T.C.

ATILIM ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

İŞLETME ANABİLİM DALI

"DÖRDÜNCÜ SANAYİ DEVRİMİ (ENDÜSTRİ 4.0)"

Tankut Aslantaş

ANKARA 2020

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ **4**

GİRİŞ **5**

1. PROBLEMİN DURUMU **6**

1.1. Araştırmanın Kapsamı 7

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **8**

3. KAVRAMSAL ARKA PLAN **12**

3.1.Sanayi Devriminin Aşamaları 12

3.1.1. Birinci Sanayi Devrimi 12

3.1.2. İkinci Sanayi Devrimi 13

3.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi 14

3.1.4. Dördüncü Sanayi Devrimi 16

3.2. Endüstri 4.0. Kavramı 17

3.3. Endüstri 4.0. Bileşenleri 19

3.3.1. Nesnelerin İnterneti 19

3.3.2.Yapay Zeka 21

3.3.3. Sibel Fiziksel Sistemler 22

3.3.4. Simülasyon 23

3.3.5. Büyük Veri 24

3.3.6 Siber Güvenlik 25

3.3.7. Bulut Teknolojileri 26

3.3.8. Üç Boyutlu Yazıcılar 27

3.3.9. Akıllı Endüstriyel Robotlar 29

3.3.10. Arttırılmış Gerçeklik 30

3.3.11. Entegre Sistemler 31

3.3.12. Akıllı Fabrikalar 32

3.4. Endüstri 4.0'ın İşletme Fonksiyonlarına Etkisi 34

3.4.1. Üretim Fonksiyonuna Etkileri 34

3.4.2. Pazarlama Fonksiyonuna Etkileri 35
3.4.3. Muhasebe ve Finansman Fonksiyonuna Etkileri 36
3.5. Endüstri 4.0. Uygulamaları 37
3.5.1. Türkiye'deki Uygulamalar 37
3.5.2. Dünyadaki Uygulamalar 40

SONUÇ 43

KAYNAKÇA 44

Tablo ve Şekiller

Tablolar

Tablo-1: Türkiye için Endüstri 4.0 SWOT Analizi 38
Tablo-2: Pilot Sektörlerde Endüstri 4.0 Uygulamaları 39

Şekiller

Şekil-1: İşlem bazlı Endüstri 4.0 17
Şekil-2: Bulut Bilişim Sistemleri 26
Şekil-3: Akıllı Fabrikaların Şematik Görüntüsü..... 33

ÖNSÖZ

Geçmişten günümüze gelen süreçte modern anlamında endüstri yüzyıllar içerisinde dönüşüme uğramış ve 21. yüzyıla kadar üç büyük sanayi devrimi meydana gelmiştir. Günümüzde ise dördüncü sanayi devrimi olarak adlandırılan Endüstri 4.0 uygulamalarına küresel ölçekte yoğun olarak geçildiğini, bazı üretim altyapılarında ve işbirliği halinde olunan diğer sektörlerde faaliyetlerin Endüstri 4.0 bileşenleri aracılığı ile sürdürüldüğü görülmektedir.

Endüstri 4.0'ın temel amacı; birbiriyle iletişime geçebilen, sensörler sayesinde çevreyi algılayan, büyük veri ve bu verilerin analiziyle ihtiyaçları gerçekleştirebilen akıllı robotlar ile daha kaliteli, hızlı ve yüksek verimde üretim gerçekleştirmektir. Bununla birlikte, Endüstri 4.0; akıllı fabrikalardaki siber fiziksel sistemler aracılığıyla hâlihazırdaki mevcut süreçleri izleyerek nesnelerin birbirleriyle ve insanlarla iletişim kurmasını ve işbirliği odaklı kararlar almasını sağlamaktadır. Küresel rekabetin yoğun olarak yaşandığı günümüzde işletmelerin mevcut varlıklarını korumak, sektörlerinde rakiplerine nazaran öne çıkabilmek ve sürdürülebilir kalkınmayı sağlayabilmek adına Endüstri 4.0 bileşenlerini uygulaması gerekmektedir.

Bu çalışmada dördüncü sanayi devrimi bir diğer deyişle Endüstri 4.0 kavramı açıklanmaya çalışılmış, Endüstri 4.0 bileşenlerinden bahsedilmiş, Dünya ve Türkiye'de bu bağlamda gerçekleştirilen uygulamalar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dördüncü Sanayi Devrimi, Endüstri 4.0, Endüstri 4.0 Bileşenleri

GİRİŞ

Modern anlamda sanayi kavramı geçirilen dönemler boyunca dönüşüme uğramıştır. Bir diğer adıyla endüstri; yenilikler ve yaşanan gelişmelerle birlikte üretim, lojistik, satış sonrası hizmetler ve diğer alt bileşenleri açısından kendini sürekli olarak yenilemiştir. Bununla birlikte bu değişimler sadece işletmenin fonksiyonları için değil, toplumları kültürel sosyal ve ekonomik açıdan da etkilemiştir. Öyle ki, bu değişimler neticesinde kimi ülkeler tarih sahnesinden kaybolurken kimilerinin de coğrafi sınırları yeniden şekillenmiştir. Peşi sıra gelişen sosyal ve endüstriyel bu değişimlerin ilk adımları 1700'lü yılların ortalarına doğru İngiltere'de atılmış, önce Avrupa'ya sonrasında ise tüm dünyaya yayılmıştır (Pamuk ve Soysal, 2018).

Endüstriyel dönüşümün günümüzdeki karşılığı olan dördüncü sanayi devrimine gelene kadar dünyada üç büyük devrim yaşanmıştır. Bunlar; Buhar Çağı olarak adlandırılan Birinci Sanayi Devrimi(Endüstri 1.0), Elektrik Çağı olarak adlandırılan İkinci Sanayi Devrimi (Endüstri 2.0) ve Dijitalleşme Çağı olarak adlandırılan Üçüncü Sanayi Devrimi(Endüstri 3.0)'dir. Endüstriyel anlamda meydana gelen bu üç devrimin sosyal, kültürel ve ekonomik anlamda dünyada büyük değişimlere yol açtığı görülmüştür. Mevcut durumdaki sanayi faaliyetlerine ve sanayicilere miras bırakılan bu gelişmeler, yeni ihtiyaçların doğmasına, artan rekabete, üretim maliyetlerinin giderek düşmesine ve müşteri ihtiyaçlarındaki değişimlere sebebiyet vermiş, tüm bu unsurlar da yeni sanayi devrimini hızlandırmıştır.

Dönem olarak henüz çok başında olduğumuz Dördüncü Sanayi Devriminin ortaya çıkması da yukarda belirtilen tüm ihtiyaçların bir araya gelmesiyle meydana gelmiştir. Diğer dönemlerle karşılaştırıldığında, bu dönemde, insan gücünü olabildiğince en aza indirerek, iletişim yeteneği güçlü, esnek ve modüler üretime uygun, ayarlanabilir ve otonomi özelliğine sahip makinalar üretimde kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek teknolojiye sahip makinaların kullanımı, üretim hacmini düşürmemiş, aksine daha kontrollü bir yapıda üretimin sürdürülmesini sağlamıştır (Schlötzer, 2015). Üretim sistemlerine kazandırılan devrimsel yetkinlikler Endüstri 4.0 bileşenlerinin ne derecede kullanıldığı ile doğru orantılı hale gelmiştir.

1. PROBLEMİN DURUMU

Önceki endüstri devrimleri incelendiğinde ilk çıkış noktasının üretim alanı olduğu, ortaya çıkan teknolojik gelişmelerin ve inovasyonların da gözle görülür sonuçlarının yine üretimde gerçekleştiği görülmektedir. İşletme fonksiyonlarından olan üretimin fiziki varlığı ve ekonomik anlamda oluşturduğu etki ele alındığında gerçekleşen ve gerçekleşmesi planlanan tüm yeniliklere açık ve ölçülebilir bir ortam sağladığı görülmektedir.

2011 yılında Hannover Messe 2011 Fuarı'nda ilk defa dile getirilen Dördüncü Sanayi Devrimi, yani Endüstri 4.0'ın Üretim Yönetimi alan başta olmak üzere birçok fonksiyon altında büyük şirketlerde uygulanmaya başladığını ve kısa zamanda şirket politikalarında ve stratejik yönetimde yerini aldığı görülmektedir. Küresel ve bölgesel ölçekteki birçok işletme, faaliyet gösterdiği sektörlerden bağımsız olarak üretim ve hizmet altyapılarında Endüstri 4.0 bileşenlerini kullanmaya başlamış ve dönüşüme tabi olmuştur. Bosch, Samsung, Siemens, Google, General Electrics, Microsoft gibi işletmeler bu devrimi kendi operasyonlarına dahil etmede öncü hale gelmiştir. Ülkemize bakıldığında Turkcell, Vestel, Borusan ve Arçelik gibi işletmeler de altyapılarını endüstriyel dönüşüme uygun hale getirmeye çalışmaktadır.

Henüz çok yeni ve ortaya çıktığı andan bu yana gelişmelerin öncüsü olan Endüstri 4.0 da sürekli bir dönüşüm içerisinde olduğundan alt bileşenlerinin uygulama alanları sürekli değişmekte ve yenilikleri tetiklemektedir. Özellikle insan, makine, cihaz ve sensörlerin birbirleriyle iletişimi sayesinde gerçekleştirilen üretim ve sunulan hizmetin kalitesine ilişkin veriler anlık olarak alınabilmekte, bu veriler işlenerek diğer operasyonlar ve hatta organizasyonlar için kullanılabilir bilgi haline gelmektedir. Bu durum Endüstri 4.0'ı diğer sanayi devrimlerinden ayıran temel unsurdur (Sader, 2017)

1.1. Araştırmanın Kapsamı

Kavramsal olarak büyüme ve gelişme evresinde olan Endüstri 4.0 politik, ekonomik ve sosyal bir dizi etkenden kaynaklanmıştır. Özellikle Hindistan ve Çin gibi doğu ülkelerinde bulunan ucuz iş gücü ve düşük maliyetli üretim avantajına karşılık olarak Batı ülkelerinin atmış olduğu bir adım olarak görülmektedir. Yoğun teknolojik gelişmeler ve yenilikler ışığında, işletmelerin esnekliğini arttırmak, maliyetleri minimize etmek, sıfır hata ile çalışmak gibi önceki sanayi devrimlerinin beklentileri de korunarak yapılan inovasyonların yönetimi daha bütüncül seviyede dördüncü sanayi devriminde ele alınmaktadır. (Barutcu, 2019) İşletme fonksiyonları birlikte değerlendirildiğinde minimum insan kaynağından maksimum verim elde etme, birbirleriyle iletişim halinde olan makine, insan, sensörler ve verilerin tek bir amaca yani işletmenin karlılığına destek sağlayıcı nitelikte olması gibi sebepler düşünüldüğünde ve henüz yeni bir kavram olması sebebiyle tabana yayılmamış bulunmaktadır.

Endüstri 4.0 kavramı ile sadece endüstriyel alanda değil akademik araştırmalarda da son dönemde sıklıkla karşılaşılmaktadır. Endüstriye yatırım maliyetlerinin bazı firmalarca henüz karşılanamayacak boyutlarda olması, dördüncü sanayi devriminin bileşenlerinin tüm firmalarca benimsenmesini engellemektedir. Bununla birlikte üniversite sanayi işbirliği faaliyetleriyle, işletmelerdeki iyi örnek uygulamaları diğer küçük ve orta büyüklükteki firmalara adapte edilmeye çalışılmakta ve akademik çalışmalar da bu kanalla beslenmektedir (Duman, 2019).

Bu araştırmanın ana amacı çok yeni bir kavram olarak karşılaşılan, endüstriyel, akademik ve politik çerçevede olumlu karşılanan Endüstri 4.0 ve bileşenlerini yakından inceleyerek üretim ekosistemine ve işletmelere etkilerini ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda yapılan literatür araştırmasına ve kavramsal arka plana yer verilmiş, daha sonrasında Dünya'da ve Türkiye'deki uygulamalar aktarılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Kitlesel anlamda büyük üretim hacimlerine ulaşmış işletmeler Dördüncü Sanayi Devriminin öncüsü olarak üretimde ve üretim yönetiminde uygulamaların etkilerini ortaya koymaya başlamıştır. Bu etkiler malzeme planlamasından, tasarım süreçlerine, stok kontrol modellerinden süreç yönetimine, tedarik zincirinden toplam kalite yönetimine kadar bütün süreçlerde gözlemlenebilmektedir. Gözlemlenen bu süreçlerle ilgili akademik alanda yürütülen bazı araştırmalara bu bölümde yer verilmiştir.

Witkowski'ye göre iş süreçlerinin dijitalleşmesi ve üretimde bilgi teknolojilerinin kullanımına dayanan Üçüncü Sanayi Devriminden sonra, akıllı ürünlerin ortaya çıktığı ve üç boyutlu yazıcılar ve otonom cihazların yoğun olarak kullanıldığı dördüncü bir dalga gelmektedir (Witkowski, 2017)

Sader ve diğerlerine göre, işletmeler tarafından incelendiğinde, kalite kontrolü ve güvencesi başlıkları; büyük veri toplama ve o verinin analizi gibi Endüstri 4.0 uygulamaları ile müşterilerin ihtiyaçlarını daha iyi ve hızlı anlamayı dolayısıyla bu ihtiyaçlara daha iyi ve hızlı cevap verebilmeyi ortaya koymaktadır. Bu da işletmelerin temel amaçlarından olan müşteri memnuniyeti artışına imkân tanımaktadır. Akıllı teknolojiler, akıllı ürünler, akıllı makinalar ve nihayetinde akıllı fabrikalar gibi değer zincirinde yüksek entegrasyon gerektiren inovasyonlar, gerçek zamanlı ihtiyaçlara göre belirlenerek kalite açısından esnek, ölçülebilir ve ölçeklenebilir süreçlere olanak sağlamıştır (Sader, 2017). Toplam Kalite Yönetimi düşünüldüğünde ortaya konulan yenilikler sayesinde çalışan rolleri; rutin faaliyetlerden çıkarak, duruma ve başarı odaklı hedeflere dayanan üretim süreciyle başarılı kalite kontrol ve etkin denetleme seviyesine yükseltmiştir (Kagermann, 2013). Ayrıca, işletmelerin müşteri odaklılığı için de bir takım etkiler söz konusu olmuştur. Müşteri odaklılık göz önüne alındığında müşteri taleplerine yapılan dönütlerin nitelik ve niceliğinin iyileştirilmesi, müşteri dönütlerinin toplanmasının hızlanması ve kolaylaşması gibi etkilerden bahsedilebilir. Bunun yanı sıra yöneticilerin karar vermelerini kolaylaştırarak, hata oranını minimize edecek Endüstri 4.0 bileşenlerinin ve bilgi teknolojileri altyapılarının kullanımı, kalite politikalarından ödün verilmeden kritik kararların alınması ve uygulanmasını kolaylaştırmaktadır (Zaidin,2014). Ayrıca, yüksek hacimli üretim esnasında ortaya

çıkabilecek hatalı ürün ve süreçlerin tespiti ila bertaraf edilmesi işlemi, ileri teknolojilerin kullanımı ile daha mümkün hale gelmiştir. Böylelikle müşteriye ulaştırılacak ürün ve hizmetlerin istenen standartlarda ve müşterinin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde iletilmesine olanak sağlanmaktadır.

Kobu'ya göre üretim yönetimi kalite, birim adedi, maliyet ve zaman için optimal değerleri bulmayı hedefler. Müşteriye sunulacak ürünlerin minimum maliyetle üretilmesi adına özellik, yer, zaman gibi kavramları değerlendirerek optimal çözümü bulmak gerekmektedir. Bununla beraber üretim yönetimi faaliyetleriyle stokların minimumda tutulması ve stok devrini arttırarak insan ya da makine gücünden yararlanılmasını sağlamaktadır (Kobu, 2014). Endüstri 4.0 bileşenleriyle insan ya da makine gücünü verimli ve birbirleriyle iletişim halinde kullanılmasına imkan tanımaktadır.

