



**ENDÜSTRİ 4.0 - İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ENTEGRASYONU: İMALAT
SEKTÖRÜ ÜZERİNE BİR İNCELEME**

FULYA YILMAZ

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ayşenur TARAKCIOĞLU ALTINAY

Uşak

Haziran, 2019

**ENDÜSTRİ 4.0 - İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ENTEGRASYONU: İMALAT
SEKTÖRÜ ÜZERİNE BİR İNCELEME**

FULYA YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İşletme Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ayşenur TARAKCIOĞLU ALTINAY

Uşak

Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Haziran, 2019

YÜKSEK LİSANS TEZ ÖZETİ

ENDÜSTRİ 4.0 - İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ENTEGRASYONU: İMALAT SEKTÖRÜ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Fulya YILMAZ

İşletme Anabilim Dalı

Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Haziran, 2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ayşenur TARAKCIOĞLU ALTINAY

Endüstri 4.0, hızlı gelişen teknoloji, rekabet koşullarının giderek artması, artan tüketici ihtiyaçlarına hızlı ve esnek çözümler getirilmesi açısından her sektörü etkilemektedir. Endüstri 4.0, yeni kavramlarla tanışmamızı sağlamıştır. Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri, Bulut Bilişim, Siber Fiziksel Sistemler, Otonom Robotlar, Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu, Katmanlı Üretim, Simülasyon, Arttırılmış Gerçeklik, Endüstri 4.0'ın dokuz temel direğidir. Bu kavramlarla birlikte, ülkeler Endüstri 4.0 için yol haritaları belirlemekte, işletmeler dijital yatırımlar yaparak, organizasyon yapılarını değiştirmektedir. Endüstri 4.0 ile birlikte teknolojiye olan yatırımların artması sonucu işletme içinde verimliliğin artması, bu konuda yatırım yapan ülkelerinde ekonomilerinde büyüme beklenmektedir. Tüm bu dönüşümlerle birlikte eğitilmiş, kalifiye çalışana olan ihtiyaç artacak, istihdam durumu da buna göre şekillenecektir. Endüstri 4.0, tüm bu değişimlerin yanında İş Sağlığı ve Güvenliğini de etkileyecektir. Çalışmamızda, değişen dijital yaklaşımla birlikte, iş ekipman ve aletleri, iş organizasyon ve yönetimi, hiyerarşi, işgücü özellikleri, çalışanların becerileri ve bilgi düzeyleri, işveren ve çalışanların sorumlulukları, İş Sağlığı ve Güvenliği açısından ele alınacaktır. Endüstri 4.0 kavramlarının bu konulara olan

etkisi detaylı olarak değerlendirilecektir. Konuyla alakalı olarak, bir tekstil fabrikası olan Hugo Boss'dan Endüstri 4.0 ile ilgili yaptığı yenilikler konusunda hem firmadan hem de basından bilgiler edinilmiş, yapılan bu yeniliklerin İş Sağlığı ve Güvenliği bakımından değerlendirilmesi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Endüstri 4.0, İş Sağlığı ve Güvenliği, Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri*



ABSTRACT

INDUSTRY 4.0 - OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY INTEGRATION: A CASE STUDY IN MANUFACTURING SECTOR

Fulya YILMAZ

Department of Business

Social Sciences Institutes Uşak University, June, 2019

Advisor: Asst. Prof. Ayşenur TARAKCIOĞLU ALTINAY

Industry 4.0 effects every sector in terms of fast developing technology, increasing rivalry conditions, rapid and flexible solutions to increasing consumer needs. Industry 4.0 enabled us to meet new concepts. Internet of Things, Big Data, Cloud Computing, Cyber Physical Systems, Autonomous Robots, Horizontal and Vertical Integration, Additive Manufacturing, Simulation, Augmented Reality, are the nine pillars of Industry 4.0. Together with these concepts, countries set roadmaps for Industry 4.0, companies make digital investments and change their organizational structures. As a result of the increase in investments in technology together with Industry 4.0, it is expected to increase productivity within the company and to grow in the economies of the investing countries in this regard. With all these transformations, the need for educated, qualified employees will increase and the employment status will be formed accordingly. Industry 4.0 will also effect Occupational Health and Safety as well as all these changes. In our study, with the changing digital approach, business equipment and tools, business organization and management, hierarchy, labor characteristics, employee skills and knowledge levels, responsibilities of employers and employees will be discussed in terms of Occupational Health and Safety. The effects of Industry 4.0 concepts on these issues

will be evaluated in detail. With regard to the subject, information was obtained from both the company and the press about the innovations made by Hugo Boss, a textile factory about Industry 4.0, and these innovations were evaluated in terms of Occupational Health and Safety.

Keywords: *Industry 4.0, Occupational Health and Safety, Internet of Things, Big Data*



JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

İşletme Anabilim Dalı yüksek lisans öğrencisi Fulya YILMAZ' ın "Endüstri 4.0 - İş Sağlığı ve Güvenliği Entegrasyonu: İmalat Sektörü Üzerine Bir İnceleme" başlıklı tezi 14.06.2019 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca, Yüksek Lisans tezi olarak değerlendirilerek kabul edilmiştir.

JÜRİ ÜYELERİ**İmza**

Üye (Tez Danışmanı) : Dr. Öğr. Üyesi: Ayşenur TARAKCIOĞLU ALTINAY

Üye : Doç. Dr. Mustafa SOBA

Üye : Dr. Öğr. Üyesi: Mustafa BAYHAN

Üye :

Üye :

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Mehmet KARAYAMAN

ÖNSÖZ

Tezimi hazırlamam konusunda beni motive eden, her konuda destek olan, bilgi ve donanımıyla her zaman yol gösterici olan ve ne zaman istesem zamanını ayıran değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ayşenur TARAKCIOĞLU ALTINAY'a, Endüstri 4.0 konusunda örneklendirmemi yapmamı sağlayan Hugo Boss çalışanları, Serkan CİN, Can Uraz KARA ve Naim KUTLU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Desteklerini her zaman hissettiğim, aileme, eşime ve kızıma çok teşekkür ederim.

Fulya YILMAZ

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyad : Fulya YILMAZ
Doğum Yeri ve Tarihi : Fethiye, MUĞLA / 25.02.1985
Yüksek Lisans Öğretimi : Uşak Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce, İtalyanca

İş Deneyimi

Çalıştığı Kurumlar :Uşak Üniversitesi

İletişim

e-posta adresi :fulya.ozdemir@usak.edu.tr

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	III
ABSTRACT.....	V
JURİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	VII
ÖNSÖZ.....	VIII
ÖZGEÇMİŞ.....	IX
TABLolar LİSTESİ.....	XIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XIV
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XVI
GİRİŞ.....	1
1. BÖLÜM: ENDÜSTRİ 4.0	2
1.1.Endüstri 4.0 Tarihsel Gelişim Süreci.....	2
1.1.1. Birinci Endüstri Devrimi.....	2
1.1.2. İkinci Endüstri Devrimi.....	2
1.1.3. Üçüncü Endüstri Devrimi.....	3
1.1.4. Dördüncü Endüstri Devrimi.....	4
1.2.Endüstri 4.0 Prensipleri.....	5
1.2.1. Arabağlantı.....	6
1.2.2. Bilgi Şeffaflığı.....	7
1.2.3. Merkezi Olmayan Kararlar.....	7
1.2.4. Teknik Destek.....	7

1.3.Endüstri 4.0 Kavramları.....	8
1.3.1. Nesnelerin İnterneti.....	9
1.3.2. Büyük Veri.....	10
1.3.3. Bulut Bilişim.....	13
1.3.4. Siber Fiziksel Sistemler.....	14
1.3.5. Otonom Robotlar.....	17
1.3.6. Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu.....	17
1.3.7. Katmanlı Üretim.....	19
1.3.8. Simülasyon.....	20
1.3.9. Arttırılmış Gerçeklik.....	21
2. BÖLÜM: ENDÜSTRİ 4.0 VE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ (İSG)	
ENTEGRASYONU	23
2.1.İş Sağlığı ve Güvenliği.....	24
2.1.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Tanımı.....	24
2.1.2. İş Sağlığı ve Güvenliği için Yasal Çerçeve.....	25
2.1.3. İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri.....	28
2.1.4. Meslek Hastalıkları ve İş Kazası.....	30
2.1.5. Risk Değerlendirmesi.....	34
2.2.İş Sağlığı ve Güvenliği Unsurlarının, Endüstri 4.0 Kavramları Bakımından	
Değerlendirilmesi.....	35
2.2.1. İş Ekipmanı ve Aletleri.....	35
2.2.2. İş Organizasyonu ve Yönetimi.....	40
2.2.3. Ticari Yapılar, Hiyerarşiler ve İlişkiler.....	42

2.2.4. İşgücü Özellikleri.....	45
2.2.5. İSG Açısından Sorumluluklar.....	46
2.2.6. Çalışanların becerileri ve bilgi düzeyleri.....	52

3. BÖLÜM: ENDÜSTRİ 4.0 – İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ENTEGRASYONU: İMALAT SEKTÖRÜ ÜZERİNDE BİR İNCELEME ÖRNEĞİ.....	54
--	-----------

SONUÇ.....	68
-------------------	-----------

KAYNAKÇA.....	71
----------------------	-----------



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Meslek Hastalıkları Grupları

Tablo 2. ILO Meslek Hastalıkları Listesi



ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 1.** Endüstri 4.0 Dizayn Prensipleri
- Şekil 2.** Endüstri 4.0'ın Dokuz Kavramı
- Şekil 3.** Büyük Veride Bulut Hesaplama
- Şekil 4.** Bulut Tabanlı Üretim
- Şekil 5.** Siber Fiziksel Sistemlerin Konsept Haritalaması
- Şekil 6.** Katmanlı Üretim Teknikleri
- Şekil 7.** Simülasyon Kavramının Gelişimi
- Şekil 8.** PUKÖ Döngüsü
- Şekil 9.** Bulut Tabanlı Yazılım Kitle Kaynak Kullanımı İçin Referans Modeli
- Şekil 10.** Çalışanlar Tarafından Veri Girişlerinin Yapıldığı Ekranlar
- Şekil 6.** Katmanlı Üretim Teknikleri
- Şekil 7.** Simülasyon Kavramının Gelişimi
- Şekil 8.** PUKÖ Döngüsü
- Şekil 9.** Bulut Tabanlı Yazılım Kitle Kaynak Kullanımı İçin Referans Modeli
- Şekil 20.** Çalışanlar Tarafından Veri Girişlerinin Yapıldığı Ekranlar
- Şekil 11.** Hedef Verimlilik Panosu (Hat Arayüzü)
- Şekil 12.** Gerçek Zamanlı Tespit Hizmeti (RTLS)
- Şekil 13.** Barkovizyonla postal serim işlemi

Şekil 14. e-Kanban malzeme talep sistemi

Şekil 35. Ses Tanıma Sistemi

Şekil 16. Dijital Prototiplerin Yapılması

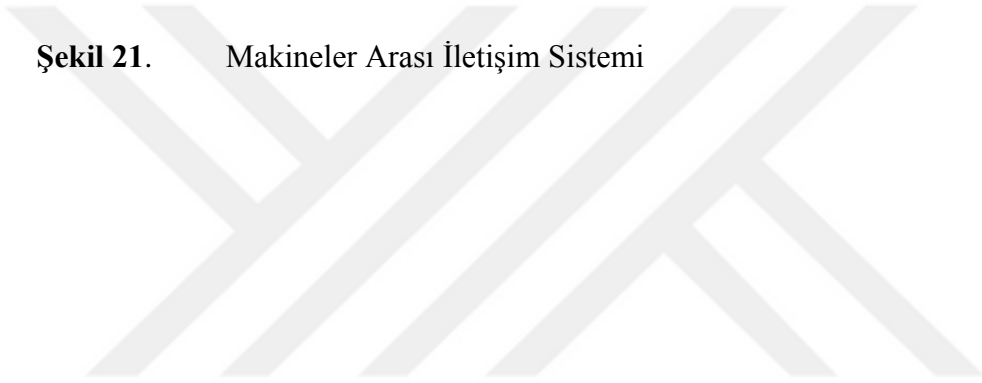
Şekil 17. Robotik Uygulama Örneği (Parçaların Birlikte Dikilmesi)

Şekil 18. Görüntü İşleme ile Düğmelerin Doğru Pozisyonda Dikilmesi

Şekil 19. Billy adlı Otomatik Robot

Şekil 20. Virtual Dojo

Şekil 21. Makineler Arası İletişim Sistemi



KISALTMALAR DİZİNİ

AI	Yapay Zeka
AR	Arttırılmış Gerçeklik
BIT-ET	Bilgi ve İletişim Teknolojileri
BT	Bilgi Teknolojileri
ERP	Kurumsal Kaynak Planlama
ILO	Uluslararası Çalışma Örgütü
IoT	Nesnelerin İnterneti (Internet of Things)
ISG	İş Sağlığı ve Güvenliği
RFID	Radyo Frekansı ile Tanımlama
SaaS	Hizmet Olarak Yazılım
SFS	Siber Fiziksel Sistemler
VR	Sanal Gerçeklik
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

GİRİŞ

Endüstri 4.0 ile birlikte dünyada gelişen teknoloji anlayışı değişim göstermiştir. Bu kavramla birlikte yeni teknolojik terimler, yeni meslek grupları, yeni yönetim anlayışları, yeni istihdam platformları, çeşitli robotik uygulamalar hayatımızda yerini almaya başlamıştır. Endüstri 4.0 denilince akla dokuz temel kavram gelmektedir. Bunlar; Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri, Bulut Bilişim, Siber Fiziksel Sistemler, Otonom Robotlar, Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu, Katmanlı Üretim, Simülasyon, Arttırılmış Gerçeklidir. Tüm bu kavramlarla birlikte, işletmeler dijitalleşme sürecine başlamışlardır. Artan rekabet koşullarından dolayı, gelişen teknolojiden geri kalmak istemeyen işletmeler bu konulara yoğunlaşmışlardır. Dijitalleşme süreci, büyük yatırımlar gerektirmesiyle birlikte, doğru ve akıllı yatırımlar yapılması halinde kendini birkaç yıl içerisinde amorti etmekte, maliyet, verimlilik gibi konularda üstün avantajlar sağlamaktadır. Değişen koşullarla birlikte, İş Sağlığı ve Güvenliği alanında da yasal boşluklar doğmaya başlamıştır. Çalışmamızda Endüstri 4.0'ın, İş Sağlığı ve Güvenliği'ne getirdiği avantajlar, dezavantajlar ve alınması gereken tedbirlerden bahsedilecek, konuyla alakalı olarak imalat örneği verilerek, çeşitli yorumlar belirtilecektir.

