Günümüzde sanayide kullanılan üretim sistemleri Endüstri 3.0'da kullanılan makinelerin ve işlemlerin büyük oranda uyarlanarak geliştirilmesi şeklindedir. Endüstri 4.0 ise yeni bir mantık ile tüm üretim süreçlerinin baştan sona dijitalleştirilerek entegrasyonunu temsil etmektedir. Bu sebeple tüm dünya ülkelerinde Endüstri 4.0 bir devrim olarak görülerek toplumları etkilemektedir.

Endüstri 4.0 kavramı üretim yapan firmaların sadece imalat süreçleri ile ilgili değildir. Bu imalat süreçleri ile birlikte tedarikten finansmana, hizmetlerden müşterilere kadar firmaların bütün fonksiyonlarını içermektedir. Endüstri 4.0 devrimi nesnelerin internetinden bulut teknolojisine, büyük veriden 3D yazıcılara, otonom robotlardan artırılmış gerçeklik uygulamalarına varıncaya kadar üretim süreçlerinin entegrasyonuna dayanmaktadır.

İş hayatında yer alan girişimcilerin bu gelişmeleri göz önüne alarak uygulamalarında yenilikçi ve rekabetçi bir sisteme hazır olmaları gerekecektir. Firmalarında hem bireysel hem de kurumsal anlamda bu yeniliklere uygun güncellemeler yapmaları zorunluluk haline gelecektir.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizin de Endüstri 4.0 dönüşümü içerisinde olması kaçınılmazdır. Bu süreçte başarılı olabilmemiz için öncelikle yetişmiş insan gücünü sağlamaya yönelik eğitim politikalarını geliştirmemiz kritik önem taşımaktadır. Yakın zamanda iş dünyasını etkileyebilecek konular arasında akıllı evler, robotik teknolojiler, insan vücuduna entegre teknolojiler, giyilebilir teknolojiler vb. sayılabilir. Bütün bu teknolojilere hazır olabilmek için gerekli çalışmaların yapılması büyük önem arz etmektedir. Bunu sağlamak için hedefler oluşturularak gerekli planlamaların yapılması, henüz yeterli düzeyde olmayan yatırımların artırılması, ARGE çalışmalarının bu alana kanalize edilmesi ve devlet desteği sağlanması önemli adımlar olarak sayılabilir. Tüketim toplumundan daha çok üretim toplumuna geçiş sağlandığı takdirde Endüstri 4.0'ı yakından takip edebilir ve değişime daha hızlı adapte olabiliriz.

Endüstri 4.0'ın en büyük dezavantajı olarak görülen istihdamda azalma faktörü aslında gençler için büyük bir fırsata dönüştürülebilir. Çünkü Endüstri 4.0'ın en öncelikli konularından biri nitelikli insan gücüdür. Endüstri 4.0'ın istihdama karşı ortaya koyduğu bu tehdidi fırsata çevirerek dijital becerilerle donanmış, eleştirel ve yaratıcı düşünebilen, problem çözebilen, öğrenmeyi öğrenmiş, 21.yy becerilerine sahip ve iş dünyasının farklı ihtiyaçlarına inovatif yaklaşımla cevap verebilecek yeterlilikte gençler ile bu sürece önemli bir katkı sağlanabilecektir.