Siber Fiziksel Sistemler, Bulut Bilişim, akıllı robotlar, Büyük Veri, Nesnelerin İnterneti gibi Endüstri 4.0'ın bileşenleri düşünüldüğünde üretim ve stok yönetiminde hızlı hareket kabiliyeti, verimli iş süreçleri, maliyet minimizasyonu ve hataların sıfıra indirilmesi gibi etkiler görülmektedir. Zorlu ve diğerleri bu etkileri şu şekilde detaylandırmıştır;

- Siber Fiziksel Sistemlerin içinde bulunan yüksek işlemcili akıllı ürünler, taşınabilen bileşenler ve alıcılar sayesinde üretim gerçek zamanlı olarak izlenebilecektir. Böylelikle ürün ve yarı ürünle ilgili olası talepler hızlıca tahmin edilebilecektir. Siber Fiziksel Sistemler aracılığıyla stoklardaki değişimlere ve üretim hatalarına süratle tepki verilebilecektir.

- Üretim süreci boyunca akıllı servis robotları üretim hattını ve stok alanlarını dolaşarak parça temini, taşıma ve yükleme işlerini yapabilmektedir. Ayrıca, robotlar makinelerin ve stokların durumunu kontrol ederken, çalışan asistanı olarak çalışabilmektedir. İleri seviye otomasyonlarda veya karanlık fabrika denilen insansız üretim hatlarında, simülasyon ve veri teknikleri kullanarak üretimde hedeflenen minimum stok miktarlarına ulaşılabilmekte ve böylece verimliliğin artması söz konusu olabilmektedir.

- Nesnelerin İnterneti ile birden fazla departmanın stok alanları ve miktarları hakkında gerçek zamanlı bilgi sahibi olması ve bu alanlara anlıık ulaşması söz konusu olabilmektedir.

- Bulut bilişimin iletişim altyapısı sayesinde işletmenin tüm iç ve dış paydaşları arasında gerçek zamanlı iletişim sağlanmakta ve bu sayede üretimde ihtiyaç olunan üretim malzemesinin tedariki derhal sağlanmaktadır. Bu sayede stok seviyeleri minimumda kalabilmektedir.

- Büyük veri analitiği; üretim ve stok yönetiminde gerçek zamanlı verilerin analizi sayesinde, meydana gelebilecek olan bir problemin önceden tespiti hakkında gerekli adımların atılmasına olanak tanımaktadır. Bununla birlikte üretim ve makine işlem süreleri hakkında bilgi sahibi olunmasını sağlayarak stok verimliliğini arttırmaktadır (Zorlu ve diğerleri, 2018)

Trstenjak ve Cosic, günümüzde kapasite planlaması için kullanılan yüksek teknoloji uygulamalarına dikkat çekerken henüz çoğu küçük ve orta ölçekli işletmede kişisel çabalara, deneyimlere ve basit yazılımlara dayandığına vurgu yapmıştır. Buna rağmen Endüstri 4.0 bileşenleri kullanılan işletmelerde verilerin Nesnelerin İnterneti ve Bulut Bilişim aracılığıyla kapasite planlamasında kullanılması, analiz edilmesi depolanması basit yazılımlarla kayıt altına alınan verilerden daha verimli ve güvenilir bir kaynak haline gelmiştir. Kapasite Planlamasında talep tahminlerinin yapılması, üretim hacminin belirlenmesi, kapasitenin optimum seviyede tutulması adına yeni teknolojilerinin kullanımı planlama becerisini geliştirme, işletme maliyetlerini düşürme, zamandan tasarruf ve tüm bunlarla paralel olarak rekabet gücünün ve karlılığının artmasına yardımcı olmaktadır (Trstenjak ve Cosic, 2017).

Çelebi ve Bulut'a göre kurumsal kaynak planlamasının bilgi teknolojileri altyapılarının yaygınlaşmasından önce; basit ofis uygulamaları ve muhasebe programları aracılığıyla elle yapılması, şirketlerde stok kontrolünde tutarsızlıklar ve maliyet hesaplamalarında çeşitli problemlere sebep olmaktaydı. Ürün çeşitliliği yüksek olan bazı işletmelerde alıcı, sayıcı, hammadde ve ürünler için farklı dosyaların açılmasına neden olmakta, bu şekliyle muhasebeleştirilmesinde ya da raporlamalar

yapılmasında zorluklar yaşanmasına neden olmaktaydı. Yeni teknolojilerin uygulanmasından önceki bu dönemde çalışanların iş yükünün de oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Bilgi Teknolojilerin kullanımından sonra özellikle iş yükünün azaldığı ve belirli oranda iş gücü kazanımı olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte verimlilik artmış, ölçülebilir ve gerçek zamanlı stok yönetimi teknolojik bileşenlerle desteklenmiştir. Bu da işletmelerin küresel rekabette rakiplerine oranla bir adım öne geçmelerini sağlamıştır (Çelebi ve Bulut, 2016).

Yıldız ve diğerlerine göre günümüzde işletmelerin yüzleştiği en büyük problemlerden birisi de anormal talep artışına aynı hızla cevap verilemeyişidir. Endüstri 4.0 kapsamında kullanılan yazılım altyapıları, Büyük Veri Analitiği, Bulut Bilişim, Nesnelerin İnterneti, Akıllı Robotlar ve Siber Fiziksel Sistemler gibi başlıca bileşenler yüksek oranda süreçlerin entegrasyonuna imkân sağlayarak tedarik zincirinde esnekliğin ve çevikliğin kazanılmasını kolaylaştırmıştır. Tedarik zinciri yönetimindeki dijitalleşme faaliyetleri, taleplerin alınmasından, hammaddenin ve yarı mamulün üretime girmesine, üretilen ürünlerin minimum stok politikasıyla müşteriye ulaştırmasına kadar pek çok sürecin daha kolay ve işletme tarafında verimli hale getirilmesine imkan tanımaktadır (Yıldız ve diğerleri, 2018).

Tjahjono'nun 2017 yılında yaptığı araştırmasına göre yeni teknolojilerin arasında bulunan arttırılmış gerçeklik faaliyetleri aracılığıyla üretim ve tedarik zinciri boyunca zamandan tasarruf söz konusu olmaktadır. Nesnelerin İnterneti makineler, sensörler ve birimler arasındaki iletişimi kolaylaştırarak – örnek olarak bir iş emrinin alınması, stok alanından yarı mamulün forkliftle indirilmesi ve hazırlanarak üretim bandına iletilmesi gibi;– gerekli bilginin paylaşılmasına ve ilerleyen dönemlerde güncellenmesi adına erişim kolaylığı sağlayacak biçimde çevrimiçi saklanmasına olanak tanımaktadır. Bu sayede işletmelere daha önce ulaşamadıkları derecede zaman ve maliyet tasarrufu sağlamakta, Endüstri 4.0 bileşenleriyle karın maksimize edilmesi kolaylaşmaktadır (Tjahjono, 2017).

3. KAVRAMSAL ARKA PLAN

Bu bölümde sanayi devrimlerinin tarihsel gelişimi, dördüncü sanayi devrimi ve alt bileşenleri literatürdeki kavramlar üzerinden incelenecektir.

3.1. Sanayi Devrimlerinin Aşamaları

3.1.1. Birinci Sanayi Devrimi

Sınırları olmayan, politik, ekonomik, sosyal ve kültürel olarak bütünleşik biçimde yaşadığımız dünyada, bu bütünleşme sürecinin yeni olmadığı aşikârdır. İngiltere'de başlayan Birinci Sanayi Devrimi bir diğer ifadeyle Endüstri 1.0 bu sürecin ilk ayağı olarak tanımlanabilir. Endüstri 1.0'ın başlangıcı için net bir tarih ortaya koymak zor olsa da, bu dönemin, buharlı makinelerin üretimde kullanılmasıyla başladığı kabul edilmektedir. Buharlı makinelere yönelik çalışmalar 17. yüzyıla kadar dayansa da, başarılı bir şekilde çalışan ilk buharlı makine James Watt tarafından yapılmıştır (Başer ve Erkan, 2011). Watt, çalışmaları sonucunda 1775 yılında buhar gücü ile çalışan ilk makinesini tamamlamıştır (Görçün, 2017). Buhar makinesinin üretimde kullanılmaya başlaması zaman içerisinde üretim süreçlerini dönüştürmüş, insan ve hayvan gücüne olan ihtiyaç nispeten azalmıştır. Bu andan itibaren Sanayi Devrimi'nin ilk etkileri hissedilmeye başlamıştır. Özellikle tekstil sektöründe emek yoğun insan gücüne duyulan ihtiyacın azalması ile üretim işçilerinde işlerini kaybetme korkusu, değişimin karşısında bir direnç yaratmıştır (Usul, 2016).

Üretim sistemlerinin emek yoğunluktan uzaklaşmasıyla üretim hacimlerinde artış meydana gelmiş ve küçük çaplı işletmeler bir anda büyük fabrikalara dönüşmüştür. Buradan hareketle sermaye sahipleri üretim arzındaki bu artışı avantaja çevirmek için dış pazarlara yönelmiştir. Ancak o dönemde ulaşım ağlarının yeteri kadar gelişmemiş olması, sermaye sahiplerinin bu hedeflerini gerçekleştirmelerinin önünde bir engel teşkil etmiştir. Bu engel daha sonra, buhar gücünün denizyolu ve demiryolu ulaşımında da kullanılmaya başlamasıyla çözülmüştür. Bu dönemde kamu tarafında demiryollarına yapılan yatırımlar artmış ve ulaşım ağları genişletilmiştir. Sanayi Devrimiyle ülkeler ve toplumlar, sosyal, politik ve ekonomik açıdan köklü bir değişim yaşamıştır. İngiltere'de zengin ve fakir arasındaki uçurumu büyüten devrim aynı zamanda ülkelerin gelişme seviyelerine de etki etmiştir. Bu dönüşüme geç uyum

sağlayan ya da uyum sağlayamayan ülkeler politik, ekonomik ve kültürel anlamda sömürüye açık hale gelmişlerdir (Tayyar ve Çetin, 2013)

18. yüzyılın sonlarına doğru başlayan Birinci Sanayi Devrimi üretimin makineleşmesine ve sınırlı olanaklarla da olsa yarı-otomatik bir şekilde gerçekleşmesine imkân tanımıştır. Teknolojinin, emekten daha ucuz ve en önemlisi verimli bir üretim faktörü olduğu anlaşılmıştır. Yenilikleri takip eden sermaye sahipleri, yeni pazarlara açılmış ve kısa süre içerisinde büyük karlar elde etmişlerdir. Üretimin artmasıyla paralel olarak işgücü ihtiyacı artmış ve çalışmak için kırsal kesimden şehirlere göçler başlamıştır. Bunun sonucunda ise kentleşme kavramı ortaya çıkmıştır (Duman, 2019)

3.1.2. İkinci Sanayi Devrimi

Birinci Sanayi Devrimi ile teknolojide yakalanan ivme, Endüstri 2.0 sürecinde de devam etmiştir. İkinci Sanayi Devrimi'nde de birçok teknolojik gelişme yaşanmasının yanı sıra bu devrime elektrik enerjisi ile seri üretimin gerçekleştirilmesi damga vurmuştur.

1870 yılında Ohio'da bir mezbahada elektrik enerjisi ile ilk kez bir üretim hattı faaliyete geçmiş ve böylece Endüstri 2.0 dönemi başlamıştır. Elektriğin endüstride kullanılmaya başlanmasıyla montaj hatları geliştirilmiş ve seri üretim mümkün hale gelmiştir (Boşça, 2017). İkinci Sanayi Devrimi'nin başlamasına zemin hazırlayan en önemli gelişmelerden biri de Birinci Sanayi Devrimi'nin ana enerji maddesi olan kömürün yerini petrolün almaya başlamasıdır. Bugün hala değerli bir hammadde olan petrolün bir enerji kaynağı olarak kullanılabileceğinin keşfedilmesiyle dünya politik ve ekonomik olarak değişim sürecine girmiştir. Teknolojik gelişmelerle birlikte artan enerji talebini, taşınması, işlenmesi ve depolanması kolay olan petrol karşılamıştır (Görçün, 2017).

Teknolojinin gelişmesine birçok bilim adamı ve mucit katkıda bulunmuş, sanayide üretim yöntemlerini dönüştürmüşlerdir. Bunu başaranların başında Endüstri 2.0 düünüldüğünde Henry Ford gelmektedir. Günümüzde dahi İkinci Sanayi Devrimi denilince akla ilk gelen isim seri üretiminin öncüsü Henry Ford'dur. Ford bu yeni

üretim yöntemini ‘Siyah olmak kaydıyla istediğiniz renkte otomobil sahibi olabilirsiniz’ sloganı ile ifade etmiştir (Bardakçı, 2004). Bununla birlikte Taylor 1911 yılında yayınladığı Yönetimin Bilimsel İlkeleri kitabı ile emek faktörünün verimliliğini artırmaya odaklanan Taylorist üretim tekniğini ortaya koymuştur (Kabaklarlı, 2016). Bilimsel yöntemlerle iş süreçlerini rasyonelleştirmeyi hedefleyen Taylor’un bilimsel yönetim anlayışı birçok işletmede uygulanmıştır (Koçak, 2015:41). Henry Ford, Taylor tarafından belirlenen ilkeler doğrultusunda kendi sistemini kurmuştur (Kayacan ve diğerleri, 2016). 1913 yılında bant tipi üretimin hayata geçirilmesi seri üretimi mümkün kılmıştır. Fordist üretim tekniği olarak ortaya çıkan bu yöntem ile üretim maliyetleri büyük oranda düşmüş aynı zamanda üretim hacimleri artmıştır (Arslan, 2018). Öncesinde yaklaşık on üç saatte üretilen bir otomobilin bant tipi üretim aracılığıyla üretimi yaklaşık bir saate inmiştir (Görçün, 2017). Taylorist üretim şekli temelinde emek yoğun odaklı verimliliği artırmaya çalışırken, Fordizm, üretim süreçlerindeki atıl zamanı düşürmeye yarayacak üretim araçlarının organizasyonu üzerine eğilmiştir.

Dönemin itici güçlerinden bir tanesi de çeliğin kullanımın yaygınlaşmasıdır. Özellikle demiryollarının inşasında demirden daha sağlam olan çeliğin kullanılması demiryolu ağlarının yayılmasına neden olmuş ve bunun sonucunda da tıpkı petrolün kullanımında olduğu gibi ulaşım ve haberleşmede kolaylık sağlanmıştır. Bununla birlikte elektriğin kullanılması da dönemin devrimsel gelişmelerinden bir tanesi olmuştur. Yine bu dönemde özellikle telgraf ağının yayılması borsa ve hisse senedi piyasasının hareketlenmesine neden olmuştur (Kavrakoğlu, 2014). Ardından General Motors müşterinin, istek, beklenti ve bütçe gibi kıstaslarını dikkate aldığı ve bunlara cevap verebildiği üretim sistemini hayata geçirmiştir. Otomotiv sektöründeki bu rekabet, sanayideki mevcut gelişmeleri hızlandırmıştır. Bu süre zarfında iki adet dünya savaşı yaşanmasına rağmen teknolojik gelişmeler endüstrinin bu duruma adapte olmasına ve hatta beslenmesine imkân tanımış, nihai olarak bu gelişmeler yeni bir sanayi devrimi sürecinin kapılarını aralamıştır.