1. BÖLÜM: ENDÜSTRİ 4.0

Bu bölümde, Sanayi 4.0'ın tarihsel süreci anlatılarak, günümüze nasıl etki ettiği, tanımı ve önemi açıklanmaktadır.

1.1. ENDÜSTRİ 4.0 TARİHSEL GELİŞİM SÜRECİ

1.1.1. Birinci Endüstri Devrimi

Birinci Endüstri Devrimi, 1760-1830 yılları arasında gerçekleşmiştir. Bu periyotta, kas gücünden makine gücüne geçilmiştir (EBSO, 2015, s.4). Bu dönem Buhar Çağı olarak da adlandırılmaktadır. James Watt'ın buhar makinesini keşfetmesiyle metalürji ve dokuma sanayinde gelişmeler yaşanmıştır (Reis vd., 2011, s.2). İngiltere'de başlayan bu gelişmeler Avrupa ve ABD'ye yayılmıştır. Aletli üretim yerine, makinalı üretime geçiş olmuş, atölye tarzı üretimin yerini fabrika üretimi almıştır. Bu durum ekonomik olarak etkilemesinin yanı sıra toplumsal yapıyı da etkilemiş, iki sınıflı bir yapı ortaya çıkmıştır. Avrupa'daki ülkeler ürünlerini pazarlayabileceği ve hammadde temin edebilecekleri yer arayışına girmişlerdir (EBSO, 2015, s.4; Alçın, 2016; s.20).

1.1.2. İkinci Endüstri Devrimi

I. Endüstri Devrimi'nde üretimin mekanik hale başlamasıyla birlikte, 1840'lı yıllardan itibaren, teknolojinin daha da ilerleyerek, II. Endüstri Devrimi'nin ilk temelleri atılmıştır. 1840 – 1870 dönemini kapsayan bu süreç, diğer bir adıyla teknoloji devrimi olarak da bilinmektedir. Başlangıcı için genel kabul görülen olay ise, Henry Ford'un otomobil fabrikasında uygulanan ve 2. Dünya Savaşı sonrasında Keynesyen harcamacı politikalarının etkisiyle yaygın olarak benimsenen kitlesel üretim çağı olmuştur. Bu döneme Fordizm de denilmektedir. Kayan bant sistemi, bu dönemin karakteristik özelliğidir. 1973 yılında çıkan petrol krizi sonrasında bu sistem çökmüştür. II. Endüstri Devrimi'nin ortaya çıkmasıyla birlikte, demiryolları başta olmak üzere ulaşım ağının gelişmesine büyük katkısı olmuştur. Ulaşımın kolaylaşmasıyla birlikte, hammadde temini de büyük ölçüde kolaylaşmış, böylelikle üretim sürecinden çıkan ürünler, yeni ve uzak olan pazarlara ulaşma imkanı

bulmuştur. Diğer bir önemli gelişme buhar gücünden daha güçlü olan elektrik teknolojisi alanında olmuştur, elektrik enerjisi üretim hatlarında kullanılmaya başlanmıştır. Bu durumda, makinelerin teknolojik olarak daha üstün hale gelmesine ve üretimin artmasına ve seri üretim kavramıyla tanışılmasına neden olmuştur. Bu dönemde, İngiltere, Almanya, ABD ve Japonya kilit rol oynamıştır (EBSO, 2015, s.5; Alçın, 2016; s.20). Bu dönemde teknik gelişme örnekleri olarak, elektrik motoru, içten yanmalı motor, elektrik ampulü, telefon, telsiz, telgraf gibi icatlar verilebilir. Tüm bu gelişmeler dünyada sanayiye dayalı ekonomik sistemi değiştirmiştir. (Günay, 2002).

1.1.3. Üçüncü Endüstri Devrimi

20. yüzyılın ilk yarısı, iki büyük dünya savaşı sonucunda ülke sınırlarının değişmesiyle, şekillenmiştir. Sanayileşme ve teknolojik ilerleme anlamında, önceki dönemlere oranla geride kalmıştır. Bu durağanlık dolayısıyla sanayisi gelişmekte olan ülkelerde, 1929 küresel krizine neden olmuş ve ekonomik anlamda olumsuz sonuçlara yol açmıştır. Gelişmeler 2. Dünya Savaşı'nın bitmesinin ardından 1950'li yıllarla birlikte başlamıştır (EBSO, 2015, s.6). Nükleer enerji, elektronik ve endüstrisinde olan gelişmeler, yeni bir döneme yol açmıştır. Nükleer enerji ve elektronik endüstrisi ekonomik sisteminde bir başka kapı açmıştır. Bu sonuncu dönemde bilgisayar ve elektronik sanayi önceki dönemlere göre farklı bir endüstri devrimi sürecini başlatmıştır (Günay, 2002). İlk petrol krizinden (1973) beri uzun vadeli bir ekonomik gerilemenin ardından, 1990'lardan itibaren küresel ekonominin büyüme oranları önemli ölçüde artmıştır. 1970'lerin başlarında, bilgi yoğun, kaynak ve çevre dostu bir üretim yöntemine yönelik yenilikçi kavramlar sunulmuştur (Jänicke ve Jacob, 2009, s. 8).

Üçüncü endüstri devriminin amiral gemisi makineleri, İnternet'e bağlı uygun fiyatlı dijital üretim araçlarıdır. Bu durumunda iki avantajı bulunmaktadır. Uygun fiyatlı araçlar büyük sermaye yatırımları gerektirmez, emek-sermaye bölünmesini kapatır. İkincisi, dijital araçlar tasarım ve üretimi birbirine bağlar, beyaz yakalı-mavi yakalılar arasında köprü kurar. Devrimin kendisi, 19. yüzyılda matbaa ve güçlendirilmiş teknoloji icatlarıyla tetiklenen ilk iki sanayi devrinde olduğu gibi

iletişim altyapısındaki ve enerji üretimindeki değişimlerle, elektrik iletişim araçlarıyla(radyo, TV) ve 20. yüzyılda ana güç kaynağı olan elektrik (çoğunlukla fosil yakıtlardan) ile tetiklendi (Troxler, 2013; s.2).

1.1.4. Dördüncü Endüstri Devrimi

21. yüzyıla gelindiğinde iletişim, bilgisayar ve internet teknolojilerinin biraraya gelmesiyle birlikte, 4. Sanayi devrimi olarak da adlandırılan Endüstri 4.0 kavramı ortaya çıkmıştır. Endüstri 4.0 devriminde artık makineleşme süreci başlayarak, hem kendilerini hem de süreçleri kontrol eden çeşitli sistemler gelişmeye başlamıştır (Taş, 2018, s.1822).

4. Endüstri Devrimi, diğer adıyla Sanayi 4.0, ilk kez 2011 yılında Hannover Fuarı'nda aksedilmiştir. Fuara katılan uzmanlar tarafından, bilişim teknolojilerinin üretim süreçlerine yeni bir boyut kazandırdığı ve yeni bir endüstri devriminin başladığını dile getirmişlerdir. Almanya Hükümeti'nin, 4. Endüstri Devrimi kavramsal olmaktan öte, yeni bir sanayi stratejisi olarak ele almasıyla resmi bir nitelik de kazandırmışlardır. Fuardan sonra, 4. Endüstri Devrimi üzerinde bir çalışma grubu kurulmuş ve çalışma grubu, bir yıl sonra, sürecin stratejik bir biçimde uygulanabilmesi yönündeki önerilerini tekrar Hannover Fuarı'nda sunmuş, Almanya Hükümeti'ne raporlamıştır. Bu çalışma grubunun başkanları, Bosch şirketinde yönetici olan Siegfried Dias ve SAP AG firmasında üst düzey yönetici olan Hennig Kagermann'dır. Resmi başlangıcı 2011 yılı kabul edilen Endüstri, geçen süreç içerisinde teknik bir terim olmaktan çıkıp, milyarlarca Euro'luk bir piyasa olmuştur. 2020 yılına kadar sadece Avrupa'da, bu alanda yıllık 140 milyar Euro'luk yatırım gerçekleşmesi beklenmektedir (EBSO, 2015).

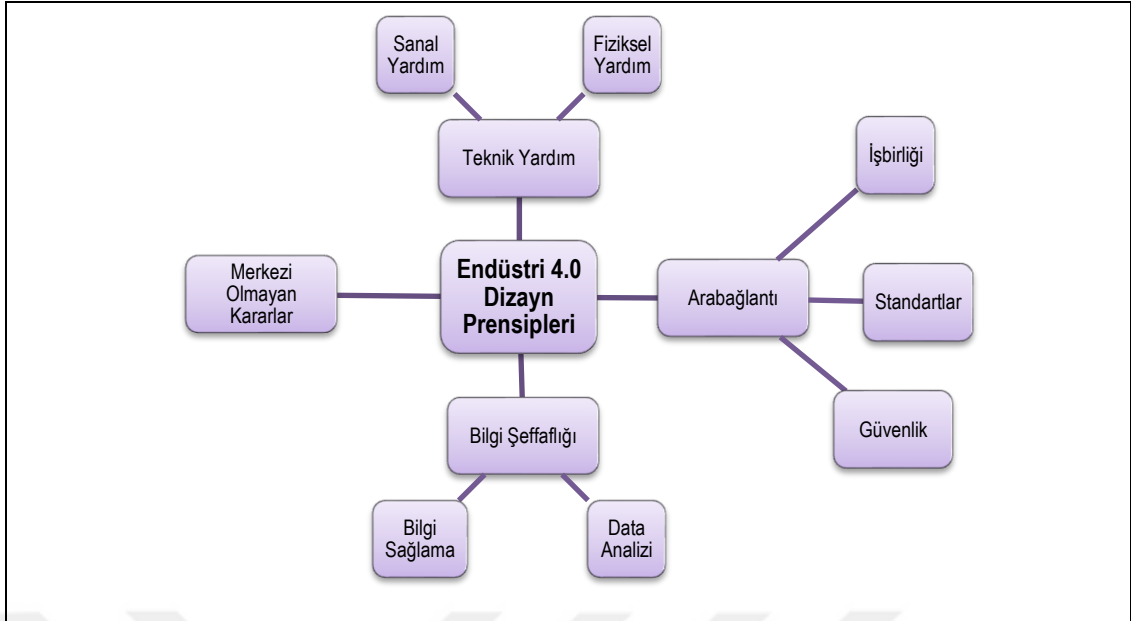
Endüstri 4.0 süreciyle birlikte, ekonomide, sosyal hayatta, çalışma yaşamında, günlük işlerde yani hemen hayatın her alanında etkisini göstermeye başlamıştır (Taş, 2018, s.1823). Günümüzde gelişmek isteyen, ekonomik ve sosyal açıdan çağın gerisinde kalmak istemeyen tüm ülkelerin yeniliklere, değişime açık olması gerekmekte ve bu yeni teknolojik gelişmeleri üreten tarafta yer alması gerekmektedir (Taş, 2018, s.1823).

Endüstri 4.0, çeşitli avantajları beraberinde getirmiştir. Sistem takibi kolaylaştığı için oluşabilecek oluşan ve oluşacak arızaların tespiti de kolaylaşmıştır, üretimde klasik üretim şekli ve anlayışı yerini müşteri tercih ve ihtiyacına yönelik müşteri odaklı daha esnek bir üretim tarzına bırakmıştır, hammadde, kaynak ve malzeme tüketimi azaldığından maliyetler azalmış ve verimlilik artmıştır, çevreye dost sistemler olması ve kaynak tasarrufu sağlaması dolayısıyla yeşil enerji dönemine geçilmesini sağlayarak, sürdürülebilir olma imkanını arttırmaktadır, üretim sisteminin kendi kendini yönetebilmesi ile insan, enerji, makine gibi üretimde gerekli olan diğer kaynaklara olan ihtiyaç azalmış, süreç yönetimi robotlara devredildiği için hata payında azalma olacaktır. Değişen insan kaynakları yönetimi yeni iş modelleri geliştirmektedir. Ayrıca tüm bu sürecin sonucunda, ihtiyaç sonucu doğacak olan ve yeni yeni duymaya başladığımız meslekler ortaya çıkacaktır. Bunlara; endüstriyel yazılım programcıları, bilişim sistemleri ve nesnelerin interneti çözüm üreticisi, endüstriyel veri analiz uzmanı, robot koordinatörü, programcısı, tamircisi, üretim teknolojileri uzmanı, akıllı şehirler planlayıcılar (smart city planner), ürün tasarımcısı ve üreticiler ortaya çıkacaktır (Taş, 2018, s. 1825-1829).

Türkiye'nin Endüstri 4.0 dönüşümü değerlendirecek olursak, Türkiye için yolun başında diyebiliriz. Ülkemizin jeopolitik konumu ve düşük işgücü maliyeti gibi bazı ticari avantaj özelliklerinin, günümüzde küresel rekabetçilik açısından yeterli olmadığı bilinmektedir. Bunun için işletmeleri, toplumu bilgilendirmek gerekmektedir. Bu konuda istekli ve yeterli bilgi ve teknoloji ile donatılmış, sağlam yapılanma ve organizasyona ihtiyaç bulunmaktadır (Taş, 2018, s. 1825-1827).

1.2. ENDÜSTRİ 4.0 PRENSİPLERİ

Hermann ve arkadaşları, Endüstri 4.0 konusunda rehberlik eden dört tasarım ilkesi belirlemiştir. Bunlar: Ara Bağlantı, Bilgi Şeffaflığı, Merkezi Olmayan Kararlar ve Teknik Kararlardır (Şekil 1).