KAYNAKÇA

- A. E. Kalkışım, Nesnelerin İnterneti Kullanılarak Sera Uygulaması Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2020.
- A. F. Özsoylu, “Endüstri 4.0”, *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, 21(1), 41-64, 2017.
- A. R. Petekçi, “Endüstri4.0: Fırsat mı Tehlike mi?”, *Bilgisayar Bilimleri ve Teknolojileri Dergisi*, 2(1), 7-15, 2021
- A.Togay, D. E. Düzgün, Y. Kayhan “Sanayi 4.0 ve Sanal Gerçeklik”, Sanayi 4.0 teknolojik Alanları ve Uygulamaları, Editör: K. Çetinkaya, P. Demircioğlu, K. Özsoy, B. Duman, Pegem Akademi, Ankara, Türkiye, 239-240, 2019.
- A. Yazıcı, “Endüstri 4.0 ve Otonom Robotlar”, *Elektrik Mühendisleri Odası Dergisi*, Türkiye, 2016.
- Azure, Bulut Bilişim Nedir?, <https://azure.microsoft.com/tr-tr/overview/what-is-cloud-computing/#uses>, 17.10.2021.
- Boyutkat, 3D Yazıcı (Printer) ile Neler Yapılabilir?, <https://www.boyutkat.com/3d-yazici/3d-yazici-printer-ile-neler-yapilabilir/> , 10.12.2021.
- C. Bulut, Bulut Bilişim (Cloud Computing) Nedir?, <https://www.endustri40.com/bulut-bilisim-cloud-computing-nedir/>, 11.10.2021.
- D. C. Coleman, “Industrial Growth And Industrial Revolutions”, *Economica*, 23(89), 1-22, 1956.
- E. Kaygın, Y. Zengin, E. Topçuoğlu, “Endüstri 4.0’a Akademik Bakış.”, *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(4), 1065-1081, 2019.
- Endüstri40, Nesnelerin İnterneti ve Endüstriyel Uygulamaları <https://www.endustri40.com/nesnelerin-interneti-ve-endustriyel-uygulamalari/>, 18.09.2021.
- F. Ersöz, “Dijitalleşme Çağında Büyük Veri ve Analitiği: Sektörel Uygulamalar”, 4th International Congress On 3d Printing (Additive Manufacturing) Technologies And Digital Industry, Antalya, 2019
- Gtech, Big Data (Büyük Veri) Analizi Nasıl Yapılır?, <https://www.gtech.com.tr/big-data-buyuk-veri-analizi-nasil-yapilir/>, 21.09.2021.
- G. Koştı, “Sanayi 4.0 ve Teknoloji Bileşenleri”, *Journal of Business, Innovation and Governance*, 3(2), 131-144, 2020.
- H. Özen, “Endüstri 4.0 ve Eğitim: Bir Türkiye Perspektifi”, *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(5), 103-113, 2019.
- IBM, Bulut Bilişim Nedir?, <https://www.ibm.com/tr-tr/cloud/learn/cloud-computing-gbl>, 20.10.2021.
- K. Çelik, “Bulut Bilişimde Temel Konular”, *USOBED Uluslararası Batı Karadeniz Sosyal ve Beşerî Bilimler Dergisi*, 5(2), 236-250, 2021.
- K. Doğan, S. Arslantekin, “Büyük Veri: Önemi, Yapısı ve Günümüzdeki Durum”, *DTCF Dergisi*, 56(1), 15-36., 2016.
- K. Şahin, B. O. Turan, “Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojilerinin Karşılaştırmalı Analizi”, *Stratejik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2(2), 97-116, 2018.
- Karel, Internet of Things (Nesnelerin İnterneti) IoT Nedir? Cihazların Etkileşim Trendleri, <https://www.karel.com.tr/blog/internet-things-nesnelerin-interneti-nedir-cihazlarin-etkilesim-trendleri/>, 17.09.2021.