3.1.3. Üçüncü Sanayi Devrimi

İkinci Sanayi Devrimi süresince bilim ve teknolojideki gelişim, sosyal, ekonomik ve politik değişim ile dijital çağ olarak da tanımlayabileceğimiz Üçüncü Sanayi

Devrimi'nin oluşmasına zemin hazırlamıştır. 1970'li yıllara gelindiğinde sanayisi güçlü ülkeler dünyaya hükmetmeye başlamış ve teknoloji ülkeler için stratejik derecede önemli hale gelmiştir. Bu anlayış sanayi toplumundan sonra bilgi toplumunun doğuşuna ortam hazırlamıştır. Özellikle dönem içerisinde bilgisayarın icat edilmesi, tüm dünyaya tanıtılması ve kullanımının bireysel olarak yaygınlaşması insanların bilgiye erişimini kolaylaştırmıştır. Bununla birlikte, bilgi teknolojilerinin gelişmesi neticesinde nitelikli iş gücüne olan gereksinim artarken, emek yoğun iş gücüne olan ihtiyaç azalmıştır (Koçak, 2015).

Üçüncü Sanayi Devrimi ya da yayın tabiriyle bilgi çağı, bilgiyi üretip kullanabilenlerin çağı olmuştur. Bu dönemde teknoloji ve bilgi arasındaki ilişkinin artmasıyla üretimde bir kez daha köklü bir değişim yaşanmıştır (Dursun, 2014). Dünya ilk sanayi devriminin gerçekleştiği zamandan bu yana aslında ikiye bölünmüştür. Bu bölünme; üretime önem veren, geliştiren ve daha verimli hale getirmeye çalışan ülkelerle yalnızca tüketmeyi bilen, üreten ülkelere ve üretilen ürünlere muhtaç, yeniliklerden haberdar olmayan ve nihayetinde geri kalmış ülkeler arasındadır. Üçüncü Sanayi Devrimi sürecinde bilim, sanayi ve teknolojide yaşanan gelişmeler aradaki uçurumu, iyice açmıştır.

Üçüncü Sanayi Devrimini tetikleyen gelişmeler; iletişim araçlarının yaygınlaşması, ulaşım ağlarının genişlemesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması, bilgisayarın icadı ve kullanımının yaygınlaşması, internetin icadı, havacılık ve uzay faaliyetlerinin yoğunlaşması olarak sıralanabilir. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri ve Sovyetler Birliği arasındaki amansız rekabet havacılık ve uzay çalışmalarının hızlanmasına neden olmuştur. Dünya Savaşları sonrasında füze ve roket geliştirme faaliyetleriyle uzay çağının tohumları atılmıştır (Erdem, 2018). 1957 yılında Sovyetler Birliği Sputnik I isimli ilk yapay uyduyu uzaya fırlatmayı başarmış ve bu sayede uzay çağını başlatmıştır. Bununla birlikte Amerika 1958 yılında 'İleri Araştırma Projeleri Ajansı'nı kurarak internet üzerine askeri çalışmalar yapmaya başlamıştır (Gülel, 2013).

Günümüzde neredeyse her evde olan bilgisayarın kullanımının yaygınlaşması ile bilginin dijitalleşmesi döneme adını vermiştir. ENIAC adlı bilgisayar, 1946 yılında

Amerika'da yapılmıştır (Çokokumuş, 2012). ENIAC'ın öncesinde saniyede beş işlem yapabilen Mark 1 isimli bir bilgisayar icat edilmiştir (Ayvaz, 2008). Bilgisayarın askeri amaçlı kullanımdan çıkarak ticarileşip önce işletmelere daha sonra da evlere girmesi Üçüncü Sanayi Devrimi döneminde hayata geçmiştir.

Üçüncü Sanayi Devrimi sürecinde, bir sonraki devrimin temel teknolojileri olarak anılacak buluşlar da yapılmıştır. Dördüncü Sanayi Devrimi'nin en önemli teknolojileri arasında yer alan 'Nesnelerin İnterneti' kavramı ilk kez bu dönemde tanımlanmıştır. 1999 yılında Kevin Ashton tarafından ortaya atılan bu kavram, nesnelerin kendileri arasında ve insanlarla iletişim kurabilecekleri bir yapıyı temsil etmektedir. Bu teknoloji bir işletmenin tüm bileşenlerini birbirine bağlayan bir üst sistem haline getirmektedir (Banger, 2016). Ancak bu teknoloji Ashton tarafından açıklandıktan sonra fazla kullanım alanı yakalayamamıştır. Bunun nedeniyse o yıllarda bu Nesnelerin İnternetini destekleyecek alt yapının çok yetersiz olmasıdır. Önemli bir vizyonla geliştirilen bu teknoloji, değeri sonraki dönemlerde anlaşılacak verinin, sadece insanlardan değil, nesnelerden de toplanabileceğini ortaya koymuştur. Mevcut altyapı sorunlarına çözüm üretilmesiyle nesnelerin interneti gibi teknolojilerin çoğu sektörde derinlemesine bir değişimi tetikleyeceği fark edilmiş ve nihayetinde Dördüncü Sanayi Devrimi süreci başlamıştır.

3.1.4. Dördüncü Sanayi Devrimi

Dördüncü sanayi devrimine kadarki süreçte hem üretim miktarı hem de üretim şeklinde teknolojiye bağlı olarak değişiklikler meydana gelmiştir. Her bir sanayi devri; üretim yapısı ve çıktıları olarak birbirinden farklılık göstermektedir. Fakat başlangıç aşamasında olan Endüstri 4.0, yapısı itibari ile diğer tüm dönemlerden farklılık göstermektedir. Internet ve bilişim teknolojisinin Endüstri 4.0'da yaygınlaşması, bütün bilgilerin aynı anda paylaşılmasına imkân tanımakta ve bu şekilde hızla gelişmektedir. Ayrıca büyük işletmelerin üretim yapılarındaki gelişmeler, diğer endüstri dönemlerine göre yoğun biçimde değişmiş olup ve bu yüzden yeni bir dönem olarak tanımlanmasına yol açmıştır. Günümüz hal ve şartlarında Endüstri 4.0; bireylerin ortalama yaşam sürelerinin artış göstermesi ve yaşayış tarzlarının değişmesiyle birlikte ihtiyaçların karşılanması amacıyla üretim biçimlerinde yapılan önemli değişiklikler aracılığı ile ortaya çıkmıştır.

2013 yılında Hannover Messe fuarında Almanya Endüstri 4.0'ı "Resmi Sanayi Politikası" olarak belirleyeceğinin ilk sinyalini vermiştir. Bu yeni dönem insan gücüne gereksinim duyulmadan makinelerin kendi kendine bir diğer ifadeyle otonom olarak çalışmasını gerçekçi kılmaya başlamıştır. Devrim sürecinde gerekli yazılım alt yapısına sahip akıllı makinalarla gen diziliminden, nano teknolojiye, yenilenebilir enerjiden sera teknolojilerine kadar birçok alanda teknolojilerin karşılıklı iletişimi ve etkileşimi tüm dünyada etkili olmaya başlamıştır (Gulin ve Uskov, 2017).

Endüstri 4.0'ı diğer sanayi devrimlerinden farklı kılan unsurlar; sensör, veri, bilgi ve işlemdir. Sensör; çevremizdeki sıcaklık, basınç, gibi fiziksel ya da kimyasal büyüklükleri algılayarak elektrik sinyallerine çeviren cihazdır. İnsanların etraflarında yaşanan olayları duyu organları sayesinde algılamalarına benzer bir durum sensörde de meydana gelmektedir. Veriler bu sensörlerle işlenerek anlamlı bilgilere dönüşmekte daha sonrasında bu bilgiler yeni işlemleri tetiklemektedir.

Şekil-1: İşlem bazlı Endüstri 4.0 (Sener ve Elevli, 2017)

3.2. Endüstri 4.0 Kavramı

Dördüncü sanayi devrimi veya Endüstri 4.0, ülkeden ülkeye göre değişiklik gösteren isimlendirmeleri mevcut olan bir kavramdır. Endüstrileşmenin dördüncü dönüşümü; Almanya'da "Platform Endüstri 4.0", ABD'de "Endüstriyel İnternet" (Nesnelerin Endüstriyel İnterneti), Japonya'da "Toplum 5.0", Çin'de "İnternet +",

Güney Kore'de "Akıllı Fabrika" ve "Akıllı şehir" gibi değişik tanımlarla ortaya konulmaktadır. Endüstri 4.0"ı tanımlamak adına değişik kavramlar öne sürülmektedir. "Sanayi 4.0", "Endüstriyel İnternet", "Dijital Sanayi Çağı", "Makineden Makineye", "Akıllı Fabrika-Akıllı Üretim" bu kavramlardan bazılarıdır. Görüldüğü üzere, dördüncü sanayi devriminin kavramsallaştırılmasında ve tanımlanması esnasında uzlaşılmış bir ifade bulunmamaktadır (Gür ve diğerleri 2017). Literatürde incelenen Endüstri 4.0 tanımlarından bazıları aşağıdaki gibidir:

"Tüketiciler tarafından talep edilen bir ürünün yaşam döngüsü çerçevesinde siparişten teslime kadar bütün sürecin tam bir kontrol altında tutulduğu, her türlü fonksiyon ve faaliyetin otonom sistemlerle yerine getirildiği, müşterilerin talep ve beklentilerine en üst düzeyde cevap verilebildiği bir süreci ifade etmektedir " (Görçün, 2016).

Tedarik zinciri içindeki tüm aktörlerin otomasyon aracılığıyla birbirleri ile entegre çalışması ve makinelerin de süreç içerisinde birbirleriyle, tedarikçilerle, birimlerle ve müşterilerle iletişim kurarak esnek üretim sistemine geçilmesi olarak ifade edilmektedir (Kabaklarlı, 2016)

Endüstri 4.0, siber fiziksel sistemlerin ve nesnelerin internetinin akıllı fabrikalar ile bütünleşik hale getirilerek mamullerin, işletme içi ve çevresinin iletişimini sağlayan bir değer zincirinin oluşturulması ve üretimin otomasyona bağlanarak dijitalleşmesi olarak tanımlanmaktadır (Koçak ve Diyadin, 2018).

Endüstri 4.0; sosyal, ekonomik ve ticari olayları iyi bir öngörüyle tahmin etme, planlama ve kontrol etme gibi amaçlarla kullanılan karmaşık fiziksel makineler ve araçların, sensör ve yazılımlar vasıtasıyla entegrasyonu ya da ürünlerin yaşam döngüsü süresince yeni bir değer zinciri organizasyonunun yönetimi olarak tanımlanmaktadır (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017).

En basit tanım ile Endüstri 4.0; ileri düzey bilgi teknolojileri ve internete ek olarak, geleneksel sanayi faaliyetlerinin de güçlü yönlerinin ilave edilmesi ve bunların birbirleriyle bütünleştirilmesi sürecidir. Akıllı üretim dönemi olarak da ifade edilen

Endüstri 4.0; nanoteknoloji, robot, uzay, biyoteknoloji, gibi ileri teknoloji alanlarındaki büyük gelişmelerin etkisi ile nesneler ile iletişimin ve etkileşimin sağlandığı bir dönem olarak da tanımlamak mümkündür. Akıllı fabrikalarda, akıllı ürünlerin üretilmesini ve akıllı sistemler aracılığıyla dağıtılmasını sağlayan bütünleşik bir sistem olarak da tanımlanabilir (Şekkeli ve Bakan, 2018).

3.3. Endüstri 4.0 Bileşenleri

3.3.1. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin İnterneti sıklıkla kullanıldığı adı ile "Internet of Things", internet erişimi olan nesnelerin küresel ölçekte yaygınlaşmış bir ağ altyapısı sayesinde belli protokollere bağlı olarak birbirleri arasında iletişim kurabilmeleri şeklinde tanımlanmaktadır. Bununla birlikte nesnelerin interneti: çeşitli iletişim protokolleri doğrultusunda birbirlerine bağlanmak suretiyle iletişime geçen ve bilginin paylaşımı ile akıllı bir ağ meydana getiren nesnelerin tamamı olarak ifade edilebilmektedir (Kabaklarlı, 2016).

Özellikle mobil telefonlar başta olmak üzere, bilgisayarların, beyaz eşyaların, sunucuların ve diğer elektronik cihazların "akıllı" hale gelmesi ve bu "akıllı" yapının gün geçtikçe daha da ilerlemesi, cihazlar arasındaki haberleşmeyi büyük oranda artırmıştır. Ayrıca, akıllı nesnelerin kullanım oranı dünya genelinde gün geçtikçe artmakta sensör, kablosuz ağ gibi iletişim unsurlarına erişim maliyet anlamında kolaylaşmaktadır. Bu durum "nesnelerin internetinin" ilerleyişini önemli ölçüde etkilemekte ve hızlandırmaktadır. Son zamanlarda, kablosuz sensör ağları, gömülü sistemler ve ucuz sensörler nesnelerin interneti kavramının yükselişini teşvik etmekte, bu kavram çerçevesinde birçok işletme Endüstri 4.0 ve nesnelerin interneti alanlarına yatırım yapmakta, bu konuda çözümler üretmektedir. Nesnelerin interneti neredeyse bütün endüstrilerde ve lojistik faaliyetlerde kullanılabilme potansiyeline sahip olan bir fenomen halini almıştır (Kargın, 2019).

Nesnelerin interneti, çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşenlerden ilki önceden tanımlanan hareket ve durumlar dizinidir. Sistemin tetiklenmesini sağlayacak durum, eylem ve hareketlerin değişik şekillerde nitelendirilmiş olması gerekmektedir. Bununla birlikte farklılık oluşturan her durum için farklı algoritmalar belirlenmektedir.

Örnek vermek gerekirse gıda üretimi yapan bir işletmede farklı araçlar kullanılarak hava sıcaklığı ölçülebilmekte, bu doğrultuda üretim süreçleri şekillendirilebilmektedir. Dolayısıyla hava sıcaklığına ilişkin tüm değerler farklı üretim süreçlerinin uygulanmasına yol açabilecek farklı algoritmalar şeklinde tanımlanabilmektedir. Tanımlanmış bu durumlar sistemin işleyişinin başlaması için ilk hareket olarak kabul edilmektedir.

İkinci ana bileşense, söz konusu durum ve hareketlerin belirlenebilmesi için faydalanılan ekipmanlar ve altyapılardır. Bu ekipmanlar; algılama ve tanımlama sistemleri olup, sensörler, barkod sistemleri ve radyo frekanslı tanımlama sistemler bu ekipmanlar arasında yer almaktadır. Bu ekipmanlar oluşan bir yeni hareketi ya da olağan kabul edilen bir durumda meydana gelen değişimleri tespit ederek, buna ilişkin verileri sisteme göndermektedir.

Üçüncü ana bileşen, elde edilen verinin iletildiği internet ağıdır. Çağımızda bulut sistemleri ve kablosuz bağlantıların kullanılması; veri iletimiyle ilgili çoğunlukla kablolar aracılığıyla sağlanan internet erişiminin, kapasite açısından ve fiziksel olarak sınırlı olması gibi bazı engellerin de ortadan kalkmasını sağlamıştır.