Şekil 1. Endüstri 4.0 Dizayn Prensipleri (Hermann vd., 2016)

1.2.1. Arabağlantı

Makineler, cihazlar, sensörler ve insanlar, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve İnsanların İnterneti (IoP) üzerinden bağlanır ve Herşeyin İnterneti (IoE)'yi oluşturur. Kablosuz iletişim teknolojileri, yaygın internet erişimin, sağladıkları için artan etkileşimde önemli bir rol oynamaktadır. IoE aracılığıyla, birbirine bağlı nesnelere ve insanlar bilgileri paylaşabilir ve bu ortak hedeflere ulaşmak için ortak işbirliğinin temelini oluşturur. IoE'de üç tür işbirliği vardır: insan-insan işbirliği, insan-makine çalışması ve makine-makine işbirliğidir. Makineleri, cihazları, sensörleri ve insanları birbirine bağlamak için ortak iletişim standartlarının sağlanması çok önemlidir. Bu standartlar, farklı kaynaklardan, modüler makinelerin esnek şekilde kombinasyonunu yapmayı mümkün kılar. Bu modülerleştirme, Endüstri 4.0'ın Akıllı Fabrikalarının dalgalı piyasa taleplerine veya kişiselleştirilmiş siparişlere cevap vermesini sağlamaktadır. IoE'deki katılımcı sayısının artması sonucu, parasal ve politik çıkarlar ve Endüstri 4.0 üretim tesislerine yapılacak zararlı saldırıların sayısı artacak ve sonuç olarak da bu durum siber güvenlik ihtiyacını arttıracaktır (Hermann vd., 2016).

1.2.2. Bilgi Şeffaflığı

Birbirine bağlı nesnenin ve insan sayısının artmasıyla, fiziksel ve sanal dünyanın kaynaşması yeni bir bilgi şeffaflık biçimini sağlamaktadır. Sensör verilerini dijitalleştirilmiş şebeke modellerine bağlayarak, fiziksel dünyanın sanal bir kopyası yaratılır. IoE katılımcılarının uygun kararlar vermesi için içerik bilgileri çok önemlidir. İçerik tanıyan sistemler, sanal ve fiziksel dünyadan gelen bilgilere dayanarak görevlerini yerine getirir. Sanal dünyadan bilgi örnekleri, elektronik belgeler, çizimler ve simülasyon modelleridir. Fiziksel dünya bilgisine örnek olarak, bir aletin konumu veya koşullarını gösterebiliriz. Fiziksel dünyayı analiz etmek için, ham sensör verileri, daha yüksek değerli içerik bilgilerine göre toplanmalı ve yorumlanmalıdır. Şeffaflık yaratmak için veri analitiğinin sonuçlarının, tüm IoE katılımcılarının erişebileceği destek sistemlerine entegre edilmesi gerekir. Proses kritik bilgilerini sağlamak için ise, gerçek zamanlı bilgi sağlama önemlidir (Hermann vd., 2016).

1.2.3. Merkezi Olmayan Kararlar

Merkezi olmayan kararlar, nesnelere ve insanların birbirine bağlanmasının yanı sıra bir üretim tesisinin içinden ve dışından alınan bilgilerdeki şeffaflığa dayanır. Birbirine bağlı ve merkezi olmayan karar vericilerin birleşimi, aynı zamanda yerel bilgileri küresel bilgilerle aynı anda kullanma olanağı sağladığı için daha iyi karar almayı sağlar ve verimliliği artırır. IoE katılımcıları görevlerini mümkün olduğunca özerk yaparlar. Sadece istisnalar, müdahaleler veya çelişen hedefler söz konusu olduğunda, görevler daha üst bir düzeye çıkarılır. Teknik bakış açısından, merkeziyetçi kararlar Saniyedeki Karakter Sayısı (CPS) tarafından sağlanır. Sadece gömülü bilgisayarların, sensörlerin ve diğer yer alanların fiziksel dünyayı bağımsız olarak izleyip, kontrol etmesine olanak tanır (Hermann vd., 2016).

1.2.4. Teknik Destek

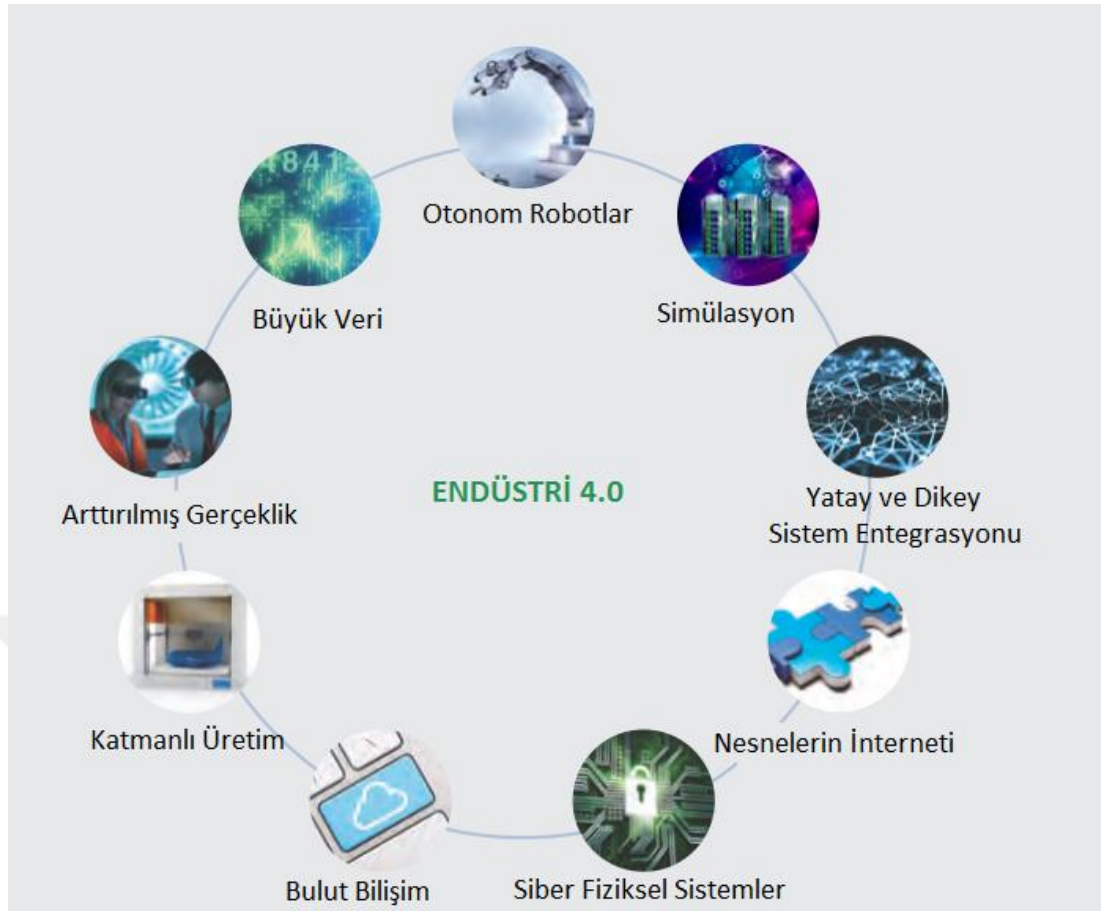
Endüstri 4.0'ın Akıllı Fabrikalarda, ana rol makine operatörü olan insanlardan stratejik bir karar vericiye ve esnek bir problem çözücüyeye doğru kaymaktadır. CPS'nin karmaşık ağlar oluşturduğu ve merkezi olmayan kararlar aldığı, üretimin

karmaşık olduğu yerlerde, çalışanların yardım destek sistemlerine ihtiyaçları vardır. Bu sistemlerin, insanların bilinçli kararlar alabilmelerini ve acil sorunları kısa sürede çözebilmelerini sağlamak için anlaşılır bir şekilde bilgi toplamaları ve görselleştirmeleri gerekir (Hermann vd., 2016).

Halen, akıllı telefonlar ve tabletler, insanların IoT ile bağlantı kurma konusunda merkezi bir rol oynamaktadır. Enerji kaynakları gibi mevcut zorlukların aşıldığı zaman, giyilebilir teknolojiler gelecekte daha önemli hale geleceği tahmin edilmektedir. Robotlarda kullanılan teknolojilerin artmasıyla birlikte, insanların robotlar tarafından fiziksel olarak desteklenmesi, teknik yardımın başka bir yönü olarak kabul edilmektedir. Çünkü robotlar, insan olan çalışma arkadaşlarının yerine yorucu veya güvensiz olan bir dizi görevi yerine getirebilir. İnsanların fiziksel görevlerde etkili, başarılı ve güvenli bir şekilde desteklenmesi için, robotların insan çalışma arkadaşlarıyla sorunsuz ve sezgisel bir şekilde etkileşime girmeleri ve insanların bu tür insan-makine işbirliği için uygun şekilde eğitilmeleri gerekir (Hermann vd., 2016).

1.3. ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMLARI

Endüstri 4.0, yeni kavramlarla tanışmamızı sağlamıştır. Nesnelerin İnterneti, Büyük Veri, Bulut Bilişim, Siber Fiziksel Sistemler, Otonom Robotlar, Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu, Katmanlı Üretim, Simülasyon, Arttırılmış Gerçeklik, Endüstri 4.0'ın dokuz temel direğidir. Bu kavramlar, literatürde en temel kavramlar olarak geçmekte, ve bu kavramların getirdiği yeniliklerle birlikte işletmeler teknolojik açıdan önemli yol kat etmektedirler. Bu kavramlar, gelecekte daha yaygın olarak kullanılacak, yeni terimlerin, yeni meslek gruplarının, yeni işletme anlayışları ve çalışma platformlarının oluşmasına yol açacaktır.



Şekil 2. Endüstri 4.0'ın Dokuz Kavramı (Rüßmann, BCG Group, 2015)

1.3.1. Nesnelerin İnterneti

Nesnelerin interneti kavramı, IoT(Internet of Things), verilerin internete bağlanabildikleri, nesnelerin verileri işleme ve haberleşme becerisine sahip oldukları ağ anlamına gelmektedir. Bu ağın bileşenleri farklı işlemci, batarya, bellek gibi özelliklere sahip olabilirler. Cisco tarafından yapılan araştırmaya göre internete bağlanan nesnelerin sayısının 2020 yılında 50 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Gelecekte IoT nesneleri tarım, çevre, sağlık, eğitim, ticaret, güvenlik, mimari, üretim ve şehircilik gibi sektörlerde kullanılacaktır (Arış vd., 2015, s.1-2).

Aslında IoT'un temel kavramları yeni değildirler. RFID ve sensör ağı gibi teknolojiler, endüstriyel sektörde vinçlerin izlenmesi için kullanılmıştır. Makineden makineye haberleşme düşüncesi de müşterilerin, sunucu ve yönlendiricilerin iletişim içinde olduğu internet fikrinin temeline dayanmaktadır. IoT tüm bu teknolojilerin

kullanım sayısı ve çeşitliliği, ve bu cihazların internet üzerinden birbirine bağlanması bakımından evrim anlamına gelmektedir. İot sayesinde gündelik hayatımızda kullanmış olduğumuz ses/video alıcıları, duman dedektörleri gibi çevrimiçi kullanılabilen araç ve gereçler hayatımıza girmiştir. Ayrıca bu cihazları kapsayan ağların entegrasyonu ile her cihaza doğrudan internet üzerinden erişimi sağlamaktadır. Örnek verilecek olursa, radyo frekansı ile tanımlama (RFID) tedarik zincirinin belirli bölümlerinde ürünleri izlemek için yıllardır kullanılmaktadır. Tüketiciler IoT ile satın aldıkları ürünün yaşam döngüsünü başından sonuna kadar internet üzerinden takip etmeleri mümkündür (Whitmore, 2015, s. 261-262).

Nesnelerin interneti, imalat sektöründe, özellikle tedarik zinciri yönetimi, işletme verimliliği, tahmini bakım periyotları ve envanter optimizasyonu konularında üretim süreçlerini etkilemektedir ve etkileyecektir. Tedarik zinciri yönetiminde, çeşitli makineler üreten firmalar için örnek verilirse, tüm makinelerin gerçek zamanlı durum bilgisi, hangi makinenin hangi parçalardan oluştuğu bilgisi, ağ analizi ve görselleştirme yoluyla desteklenerek, tedarik zinciri yönetimi ve izlemeyi mümkün kılmaktadır. Üretim operasyon verimliliği konusunda üretimin her aşamasında neler olduğu konusunda kapsamlı bilgi sağlar ve gerçek zamanlı ayarlamalar konusunda sürece katkı sağlar. Üretim verimliliğinin böylelikle %10-25 oranında artmasını mümkün kılar. 2025 yılına kadar 1.8 trilyon dolara kadar küresel ekonomik katkı sağlayacaktır. Bakım maliyetleri, nesnelerin interneti kullanımıyla %40'a kadar azalacaktır. Ekipmanların duruş süresi %50'ye kadar azaltılacak ve sermaye ekipman yatırımlarının %5 azalması beklenmektedir. Envanter optimizasyonu konusunda ise envanterin daha iyi yönetimine yardımcı olması beklenerek, fabrika envanter taşıma maliyetlerinin %20-50 arasında azaltması beklenmektedir (Ezell, 2016, s.16-23).

1.3.2. Büyük Veri

Büyük veri, belirli bir değere dönüştürülmesi için özel teknoloji ve analitik yöntemler gerektiren, yüksek hacim, hız ve çeşitlilik ile karakterize edilen bilgi varlıklarını temsil etmektedir (De Mauro vd., 2015, s. 103).