- M. Dalcı, Yeni başlayanlar İçin IoT - Internet of Things, <https://medium.com/@mustafadalci/yeni-ba%C5%9Flayanlar-i%CC%87%C3%A7in-iot-internet-of-things-dc38a182d805/>, 17.09.2021.
- M. O. Eldem, Endüstri 4.0, TMMOB EMO Ankara Şubesi, Türkiye, 2017.
- McKinsey, Yeni Sanayi Devrimi Akıllı Üretim Sistemleri Teknoloji Yol Haritası, Tübitak, Türkiye, 2016.
- Metesen, Akıllı Üretim Çağı: Endüstri 4.0 ve Getirecekleri, <http://www.metesen.org.tr/akilli-uretim-cagiendustri4-0/>, 13.09.2021.
- M. Özdeş, Büyük Veri Araçlarını Kullanarak Duygu Analizi Gerçekleştirimi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2017.
- Milvusrobotics, Endüstri 4.0, Akıllı Fabrikalar ve Otonom Mobil Robotlar, <https://milvusrobotics.com/tr/blog/endustri40-akilli-fabrikalar-otonom-mobil-robotlar/>, 05.11.2021
- Mysoft, Bulut Bilişim Nedir? Bulut Bilişim Hakkında Tüm Detaylar, <https://www.mysoft.com.tr/bulut-bilisim/>, 15.10.2021.
- N. Aydın, Endüstri 4.0 Dördüncü Sanayi Devrimi, İksad Publishing House Yayıncılık, Türkiye, 2018.
- N. S. Pamuk, M. Soysal, “Yeni Sanayi Devrimi Endüstri 4.0 Üzerine Bir İnceleme”, *Verimlilik Dergisi*, 1, 41-66, 2018.
- N04go, Endüstri 3.0 Dijital Devrim., <https://www.no4go.com/endustri-3-0-dijital-devrim/>, 15.09.2021.
- N. Çelebi, T. Taşçı, “Endüstri 4.0 ve Bulut Bilişim”, 4th International Congress On 3d Printing (Additive Manufacturing) Technologies And Digital Industry, Antalya, 2019
- O. Altan, 3D Baskı Teknolojileri, <https://3dedi.com/blog/3d-baski-teknolojileri.html>, 17.11.2021
- O. Oral, S. Bilgin, “Sanayi 4.0 ve Nesnelerin İnterneti Teknolojisi”, 4th International Congress On 3d Printing (Additive Manufacturing) Technologies And Digital Industry, Antalya, 2019
- O. Z. Fırat, S. Ü. Fırat, “Endüstri 4.0 Yolculuğunda Trendler ve Robotlar”, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 46(2), 211-223, 2017.
- Ö. Kayalı, 3D Yazıcı (Printer) Nedir, Nasıl Çalışır?, <https://rasyonalist.org/yazi/3d-yazici-printer-nedir-nasil-calisir/>, 11.11.2021.
- P. Sarıcıoğlu, Z. Y. İlerisoy, A. Soyuluk, Mimarlık ve Endüstri 4.0 Eşleşmesi, <https://yapidergisi.com/mimarlik-ve-endustri-4-0-eslesmesi/>, 06.05.2022
- Pirobotik, Otonom Sistemler, <https://pirobotik.com/otonom-sistemler/>, 30.10.2021.
- R. Drath, A. Horch, “Industrie 4.0: Hit or Hype?”, *IEEE Industrial Electronics Magazine*, 8(2), 56-58, 2014.
- S. Bıçakçı, Otonom Robot Nedir?, <https://www.sanayinindijitaldonusumu.com/otonom-robot-nedir/>, 05.11.2021.
- S. Öztürk, Y. Alaşahan, “Türkiye’de Endüstri 4.0 Uygulamalarının Değerlendirilmesi: Panel Veri Analizi”, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 61, 1-18, 2019.
- S. Yalçınkaya, Sanayi 4.0 Nedir?, <https://www.researchgate.net/publication/339847354>, 18.09.2021.
- Ş. Okan, Avantaj ve Dezavantajlarıyla Endüstri 4.0, <https://mag4.com/avantaj-ve-dezavantajlariyla-endustri-4-0/>, 16.09.2021

- Ş. Özdemir, A. Erkollar, B. Oberer, “Transformation of The Machines From Learner To Decision Maker: Industry 4.0 And Big Data”, *Mugla Journal of Science and Technology*, 2(2), 219-223, 2018.
- T. İçten, G. Bal, “Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi”, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2), 111-136, 2017.
- Y. Esmer, M. A. Alan, “Endüstri 4.0 Perspektifinde İnovasyon”, *AVRASYA Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 7(18), 465-478, 2019.
- Y. Özdamar, Büyük Veri (Big Data) Nedir?, <https://teknoloji.org/buyuk-veri-big-data-nedir/>, 21.09.2021.