Bir diğer bileşense; verilerin operasyonellik kısıtıyla çeşitli komutlar haline getirildiği yazılımlar ve bilgi işletim sistemlerdir. Bu sistemler çeşitli araçlarla kendilerine taşınan verileri tanımlanmış algoritmalarla karşılaştırarak, mevcut duruma uygun optimal çözümü ortaya koyması ve bunu komutlar haline getirerek, diğer bileşenlere bu komutların gönderilmesi gibi işlevler üstlenmektedir (Kabaca, 2019) Bununla birlikte, sistemde yer alan her bir makine ve ekipman komut alırken eşzamanlı biçimde sisteme ve diğer makinelere veri gönderebilmektedir. Bir makinenin bir başka makineye eş zamanlı komut gönderebilmesi bu sistemin temel unsurlarındandır. Önceki endüstri devrimlerinde süreçler; “insandan insana” iken sonrasında “insandan makineye” olarak değişmiş ve son olarak da dördüncü sanayi devriminde “makineden makineye” dönüşmüştür. Nesnelerin interneti; bu bakış açısına göre ileri seviye teknoloji kullanımı sayesinde üretimdeki insan etmenini olabildiğince minimize etmeye, bu sayede sistemi kusursuzlaştırmaya çalışan bir sistemdir (Görçün, 2017)

3.3.2. Yapay Zeka

Nesnelerin interneti bileşeninde görüldüğü gibi eşyaların, şehir merkezlerindeki yapıların, fabrikalardaki makinelerin internete erişebilir konuma gelmesi insanların manuel olarak işleyip anlamlandırabileceğinden çok fazla ve akış halinde olan veriler üretmektedir. Buradan hareketle yapay zekâya, nesnelerin internetinden gelen verileri analiz etmek, takip etmek ve bu verilerden anlamlı bilgi ve uygulamalar çıkarmak gibi önemli bir görev düşmektedir.

Bilgisayarları insan benzeri bir zekâyla oluşturmak bilgisayarların başlangıcından bu yana araştırmacıların büyük bir hayalidir. Bu hayalin ifadesi olan Yapay Zekâ terimi ise 1956 yılında John McCarthy tarafından türetilmiştir (Smith, 2006). Ancak yapay zeka kavramı türetilmeden önceleri dahi bu konu üzerine çalışmalar yapılmıştır. Alan Turing 1950 yılında "Hesaplayan Makineler ve Zekâ" adını taşıyan ve yapay zeka üzerine yeni ufuklar açan makalesinde makinelerin düşünüp düşünemeyeceğini sormuş ve bu soruyu yanıtlamak için bir test önererek bir makinenin küçük bir çocuğun yaptığı gibi öğrenmesi için programlanabileceği fikrini gündeme getirmiştir (Turing, 1950). İlerleyen dönemde yapay zekanın geliştirilmesinin tahmin edilenden zor olduğu ve mevcut teknolojilerin yetersizliği anlaşıldığı için yapay zeka alanında çalışmalar azalmıştır. Ancak 90'ların sonlarına gelindiğinde IBM tarafından geliştirilen Deep Blue isimli bir bilgisayarın dünya satranç şampiyonu Garry Kasparov'u yenmesiyle yapay zeka alanında önemli bir aşamaya gelinmiştir. Bilgisayarın elde ettiği bu başarıdan sonra diğer önemli gelişmeler arasında; sonraları Apple'ın Siri'sine dönüşecek olan DARPA'nın CALO'su, 2011 yılında Jeopardy! isimli TV yarışmasını zaferle bitiren IBM'in soru cevaplaya bilgisayarı Watson ve günümüzde Google'ın sürücüsüz araçları bulunmaktadır. Google'ın bu araçları, 2009-2016 yılları arasında 2,5 milyon km'den fazla yol yapmış ve bu süre zarfında yalnızca on dört hafif kaza yaşanmış, bu kazaların on üçü insan kaynaklı olmuştur (Bhuiyan, 2016).

Gün geçtikçe zekileşen ve aynı zamanda dördüncü sanayi devriminin genel amaçlı teknolojisini oluşturan yapay zekanın ekonomileri, üretim biçimini ve sosyal yaşantıyı etkilemesi için insanlar gibi bilinç sahibi ya da her alanda zekâ sahibi olması gerekmez. Kapasitesine göre yapay zeka incelendiğinde iki ana kategoriye ayrılabilir. İlki Yapay Dar Zekâdır. Bu zeka tipi yalnızca bir alanda uzmanlaşan ve bu alanda insan zekâsına

eşit ya da daha ileride olan makine zekâsıdır. Yapay dar zeka satrançta ya da çeşitli strateji oyunlarında dünya şampiyonlarını yenebilir ancak yalnızca bir alanda uzmanlaştığı için başka bir görev verildiğinde başaramayacaktır. İkincisiyse Yapay Genel Zekâdır. Yapay genel zeka; bir insanın yapabileceği herhangi bir düşünsel aktiviteyi gerçekleştirebilecek bir bilgisayar sistemini veya her konuda bir insan kadar akıllı bir sistemi ifade eder. Yapay genel zeka teknolojisini geliştirmek Yapay dar zekayı geliştirmekten çok daha zor bir süreçtir ve henüz bilgisayar bilimciler tarafından tüm süreçleriyle birlikte başarılabilmiş değildir (Urban, 2015).

3.3.3. Sibel Fiziksel Sistemler

"Cyber Physical System" (CPS) olarak adlandırılan siber fiziksel sistemler, fiziksel dünyanın sensörler ve işlemciler aracılığı ile sanal dünyaya bağlanmasıdır ya da fiziksel bir sisteme bilgi ve iletişim teknolojilerinin entegre edilerek makine ve insanlar arasındaki etkileşimdir şeklinde tanımlanabilmektedir. İlk defa 2006 yılında Lee tarafından ortaya atılan siber fiziksel sistem kavramı, Endüstri 4.0"da akıllı üretim teknolojilerinin temelini oluşturarak nesnelerin interneti ve bulut bilişim sistemleri gibi tüm teknolojilerin entegrasyonu ile fiziksel ve sanal dünya arasındaki sınırların kaybolmasına odaklanmaktadır (Alçın, 2016; Özsoylu, 2017; Dengiz, 2017). Nesnelerin interneti üzerinden iletişim ve iş birliği yapan siber fiziksel sistemler aynı zamanda akıllı fabrikaların da oluşmasını sağlayarak üretim süreçlerinin gözlemlenebilmesine yardımcı olmaktadır (Bilik ve Topçubaşı, 2018).

Siber fiziksel sistemler; bir üretim sürecinde kullanılan alt süreçleri teknolojik bir ağ yapısı ile birbirine entegre ederek kompleks yapısı sayesinde, üretimin temel prensiplerinden olan gözlemleme, koordinasyon ve denetim gibi unsurların iletişim ve hesap yapma bileşenlerinden oluşan karma teknoloji tarafından yönetilmesidir (Koçak ve Diyadin, 2018: 109; Pamuk ve Soysal, 2018: 6). Siber fiziksel sistemler teknolojisi bu sayede, insan zekası ile yapılması güç işlemleri çok kısa bir sürede gerçekleştirerek internet sayesinde verilere hızlıca ulaşmakta ve işledikleri verileri üretim sürecine yeniden dahil etmektedir (Özsoylu, 2017).

Siber fiziksel sistemler beş aşamadan oluşmaktadır.

- Akıllı İletişim Aşaması

- Verinin Bilgiye Dönüşme Aşaması
- Bilgi Ağlarının oluştuğu Siber Aşama
- Karar Verme Süreçlerinin olduğu Bilişsellik Aşaması
- Geri Bildirim süreçlerinin dahil olduğu Yapılandırma Aşaması (Koçak ve Diyadin, 2018).

3.3.4. Simülasyon

Simülasyon gerçek dünyadaki bir sürecin ya da sistemin bilgisayar vasıtasıyla sanal olarak taklidinin yapılmasıdır (Banger, 2017). Sistemin yapay bir şekilde geçmişini ve geleceğini üreten bu kavram, gerçek sistemin unsurlarını oluşturarak sistemle ilgili kararlar yürürlüğe girmeden önce olası etkinliklerin ne olacağının kestirilmesini sağlamaktadır (Küçükönder ve Uçar, 2015; Yavuz, 2005). Ortaya çıkması muhtemel yeni durumlara göre, simülasyon vasıtası ile hazırlıklar yapılması günümüzde bu kavramın, bir ürünün veya hizmetin hazırlık sürecinden sonraki süreçlere kadar sağlık, eğitim, havacılık, lojistik gibi birçok sektörde başvurulan bir yöntem olmasını sağlamıştır (Çelen, 2017). Ürünlerin ve malzemelerin tasarım aşamalarında üç boyutlu simülasyon tekniğinden günümüzde halihazırda yararlanılmaktadır. Endüstri 4.0 devrimiyle, simülasyon tekniği bir adım öteye taşınarak akıllı fabrikalarda insanlar, makineler ve ürünlerle birlikte fiziksel dünyanın sanal yansımasını oluşturarak yeni bir boyuta erişmektedir. Bu sayede operatörler, makine ayar ve kurulumlarını benzetim aracılığıyla önceden test etme imkanına kavuşarak makine kurulum sürelerinin azalması ve kalitenin artması yönünde eğilimler meydana gelmektedir (TUSİAD, 2016).

Gerçeğin yeniden inşa edilmesi olarak ifade edilen simülasyon, gerçek dünyaya ilişkin bir durumun bilgisayar aracılığı ile yaratılmış üç boyutlu tasvirinin, kullanıcının vücuduna giydiği cihazlar yardımı ile duyusal olarak algılayabilmesini ve yine bu cihazlar aracılığı ile bu yapay çevrenin denetlenmesini sağlamaktadır (Kayabaşı, 2005). Dördüncü sanayi devriminde sanal gerçeklikten en çok istifade edilen sektör olan otomotiv sektöründe, üretim aşamasından öte satış aşamasında da müşteriler simülasyonlar yardımı ile sürüş deneyimi elde edebilmektedir. Aracı satın almadan önce, bu deneyimi kazanan potansiyel müşterilere sanal gerçeklik ortamında da renk, aksesuar değişiklikleri gibi çeşitli opsiyonlar sunulmaktadır.

3.3.5. Büyük Veri

"Büyük Veri" yani orijinal ifadesiyle "Big Data"; belirli bir süre zarfında elde edilmiş, düzenlenmiş veya düzenlenmemiş yani araçlar yardımı ile işlenerek anlamlı bir hal kazanmamış veriler bütünüdür. İnternet ağına bağlı sunucular bilgilerin depolanmasını ve paylaşımını sağlar. Bulut teknolojisi ayrıca bilgiye her zaman ve her yerden ulaşılabilmesini esas alan bir teknolojidir. Nesnelerin interneti teknolojisi ile birebir doğrudan ilişki mevcuttur. Günümüzde işletmeler yoğun rekabet şartlarında alacakları kararları olabildiğince doğru, hızlı ve yüksek katma değerli biçimde almak istemektedir. Bu sebeple oluşturulan tüm veriler yığın şekliyle de önemli hale gelmektedir.

Günümüzde internet kullanıcıları bilerek veya bilmeyerek kendilerine ait olan birçok veriyi sisteme vermektedir. Bir alışveriş sitesinde baktığı ürünler ve geçirdiği zaman, bir sosyal medya ortamında paylaşmış olduğu bir fotoğraf, yer bildirimi veya bir yorum gibi veriler, firmalara müşterilerine sunacakları ürün ve hizmetler konusunda fikir vermektedir. Bu doğrultuda işletmelerin en büyük ihtiyaçlarından olan yüksek hız ve verimliliğe ulaşmada en önemli olanakların başında "Büyük Veri" gelmektedir.

Yaşanan küresel değişimlerle birlikte bilgi kavramı da hızlı bir gelişim süreci içerisindedir. Bilim ve teknolojinin gelişimi ile beraber insanlığın üretmiş olduğu veri ve bilgiler de artış göstermektedir. Bunun yanı sıra, iletişim ve haberleşme alanlarında gözlemlenen gelişmelerle birlikte bireylerin de dolaylı bir biçimde dahi kullanıcı olarak sisteme veri girebilmelerine imkân tanımıştır. Böylece büyük veri olarak bahsedilen sisteme veri akışı sürekli olarak artış eğilimi göstermektedir. Verilerin sadece insanlar üzerinden değil, aynı zamanda nesnelerin interneti çerçevesinde makinelerden de sağlanabilir hale gelmesi; bu veri artışını tetikleyen başka bir etken olmuştur. Buradan hareketle Büyük Verinin, alt sistemleriyle beraber Endüstri 4.0 bileşenlerini besleyen bir üst sistem olduğu söylenebilir (Kabaklarlı, 2016).

3.3.6. Siber Güvenlik

Dördüncü sanayi devrimi; nesnelerin interneti, akıllı fabrikalar, veri transferleri, bulut teknolojisi gibi temelinde dijitalleşme olan yenilikleri içermektedir ancak bu oranda dijitalleşme de siber korsanlara bilgi hırsızlığı ve endüstri casusluğu fırsatları oluşturmaktadır. Dördüncü sanayi devrimi ile birçok işletme siber saldırı riskinin ve etkilerinin artacağını düşünmüş ve buna karşın önlem almak üzere faaliyetlerine başlamıştır.

Dördüncü sanayi devrimi sürecinde gerekli önlemler alınmazsa siber saldırıların olumsuz yıkıcı etkileri olabilir. İşletmelerin veri paylaşımı, bulut kullanımı, akıllı üretim sistemleri gibi dijitalleşmiş tüm süreçlerini çökertebilecek zararlı yazılımlar, şirketlerin üretim faaliyetlerini şüphesiz ki olumsuz yönde etkileyecektir. Bununla birlikte büyük işletmeler siber saldırı tehlikesini risk yönetimi ve ilgili güvenlik stratejileriyle engellenebileceği fikrindedir.

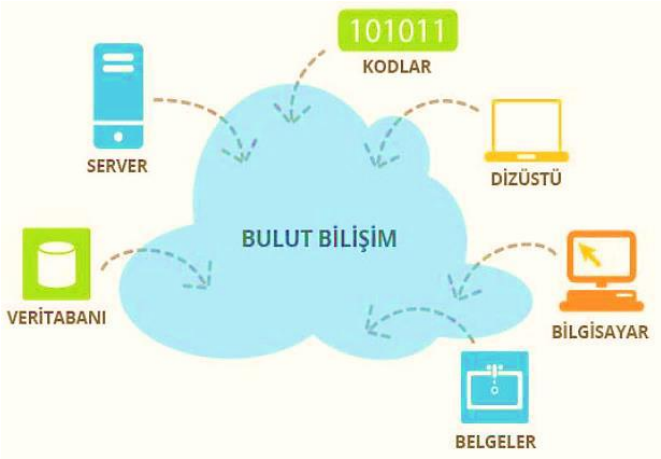
Cihazlara uzaktan erişim, bulut servislerin kullanımı, sanal ortamlar gibi dijital imkânların getirdiği fırsatlardan yararlanabilmek adına kullanılan tüm dijital mecraların güvenliğinin üst düzeyde olması gerekmektedir. Veri ve bilgi güvenliğinin sağlanması, sanayi için de çok önemlidir. Üretim süreçlerinde yer alan unsurların birbirleri içinde güvenli şekilde haberleşebilmesi, diğer lokasyon ve birimlerle etkileşim içerisinde olabilmesi, üretim optimizasyonunun temel önceliklerindendir.

Sıkça güvenlik açıklarının başında, eski donanımlı cihazlar ile yeni donanımlı cihazlar arasında bağlantı kurulması gelmektedir. Söz konusu bu açıklar nedeniyle yaşanabilecek olası problemler, bilgi güvenliğini ihlal edeceği gibi bütün üretim sürecini de riske atabilmektedir. Bu sebeple dördüncü sanayi devrimi sürecinde; verilerin sadece yetkili kişilerin erişebileceği şekilde saklanması, verilerin kaynak doğrulamalarının yapılması ve cihazlar arasında güvenli bir entegrasyonu sağlanması ciddi öneme sahiptir. Bu sayede, işletmeler uzun yıllar boyunca elde ettikleri endüstriyel bilgi birikimlerinin ve tüm verilerinin korunmasını sağlayabilirler. Dördüncü sanayi devrimi ile siber güvenlik faaliyetleri bu bağlamda önem kazanmakta ve işletmeler siber güvenlikten yararlanarak kendilerini geliştirmeye devam etmektedir(Kabakarlı, 2016).