Büyük veri analizinde ilk adım veri toplama adıdır. Veriler büyüklük derecelerine göre filtrelenebilir ve sıkıştırılabilir. İkinci adım, gerekli bilgileri ilgili kaynaklardan

çekip analiz için uygun hale getirerek, bilgi çıkarım işlemidir. Bu analiz raporu, analizi kolaylaştırmak için bir dizi kümeye, hatta tek bir sınıflandırma etiketi gibi somut bir yapıya indirgenir. Veri analizi, verileri edinmek, tanımlamak, anlamak ve alıntılanmaktan çok daha zordur. Büyük ölçekli analizleri yapabilmek için bunların hepsinin otomatik olarak yapılması gerekmektedir. Bu da veri yapısı ve semantikteki farklılıkların bilgisayar tarafından anlaşılabilen ve robotik olarak çözülen formlarda ifade edilmesini gerektirmektedir (Labrinidis ve Jagadish, 2012, s. 2032).

Şirketler etkili bir şekilde yönetilmezlerse büyük verileri kullanmaya geçişin tüm avantajlarından yararlanamayacaklardır. Bu süreçte beş alan özellikle önemlidir.

- *Liderlik*

Daha fazla veriye sahip olmak yerine, net hedefler koyan, doğru soruları soran liderlik ekipleri başarılı olurlar. Büyük veriler, insan öngörüsüne olan ihtiyacın yerine geçemez. Aksine, büyük fırsatı yakalayabilen, pazarın nasıl geliştiğini anlayabilen ve yaratıcı düşünebilen liderlere ihtiyaç artar (McAfee vd., 2012, s. 8-9).

- *Yetenek Yönetimi*

Veri elde etme daha ucuza geldikçe, veri bilimciler ve bu konuda yetişmiş olan profesyoneller daha önemli hale gelmektedir. İstatistikler önemlidir ancak istatistikte kullanılan kilit tekniklerin çoğu büyük verileri kullanırken önem arz etmektedir. Büyük veri setlerini ayıklama ve organize etme önemli beceri gerektirmektedir. Görselleştirme araçları ve teknikleri de bu yüzden önem kazanmaktadır (McAfee vd., 2012, s. 8-9).

- *Teknoloji*

Büyük verilerin elde edilmesi için gerekli olan hacim, hız ve çeşitlilik araçları son yıllarda iyice gelişmiş ve gelişmektedir. Genel olarak bu teknolojiler çok pahalı değildirler ve yazılımın çoğu açık kaynaktır. İç ve dış veri kaynaklarını entegre etmek için insan becerisi ve yoğun çalışma gerektirmektedir (McAfee vd., 2012, s. 8-9).

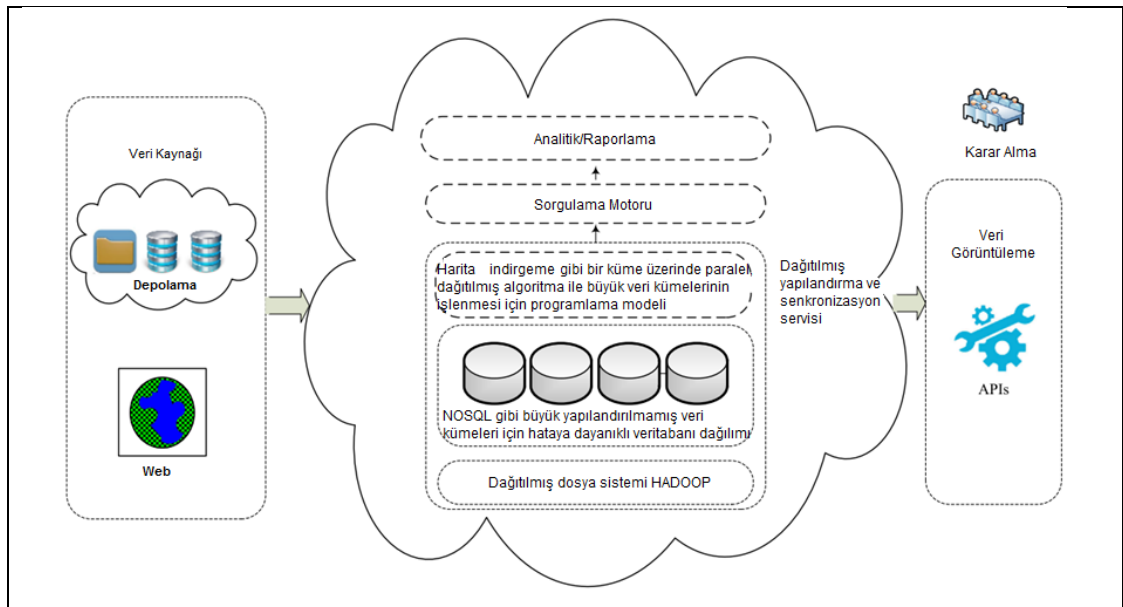
- *Karar verme*

Etkin bir işletme, bilgileri ve bu bilgilerle ilgili kararları aynı tarafa koyar. Büyük veri çağında, bilgi yaratılır ve transfer edilir. Problemleri iyi analiz eden kişilerle, problem çözenlerin biraraya getirilmesi doğru verileri de beraberlerinde getireceklerdir (McAfee vd., 2012, s. 8-9).

- *Şirket Kültürü*

Bilgiye dayalı işletmelerde sorulması gereken soru “Ne düşünüyoruz?” sorusundan ziyade “Ne biliyoruz?” olmalıdır. Doğru kararlar uygulamak için çok sayıda veri kullanmak yerine uygun miktarda veri kullanmak önemlidir (McAfee vd., 2012, s. 8-9).

Büyük veri ve bulut bilişim birbirleriyle bitişik kavramlardır. Bulut bilişim gibi yeni teknolojiler, büyük verinin internet üzerinden bilgiye her yerden erişimini sağlayarak analizini mümkün kılar. Bulut bilişim, veri işleme platformlarının bir sınıfı olan Hadoop’un kullanımını sağlar. Büyük veride bulut hesaplama Şekil 3’de gösterilmiştir. Buluttan ve web’den gelen büyük veri kaynakları, dağıtılmış hataya dayanıklı veri tabanında saklanır ve bir kümede dağıtılmış bir algoritmaya sahip büyük veri setleri için programlama modeli aracılığıyla işlenir (Hashem vd., 2015, s.102-103).



Şekil 3. Büyük Veride Bulut Hesaplama (Hashem vd., 2015, s.103).

Büyük verinin imalat sektörüne olan etkisini inceleyecek olursak, son yirmi yılda imalatçılar, üretim süreçlerindeki atık ve çeşitliliği azalttılar ve yalın üretim, altı sigma gibi uygulamalarla ürün kalitesini ve verimliliğini arttırdılar. Ancak kimyasal, ilaç üretimi ve madencilik gibi çeşitli sektörlerde verimi etkileyen üretim faaliyetlerinin sayısı ve karmaşıklığından dolayı hataları analiz etmek ve düzeltmek için ayrıntılı yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Bunun için gelişmiş analitik uygulamalar ve istatistik gibi bazı temel araçlar kullanılmaktadır. Verimi arttırmak için birçok şirket gelişmiş analitik uygulamaları kullanarak, verileri toplarlar ancak bunu sadece takip etmek amacıyla kullanırlar. Ancak bu tür şirketler için önemli olan anlamlı daha fazla veri toplamak ve daha kapsamlı analizler yapacak uygulamalara yatırım yapmak olacaktır (Auschitzky vd., 2014, s.4). Büyük veriyi, analitik uygulamalardan ayıran hacim, hız ve çeşitliliğidir (McAfee vd., 2012, s. 4). Bu yüzden işletmeler, günümüzde yeni yeni bu kavramla tanışarak, üretim süreçlerini şekillendirmeye çalışmakta ve bu konuyla ilgili çeşitli çalışmalar halen devam etmektedir.

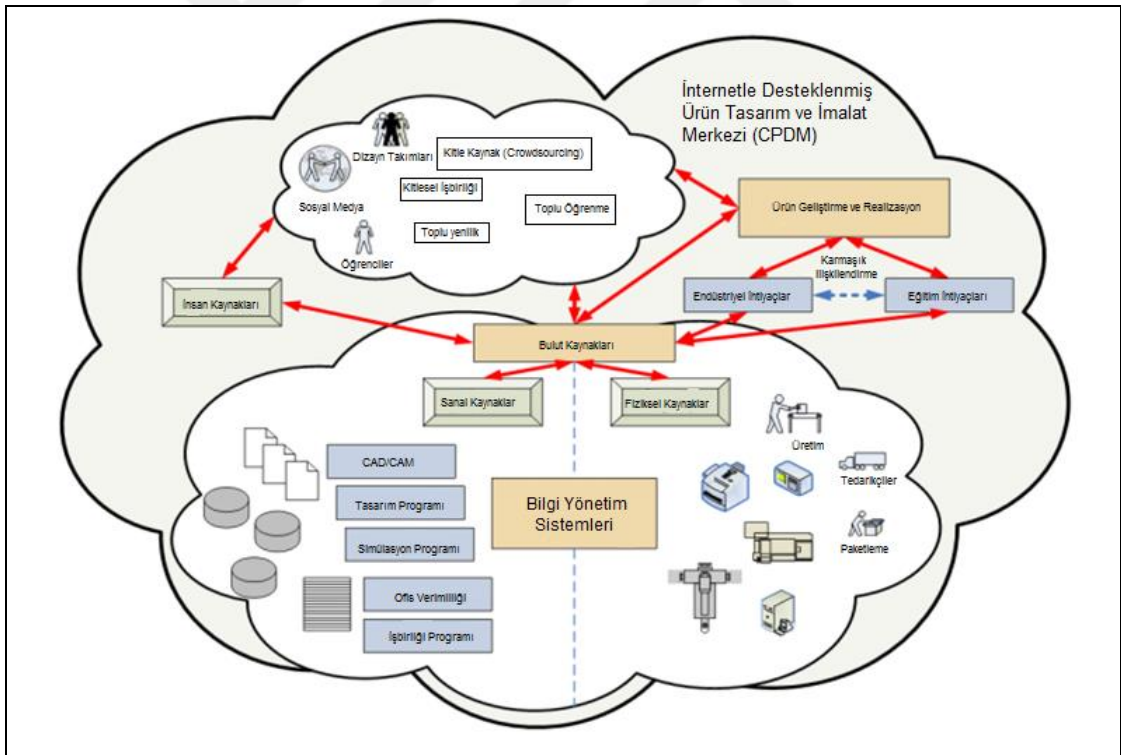
1.3.3. Bulut Bilişim

Bulut bilişim, hem internet üzerinden servis olarak sunulan uygulamaları, hem de bu hizmetleri sağlayan veri merkezlerinde bulunan donanım ve sistem yazılımlarını ifade eder. Bu servisler, Hizmet Olarak Yazılım (SaaS) olarak adlandırılmıştır. Bulut, veri merkezi donanımı ve yazılımının adlandırılmasıdır. Özel bulut terimi ise, bulut bilişimin avantajlarından yararlanabilecek kadar büyük olduklarında, genel kullanıma sunulmayan bir işletmenin veya başka bir kurumun iç veri merkezlerini ifade etmek için kullanılmaktadır (Armbrust vd., 2010, s. 50-51).

Bulut tabanlı Bilgi Teknolojileri(BT) platformu, Endüstri 4.0 Uygulama yöntemlerinin bağlantısı ve iletişimi için teknik bir omurga görevi görür. Endüstri 4.0'ın gelişmesi ile birlikte, siteler ve şirketler arasında veri paylaşımını arttırması, yani reaksiyon sürelerini milisaniye veya daha hızlı bir şekilde gerçekleşmesini önemli kılmıştır. “Dijital üretim”, bilgiyi birbiriyle paylaşmak için farklı cihazların aynı bulutla bağlantılarının kurulmasını sağlayan bir kavram anlamına gelmektedir (Vaidya, 2018, s. 236).

Bulut tabanlı üretim (CBM), Endüstri 4.0'ın başarısına önemli ölçüde katkıda bulunan ve bulunacak olan diğer önemli bir kavramdır. Bulut tabanlı üretim, verimliliği arttıran, ürün yaşam döngüsü maliyetlerini azaltan ve değişken müşteri taleplerine optimal kaynak tahsisi olanağı sağlayan yeniden yapılandırılabilir siber-fiziksel üretim hatları oluşturmak için ağ bağlantılı bir üretim modeli olarak tanımlanabilir (Şekil 4). Bulut tabanlı üretim, ağ tabanlı üretim, ölçeklenebilirlik, serilik, her yerden erişim ve sanallaştırma gibi pek çok özellik barındırmaktadır (Thames ve Schaefer, 2016, s. 13).

Bulut Tabanlı Tasarım ve Üretim, ortak hizmet havuzlarının dizaynı, üretim kaynakları ve bileşenlerinin ile birlikte sosyal ağ ve kitlesel kaynak kullanım platformları boyunca hızlı ürün geliştirilmesi ve inovasyonda sınırların genişlemesini minimum maliyetle sağlayan bir üretim modelidir (Schaefer vd., 2012, s.5).