Dördüncü sanayi devriminin beraberinde getirdiği yüksek orandaki veri paylaşımı ve geniş ağ ortamı, işletmelerin siber anlamda güvenlik önlemlerine olan ihtiyacını giderek arttırmaktadır. Bu nedenle büyük işletmeler siber güvenliğin sağlanması amacıyla özgün risk planları doğrultusunda siber güvenlik stratejilerine ihtiyaç duymaktadır. Fikri mülkiyet haklarının, verilerin ve ürünlerin yetkisiz, kötü niyetli kişilerin eline geçmesini engellemek amacı ile işletmeler, fiziki güvenliğin yanında siber güvenlik tedbirlerini de almalı, dördüncü sanayi devrimine uyum göstermek adına mevcut önlemlerini sürekli olarak iyileştirmeli ve güncellemelidir (Görçün, 2017).

3.3.7. Bulut Teknolojileri

Günümüzde gittikçe artan verilerin saklama çözümleri, bulut teknolojileri aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Bulut, internete bağlı olan görünmeyen bir hizmet ağını ifade etmek amacıyla kullanılırken, bulut bilişim veya bulut teknolojisi olarak isimlendirilen "cloud computing" cihazların sabit disklerine ihtiyaç duyulmaksızın, internet aracılığı ve çeşitli ara yazılımlar vasıtası ile verilere ulaşılabilmesi, depolanabilmesi ve bu verilerin işlenebilme özelliklerinin elde edilmesidir (Aytekin ve diğerleri, 2016; Sarıtaş ve Üner, 2013; Gür ve diğerleri, 2017). İstenilen herhangi bir ortamda veya zamanda sağlanan hizmetten yararlanma imkanının bulunduğu bulut bilişim; bilgisayar, tablet, telefon vb. cihazların yeniden kurulum gerektirmeden başka sunuculara hatta cihazlara bağlanmasına ve verilere erişmesine imkan veren internet tabanlı bir teknolojidir (Sarıtaş ve Üner, 2013; Kavzoğlu ve Şahin, 2012).



Şekil-2: Bulut Bilişim Sistemleri (Aytekin, 2016)

Bulut bilişim teknolojisi bazı avantajları da beraberinde getirmektedir. İşletmelere sağlanan maliyet etkin çözümler bu anlamda en önemli avantajdır. Bulut bilişim hizmetinden faydalanan küçük ve orta ölçekli işletmeler, büyük işletmelerin sahip olabileceği bilişim altyapısına uygun fiyatlarla ve yatırım yapmadan entegre olabilmektedir. Bununla birlikte işletmeler bulut bilişim hizmetlerinden yararlanarak bu operasyonları yönetecek işgören maliyetlerinden de kurtulabilmektedir. İşletmelere büyük ölçüde esneklik sağlayan bulut bilişim teknolojisinde, kullanıcıların ihtiyaçları dahilinde kapasite kolaylıkla arttırılabilmektedir. Dünyanın farklı yerlerinde tesisleri ve işgörenleri olan işletmeler için esneklik oldukça önemli bir değerdir. Bulut bilişim teknolojileri işletmelere kaliteli hizmet olanağı da sağlamaktadır. Asıl faaliyet alanı bilgi teknolojileri olan servis sağlayıcılar; güncel gelişmeleri takip etmekte, alt yapılarının güçlü olması adına uzman personel bulundurmakta ve işletmelere daha kaliteli hizmet sunmaktadır (Seyrek, 2011). İşletmeler ayrıca bulut teknolojisi ile verilerini güvence altına alabilmektedir. Kişisel ve kurumsal bilgisayarlarda ve yerel ağ altyapılarında meydana gelen herhangi bir arıza durumunda, verilerin yok olma tehlikesi bulunurken bulut bilişimde depolanan veriler yedeklenerek silinme durumuna maruz kalmamaktadır (Sarıtaş ve Üner, 2013).

Bulut bilişim teknolojisi kullanıcılarına sağladığı avantajlar yanında, yapısında bazı riskler ve sınırlamalar da barındırmaktadır. Veriler bulut sistemi üzerinde depolandığı için siber saldırılara açık hale gelebilmektedir (Elitaş ve Özdemir, 2014). İşletmeler bazen sahip olduğu verilerinin nerede, ne şekilde depolandığına dair bilgisi olmadığı için eğer farklı bir ülkede verileri depolanıyor ise ülkeler arasında veri gizliliği konusunda yasal farklılıklar oluşabilmektedir (Seyrek, 2011). Bununla birlikte bulut bilişim hizmetlerine erişebilmek için internetin gerekli olması, bağlantı hızı yavaşladığında çalışma sistemini de yavaşlatabilmekte ve verim düşmektedir (Göktaş ve Baysal, 2018).

3.3.8. Üç Boyutlu Yazıcılar

1984 yılında ortaya çıkan ve üretim sisteminde sağladığı inovasyonla tek başına bir devrim olarak tanımlanan üç boyutlu yazıcı teknolojisi, önceleri prototipleme sürecinde yani bir ürünün piyasaya sürülmeden önceki ilk sürümünün test

edilmesinde kullanılırken günümüzde tek başına bir üretim yöntemini tanımlamaktadır (Tutar ve diğerleri., 2018). Bu teknoloji, İngilizce literatürde "3D Printer" şeklinde adlandırılırken "üç boyutlu yazıcı", "eklemeli imalat", "katmanlı üretim", "serbest biçimli üretim", "hızlı üretim" gibi tanımlarla da ifade edilmektedir (Karaarslan, 2015). Üç Boyutlu yazıcı dijital ortamda tasarlaması-modellemesi yapılan bir ürünün, çeşitli malzemeler kullanılarak yazıcı aracılığı ile fiziki nesneye dönüştürülmesi işlemidir. Üç boyutlu modelin nesneye dönüştürülme serüveni, bilgisayar ortamında tasarımı yapılan modelin sanal ortamda katmanlara ayrılmasına ve her bir katmanın malzeme ile üst üste gelecek şekilde basılmasına dayanmaktadır (Çelik ve Çetinkaya, 2016; EBSO, 2015). Yapılan araştırmalarda 2040 yılında her evde en az bir tane üç boyutlu yazıcının bulunacağına dair öngörüler yer almaktadır. Bu çerçevede üç boyutlu yazıcı teknolojisi, evleri adeta bir fabrikaya dönüştürerek tüketicilerin de üretimde söz sahibi olmasını ve özelleşen ürününün hem üreticisi hem de tüketicisi olduğu bir konuma yerleşmesini sağlayacaktır (Çallı ve Taşkın, 2015). Bu sistemde, tüketicinin tasarladığı mamullerin üretimi kısa bir sürede gerçekleşebilmektedir. Aynı zamanda geleneksel üretim sürecinde meydana gelen atıkların üç boyutlu yazıcı teknolojisinde oluşmaması, ham maddenin daha verimli kullanılması ve çeşitliliği fazla ürününün tek bir makine aracılığıyla basılması gibi bazı avantajlar sunmaktadır (Karaarslan, 2015).

Üç boyutlu yazıcı teknolojileri vasıtasıyla müşteriler veya işletmeler; talep edilen bir mamulü belirtilen zamanda ve belirtilen miktarda üreterek "Just in Time" yani tam zamanında üretim kavramına da katkıda bulunulmasını sağlayacaktır. Kullanılan bu teknolojiyle sıfır stokun oluşmasını sağlayarak tedarik zinciri yönetiminin karmaşıklığını ve dolaylı olarak tedarikçilerin rolünü azaltacaktır (Akben, 2017). Aynı zamanda bu üretim sistemi, lojistik ve stok yönetimi faaliyetlerin üretim üzerindeki etkisini azaltarak bilgi teknolojileri, modelleme, ürün tasarımı ve araştırma geliştirme faaliyetlerinin etkisini arttıracaktır. Üç boyutlu yazıcı teknolojisi olumlu değişimlerinin yanında, seri üretim ile karşılaştırıldığında günümüz şartlarında daha maliyetli ve yavaş olduğu görülmektedir. Üç boyutlu yazıcılar, günümüzde az sayıda ileri teknolojik üretim için kullanılsa da seri üretime henüz elverişli değildir ve büyük nesnelerin yazdırılmasında çeşitli güçlükler yaşanmaktadır (Çallı ve Taşkın, 2015; Karaarslan, 2015).

Üç boyutlu yazıcı teknolojisi; başta otomotiv, medikal, havacılık ve uzay sanayi olmak üzere birçok sektörde kullanılmaktadır. Sağlık sektöründe sıkça başvurulan üretim yöntemlerinden biri olan üç boyutlu yazıcı teknolojisi aracılığıyla protez kol ve bacaklar, ağız ve diş cerrahisinde kullanılan özel ürünler, işitme cihazları vb. ürünler üretilmektedir. Gelecekte organ üretiminin dahi yapılabileceğinin öngörüldüğü üç boyutlu yazıcı teknolojisinde, 2025 yılına gelindiğinde ilk karaciğer naklinin bu yolla gerçekleşmesi ve organ nakli bekleyen hastalara umut ışığı oluşturması beklenmektedir. Yine araştırmalara göre, 2025 yılında tüketim mallarının yüzde beşinin üç boyutlu yazıcı vasıtasıyla ile üretilmesi öngörülmektedir (Schwab, 2017).

3.3.9. Akıllı Endüstriyel Robotlar

Robot tanım olarak, belirli bir işi yerine getirmek için kendisine çeşitli işler yaptırılabilen programlanabilir elektromekanik cihazlar olarak ifade edilmektedir. Robotla gerçek bir kullanıcı veya bir bilgisayar vasıtasıyla otonom olarak çalışabilmektedirler. Çağımızda robotlar neredeyse tüm sektörlerde kullanılmaktadır. Özellikle otomotiv sektöründe robotlardan sıklıkla yararlanılmakta; kaynak, boyama, kalite kontrol, montaj gibi önemli süreçleri kendi başlarına gerçekleştirmektedirler. Objektif çözümleme yetenekleri ile insan kaynaklı hataların minimize edilmesi için kullanılan robotlar, günümüzde çok yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu sebeple robotlar, dördüncü sanayi devriminin hedefi olan akıllı, karanlık fabrikaların kurulabilmesi için çok büyük önem taşımakta ve bu çağa öncülük etmektedir. Örnek verilecek olursa, çok yakın gelecekte robotlar ile donatılmış akıllı bir fabrikada, robotlar birbirleri ve diğer lokasyonlardaki robotlarla sürekli iletişim halinde olacak ve böylece iş yoğunluğuna ve çalışan robotların performansına göre iş bölümünü optimize edebileceklerdir. Ayrıca hızlı üretim planı değişikliklerine hemen uyum sağlayabilecek veya müşterilerin kişiselleştirilmiş anlık ihtiyaçlarına göre esnek üretim faaliyetleri gerçekleştirebilecektir.

Sanayide kullanılan robotlar; kavrama, çözümleme ve veri toplama süreçlerinde giderek daha kabiliyetli hale gelmektedir. Robotların endüstrilerde etkin bir rol üstlenmesiyle söz konusu üretim alanları insan faktörü kaynaklı problemlerden büyük oranda arınmış, üretim süreçleri standart ölçütler çerçevesinde yeniden

yapılandırılmıştır. İnsan faktörü fizyolojik ve psikolojik özellikleri sebebiyle yeterli seviyede güven sağlayamamakta, üretim süreçlerinin giderek hızlandığı günümüzde yalnızca insan gücüne dayalı endüstriler bu hıza cevap vermekte yetersiz kalabilmektedir. Buna karşılık robotların üretim faaliyetlerinde herhangi bir gerekçe ile hata yapmaları çok zor olmakta bu da yalnızca teknik bir arıza ya da programlama hatası durumunda gerçekleşmektedir.

Endüstriyel robotlar, üretim maliyetlerini azaltabilmektedir. İlk yatırım, satın alma ve kurulum maliyetleri dışında operasyonel seviyede çok düşük maliyetler oluşturmaktadır. Öte yandan robotlar karanlık ortamda da işlevsel olduklarından; insanlar gibi iyi aydınlatılmış, iyi iklimlendirme yapılmış ergonomik üretim ortamlarına ihtiyaç duymamakta, bu sebeple enerji maliyetlerinin önemli ölçüde azaltılabilmesine imkân tanımaktadır (Kabakarlı, 2016)

3.3.10. Arttırılmış Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik, sanal ortamların veya kullanıcıyı tamamen yapay bir ortama çeken sanal gerçekliğin bir çeşididir (Azuma, 1997). 1992 yılında ilk kez Thomas Preston Caudell tarafından ifade edildikten sonra bu alanda araştırmalar başlamıştır (Shaljani, 2018). Azuma (1997) çalışmasında bu teknolojiyi üç özelliği ile birlikte ortaya koyarak sanalı ve gerçeği birleştiren, gerçek zamanlı etkileşimli ve üç boyutlu olarak algılanan bir sistem olarak tanımlamıştır.

Arttırılmış gerçeklik günümüzde; üretim sektörü eğitim, sağlık, pazarlama ve eğlence sektörlerinde de kullanılmaktadır. Bu alana yatırım yapmış ileri teknoloji şirketleri, geliştirdikleri yeni teknolojilerle insanların sanal dünya ve tasarlanan nesnelerle etkileşime geçmesine olanak tanımaktadır.

Gerçeklik kavramının sanal ve artırılmış olarak ikiye ayrıldığını belirtmekte yarar vardır. Çünkü çoğunlukla bu kavramlar karıştırılmakta veya aynı şeyi ifade ettikleri düşünülerek birbirleri yerine kullanılmaktadır. Sanal gerçeklik, bilgisayarlar tarafından taklit edilerek oluşturulmuş bir ortamı tanımlar (Banger, 2017). Bir gözlük takarak, kendimizi oyun ortamında bulduğumuzda bu sanal gerçeklik ile sağlanmıştır. Bu haliyle gerçek dünya ile iletişim ortadan kalkar, çevremizdeki değil sentetik

dünyadaki nesneleri görmeye başlarız. Artırılmış gerçeklikte ise gerçek dünya ile etkileşimde kalmaya devam eder, gerçek dünyayı daha zenginleştirilmiş bir halde algılamamızı ve görmemizi sağlar. Buradan hareketle artırılmış gerçeklik; veri, ses, görüntü ve grafiklerin gerçek dünya görüntülerine eklenerek, sanal ve gerçek nesnelerin aynı ortamda birlikte algılanmasına imkân veren bir teknoloji olarak ifade edilebilir (İçten ve Bal, 2017).

Google kurduğu ARCore isimli platformda, bu teknoloji ile ilgili deneyimlerini ortaya koymaktadır. ARCore, farklı uygulamalar kullanarak akıllı telefonların çevresini algılamasına ve etkileşime geçmesine imkan sağlamaktadır. Apple ARKit ile tasarlanan Ikea Place uygulaması arttırılmış gerçeklik için güzel bir örnektir. Bu uygulama koltuk, kanepe ve masalara kadar ürün gamındaki herşeyin üç boyutlu ve gerçek ölçekli modellerini içerir. Böylelikle uygulama üzerinden içinde bulunulan taranarak ihtiyaç duyulan malzemelerle yeniden tasarlanabilir. Bu teknoloji üretimin dijitalleşmesine yardımcı olmaktadır. AGCO isimli traktör üretim işletmesi üretim hattında Google Glass'ı aktif olarak kullanmaktadır. Giyilebilir bir teknoloji olan Google Glass ile üretim programlarının verimliliği, kalitesi ve güvenliği artmaktadır. Şirketin 2016 yılında yaptığı bir çalışmada, bu ileri teknolojinin üretkenliğe ve ürün kalitesine olumlu etki sağladığı ortaya konulmuştur. Ürünün tasarım aşamasında da bu teknolojiden yararlanılmaktadır. Üretime başlamadan önce müşterilere ürünün özelliklerinin tanıtılmasına ve son halinin gösterilmesine imkan sağlayan arttırılmış gerçeklik, ürüne olan talep üzerinde de pozitif katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte kendi sanal gerçeklik laboratuvarını kuran Ford, aracın üretimine başlanmadan önce sanal gerçeklik gözlükleriyle ürünlerin iç ve dış tasarımlarını inceleyebilmekte ve gerekli düzenlemelerin o ortamda yapılmasına imkan sağlamaktadır (GE Türkiye Blog, 2019).

3.3.11. Entegre Sistemler

Entegrasyon kelimesi bütünleşmiş bir sistemi ifade etmek amacıyla kullanılmaktadır. Entegre sistemler, bir işletmenin sunduğu ürün ve hizmetlerin ortaya çıkması ve sunulmasında talep edilen her türlü sürecin birleştirilerek tek bir sistem haline getirilmesi olarak tanımlanabilir. Entegre sistemlerin işlevsel bir şekilde çalışabilmesi için öncelikle yatay, dikey ve uçtan uca mühendislik entegrasyonlarının

gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu entegrasyonlar sayesinde gerçek zamanlı veri akışı sağlanabilir.

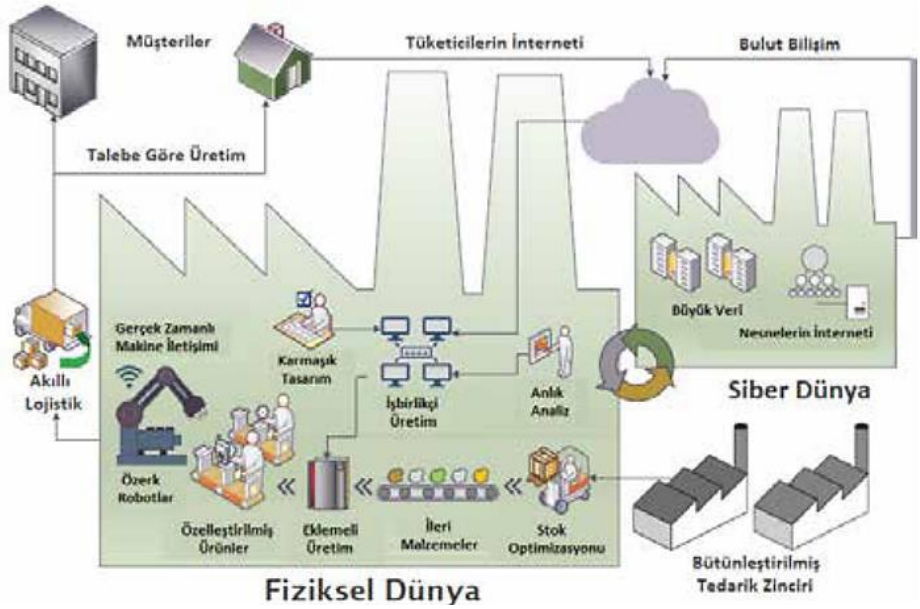
Entegre sistemler sayesinde üretim süreçlerinde herhangi bir değişiklik olduğu takdirde, hızlı bir şekilde yanıt verilebilmekte ve tedarik zincirleri daha çevik bir yapıya kavuşmaktadır. Değer zincirlerinde sağlanan bütünlük sayesinde, Endüstri 4.0 teknolojilerinde ürün ve hizmetler kişiye özel olarak dönüştürebilmekte ve işletmeler daha esnek bir yapı elde etmektedir (SIEMENS, 2016).

3.3.12. Akıllı Fabrikalar

İngilizce "Smart Factory" olarak adlandırılan akıllı fabrikalar, üretim sistemlerinin insan faktöründen arındırılarak akıllı hale gelmesini tanımlamakta "geleceğin fabrikaları" veya "karanlık fabrikalar" olarak da ifade edilmektedir. Üretim süreçlerine konu olan tüm birimlerin birbirleri ile haberleşmek üzere, nesnelerin interneti teknolojisini kullandığı ve ihtiyaç duyduğunda büyük veri sistemlerine başvurduğu akıllı yapılar, birbirleri ile derin bir şekilde iletişim halinde olan otonom sistemler olarak tanımlanmaktadır. Geleneksel fabrikalardan farklı olarak, akıllı fabrikalarda makineler herhangi bir sorun ile karşılaştığında üretimi otomatik olarak durdurabilme yetkisine sahip olabilmekte ve yalnızca gerekli bir durum söz konusu olduğunda insan müdahalesine ihtiyaç duymaktadır (Davutoğlu ve diğerleri, 2017; Görçün, 2016). Bu sistemler kendiliğinden organize olabilen üretim süreçlerini içermektedir.

Akıllı fabrikalarda fiziksel ve sanal dünya birleştirilerek makine, robot ve diğer bileşenler otonom özellik sergilemekte ve tedarikçilerden müşterilere kadar tüm değer zinciri organizasyonlarına anlık eş zamanlı veriler sağlanmaktadır. Bu fabrikalarda, karmaşık üretim süreçleri çok rahat bir şekilde yönetilebilmekte ve müşterinin ihtiyaçları doğrultusunda esnek üretim sağlanmaktadır. Üçüncü sanayi devrimiyle gerçekleştirilen ve işletmelere rekabet etmede önemli avantajlar sağlayan kişiselleştirilmiş mamullerin üretimi, dördüncü sanayi devriminin temel unsurlarından olan akıllı fabrikalar ile bir üst boyuta taşınmıştır. Stok maliyetlerinin de önemli ölçüde önüne geçilmesini sağlayan akıllı fabrikalarda, yalın üretim şekillerinden olan tam zamanında üretimin gerçekleşmesi, makinelerin üretim kaynaklarını planlayabilmesi

sayesinde üretilen ürünlerin gönderimi, akıllı lojistik sistemleri aracılığıyla gerçekleştirilmektedir (EBSO, 2015).



Şekil-3: Akıllı Fabrikaların Şematik Görüntüsü

Geleneksel fabrikalara kıyasla, akıllı bir ekosistem içerisinde üretilen ürünlerin yapısında da değişiklikler meydana gelecektir. Akıllı fabrikalar, ürünün tedarik aşamasında temin edilecek ham maddelerin kimden, ne zaman, nasıl, ne miktarda tedarik edileceğine ve ham maddenin mamule dönüşüm sürecinde paketlenmesinden, nasıl sevk edileceğine dair yapının planlanmasını ifade etmektedir. Bu ekosistem çerçevesinde, üretimi gerçekleşen akıllı ürünler diğer akıllı ürünlerle bağlantı sağlayarak tüketicilerin kullanımına ilişkin verileri saklayacak ve hangi koşullarda uyumlu çalışabileceğini ortaya koyabilecektir (Gür ve diğerleri, 2017; Öztuna, 2017).

Dördüncü sanayi devrimi döneminde, üretimin dijital hale gelmesi ile birlikte akıllı fabrikalarda; sanal gerçeklik, simülasyon vb. teknolojiler aracılığıyla ürünler daha piyasaya sürülmeden önce elektronik ortamda izlenerek gelecekleri hakkında öngörüler sağlanabilecektir. Gelecek hakkında önemli kararlar alınmasına etki eden bu sistemler, ürünlerin daha az maliyetli, daha kaliteli ve daha hızlı bir şekilde piyasaya sürülmesine imkan sağlayacaktır. İnsan faktöründen arındırılan karanlık fabrikalarda, RFID ve sensör etiketleri yardımı ile ürünün hangi işlemlere tabi

tutulmasını bilen robotlar üretimin sıfır hata ile gerçekleşmesine olanak tanıyacaktır (Kayapınar, 2017).

Akıllı fabrikalar ile gelecekte iş kayıplarının yaşanması öngörülse de insanlardan kaynaklı hatalı üretimlerin önüne geçilerek önemli derecede maliyet avantajı ve verimlilik de beraberinde gelecektir. Geleceğin fabrikaları ile akıllı makinelerin üretimi ve bakım-onarımını sağlayan çalışanlara daha çok ihtiyaç duyularak kişilerin bilgi ve birikimlerinin daha verimli işlerde kullanılması sağlanacaktır.

3.4. Endüstri 4.0'ın İşletme Fonksiyonlarına Etkisi

İşletmelerin varlığını devam ettirmede yerine getirmeleri gereken birçok fonksiyon bulunmaktadır. Teknolojik bileşenlerin birleşiminden meydana gelen dördüncü sanayi devriminin, başta üretim olmak üzere, işletmenin tüm temel fonksiyonlarına etkisinin kaçınılmaz olduğu düşünülmektedir. Bu bölümde, Endüstri 4.0'ın işletmenin temel fonksiyonlarından olan üretim, pazarlama ve muhasebe ve finans birimlerine olan etkisine yer verilmektedir.

3.4.1. Üretim Fonksiyonuna Etkileri

Dördüncü sanayi devrimi içerdiği otomasyon ağırlıklı ve entegre sistemlerle gerekli girdilerin ürüne veya hizmete dönüştürülme süreçlerini kapsayan üretim fonksiyonunda, köklü değişiklikler meydana getirmektedir. Bu değişikliklerde, makine gücü insanın yerini alarak üretim sistemleri kendi kendini yönetebilir ve birbirleri ile etkileşime geçebilir hale gelmektedir. Sistemin kendisi, akıllı üretim olarak adlandırılırken sistem içerisinden çıktılara dönüşen ve çeşitli teknolojik süreçlerden geçen ürünlerse akıllı ürün olarak ifade edilmektedir. Endüstri 4.0, üretim işlemlerinin gerçekleştirildiği fabrikalarda da bir dönüşüm yaratmaktadır. Üretimde insan faktörünün devre dışı bırakılması ile tamamen otonom bir sisteme geçişin yatırım maliyetleri her ne kadar bir işletme için fazla olsa da Dördüncü sanayi devrimi bu anlamda birtakım avantajlar da sunmaktadır. Bu avantajlardan bazıları şu şekildedir (Bolat, 2019):

- İleri teknoloji içeren katma değeri yüksek ürünlerin düşük maliyetlerle üretilmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte üretimin yüksek derecede gelişmiş makinelere devredilmesi sebebiyle işçilik maliyetlerini ve ucuz işgücü ihtiyacını minimize edebilmektedir.
- Üretimde insana dayalı hata payının minimize ederek yüksek kalite, düşük fire oranları ve verimlik artışı elde edilmektedir.
- İşletmelere rekabet avantajı sağlamak adına müşterinin talep ve ihtiyaçlarına göre üretimi öngören kişiselleştirilmiş üretim modelinde esneklik sağlamaktadır.
- Üretimin dijital teknolojiler ile desteklenmesi ile birlikte, geçmiş dönemlere kıyasla ürünün pazara arzından, son kullanıcıya ulaştırılmasına kadar olan sürece de hız kazandırmaktadır.

3.4.2. Pazarlama Fonksiyonuna Etkileri

Endüstri 4.0'ın pazarlama fonksiyonuna olan etkilerinden bahsedebilmek için sanayileşmenin ilk çağından, günümüze kadarki evriminden bahsetmek isabetli olacaktır. işetmeler adına değer elde etme misyonu üstlenen pazarlama, günümüze kadar üç temel aşamadan geçmiştir. Bunlardan ilki, Pazarlama 1.0 olarak adlandırılan ürünün odakta olduğu dönemdir. Bu dönem müşteri ihtiyaçlarının dikkate alınmadığı, satış odaklı ve geleneksel medyanın pazarlama kanalı olarak tercih edildiği bir süreçtir (Öz ve Arslan, 2019: 245). Sürecin bir sonraki aşaması Pazarlama 2.0 ise tüketicinin merkezde olduğu müşteri odaklı bir yaklaşımdır. Bu dönemde işletme stratejileri müşterinin istek ve ihtiyaçlarına göre belirlenerek üretim gerçekleştirilmekte ve mamulün değeri tüketici tarafından tespit edilmektedir (Ertuğrul ve Deniz, 2018: 160-161). Günümüzde rekabet avantajı elde etme konusunda sosyal sorumluluk projeleri aracılığıyla dünyayı daha iyi bir yer haline getirme hedefiyle hareket eden işletmeler, insanlar için mal vehizmet satmanın ötesinde değer yaratmanın öneminin farkına vararak; Pazarlama 3.0 ile insan merkezli anlayış geliştirmektedir. Müşterileri; akıl, kalp ve ruhtan oluşan bir insan olarak ele alan pazarlama 3.0; tüketicilerin ruhuna hitap ederek değer yaratma faaliyetlerine odaklanmaktadır (Büyükkalaycı ve Karaca, 2019).

İnternet ve sosyal medya mecralarının gelişimiyle işletmeler, geleneksel pazarlama kanallarının yanında web siteleri, mobil altyapılar ve çevrimiçi diğer platformları da kullanmaktadır. Bu kapsamda pazarlamada yeni trendlerden biri olan Pazarlama 4.0 ile dijital pazarlama alanında yükselmektedir. Pazarlama 4.0; insana yönelik değer yaratmaya ek olarak, tüketicinin ürün, hizmet ve markayla direkt olarak etkileşime geçmesini sağlamaktadır. Pazarlama 4.0; sanal dünyada dijital bir boyut üstlenirken; pazarlama 1.0, pazarlama 2.0 ve pazarlama 3.0 fiziksel dünya ile geleneksel tarafı oluşturmaktadır (Kotler ve diğerleri, 2017). Satın alma konusunda karar aşamasında olan ve bağlı bulunduğu sosyal çevreyi, gerçek yaşamı ve internet değerlendirmelerini dikkate alan tüketici çerçevesinden, teknolojideki hızlı gelişmelerden ve yoğun rekabet ortamından ötürü pazarlama 4.0 ortaya çıkmaktadır (Büyükkalaycı ve Karaca, 2019).

3.4.3. Muhasebe ve Finansman Fonksiyonuna Etkileri

Dördüncü sanayi devriminin, finansal raporlama standartları ve muhasebe uygulamalarında birtakım değişiklikler yaratması beklenmektedir. Bu kapsamda gerçekleşecek değişimler, iki başlık altında değerlendirilmektedir. Bunlardan ilki, işletmenin bölümleri arasında herhangi bir koordinasyon problemi meydana geldiğinde insan müdahalesine gerek kalmadan, akıllı sistemler aracılığı ile kendiliğinden çözülmesini sağlayan "entegrasyon" kavramıdır. Günümüzde işletmelerde halihazırda kullanılan kurumsal kaynak planlama sistemleri de zaten entegre sistemlerdir ancak departmanlar arasındaki dijital işbirliğine sınırlı seviyede izin vermektedir. Bu çerçevede endüstri 4.0'ın, muhasebe de dahil olmak üzere tüm departmanlar arasındaki iletişime olanak sağlaması beklenmektedir. Muhasebede dönüşüm yaşanılması beklenen bir diğer olgu da dördüncü sanayi devrimi bileşenleriyle muhasebe işlemlerinin de gerçek zamanlı hale gelmesidir. Bu noktada gerçekleştirilen tüm muhasebe işlemleri gerçek zamanlı ve e-defter usulüne uygun bir şekilde kaydedilmektedir. Gerçek zamanlı muhasebe sistemi anlık verileri değerlendirerek akıllı üretim, stok ve lojistik sistemleri hakkında çevrimiçi bilgiler sunacağından denetimin de anlık ve sürekli olarak sağlanması önem arz etmektedir. (Can ve Kıymaz, 2016)

Endüstri 4.0'ın temel bileşenlerinden biri olan ve doğru değerlendirildiği taktirde geleceğe yönelik karar almada işletmelere katma değer oluşturan büyük veri teknolojisinin, finansal tabloların hazırlanma ve denetlenme süreçlerinde birtakım değişiklikler getirmesi beklenmektedir. Genel kabul görmüş muhasebe kuralları ve finansal raporların şekillenmesi hususunda etkileri beklenen büyük verinin, gelecekte işletme bünyesinde bu amaçlar doğrultusunda kullanacağı düşünülmektedir (Özden, 2018). İnternet erişimi olan her ortamdan, kaynaklara ulaşım imkanı sağlayan bulut sistemlerin de muhasebeye birtakım avantajlar sağladığı aşikardır Bulut muhasebe ile uzaktan erişim sağlanarak veriler otomatik bir biçimde sisteme işlenebilmekte, beyannamelerin otomatik bir şekilde doldurularak mevzuat değişikliklerinin gerçek zamanlı takip edilebilmesine olanak sağlamaktadır (Aytekin ve diğerleri, 2016). Nesnelerin interneti teknolojisi, muhasebe denetim süreçlerinde de yenilikler oluşturmaktadır. Denetimin yapılma aşamasında, zaman ve mekandan bağımsızlık önem arz etmekte ve bir erişim protokolüyle denetmenlerin verilere istedikleri yerden ulaşabilmesi sağlanabilecektir. Maddi doğrulama ve uygunluk kontrolünü bu teknoloji sayesinde yapabilen denetmenler, stok kontrolünü de insansız hava araçları yardımı ile gerçekleştirebilme olanağına sahip olabilecektir (Erturan ve Ergin, 2017: 22).