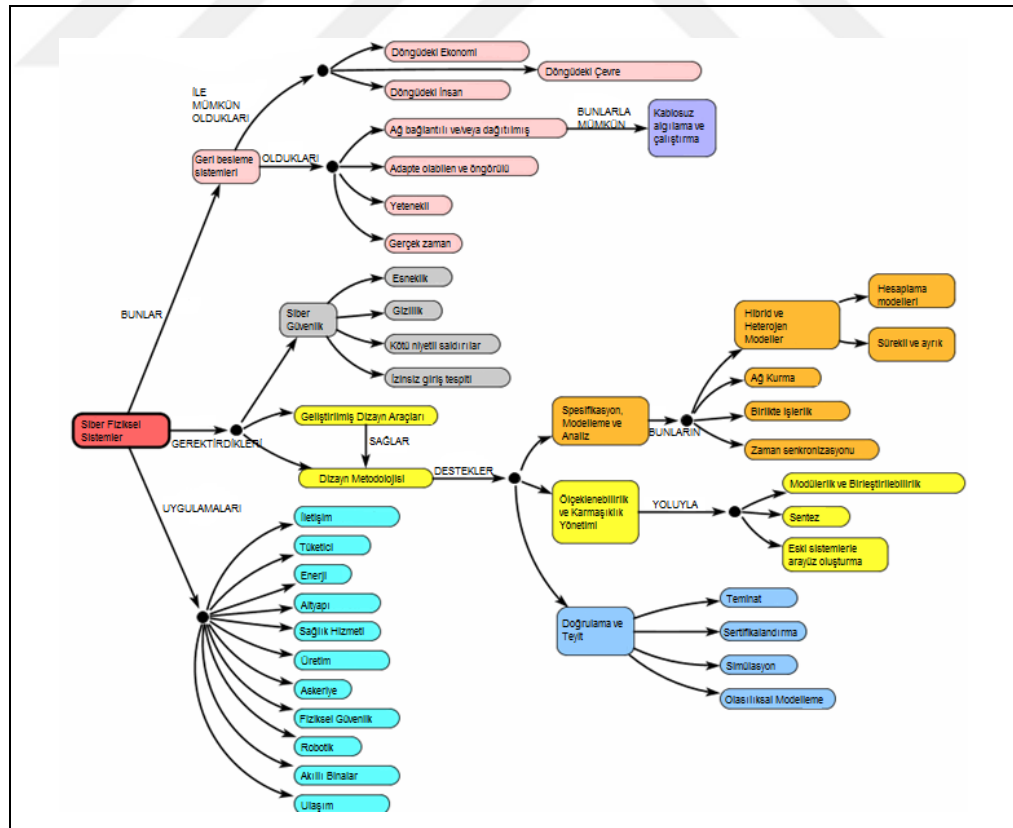
Şekil 4. Bulut Tabanlı Üretim (Schaefer vd., 2012, s.5).

1.3.4. Siber Fiziksel Sistemler

Siber fiziksel terimi 2006 yılında Amerika'da birbirine bağlı bilgi işlem sistemlerinin ve fiziksel dünyanın arasındaki bağlantının gerçekleşmesiyle ortaya

çıkıştır (Wang vd., 2015, s. 517). Siber-fiziksel sistemler (SFS) terimi, birçok yeni yöntemle insanlarla etkileşime girebilecek entegre hesaplama ve fiziksel yeteneklere sahip yeni nesil sistemlerdir. Bu sistemlerin, hesaplama, iletişim ve kontrol yoluyla fiziksel dünya ile etkileşimde bulunma gibi yeteneklerini artırması özellikle gelecekte kilit rol oynayacaktır (Baheti ve Gill, 2011, s. 161). Siber Fiziksel Sistemler, tematik alandır ve mekatronik, robotik teknolojilerle multidisipliner alanlara dönüşür. Mekatroniğin elektrik ve makine mühendisliğinden gelişmesi gibi Siber Fiziksel Sistemlerde, bilgisayar ve elektronik mühendisliğinden gelişmiştir Siber Fiziksel Sistemlerin, konsept haritalaması Şekil 5’de gösterilmiştir (Wang vd., 2015, s. 517).

Siber Fiziksel Sistemler’in, gelecekte getireceği yeniliklere örnek verecek olursak, yeni nesil uçakların ve uzay araçlarının, hibrit gazlı elektrikli araçların, tamamen özerk şehir içi sürüşün ve beyin sinyallerinin protezleri yönetmesiyle, fiziksel nesnelere kontrol etmesi olanağı sağlayan tasarımlar sayılabilir (Baheti ve Gill, 2011, s. 161).



Şekil 5. Siber Fiziksel Sistemlerin Konsept Haritalaması (Asare vd., <https://ptolemy.berkeley.edu/projects/cps/>)

İmalat sektöründe, Siber Fiziksel Sistemlerin en somut örneği Akıllı Fabrikalar'dır. Fiziksel dünya ve sanal ortamla iletişimi sağlamaktadır. Akıllı Fabrikalarda otomasyon süreçleri, cihazların ve makinelerin birbirleriyle iletişimi yoluyla üretim süreçlerini kendileri belirleyerek düzenlerler. Üretimin herhangi bir aşamasında kaynak sıkıntısı olursa, gerekli kaynak siparişi sistem vasıtasıyla otomatik olarak verilir, oluşan arızalar anında ve yerinde tespit edilip giderilir, böylelikle fabrikaların tam kapasite ve sorunsuz çalıştırılmasını mümkün kılar (MCS Factory Digitalization Endüstriyel Bil. Tek. Ltd. Şti., 2019).

Akıllı Fabrikalar'ın ortaya çıkması, işletmelerde insan ya da alet hataları sonucunda, üretim faaliyetlerinin aksaması neden olmuştur. Bunun sonucunda olarak da bu tür problemlerin önlenmesi için çeşitli otomasyon sistemleriyle Akıllı Fabrika kavramının ortaya çıkış süreci başlamıştır. Bir üretim hattında bulunan tüm makine, donanım ve ürünler birbirleriyle çeşitli yazılım programları, sensör ve robot teknolojileri ile iletişim halindedir ve süreç kesintisiz olarak takip edilmektedir (Proente Otomasyon, 2019). Böylelikle hız, verimlilik ve kalite artacaktır. Bu fabrikalar, sanal gerçeklik, simülasyon ve sanal prototiplerinin oluşturulmasıyla birlikte ürün piyasaya sunulmadan ürün geleceği konusunda öngörü yapılmasına imkan tanıyacaktır. Bu da daha kaliteli, hızlı ve daha maliyetli ürün üretimine imkan tanıyacaktır (Endüstri 4.0 Platformu, Yıldızlı Proje Danışmanlık Ltd. Şti, 2019).

Akıllı Fabrika, koşulları giderek hızla değişen dünyamızda, bir işletmede ortaya çıkabilecek sorunları çözecek, esnek ve uyarlanabilir üretim süreçleri sağlayan üretim probleminin çözümüdür. Bu çözüm, optimum işgücü ve kaynak sağlayan, kısacası, üretim optimizasyonunu sağlayan bir yazılım, donanım ve/veya mekanik çözümler kombinasyonu olabilir. Ayrıca, dinamik organizasyonların oluşmasını neden olan, endüstriyel ve endüstriyel olmayan ortaklar arasındaki işbirliğini sağlayan bir perspektif olarak da görülebilir (Radziwon vd., 2014, s. 1187).

Bir akıllı fabrikanın kurulumu için çeşitli birçok teknoloji bulunmaktadır. Bu teknolojiler, fabrikanın işlevsel amacına göre kurulmalıdır. Avrupa'da imalatla ilgili yayımlanan bir rapora göre gelecekte fabrikalar, düşük maliyet ve üretim esnekliğine dayanan yapıda olacaktır. Bu her iki özelliği sağlamak için bu yaklaşımla ilgili modüller ve platformlarla alakalı olarak çalışmalar yapılmaktadır. Yine aynı raporda

yer alan bir diğer bilgi de kültürel, coğrafik ve multidisipliner çalışmalarla problem çözme başarısını arttırmak mümkündür (Radziwon vd., 2014, s. 1187).

1.3.5. Otonom Robotlar

Robotlar uzun süreden beri işletmeler tarafından özellikle karmaşık görevler için kullanılmaktadır. Ancak robotlar da daha fazla kullanımları için evrim sürecine girmişlerdir. Gün geçtikçe daha özerk, esnek ve işbirlikçi yapıda olmaktadır. Daha da ilerleyen zamanlarda birbirleriyle ve birlikte çalışan insanlarla iletişime geçecekler, çalışanlardan işi öğrenme yeteneği kazanacaklardır. Gelecekte maliyetleri azalacak ve şuanda imalat sektöründe kullanılan robotlara göre daha üstün yeteneklere sahip olacaklardır. Bazı robot üreticileri günümüzde birbirleriyle etkileşime geçen otonom robotları üretmeye başlamışlardır. Bu robotlar birlikte çalışmalarının yanı sıra bir sonraki bitmemiş ürünün üretimine devam edecek şekilde uyarlanmışlardır. Üst seviye sensörleri ve kontrol üniteleri bulunmaktadır (Rüßmann vd., 2015, s.3).

Robot kullanımının artması temel olarak üç nedene dayandırılmaktadır. Birincisi son on yılda donanım ve yazılım maliyetleri %20'den daha yüksek bir oranda azalmıştır. Robotik sistemlerin maliyetleri ise %5 oranında artmıştır. İkinci nedeni, daha da önce bahsedildiği üzere endüstriyel robotların çok yönlü, hareketli hale gelmesi ve daha karmaşık, hassas işler yapabilir hale gelmesidir. Nesnelerin interneti kullanılsa da, üretim sisteminin diğer bölümlerinden geri bildirim almaları dolayısıyla daha akıllı hale gelmiştir. Üçüncü neden ise maliyet, performans ve işlevsel olmalarından dolayı sadece büyük ölçekli işletmeler tarafından değil, küçük ve orta ölçekli işletmeler tarafından da benimsenilmesi dolayısıyla kullanımında artış yaşanmıştır (Strange ve Zucchella, 2017, s. 176-177).

1.3.6. Yatay ve Dikey Sistem Entegrasyonu

Günümüzde bilgi teknolojilerinin çoğu tam entegre sistemler değildir. Şirketler, tedarikçiler ve müşteriler nadiren birbirlerine bağlanır. Ancak Endüstri 4.0 ile şirketler, departmanlar, fonksiyonlar ve yetenekler, şirketler arasındaki evrensel veri entegrasyon ağları geliştikçe ve gerçek bir otomatik değer zinciri sağlandıkça, sistem çok daha tutarlı hale gelecektir (Rüßmann vd., 2015, s.3).

Birçok kaynakta sistem entegrasyonu, Yatay ve Dikey olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Wang ve arkadaşları ise üç grupta toplamışlar, üçüncü grubu da Uçtan Uca Mühendislik olarak adlandırmışlardır. Yatay Entegrasyon, kurumlar arası işbirliğinin değer ağı üzerinden kolaylaştırılması için; dikey Entegrasyon, esnek ve yeniden yapılandırılabilir üretim sistemi oluşturulabilmesi için bir fabrika içindeki hiyerarşik alt sistemlerin kurulması ve uçtan uca mühendislik ise nihai ürünün özelleştirilmesini desteklemek için tüm değer zinciri boyunca teknoloji entegrasyonunun sağlanması için kullanılmaktadır. Şirketlerin Yatay Entegrasyonu ve Dikey Entegrasyonu, sürecinin Uçtan Uca Mühendislik Entegrasyonu için iki temeldir. Çünkü bir ürünün yaşam döngüsü, farklı şirketler tarafından gerçekleştirilmesi gereken çeşitli aşamalardan oluşmaktadır (Wang vd., 2016, s. 2-3).

Bu kavramları sırasıyla detaylandırarak olursak; Yatay Entegrasyonda, bir şirket, diğer birçok ilgili şirketle hem rekabet etmeli hem de işbirliği yapmalıdır. Şirketler arası Yatay Entegrasyon ile ilgili şirketler etkin bir ekosistem oluşturabilir. Bilgi, finans ve malzeme akışı bu şirketler arasında düzgün bir şekilde sağlanabilir. Böylelikle iş modelleri gibi yeni değer ağları da ortaya çıkabilir (Wang vd., 2016, s. 2-3).

Dikey entegrasyonda, bir fabrika, aktüatör ve sensör, kontrol, üretim yönetimi, üretim ve kurumsal planlama gibi çeşitli fiziksel ve bilgi alt sistemlerine sahiptir. Esnek ve yeniden yapılandırılabilir bir üretim sistemi sağlamak için aktüatör ve sensör sinyallerinin, kurumsal kaynak planlama (ERP) seviyesine kadar farklı seviyelerde dikey entegrasyonu esastır. Bu entegrasyonla akıllı makineler, farklı ürün türlerine uyum sağlamak için dinamik olarak yeniden yapılandırılabilen, kendi kendini organize eden bir sistem oluşturur; ve üretim sürecini şeffaf hale getirmek için büyük veriler toplanır ve işlenir (Wang vd., 2016, s. 2-3).

Uçtan Uca Mühendislikte, ürün merkezli bir değer yaratma sürecinde, müşteri gereksinimleri, ürün tasarımı ve geliştirme, üretim planlaması, üretim mühendisliği, üretim, hizmetler, bakım ve geri dönüşüm gibi bir dizi faaliyet söz konusudur. Entegrasyon yoluyla, sürekli ve tutarlı bir ürün modeli her aşamada tekrar kullanılabilir. Ürün tasarımının üretim ve hizmet üzerindeki etkisi, bir dizi özelleştirilmiş yazılımların etkinleştirilmesi ile öngörülebilir, böylelikle özel ürünlerin üretilmesi mümkün olur (Wang vd., 2016, s. 2-3).

1.3.7 Katmanlı Üretim

İşletmeler, ürünlerin prototiplerini ve münferit parçaları üretmek için 3 boyutlu (3D) yazıcılar gibi ilave üretim sistemlerini benimsemeye başlamışlardır. Endüstri 4.0'ın gelişmeye başlaması ile katmanlı üretim metotları, daha kompleks, hafif ve oluşturma avantajları sağlayan küçük miktarda üretilen özel ürünler için kullanılacaktır. Yüksek performanslı katmanlı üretim metotları, nakliye mesafesini ve stok miktarını azaltacaktır. Örnek olarak, havacılık şirketleri uçak ağırlığını azaltan ve titanyum gibi hammaddelerin alım harcamalarını azaltan tasarımları uygulamak için katmanlı üretim metodunu kullanmaktadırlar (Rüßmann 2 vd., 2015).