3.5. Endüstri 4.0 Uygulamaları

Önceki bölümlerde üzerinde durulmuş olan Endüstri 4.0'ın temellerini göz önünde bulundurduğumuzda Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıkması beraberinde birçok etkiyi getirmiştir. Gerçekleşmiş olan her endüstri devriminde benzer durumlar yaşanmıştır. Bu bölümde mevcut durumda Endüstri 4.0 alanında Türkiye ve Dünyadaki bazı uygulamalara yer verilmiştir.

3.5.1. Türkiye'deki Uygulamalar

Teknoloji alanında henüz başı çeken bir ülke olmayan Türkiye, ağırlıklı olarak orta-düşük teknoloji seviyesinde üretim gerçekleştirmekte ileri teknoloji üretiminde ise kısıtlı altyapılar sunmaktadır. Bu sebeple, mevcut üretim ve teknoloji altyapısı ile Endüstri 4.0 uygulamalarına tam anlamıyla hazır görülmemektedir. Ülkedeki üretimin büyük bir bölümü emeğe ve daha düşük teknolojiye dayalı olup, sadece büyük işletmelerin görece ileri teknoloji ve otomasyona dayalı üretim yaptığı görülmektedir. Büyük işletmelerin teknoloji kültürlerinin var olması, teknoloji ile uyumlu iş gücü ve

makinelere sahip olması Endüstri 4.0 sürecine daha çabuk adapte olmalarına ve Endüstri 4.0 avantajlarından faydalanmalarına sebep olacaktır. Daha düşük sermaye ve teknolojiye sahip olan küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin, Endüstri 4.0'dan daha az fayda elde etmesi beklenmektedir. Buna rağmen henüz kuruluş aşamasında teknolojik gelişmelere paralel bir üretim ve hizmet planlaması yapan küçük ve orta büyüklükteki işletmelerin Endüstri 4.0'dan daha fazla seviyede yararlanması ve adapte olması beklenmektedir. Türkiye dördüncü sanayi devrimi sürecinde bazı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Bu bağlamda Türkiye'nin Endüstri 4.0'a yönelik yapılan SWOT analizi aşağıdaki gibidir.

Güçlü	Zayıf
• Büyüyen ekonomi • Genç nüfus • Taleplere açık bir iç pazar • Dış pazarlara erişim kolaylığı/mesafeler • Yurtiçi ulaşım kolaylığı • Çoklu kültüre yatkınlık • Teknolojiye yatkınlık • Yaygın mühendislik eğitimi • Sektörel yaygınlık	• Sektörün kamuda tek bir muhatabının olmayışı • Yetersiz iç pazar büyüklüğü • Proje finansman ihtiyacı • Teknoloji geliştirme kültürü • Sektörel regülasyon ve standardizasyon sorunları • İş hukuku • Nitelikli İş Gücü • Akademik Yapı • Bürokratik yaklaşım • Ortak hareket planı
Fırsat	**Tehdit**
• Ekonomik büyüme potansiyeli • Yatırım ortamının devamı • Teşvikler • Yaygın teknokent yapısı, artan ARGE Merkezleri • 20.000'e yakın bilişim firması ile dinamik sektör yapısı • Sektörel işe başlama ilk yatırım oranının düşük olması • Büyük projeler • Birçok yabancı firmanın bulunduğu bir pazar • Yazılım geliştirme potansiyeli	• Yabancı üretici firmaların pazarı baskı altında tutması • İhalelerdeki risk ve sektöre uygun ihale kanunu eksikliği • Kamunun sektörde üretici olarak yer alması • Bürokrasinin sektöre yaklaşımı • İstihdam baskısı • Akademik eğitim kalitesi • Düşük kârlılık ve haksız rekabet • Kamunun özel sektör ile rekabet etmesi • Hukuki sorunlar

Tablo-1: Türkiye için Endüstri 4.0 SWOT Analizi (BİMY, "Bilişimle Kalkınmada Sanayide 4.0", 2016)

TÜSİAD ve Boston Consulting Group ortak bir çalışmayla Türkiye'de "Endüstri 4.0 Dönüşümü" bağlamındaki yetkinlik alanları, teknoloji perspektifi, istihdam boyutu, iktisadi büyüklük, tedarik zinciri içindeki rol gibi unsurlar dahil olmak üzere çeşitli

değerlendirmeler neticesinde altı pilot sektör belirlemiştir. Görüşülen tüm sektörlerde, Endüstri 4.0'ın kimi unsurlarını kapsayan somut adımların halihazırda atıldığı gözlemlenmiştir. Farklı ölçekte ve teknolojik açıdan farklı olgunluk düzeylerine sahip işletmelerin neredeyse tamamında önemli uygulamalar hayata geçmiş veya geçmektedir. Aşağıdaki tabloda bu pilot sektörlerdeki endüstri uygulamaları gösterilmiştir.

Sanayi 4.0 göstergeleri	Sektör	Örnekler
1 Entegre, otomasyonlu ve mükemmel üretim akışı	Beyaz Eşya	**Entegre kalite yönetimi** *Ürünler üretim süreci sırasında takip edilerek ve ön üretim sonrasında yapılan testlerde çıkan hata verilerine dayanılarak fire azaltılıyor ve işleme süreci iyileştiriliyor*
	Makine sistemleri	**Entegre tasarım verileri** *Üretim sürecinde, operasyonları optimum hale getirmek için tasarımdan üretim hattı sonuna kadar dikey veri entegrasyonundan faydalanılıyor*
	Beyaz Eşya	**Yatay veri entegrasyonu** *Tedarikçilerin bazı ERP verilerini görmesi sağlanarak entegre üretim sürecine daha yaklaşılmış oluyor*
2 Sanal ürün tasarımı	Otomotiv	**Sanal fabrika ve ürün tasarımı** *Gerçek üretim ihtiyaçlarına dayanan fabrika simülasyonlarıyla üretimi optimum hale getirmek için, fabrika ve ürün tasarımını entegre eden bir ortak çözüm sunuluyor*
3 Esnek üretim	Beyaz Eşya	**Esnek üretim robotları** *RFID tabanlı akıllı ürünlerle iletişim kuran ve aletleri ve üretim görevlerini ürün çeşidine göre ayarlayan bir üretim hattı uygulamaya geçirildi*
4 Akıllı ve otomatize lojistik	Otomotiv	**Lazer yönlendirmeli otomatik yönlendirmeli araç (AGV)** *Sunucu bilgisayarın envanteri ve üretim programını ve teslimatları kontrol ettiği ve AGV'leri yönlendirdiği lazer yönlendirmeli lojistik sistemler kullanılıyor*
5 Öğrenen süreçler	Kimyasallar	**Kendini optimize eden süreç akışı** *BT algoritması kullanılarak, temel malzeme karışımındaki sorunlar tanınarak, nihai ürün sürecinin kalitesi optimize ediliyor*

Tablo-2: Pilot Sektörlerde Endüstri 4.0 Uygulamaları (TÜSİAD, "Türkiye'nin Küresel rekabetçiliği İçin Bir Gereklilik Olarak Endüstri 4.0– Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi, 2016)

Endüstri 4.0 kavramı dünya çapında etkileriyle birlikte Türkiye için de bir gereklilik halini almıştır. Tüm sanayi devrimlerinde ülkeler açısından etkiler yaşanmış ve sonucunda bu devrimlerden parlayarak çıkan ülkeler geleceğe yön vermeye başlamışlardır. Bu devrimlere uyum sağlayamayan ülkelerde ekonomik olarak gerileme görülmektedir. Bu nedenle Türkiye'de yeni gelişen bu kavramla ilgili devlet kurumları ve özel kurumlarda çalışmalar yerini almış ve Endüstri 4.0'ın gerekliliklerini yerine getirme konusunda politikalar hayata geçirilmeye başlanmıştır. Bu politikalar kapsamında KOSGEB, KOBİ Gelişim Destek Programı dahilinde

"Üretim Ve İhracatta Teknoloji Seviyesi Yüksek, Katma Değerli Ürünlerin ve Kobi'lerin Payının Arttırılması" Programını hayata geçirilmiştir. Bu sayede Türkiye'de başarılı bir endüstri devrimi gerçekleştirilmesiyle dünya çapında rekabet gücüne erişebilmesi hedeflenmektedir. Kurulmakta olan araştırma geliştirme merkezlerinde yapılan yenilikçi çalışmalar, ar-ge, tasarım merkezleri ve teknoloji geliştirme bölgeleriyle kazanılacak avantajların devamlılığı sağlanmaktadır (Yalçın, 2018)

3.5.2. Dünya'daki Uygulamalar

Dördüncü sanayi devrimini mümkün kılan teknolojik gelişmeleri gördükten sonra, Türkiye'nin bu devrimdeki konumunun belirlenebilmesi ve ne şekilde etkileneceğinin analizi için dünyanın mevcut ekonomik ve teknolojik görünümünün ortaya konulması gerekmektedir. Bu açıdan üçüncü sanayi devriminin ekonomik sonuçları üzerine odaklanmak mevcut durumun ifade edilmesi kolaylaştıracaktır. Üçüncü sanayi devriminin dünya ekonomisindeki en önemli etkileri arasında sermaye akımlarının serbestleşmesi ve üretimin yer değiştirmesi gelmektedir. Finansal sermaye en çok getiri sağlayabileceği alanlara ve ülkelere, fiziksel sermaye ve akabinde üretim ise maliyetlerin en az olduğu yerlere kaymıştır. Üretimin en az maliyetle yapılabileceği yerlerin başında ucuz işgücü ve vergi kolaylıkları nedeniyle Çin ve çeşitli Uzakdoğu ülkeleri gelmiştir. 1980'lerden itibaren ABD ve Avrupa'daki işletmeler üretim merkezlerini bu ülkelere kaydırmışlardır. Ancak uzun yıllar ABD'nin ve Avrupalı firmaların üretim üssü olarak çalışan Çin ve Uzakdoğu ülkeleri, yavaş yavaş başkaları için üretim yapmayı bırakmaya ve kendi markaları altında üretim yapmaya başlamışlardır (Eğilmez, 2017).

Teknoloji geliştirmede çeşitli göstergeler ışığında dünyanın genel görünümünü değerlendirdikten sonra dördüncü sanayi devrimini mümkün kılan teknolojilerin hangi ülkeler tarafından geliştirildiği üzerinde durulmalıdır. ABD'de özellikle silikon vadisinde biyoteknolojiden nanoteknolojiye, yapay zekadan robot teknolojisine kadar birçok farklı alanda yeni şirketler kurulmakta ve önemli yatırımlar almaktadırlar. Bu şirketerlin yanı sıra Google, Amazon, Tesla gibi birçok dev firma yapay zekayı hem kendi üretim süreçlerine hem de ürünleriyle entegre etmeye çalışmaktadırlar. Güney Kore ve Japonya robot teknolojisinde ön plana çıkmaktadırlar. Bu iki Uzakdoğu

ülkesinin yanına özellikle Endüstri 4.0 stratejisi ile birlikte Almanya katılmıştır. Çin ucuz elektroniğin yanı sıra ileri teknoloji ürünlerin üretiminde de büyük başarılar elde etmektedir (Ross, 2016). Dünya Ekonomi Forumu'nun 2018 yılında 100 ülkede yaptığı çalışmaya ve hazırladığı rapora göre dünyada şu anda Endüstri 4.0'dan yararlanmak adına kendini diğerlerine göre daha iyi konumlandırmış 25 lider ülke bulunmaktadır. Bunlar; Avusturya, Kanada, Belçika, Çekya, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, İrlanda, İsrail, İtalya, Japonya, Güney Kore, Malezya, Hollanda, Polonya, Singapur, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre, Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri'dir. Bu ülkeler, üretim yapılarını ve üretim süreçlerini karşılaştıran 59 gösterge kullanılarak belirlenmiştir. Bu 25 ülkeden 19'u hali hazırda küresel üretimin yüzde 25'ini oluşturmaktadır. Raporda belirtilen diğer bir unsur ise, araştırmaya tabi olan ülkelerin birçoğunun güncel üretim yaklaşımlarında yeni teknolojilerin benimsenmesi konusunda farkındalıkları bulunduğudur. Raporda, bu ülkelerden 25 lider ülke dışında, 10 ülke yeni teknolojileri ortaya ilk çıkışından itibaren kullanmaya özen gösteren, 7 ülke ekonomik olarak yüksek potansiyele sahip ve 58 ülke ise Endüstri 4.0 uygulamalarını henüz benimsemeye başlamış ülkeler olarak kategorize edilmiştir (World Economics Forum "Readiness for the Future of Production Report, 2018).

Endüstri 4.0 uygulamaları içerisinde var olan ya da yeni ortaya çıkan teknolojik gelişmeleri, etkinliklerini arttırmak, maliyetlerini düşürmek, üretimde stratejik adımlar atmak adına kullanan birçok işletme bulunmaktadır. Bu uygulamalar işletmelerin piyasadaki saygınlıklarını arttırdığı gibi daha verimli çalışma imkânı da sunmaktadır. Bu kapsamda Endüstri 4.0 uygulamalarına ilişkin bazı örnekler aşağıda verilmiştir (Pamuk ve Soysal, 2018; Sniderman ve diğerleri, 2018):

- Son yıllarda Audi, üretimde büyük veriyi kullanarak, büyük hacimli verileri analiz ederek esnek ve yüksek verimli üretim yapmayı hedeflemektedir. Ayrıca Audi, Üretimde robotları kullanarak radikal üretim hatları yaratmaya çalışmaktadır. Bunlar ile beraber şirket 3D yazıcılar ve sanal gerçeklik gibi Endüstri 4.0 uygulamalarını da üretim sistemlerine entegre etmeyi hedeflemektedir.

- 1961 yılında üretim hatlarındaki ilk robotlardan birini kullanan General Motors günümüzde montaj hattında 800 ile 1200 robot kullandığını açıklamıştır. Bunun yanı sıra işçilerin yapmakta zorlandığı, iş güvenliğini tehdit eden ve verimliliğin düşük olduğu durumlarda droneları kullanarak bu etkileri en aza indirmektedir. Ayrıca şirket çok büyük bir arazide yer alan fabrikalarını yine dronlar ile kontrol ederek fazla enerji tüketen montaj tesislerini tespit ederek enerjinin daha etkin kullanılması adına önlemler almaktadır. Ayrıca şirket çok popüler olan Chevrolet Traverse ve Buick modellerini yakında tamamen teknolojiyle donatılmış tesislerinde üreteceklerini açıklamıştır.

- Adidas firması Uzun yıllar üretiminin büyük bir bölümünü ucuz iş gücü ile maliyetten tasarruf etmek amacıyla Çin'de yaptırmaktaydı. Ancak 2017 yılında "Speed Factory" adını verdiği Atlanta'daki fabrikasını tamamen insansız fabrikaya dönüştüreceğini açıklamıştır.

- Ridgeline Pipe Manufacturing Şirketi, son yıllarda kabul edilemez seviyede yükselen maliyetlerini ve kayıp zaman ve malzeme oranını düşürmesi gerektiğinden dolayı esnek üretim platformu benimsemiştir. Bu sayede esnek üretim platformu üretim esnasında yapılan işlemlerin verilerini üreterek üretim hatları ve performans ile ilgili verileri yönetime iletmiştir. Şirket bu uygulama ile üretim ekipmanlarını zaman ve maliyet kaybı yaşamadan kontrol etmektedir.

- Akıllı fiyatlandırma modelini uygulayan, Avrupa Demiryolları Kargo Konsorsiyumu olan Deutsche Bahn AG işletmesi müşterilerinin siparişlerini ve faturalama veri tabanlarını takip eden görüntüleme sensörlerini kullanmaktadır. Bu uygulamayla demir yollarındaki yoğunluğu ve kapasiteleri ile ilgili verileri gerçek zamanlı olarak üreterek müşterilerine anlık duruma göre fiyat vermektedir.

SONUÇ

Günümüzde teknolojinin birçok alanda etkili olmaktadır. Teknolojinin daha önceleri sadece insan yönlendirmeleriyle olan kullanım yapısı, sadece belirli alanlarda kullanılması ve kullanım yaygınlığı/sıklığı günümüzde tamamıyla kabuk değiştirmiştir. Bu değişim teknolojinin bireylerin günlük hayatlarının bir parçası olmasını sağlamış, iş yerlerinin değişilmez asistanı konumuna gelmiş ve hatta insan müdahalesi olmaksızın iş yapabilir konuma ulaşmıştır. Daha önceleri sadece belirli bütçelere sahip girişimcilerin ulaşabildiği yüksek teknoloji 2000'li yıllardan itibaren atılan adımlar, geliştirilen altyapılar ile beraber tüm işletmelerin ulaşabildiği bir noktaya gelmiştir. Ancak teknolojinin devamlı değişim ve ilerleyiş göstermesi, birçok sektörde işletmeler hatta devletler açısından sürdürülebilirlik, kaynakların daha ihtiyatlı kullanılması, maliyetlerin düşürülmesi gibi ihtiyaçlar doğurmuş ve rekabet anlayışını farklı bir boyuta taşımıştır.

Gelinen bu noktada ortaya çıkan bu gereksinimlerin giderilmesi adına, daha önceleri de üzerinde durulduğu gibi, 2011 yılında Almanya'da ortaya çıkan Endüstri 4.0 yeni bir yol haritası olarak uygulanmaya başlanmıştır. Endüstri 4.0'ın çeşitli çevrelerce 4. Sanayi Devrimi olarak adlandırılması bu kavramın sektörlerin ve akademik çevrelerin son yıllarda sıkça başvurduğu bir izlek haline gelmesine neden olmaktadır. Endüstri 4.0'ın içerisinde barındırdığı öğeler baz alındığında daha önce yaşanmış sanayi devrimlerinden çok daha farklı olduğu fark edilmektedir. Endüstri 4.0 uygulamaları olarak karşılaşılan bu öğeler; insan- makine uyumunu arttıran yazılımlar, makine-makine iletişimine imkân tanıyan nesnelerin İnterneti, tamamıyla otonom işlem yapan akıllı robotlar, ortam verilerini elde edebilen siber fiziksel sistemler, üç boyutlu yazıcılar, verilerin saklanmasına, işlenmesine ve analiz edilmesine olanak sağlayan bulut bilişim ve büyük veri gibi ve benzeri kavramlardır.

Bu çalışmada dördüncü sanayi devrimi bir diğer deyişle Endüstri 4.0 kavramı detaylandırılmış, bileşenleri üzerinde durulmuş, Dünya ve Türkiye'deki uygulamaları irdelenmiştir.

KAYNAKÇA

Alçın, S. (2016). Üretim İçin Yeni Bir İzlek. Journal of Life Economics.3(2): 19-30.

Akben, İ. ve Avşar, İ. (2018). Endüstri 4.0 ve Karanlık Üretim: Genel Bir Bakış. Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi. 3(1): 26-37.

Arslan, G. (2018). Çalışmanın Evrimi: Sanayi Toplumundan Sanayi Ötesi Topluma Geçiş. Fırat Üniversitesi İİBF Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi 2(1): 145-162.

Aytekin, A., Erdoğan, Y.ve Kavalcı, K. (2016). Yeni Bir İş Modeli: Muhasebe Alanında Bulut Bilişim. Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi, 30: 46-62.

Ayvaz, Ç. (2008). Türkiye'de İnternet Haberciliğinde Fotoğraf. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü.

Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. Presence:Teleoperators and Virtual Environments. 6(4): 355-385.

Banger, G. (2016). Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletme. Ankara: Dorlion Yayınları.

Banger, G. (2017). Endüsti 4.0 Ekstra. Ankara: Dorlion Yayınları.

Bardakçı, A. (2004). Kitlesel Bireyselleştirme Uygulama Yöntemleri Akdeniz İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. (8): 1-17.

Barutcu H. (2019) Endüstri 4.0 Uygulamalarının Üretim Süreçlerine Etkisi: Bosch Sanayi Ve Ticaret Anonim Şirketi. İstanbul Gelişim Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi

Başer, N. (2011). I. Sanayi Devriminde Teknolojik Gelişmenin Rolü. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Bilik, İ. ve Topçubaşı, N. (2018). Nesnelerin İnterneti Standart Çalışmalarının Endüstriyel Dönüşüm Sürecine Olan Katkılarının İncelenmesi. Irdıtech 2018 Uluslararası Ar-ge, İnovasyon ve Teknoloji Yönetimi Kongresi Bildiriler Kitabı. Okan Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

Boşça, N. (29 Ocak 2017). 'Endüstri 4.0: Bugüne Kadar Geçen Süreç'. https://nazmibosca.com/2017/01/29/endustri-4-0-bugune-kadar-gecen-surec/ (19.03.2020)

Büyükkalaycı, G.ve Karaca, H. M. (2019). Pazarlama 4.0: Nesnelerin İnterneti. Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 54(1): 463-477.

Can, A. V.ve Kıymaz, M. (2016). Bilişim Teknolojilerinin Parekende Mağazacılık Sektörüne Yansımaları: Muhasebe Departmanlarında Endüstri 4.0 Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 107-117.

Çelebi F, Bulut Y. (2016). Kurumsal Kaynak Planlaması (Erp) Ve Erp Yazılımı Kullanan Bir İşletmenin İncelenmesi, Akademik Bakış Dergisi, Celalabat,

Çelik, D.ve Çetinkaya, K. (2016). Üç Boyutlu Yazıcı Tasarımları, Prototipleri ve Ürün Yazdırma Karşılaştırmaları. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 5(2): 151-163.

Çelen, S. (2017). Sanayi 4.0 ve Simülasyon. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry. 1(1): 9-26.

Çokokumuş, B. 2012. Dijital Ortamda Kültür ve Sanat. International Journal of Trends in Arts, Sports & Science Education. 1(3): 51-66.

Davutoğlu, N. (2017). İşletme Yönetiminde Sanayi 4.0 Kavramı ile Farkındalık Oluşturarak Etkin Bir Şekilde Değişimi Sağlamak. The Journal of Academic Social Science. 5(52): 544-567.

Dengiz, O . (2017). Endüstri 4.0: Üretimde Kavram ve Algı Devrimi. Makine Tasarım ve İmalat Dergisi. 15 (1): 38-45.

Dursun, P. ve Erkan, H. (2014). Bilgi Çağında Yenilikçi Ekonomik Gelişmenin Analizi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

EBSO, (2015). Sanayi 4.0 Raporu. http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi-40_88510761.pdf, (18.03.2020)

Eğilmez, M. Endüstri 4.0. Kendime Yazılar: http://www.mahfiegilmez.com/2017/05/endustri-40.html (17.03.2020).

Elitaş, C.ve Özdemir, S. (2014). Bulut Bilişim ve Muhasebede Kullanımı. Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi, 16(2): 93-108.

Erdem, T. (2018). Uluslararası İlişkilerde Yeni Perspektif: Astropolitiğe Giriş. Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. 20(1): 431-446.

GE Türkiye Blog, (2017). Fabrikalarda Sanal ve Artırılmış Gerçeklikler- 1. https://geturkiyeblog.com/fabrikalarda-sanal-artirilmis-gerceklikler-i/, (15.03.2019).

Göktaş, P.ve Baysal, H. (2018). Türkiye"de Dijital İnsan Kaynakları Yönetiminde Bulut Bilişim. Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 23(4): 1409-1424.

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

Gulin, Konstantin Anatol'evich, Vladimir Sergeevich Uskov, (2017): "Trends of the Fourth Industrial Revolution: A review of the monograph: Schwab K. The Fourth Industrial Revolution". Ekonomicheskie i Sotsialnye Peremeny. 10(5) 216-221.

Gülel, F. (2013). Avrupa Birliği Ülkeleri Arasında İnternet Kullanım Etkinliği: Simar ve Wilson Yaklaşımı. Doğuş Üniversitesi Dergisi. 14(1): 65-72. (Gür ve diğerleri 2017).

İçten, T. ve Bal, G. (2017). Artırılmış Gerçeklik Üzerine Son Gelişmelerin ve Uygulamaların İncelenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 5(2): 111-136.

Kabaca, D. (2019). Endüstri 4.0 Devrimi ve Uygulamaları İle Etkilerinin İncelenmesi Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi

Kabaklarlı, E. (2016). Endüstri 4.0 ve Dijital Ekonomi- Dünya ve Türkiye İçin Fırsatlar, Etkiler ve Tehditler. İstanbul: Nobel Akademik Yayıncılık.

Kagermann, H, Wahlster W., Helbig J., Hellinger A., (2013): "Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group". Forschungsunion. 1-78.

Karaarslan, M. H. (2015). 3 Boyutlu Yazdırma Teknolojisi: Sosyoekonomik Etkileri için Yeni Ufuklar, 10(1): 193-211.

Kavrakoğlu, F. (2014). Sanayi Devrimleri. https://kavrakoglu.com/sanayidevrimleri/, (21.03.2020).

Kavzoğlu, T.ve Şahin, E. K. (2012). Bulut Bilişim Teknolojisi ve Bulut CBS Uygulamaları. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu.

Kayabaşı, Y. (2005). Sanal Gerçeklik ve Eğitim Amaçlı Kullanılması. The Turkish Online Journal of Educational Technology, 4(3): 151-158.

Kayacan, B., vd. (2016). Geçmişten Günümüze Montajı Kullanıcı Tarafından Yapılan Mobilyaların Sektördeki Yeri. İstanbul Ticeret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 15(30): 153-166.

KOBU Bülent, Üretim Yönetimi, Beta Yayınevi, İstanbul, 2014

Koçak, D. ve Akçakaya, M. (2015). Sanayi Toplumundan Bilgi Toplumuna Geçiş Sürecinde İnsan Kaynakları Yönetimi'nde Ortaya Çıkan Değişmeler ve Türk Kamu Yönetimi'nde İnsan Kaynakları Yönetimi Anlayışı. Ankara: T.C. Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Koçak, A.ve Diyadin, A. (2018). Sanayi 4.0 Geçiş Süreçlerinde Kritik Başarı Faktörlerinin Dematel Yöntemi ile Değerlendirilmesi. Ege Akademik Bakış, 18(1): 107–120.

Küçükönder, M., ve Uçar, M. (2015). Üretim Etkinliğinde Simülasyon. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 5(01): 117-126.

Mrugalska, B. and Wyrwicka, M. (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. Procedia Engineering. 182: 466-473.

Öztuna, B. (2017). Endüstri 4.0 ile Çalışma Yaşamının Geleceği. Ankara: Gece Kitaplığı.

Özsoylu, A. F. (2017). Endüstri 4.0. Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi, 21(1): 41-64.

Pamuk, N. S.ve Soysal, M. (2018). Yeni Sanayi Devrimi Endüstri 4.0 Üzerine Bir İnceleme. Verimlilik Dergisi, (1): 41-66.

Ross, A., (2016) The Industries of the Future 1 (b). Simon & Schuster

Sader S , Daroczi M. ve Husti I.,(2017) Suggested Indicators To Measure The Impact Of Industry 4.0 On Total Quality Management, International Scientific Journal "Industry 4.0",

Sarıtaş, M. T. ve Üner, N. (2013). Eğitimdeki Yenilikçi Teknolojiler: Bulut Teknolojisi. Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi, 2(3): 192-201.

Schlötzer F, (2015) Industry 4.0: The World Of Smart Factories, Business, Language And Culture: Leadership And Management, Copenhagen Business School, Yüksek Lisans Tezi

Schwab K., (2017). Dördüncü Sanayi Devrimi, Çev. Zülfü Dicleli, Optimist Yayınları, İstanbul

Sener, S.ve Elevli, B. (2017). Endüstri 4.0"da Yeni ĠǦ Kolları ve Yüksek Öğrenim. Mühendis Beyinler Dergisi, 1(2): 25–37.

Seyrek, İ. H. (2011). Bulut Bilişim: İşletmeler için Fırsatlar ve Zorluklar. Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 10(2): 701-713.

Shaljani, B. (2018). Reklamlarda Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Tüketici Davranışlarında Oynadığı Rol. İstanbul: T.C. İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Siemens, (2016). 'Industrie 4.0: Seven Facts to Know about the Future of Manufacturing'. https://www.siemens.com/innovation/en/home/pictures-ofthefuture/industry-and-automation/digtial-factory-trends-industrie-4-0.html, (07.03.2020)

Sniderman B. ve diğerleri.,(2018) Industry 4.0 and Manufacturing Ecosystems, Deloitte University Press, https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/manufacturing/Industry4.0ManufacturingEcosystems.pdf (23.03.2020)

Şekkeli, Z. H.ve Bakan, İ. (2018). Endüstri 4.0"ın Etkisiyle Lojistik 4.0. Journal Of Life Economics, 5(2): 17-36.

Tjahjono vd. (2017). What Does Industry 4.0 Mean to Supply Chain? Procedia Manufacturing. 13: 1175-1182.

TÜSİAD, (2018). Dijital Teknolojiler ve Ekonomik Büyüme Raporu. https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/10130-dijital-teknolojiler-veekonomik-buyume-raporu, (15.03.2020).

Trstenjak M. ve Cosic P.(2017), Process Planning in Industry 4.0 Environment, 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2017

Tutar, H., Terzi, D. ve Tınmaz, G. (2018). Türkiye"nin "Vizyon 2023" Stratejisi ile Almanya"nın "2025" Stratejik Hedeflerinin Endüstri 4.0 Göstergeleri İtibariyle

Karşılaştırılması. International Journal Entrepreneurship and Management & Inquiries, 2(3): 195-212.

Usul, H. (2016). Dördüncü Sanayi Devrimi ve Luddizm. Türkiyem Yerel Dergisi. 1(1):8-9.

Witkowski, K. (2017). Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 – Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. Procedia Engineering, 182: 763-769.

World Economic Forum (2018). The Global Competitiveness Report 2018. (Ed. K. Schwab). WEF. Switzerland

Yavuz, A. (2005). Tedarik Zinciri Yönetiminde Simülasyon Kullanımı. Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 2(3).

Yıldız, A. (2018). Endüstri 4.0 ve Akıllı Fabrikalar. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22(2): 546-556.

Zaidin N., (2014) Quality Management in Industry 4.0 Era, Journal of Management and Science, Pahang,

Zorlu, G. H., Ozturk, M. G.ve Koseoglu, A. M. (2018). İşletmelerde Endüstri 4.0 "ın Stok Kontrol Yöntemlerine Etkisi. PressAcademia Procedia, 7(66): 348-351.