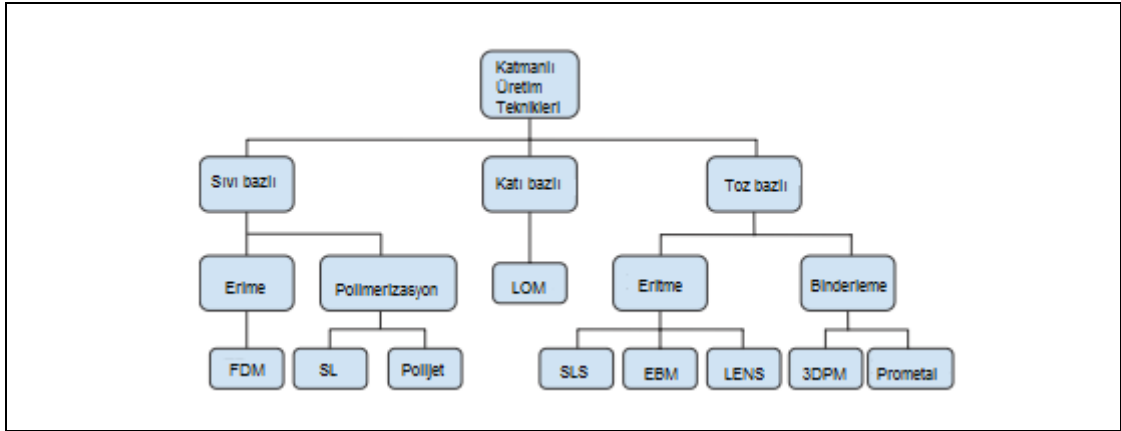
Katmanlı üretimde ilk uygulama, 1980'lerde hızlı prototipleme ile başlamıştır. 1987'de 3D Systems, Stereolithografi (SL) tekniği olarak bilinen, morötesi ışığa duyarlı polimerler bir lazer yardımıyla katman katman dondurularak oluşturulan plastik işleme yöntemini geliştirmiştir. Bu yöntemle, prototip/mokap üretimi mümkün olmuştur (STM, 2016, s.6).

Katmanlı Üretime yönelik çok çeşitli uygulamalar bulunmakla birlikte, bu uygulamalar malzemeler ve yöntemlerine göre sınıflandırılmaktadır. Katmanlı üretim teknikleri genel olarak Şekil 6'da gösterilmiştir (Wong, 2012, s. 2). Bu temel yöntemler genel olarak ise şu şekilde sıralanabilir:

- Stereolithografi,
- Lazer Eritmeli Sistemler (LS),
- Erimiş Malzeme Şekillendirme (FDM),
- Malzeme Jeti,
- Yapıştırıcı ile Katmanlı İmalat (BJ),
- Elektron Kaynağı (EBM) (STM, 2016, s.6).

Katmanlı Üretim getirdiği ve getireceği faydalara bakacak olursak, hızlı prototiplemeye imkan sağlamaktadır, karmaşık parçaların üretilmesi kolaylaşır, tasarım aşamasında geçen zamanda azalma olur, ürün optimizasyonu için geçen süreç kısalmış olur, tasarım ve imalat entegrasyonu sağlanmış olur, imalat için gerekli makinaların sayısı azalır, üretim süreç ve maliyetleri azalır, modülerlik desteklenmiş olur. Fonksiyonel ürünlerin üretilmesini mümkün kılar, yapı bilgi modellemesine

olanak sağlar, medikal amaçlı teşhis ve tedavi araçlarının üretilmesine olanak sağlar (Endüstri 4.0 Platformu, Yıldızlı Proje Danışmanlık Ltd. Şti, 2019).



Şekil 6. Katmanlı Üretim Teknikleri (Wong, 2012, s. 2)

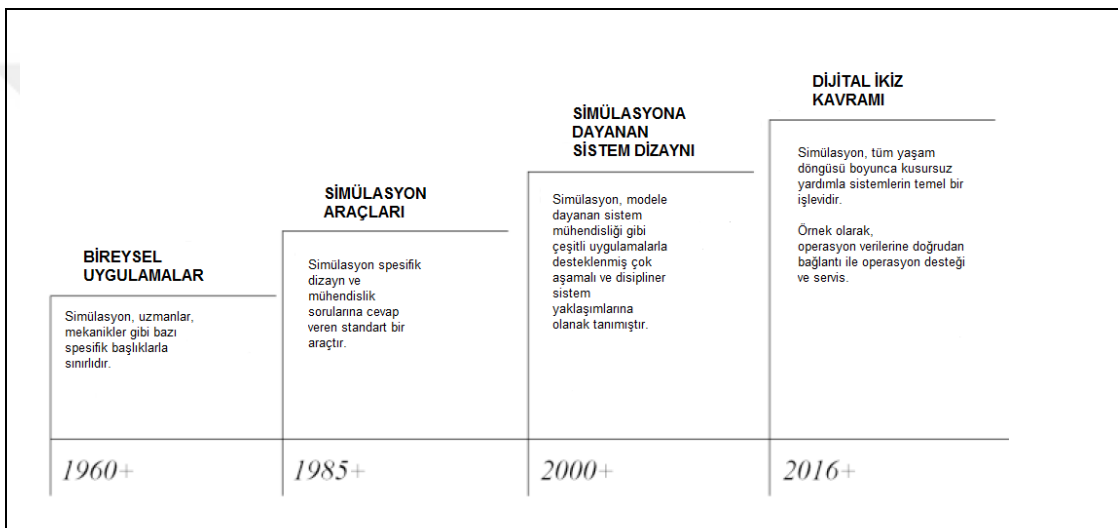
1.3.8. Simülasyon

Mühendislik uygulamalarında, ürün, materyal ve üretim süreçlerinin üç boyutlu simülasyonları günümüzde kullanılmaktadır. Ancak gelecekte tesiste yer alan tüm operasyonlar için kullanılabilir hale gelecektir. Bu simülasyonlar, fiziksel dünyayı makineleri, ürünleri ve insanları içererek, sanal bir modelde yansıtmak için gerçek zamanlı verilerden yararlanacaktır. Bu, operatörlerin fiziksel değişmeden önce sanal dünyada sıradaki bir sonraki ürün için makine ayarlarını test etmesini ve optimize etmesini, böylece makine kurulum zamanlarını düşürmesini ve kaliteyi artırmasını sağlar (Rüßmann 2 vd., 2015).

Simülasyon temelli karar destek araçları, sistemler ve sistemler için ayrı ayrı elemanlar için çözüm geliştirme, doğrulama ve test etmeyi sağlar ve model tabanlı sistem mühendisliği (MBSE) yaklaşımının temelini oluşturur. Bununla birlikte, simülasyon modellemesinin ürün yaşam döngüsü yönetimine entegre edilmesiyle birlikte kullanıcı gereksinimleri önemli ölçüde değişmiştir (Şekil 7). Artan ürün çeşitleri ve özel ürünler için daha esnek üretim sistemleri gerektirir. Yeni simülasyon modelleme paradigması, Dijital İkiz kavramı ile en iyi şekilde tahmin edilmektedir. Dijital İkiz, simülasyon modellemesinin, ürünlerin ilk kez sanal bir ortamda tam olarak geliştirildiği ve test edildiği sanal ortamda tüm ürün yaşam döngüsünün tüm aşamaları kapsar ve daha sonraki aşamalar için üretilen bilgileri kullanır. Fiziksel ortamdaki verilerin simülasyon modelleri ile birleştirilmesi, gerçekçi verilere dayalı

dođru verimlilik ve ürünün bakımıyla ilgili dođru tahminlemeyi sađlar (Rodič, 2017, s. 197).

Gelecekteki pazar talepleri ve rekabetçi bir iş ortamının artması sonucu simülasyon gibi çeşitli teknolojik araçlara gereksinim gelecekte daha da artar hale gelecektir. Simülasyonlar, işletme operatörüne, karmaşık sistemlere ilişkin öngörüler sağlayarak, kısa sürede yapılan ayarlamalarda destek verecek, işleyen sistemi kesintiye uğratmadan, mühendislik uygulamalarının planlamasını ve test edilmesini mümkün kılacaktır. Gelecekteki fabrika ortamı, dijital olarak tahmin edilebilir, analiz edilebilir ve simüle edilebilir olacaktır (Rossgoderer, 2015).



Şekil 7. Simülasyon Kavramının Gelişimi (Weyer, 2016, s. 99).

1.3.9. Arttırılmış Gerçeklik

Arttırılmış gerçeklik, gerçek dünyadaki fiziksel ortamı, bilgisayar desteğiyle duyuşal girdilerle canlı, dinamik ve gerçek zamanlı olarak hissetmemizi sağlayan bir kavramdır. Arttırılmış Gerçeklik ile kullanıcı gerçeklik ortamını oluşturan bilgi ve diğer nesnelere etkileşime girebilir. Bulunduğu çevreyle ilgili yapay bilgi ve nesnelere gerçek dünyayla bağdaşabilir (Endüstri 4.0 Platformu, Yıldızlı Proje Danışmanlık Ltd. Şti, 2019).

Arttırılmış gerçeklik temelli sistemler, bir depoda parça seçimi ve mobil cihazlara onarım talimatı gönderme gibi çeşitli hizmetleri destekler. Bu sistemler şu anda başlangıç aşamasındadır, ancak gelecekte şirketler, çalışanlara karar alma ve çalışma prosedürlerini geliştirmek için gerçek zamanlı bilgi sağlamak için arttırılmış

gerçeklikten daha geniş bir şekilde faydalanacaktır. Örnek olarak, çalışanlar, tamir gerektiren gerçek sisteme bakarken belirli bir parçanın nasıl değiştirileceğine dair onarım talimatları alabilir. Bu bilgiler, artırılmış gerçeklik gözlükleri gibi cihazlar kullanılarak doğrudan işçilerin görüş alanında gösterilebilir (Rüßmann 2 vd., 2015).

Başka bir uygulama ise sanal eğitimidir. Siemens, tesis personelini acil durumlara başa çıkabilmeleri için eğitmek için artırılmış gerçeklik gözlükleriyle gerçekçi, veri tabanlı 3 boyutlu bir ortam kullanan Comos yazılımı için sanal bir tesis operatörü eğitim modülü geliştirdi. Bu sanal dünyada, operatörler bir siber sunum üzerine tıklayarak makinelerle etkileşime girmeyi öğrenebilirler. Ayrıca parametreleri değiştirebilir ve işletme verilerini ve bakım talimatlarını alabilirler (Rüßmann 2 vd., 2015).

Endüstride yapay gerçekliğin kullanım alanlarına bakacak olursak, endüstriyel tasarımda ürünlerin tamamlanmadan önce tasarımını görmelerini sağlayacaktır. Volkswagen tahmini ve gerçek çarpışma test görüntülerini karşılaştırmak için bu aracı kullanmaktadır. Paketleme ve pazarlama alanında kullanımı yaygınlaşacaktır. Ürünle hakkında ek bilgiler taranmış görüntüler aracılığıyla mümkün olacaktır. İş toplantıları dokunmatik ekranlar, interaktif görsellerle zenginleştirilecektir. Montaj ve bakımın nasıl yapılacağı konusunda çalışanlara kolaylık sağlayacaktır. Üretilecek ürünler, sınırsız inovatif fikir ve ürünlerin üretimi mümkün olacaktır. Kısacası gelecekte bu sistemler şirketlerin karar verme ve iş prosedürlerini geliştirmek için daha yoğun olarak kullandıkları araçlar haline gelecektir (Endüstri 4.0 Platformu, Yıldızlı Proje Danışmanlık Ltd. Şti, 2019).

2. BÖLÜM: ENDÜSTRİ 4.0 VE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ (İSG) ENTEGRASYONU

Endüstri 4.0 ile birlikte gelişen Bilgi ve İletişim Teknolojileri(BIT-ET), değişim eğilimlerinin ve itici güçlerinin, 2025 yılına kadar, çoğu meslek sektöründeki ürün ve hizmetleri organize etmek, yönetmek ve sunmak için kullanılacak teçhizatı, araçları ve teknik sistemleri değiştireceği beklenmektedir. Gelişmeler, giderek daha karmaşık, birbirine bağlı ve özerk, kendi kendilerini organize eden, kendi kendine öğrenen ve kendi bakımlarını yapabilen otomasyon sistemlerini de içeren iş süreçlerini de beraberinde getirecektir. Ayrıca Nesnelerin İnterneti olarak adlandırılan ve giderek daha zeki ve internete bağlı olan bilgi ve iletişim teknolojilerin minyatürleştirilmesine yönelik net bir eğilim de bulunmaktadır. Değişim eğilimleri ve itici güçleri, bu küçültülmüş BIT-ET'lerin, biyonik ve dış iskeletlerle birlikte, insan performansını geliştirmek veya izlemek ve böylece önemli miktarda veri üretmek için giyileceğini göstermektedir (Stacey vd., 2018, s.46-47).

Değişim eğilimleri, ayrıca 3D ve 4D baskı ve biyo-baskı gibi 2025 BIT-ET'lerin, otonom taşıtların(dronlar), robotik (işbirlikçi robotikler dahil), Yapay Zeka, Sanal Gerçeklik ve Arttırılmış Gerçeklik teknolojilerinin artacağını göstermektedir. Robotik sistemler, otonom sistemler, Yapay Zeka ve Nesnelerin İnterneti üzerinde çok etkili olacaktır. Robotlar, insan olan çalışma arkadaşlarından işi öğrenmelerini sağlayacak, kendi kendini optimize eden algoritmalarla çok daha mobil, işbirlikçi ve zeki olacaktır. Robotların kullanımı, tarım, üretim, sanayi, ulaşım, savunma, hizmetler ve yönetim gibi birçok farklı sektörde beklenmektedir. Robotlar hakkında tartışmalar genel olarak iş yükü ile ilgilidir, ancak aynı zamanda iş kalitesiyle ve İş Sağlığı ve Güvenliği ile de ilgili olmalıdır (Stacey vd., 2018, s.46-47).

İnovasyonun artmasıyla birlikte, bilgi ve iletişim teknolojilerine adaptasyon süreci, İş Sağlığı ve Güvenliği üzerine etkileri günümüzden 2025 yılına kadar olan sosyal, ekonomik, çevresel ve politik eğilimlere ve itici güçlere bağlı olacaktır. Ortaya çıkabilecek olan İSG ile ilgili avantajlar sorunlar, çeşitli konu başlıklarına bölünmüş ve bu maddeler halinde bu bölümde sıralanmaktadır, bu konular Endüstri 4.0 Kavramlarıyla ilişkilendirilmeye çalışılmıştır (Stacey vd., 2018, s.46-47).

2.1. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

2.1.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Tanımı

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) iş sağlığını, çalışanların fiziksel, zihinsel ve sosyal refah düzeyinin en yüksek düzeyde geliştirilmesi ve korunması olarak tanımlamaktadır. İş sağlığı, tüm mesleklerde çalışanların en üst düzeyde fiziksel, zihinsel ve sosyal refahının teşvik edilmesini ve sürdürülmesini, uygunsuz çalışma koşullarından kaynaklanan sağlık koşullarından dolayı çalışanların işten ayrılmasının önlenmesini, çalışanların korunmasını amaçlamaktadır (ILO, 2016).

Çalışanların iş kazalarına uğramalarını ve meslek hastalıklarına yakalanmalarını önlemek, sağlıklı ve güvenli çalışma ortamını oluşturmak için alınması gereken önlemler dizisine ise iş sağlığı ve güvenliği denilmektedir (Özkılıç, 2005, s. 20).

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ile Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) işçi sağlığı ve iş güvenliği ortak komisyonunda, işçi sağlığının esasları şunlardır:

1. Tüm iş kollarında işçinin fiziksel, ruhsal ve sosyo-ekonomik bakımdan sağlığını en üst düzeye çıkarmak ve bunun devamlılığını sağlamak,
2. Çalışma şartları ve kullanılan zararlı maddeler nedeni ile işçi sağlığının etkilenecek bozulmasını engellemek,
3. Her işçiyi kendi fiziksel ve ruhsal yapısına uygun olan işte çalıştırmak,
4. İşin, işçiye ve işçinin de işe uyumunu sağlamaktır (Özkılıç, 2005, s. 20).

Belirlenen amaçlara ulaşmak, dolayısıyla, iş kazalarını ve meslek hastalıklarını önlemek İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetiminin sorumluluğundadır. İş Sağlığı ve Güvenliği yönetimine temelde 3 görev düşmektedir. Bunlar: Tehlikeleri tanımlamak, her tehlike için riskin boyutunu tahminlemek ve saptamak, riskin kabul edilebilir olup olmadığına karar vererek, riski kontrol altına almaktır (Özkılıç, 2005, s. 20).

2.1.2. İş Sağlığı ve Güvenliği için Yasal Çerçeve

Güvenli bir işyerinde çalışmak, insanın en temel haklarından biridir. İş sağlığı ve güvenliği alanındaki ilk yazılı düzenleme Osmanlı döneminde, 1865 yılında yapılmıştır. Bu kanun, kömür madenlerindeki güvenlik ve sağlık konularıyla ilgili düzenlemeler yapmıştır. Ancak bu kanun padişah tarafından onaylanmamıştır (Bilir, 2016).

Çalışma hayatının 2 temeli vardır; işverenler ve çalışanlar. Güvenli ve verimli bir çalışma hayatının sağlanması her iki taraf için de önem arz etmektedir. İş Sağlığı ve Güvenliği alanındaki mevzuat her iki taraf arasındaki ilişkileri düzenler; güvenli bir çalışma ortamının sağlanmasını amaçlar. Türkiye’deki İş Sağlığı ve Güvenliği mevzuatı Anayasa ile uyumlu bir biçimde yapılandırılmıştır (Bilir, 2016).

Türkiye’nin 1982 Anayasasında çalışma hayatının çeşitli alanlarını düzenleyen yaklaşık 20 madde bulunmaktadır. Bu maddeler, çalışma hakkı ve yükümlülükleri, sendika kurma, sosyal güvenlik hakkı gibi çalışma hayatına ilişkin maddeler iş gücünün korunmasında, çalışanların uygun işe yerleştirilmesinde ve güvenli bir çalışma ortamı sağlanmasında önemli bir rol oynar. Maddelerden ikisi doğrudan iş sağlığı ve güvenliğiyle ilgilidir. “Kimse, yaşına, cinsiyetine ve gücüne uymayan işlerde çalıştırılmaz” (Madde 50). “Herkes, sağlıklı ve dengeli bir çevrede yaşama hakkına sahiptir” (Madde 56) (Bilir, 2016).

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (No. 6331; 2012 (İSG Kanunu) 2012 yılında Resmi Gazete’de yayımlanmıştır. 2012 yılından önce, iş sağlığı ve güvenliği konularının düzenlenmesi, İş Kanunu, ilgili yönetmelikler ve bazı genel kanunlar ile yapılmaktaydı (Bilir, 2016). 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu 5 bölüm ve 39 madde’den oluşan Kanun’un amacı ve işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması, mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi için işveren ve çalışanların görev, yetki, sorumluluk, hak ve yükümlülüklerini düzenlemektedir (6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu Md.1). Beş bölümden oluşmaktadır. Kanunun birinci bölümü(Md 1-3); Amaç, Kapsam ve Tanımlar, ikinci bölümü(Md.4-20); İşverenler ile Çalışanların Görev, Yetki ve Yükümlülükleri, üçüncü bölümü(Md.21-23); Konsey, Kurul ve Koordinasyon, dördüncü bölümü(Md.24-27),

Teftiş, İnceleme, Araştırma, Müfettişin Yetki, Yükümlülük ve Sorumluluğu, beşinci bölüm(Md.28-39); Çeşitli ve Geçici Hükümler şeklinde sistematize edilmiş, mevzuatımızın ilk bağımsız İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'dur (Korkmaz ve Avsallı, 2012, s154-155).

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, çağdaş iş sağlığı ve güvenliği anlayışına paralel olarak önleme ve koruma düşüncesiyle, işyerlerinde kapsamlı olan iş sağlığı ve güvenliği örgütlenmesinin sağlanması, risk değerlendirmesi, önlemlerin belirlenmesi, denetleme, aynı çalışma alanında bulunan işverenler arasında koordinasyonun sağlanması gibi oldukça kapsamlı bir sistem anlayışının gelişmesini sağlamayı amaçlamaktadır (Alpagut, 2014, s.31).

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun, temel özellikleri: İş sağlığı ve güvenliği temsilcisinin seçilmesi dolayısıyla katılımcı olması; işverenin, çalışanları hak ve sorumlulukları, riskler, koruyucu önlemler, ilkyardım vb. konularda bilgilendirmesiyle eğitim ve bilgilendirme yapılması; iş kazası ve meslek hastalıklarında proaktif anlayışın hakim olması dolayısıyla önleyici iş sağlığı ve güvenliği anlayışının olduğu; iş sağlığı ve güvenliği konusunda profesyonel hizmet ve yardım almanın gerekliliği; küçük işletmelerinde devlet destekli olarak kapsama alınması gibi özellikleri bulunmaktadır (Korkmaz ve Avsallı, 2012, s.155-157).

İSG Kanununun 2012 yılında yürürlüğe girmesinden önce, çalışma hayatının düzenlenmesi İş Kanunu ile başka bazı genel kanunlar kullanılmaktaydı. Türkiye Cumhuriyeti'nin kuruluşundan kısa süre sonra, 1923 yılında çalışma hayatının belirli boyutlarını düzenlemek üzere kanunlar çıkarılmıştır. Bunların en temel bilinenleri, Hafta Tatili Hakkında Kanun (1924), Borçlar Kanunu (1926) ve Umumi Hıfzısıhha Kanunu ile Belediye Kanunudur (1930). İşyerleri ve çalışma hayatı, İş Kanununun yürürlüğe girmesine dek bu kanunlarla düzenlenmiştir (Bilir, 2016).

İlk İş Kanunu 1936 yılında yürürlüğe girmiştir. Şuanda güncel olan 4857 sayılı İş Kanunu 2003 yılında resmi gazetede yayınlanmıştır. İş Kanununda çalışma hayatının, iş akdi, asgari çalıştırma yaşı, ücretler vb. genel koşulları tanımlanmıştır. İş Kanununda, iş sağlığı ve güvenliğine ayrılmış özel bir bölüm bulunmaktadır. Bu bölümde, diğer hususlara ek olarak, işverenin iş sağlığı ve güvenliğini sağlamak için

ilgili tüm tedbirleri alma sorumluluğu ve çalışanın bu konudaki kurallara ve tedbirlere uyma yükümlülüğü açıkça tanımlanmıştır. İş Kanunu aynı zamanda, işyerlerinin denetimini ve kural ihlali yapılması halinde uygulanacak cezaları da düzenlemektedir. İSG Kanununun yürürlüğe girmesiyle birlikte, İş Kanunu'nda, İş Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili tüm maddeler yürürlükten kaldırılmıştır (Bilir, 2016).

Borçlar Kanunu (No. 6098; 2011) ilk olarak 1926 yılında, insanların birbirlerine karşı yükümlülüklerini tanımlamak üzere yürürlüğe konmuştur. Borçlar Kanunu, özel olarak işveren ve işçilerin karşılıklı yükümlülüklerini tanımlamaktadır. Böylelikle, işverenin güvenli bir çalışma ortamı sağlayarak, çalışanların sağlığını koruma yükümlülüğü vardır. Çalışanların sağlığına yaptıkları iş sonucunda bir zarar gelmesi halinde, işveren zararı tazmin etmelidir. Çalışanlar ise güvenli çalışma kural ve düzenlemelerine uymalıdır (Bilir, 2016).

Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu (No. 5510, 2006) yürürlüğe girmeden önce, çalışanların sigortalanması konusu çalışma hayatının belirli alanlarına, özel çıkarılan bazı kanunlarda geçmiştir. Sosyal Sigortalar Kanunu, iş kazaları ve meslek hastalıklarına ilişkin bir dizi hükümlerle birlikte 1964 yılında yürürlüğe girmiştir. Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu ise 2006 yılında yürürlüğe girmiştir. Kanun, Sosyal Sigortalar Kurumuna kayıtlı, sigorta primleri ödenen çalışanlara uygulanır. Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu, kapsamı tazminat ile sınırlı olduğu için, iş kazası ve meslek hastalığı tanımlarını İSG Kanunu'ndan farklı bir şekilde yapmaktadır (Bilir, 2016).

İkincil mevzuat olarak da ilgili kanunların ayrıntılarına açıklık getirmek üzere çeşitli yönetmelikler çıkarılmıştır. İlgili bakanlıklar ve kurumlar bu mevzuatın hazırlanmasında görev almıştır (Bilir, 2016).

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) İş Sağlığı ve Güvenliği alanında uluslararası işbirliği konusunda önem arz etmektedir. Türkiye 1932 yılından beri ILO'nun üyesidir. Türkiye, Birleşmiş Milletler üyeliğinden önce, ILO konferanslarına gözlemci olarak katılmaktaydı, 1932 yılında Milletler Cemiyeti'ne üye olunca ILO'ya da üye olmuştur. Türkiye Yıllık ILO Konferanslarına üç taraflı

yaklaşımıyla katılmaktadır. Türkiye 8'i doğrudan olmak üzere İş Sağlığı ve Güvenliğiyle ilgili olan 59 ILO Sözleşmesi'ni onaylamıştır (Bilir, 2016).

2.1.3. İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri

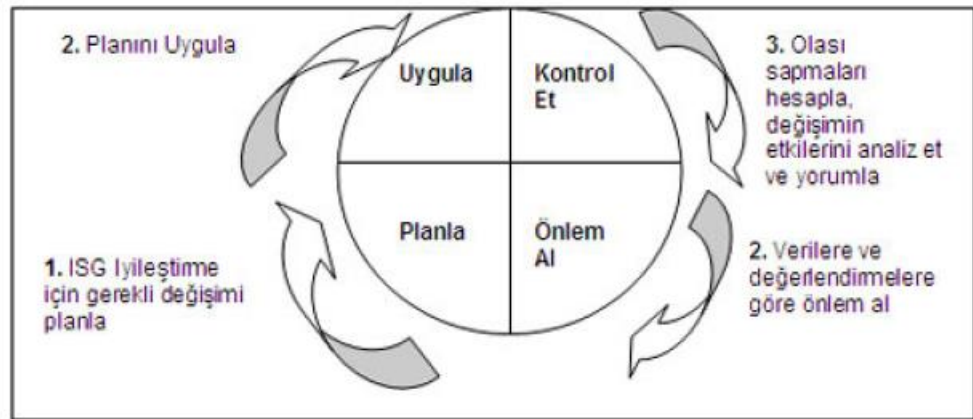
“Çalışma hayatını, üretkenliği ve bunlara bağlı olarak işletmelerin kârlılıklarını etkileyen olaylara önlem almak için, öncelikle mevcut durumun analizi yapılarak risklerin tespit edildiği, bu riskleri yok etmek için yasal yönetmelik, mevzuat ve kanunlara entegre programların oluşturulduğu ve uygulandığı, bütün çalışmaların belli bir sistematik içerisinde dokümente edildiği ve ilgililenlere duyurulduğu, bu yürütülmekte olan çalışmaların izlenip denetlendiği bir takım yönetim sistemlere, İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri denilmektedir”. Bu organizasyonlardan bazıları şunlardır: American Petroleum Institute (API), National Fire Protection Association (NFPA), American Society of Mechanical Engineers (ASME), Standards New Zealand (SNZ), British Standards Institute (BSI), Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Safety and Health Service, NZ Chemical Industry Council, Standards Australia, International Organization for Standardization (ISO) (Özkılıç, 2005).

Uygulanan bazı standartlar ise QS 9000, BS 8800(Guide To Occupational Health and Safety Management Systems), ILO (International Labor Organisation) İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Rehberi:2001, ISA 2000, NPR 5001, OSHA AS/NSZ 4360, OSHA AS/NSZ 4804, OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment Series) 18001, OHSAS 18002 Uygulama Rehberi'dir.

OHSAS 18001 belgesi, iş sağlığı ve güvenliğinin yönetilmesine, riski en az seviyeye getirilmesine ve işyerinin güvenli tutulmasına yardımcı olan bir ISO belgesidir. OHSAS 18001 sertifikası, uluslararası kabul görmüş yönetim sistemi standardıdır. Sadece geleneksel olarak inşaat, madencilik veya mühendislik gibi yüksek risklerle ilişkili olan endüstriler için geçerli değildir. Bir ürün ya da bir hizmet için ve tüm büyük ya da küçük işletmeler için tasarlanmıştır (BSI Group, 2019).

OHSAS 18001, iş sağlığı ve güvenliğinin yönetilme şekli için hem proaktif hem de reaktif olacak şekilde bir çerçeve oluşturulmasına yardımcı olur. Düzenleyici gereklilikleri karşılamak ve iş hedeflerine ulaşmak için bu yönetim sistemi standardı kullanılabilir. İş sağlığı ve güvenlik süreçlerinin gözden geçirilmesine ve sürekli olarak iyileştirilmesine yardımcı olur (BSI Group, 2019).

OHSAS 18001 standardı, işletmelere ekonomik ve iş sağlığı ve güvenliğine yönelik amaçlarına ulaşabilmesi için, yönetimin diğer gerekleriyle bütünleştirilmiş olan etkin bir İSG yönetim sisteminin başlıca unsurlarını sağlama amacıyla düzenlenmektedir. OHSAS 18001 yaklaşımının temeli PUKÖ döngüsüdür (Şekil 8). “PUKÖ” döngüsü değişkenliğin sebeplerini tespit etmek ve kaliteyi iyileştirmek için kullanılan sistematik bir yöntemdir. Bu döngü organizasyonların üretim sistemlerini iyileştirmenin bir yolu olarak Walter Shewhart (1939) tarafından geliştirilerek, uygulanmıştır (Özkılıç, 2005).



Şekil 8. PUKÖ Döngüsü (Özkılıç, 2005)

ISO 45001, dünyanın ilk uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği Standardı olan İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Standardı, 12 Mart 2018’de, Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) web sitesinde yayımlanmıştır. ISO 45001:2018, mevcut İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Standardı olan OHSAS 18001’in yerini alacaktır. Şu an OHSAS 18001 belgesine sahip tüm kuruluşların standardın yayım tarihinden itibaren 3 yıl içerisinde geçiş yapmaları gerekmektedir. Geçiş için tanınan 3 yılın ardından OHSAS 18001 iptal edilecektir. ISO 45001:2018, ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi ve ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi'nin yeni sürümleriyle yüksek düzeyde uyumluluk sağlamak için diğer ISO

yönetim sistemleri standartlarıyla entegre olacak şekilde tasarlanmıştır (CTR, 2019).

Yeni standartta yer alan temel değişiklik, yönetim kademesi süreçleri sahiplenmiş, ve liderlik yapması yönünde kurgulanmıştır. ISO 45001’de tedarikçiler ile alt işverenlerin de iş sağlığı ve güvenliği şartları detaylı olarak ele alınmıştır. OHSAS 18001 tehlike odaklı yapılandırılmışken, ISO 45001 risklerin tespit edilmesi ve yönetilmesi odak noktası olmuştur. ISO 45001’de risk, çalışan, işyeri gibi tanımlarda köklü değişiklikler yapılırken; takip, ölçüm, etki, iş güvenliği süreç ve performansı gibi yeni tanımlar eklenmiştir (Sertaç, 2017).

Uzun dönem toz, gürültü ve titreşime maruz kalma, çalışanların sağlığını tehdit eden ve meslek hastalığı sonucu kayıplara neden olan birçok iş sağlığı konusu organizasyonların gündeme alacakları konuların en başında gelmektedir. ISO 45001’in getireceği farkındalık ile gürültüye bağlı işitme kaybı, mesleki solunum sistemi hastalıkları, vibrasyona bağlı kas, kemik ve eklem rahatsızlıkları meydana getiren süreçler incelenerek, sürekli takip yöntemleri ve iyileştirmelerle sağlıklı çalışma alanları oluşturulmasına katkıda bulunulacaktır (Sertaç, 2017).

Böylelikle işletmelere getirdiği avantajların yanı sıra, organizasyonlar, bir uluslararası yönetim sistemini başarı ile uygulamanın sonucu olarak daha çok itibar kazanacaklardır. İşletmenin marka değeri, organizasyonun itibarı, tüm paydaşlara iş sağlığı ve güvenliği taahhütlerinin ve performansının bildirimini bu kazanımların başlıcaları haline gelecektir (Sertaç, 2017).

2.1.4. Meslek Hastalıkları ve İş Kazası

Meslek hastalıkları ve iş kazaları çalışma yaşamının iki temel göstergesidir. Bu göstergeler ülkedeki iş sağlığı ve güvenliği koşullarının genel durumunu ve çalışan nüfusun sağlık durumunu da yansıtmaktadır (Bilir, 2016)

Çalışma ortamında sağlık ve güvenlik bakımından çeşitli tehlikeler bulunmaktadır. Bulunan tehlikeler çeşitli meslek hastalıklarına ve iş kazalarına yol açmaktadır. Bu tehlikeleri şu şekilde sınıflandırmamız mümkündür:

- ✓ Fiziksel etkenler(ısı, gürültü, titreşim, radyasyon, aydınlatma),
- ✓ Kimyasal etkenler(kimyasal maddelerin toksik etkileri),
- ✓ Biyolojik etkenler,
- ✓ Psikososyal etkenler;
 - İş Çevresi ve Donanım,
 - Güvenirlilik ve uygunluk,
 - Ulaşılabilirlik,
 - Bakım ve onarım.
 - Görev Tasarımı,
 - Yarı vasıflı-vasıfsız çalışma,
 - Görev tanımında Belirsizlik.
 - İş Yüğü ve İş Hızının Artması,
 - İş yükünün artması,
 - İş hızı ve zaman darlığı,
 - Tek düze (monoton) çalışma.
 - Çalışma Saatleri,
 - Vardiyalı çalışma (gece çalışma),
 - Uzun-kesintisiz çalışma süreleri.
- ✓ Ergonomik etkenler (Çağlayan, 2015).

Meslek hastalığı, sigortalının çalıştığı veya yaptığı işin niteliğinden dolayı tekrarlanan bir sebeple veya işin yürütüm şartları yüzünden uğradığı geçici veya sürekli hastalık, bedensel veya ruhsal özürllülük halleridir. İşle ilgili olan hastalıklar ise ortaya çıkış nedeni karmaşık olan, oluşmasında ve gelişmesinde çalışma ortamı ve çalışma şeklinin diğer sebepler arasında önemli faktör olduğu hastalıklardır (ÇASGEM, 2013, s. 5).

Bir hastalığın meslek hastalığı olarak kabul edilebilmesi için hastalık ve meslek arasında nedensellik ilişkisinin bulunması gerekmektedir. Meslek hastalıklarının tipleri ve sınıflandırılması (Tablo 1) illiyet bağının kurulmasına ve hastalığın nedeninin işin yürütüm şartlarından kaynaklı olup olmadığının anlaşılması açısından önem taşımaktadır (ÇASGEM, 2013, s. 5).

Tablo 1. Meslek Hastalıkları Grupları

Gruplar	Alt Grup ve Hastalıklar
A Grubu: Kimyasal Maddelerle olan meslek hastalıkları	25 alt grupta 67 hastalık
B Grubu: Mesleki Cilt hastalıkları	2 alt grupta Deri Kanseri & Kanseri dışı deri hastalıkları
C Grubu: Pnömonyozlar ve diğer Mesleki Solunum Sistemi hastalıkları	6 alt grupta 9 hastalık
D Grubu: Mesleki Bulaşıcı Hastalıkları	4 alt grupta 30 hastalık
E Grubu: Fiziksel Etkenlerle olan Meslek Hastalıkları	7 alt grupta 12 hastalık

(ÇASGEM, 2013, s. 16)

Meslek hastalıklarının önlenmesi için, risk analizi yapılmalı, genel olarak alınması gereken tedbirler sırasıyla şu şekilde özetlenebilir; tehlikeyi kaynağında yok etmek, izole etmek, ikame etmek, mühendislik kontrollerini yapmak (kimyasal kullanımlarının olduğu vb işletmelerde), işaret uyarı için gerekli adımlarını uygulamak, kişisel koruyucu donanım kullanmak, çalışanların eğitimi gibi gerekli tedbirleri almalıdır (ÇASGEM, 2013, s. 18).

ILO meslek hastalıklarını (Tablo 2), hem etkenlere göre hem de etkilenen organlarda görülen hastalıkların sınıflandırmaya katılmasına ek olarak mesleksel kanserleri de dikkate almıştır (Çağlayan, 2015).

Tablo 2. ILO Meslek Hastalıkları Listesi

Etkenlerin Neden Olduğu Meslek Hastalıkları	<ul style="list-style-type: none"> • Kimyasal etmenlerin neden olduğu meslek hastalıkları, • Biyolojik etmenlerin neden olduğu meslek hastalıkları, • Psikososyal kaynaklı meslek hastalıkları
Hedef Organlarda Görülen Meslek Hastalıkları	<ul style="list-style-type: none"> • Solunum sisteminin meslek hastalıkları • Mesleki deri hastalıkları • Mesleki kas-iskelet sistemi hastalıkları
Mesleki Kanserler	
Diğer Meslek Hastalıkları	

(Çağlayan, 2015)

Dünya Sağlık Örgütü(WHO) iş kazasını, “Önceden planlanmamış, çoğu kez kişisel yaralanmalara, üretimin bir süre durmasına yol açan olaydır” şeklinde tanımlarken, Uluslararası çalışma Örgütü (ILO) de “Belirli bir zarar ya da yaralanmaya neden olan beklenmeyen ve önceden planlanmamış bir olaydır” şeklinde tanımlamıştır. 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanununun 5754 sayılı yasa ile değişik 13. Maddesine göre, “İş kazası;

-Sigortalının iş yerinde bulunduğu sırada,

-İşveren tarafından yürütülmekte olan iş nedeniyle sigortalı kendi adına ve hesabına bağımsız çalışıyorsa yürütmekte olduğu iş nedeni ile

- Bir işverene bağlı olarak çalışan sigortalının, görevli olarak işyeri dışında başka bir yere gönderilmesi nedeniyle asıl işini yapmaksızın geçen zamanlarda,

-Bu kanunun 4 üncü maddesinin birinci fıkrasının (a) bendi kapsamındaki emziren kadın sigortalının iş mevzuatı gereğince çocuğuna süt vermek için ayrılan zamanlarda,

-Sigortalıların, işverence sağlanan bir taşıtla işin yapıldığı yere gidiş geliş sırasında, meydana gelen ve sigortalıyı hemen veya sonradan bedenen ya da ruhen özre uğratan olaydır” şeklinde tarif edilmiştir (Karacan, 2018, s.792-793).

İş kazası, 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun “Tanımlar” başlıklı 3. Maddesinde de ise İş Kazası, işyerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen özre uğratan olayı ifade eder (Karacan, 2018, s.792-793).

İş kazaları ve meslek hastalıkları, işletme açısından, işgücü kaybı, itibar kaybına neden olmasının yanı sıra işletmede makine, malzeme, ürün kayıplarına da neden olup, verimliliğin düşmesine neden olmaktadır. Uluslararası kuruluşlarca yapılan çeşitli araştırmalarda, iş güvenliği ve iş gücü verimliliği arasında bağ olduğu, sağlıklı ve güvenli işyerlerindeki verimliliğin arttığı ortaya konulmuştur. İş kazaları nedeniyle üretim araçlarında ve iş gücünde yaşanan kayıplar üretim maliyetlerine olumsuz olarak yansımaktadır. İş kazaları sonucu üretimin durması sonucu ortaya çıkan, yeniden düzenleme ve onarım çalışmaları için gereken zaman ve maliyet, iş kazasına uğrayan çalışanın yerine yeni bir çalışanın bulunup eğitilmesi için gereken süreç zaman ve maliyet anlamında olumsuz etkiye neden olmaktadır. Bu durum

ayrıca çalışanların psikolojisi üzerinde de çalışmama isteği gibi olumsuz etkiler doğurmaktadır (Karacan, 2018, s.793-794).

2.1.5. Risk Değerlendirmesi

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun getirmiş olduğu en önemli yükümlülüklerinden birisi de "Risk Değerlendirmesi" yapma ya da yaptırma zorunluluğudur. Kanunun yürürlüğe girmesiyle önleyici diğer adıyla proaktif yaklaşım esas alınmıştır. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği kanununda proaktif (önleyici) yaklaşımın amacı olası iş kazaları ve meslek hastalıklarına sebep olan tehlike ve riskler oluşmadan önlemler alarak geri dönüşü olmayan maddi ve manevi kayıplarının önüne geçmek asıl hedeftir (Kacı ve Taçgın, 2017).

Risk değerlendirme, işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmaları ifade etmektedir. Bir diğer tanıma göre ise, tehlikelerden kaynaklanan riskleri değerlendirme süreci, mevcut önlemlerin yeterliliğinin hesaba katılması ve bu risklerin kabul edilebilir seviyede olup olmadığına karar verilmesine risk değerlendirme adı verilir. Risklerin değerlendirilmesinde temel amaç, çalışanların sağlığının korunarak, güvenliklerinin sağlanmasıdır. Tehlikeleri ortadan kaldırmak, çalışanları, işyerinde ya da işten dolayı oluşabilecek olan risklere maruz kalmaması, riskin tespit edildiği durumlarda koruyucu önlemler almak, risk değerlendirme süreci olarak ifade edilmektedir (Akpınar ve Çakmakkaya, s.275-281).

Birçok risk değerlendirme yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler işletmenin yapısı ve büyüklüğü ile orantılı olarak çeşitli özelliklere sahiptir. Bu Risk Değerlendirme Yöntemleri şunlardır: PHA: Ön (Birincil) Tehlike Analizi; PRA: Çeklist Kullanılarak Birincil Risk Analizi; HAZOP: Tehlike ve İşletilebilme Çalışması Metodolojisi; HACCP: Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları; FMEA: Hata Türleri ve Etki Analizi; FTA: Hata Ağacı Analizi Metodolojisi; ETA: Olay Ağacı Analizi; Güvenlik Denetimi; Neden – Sonuç Analizi; İş Güvenlik

Analizi; Olursa ne olur? ve Papyon Analizi yöntemleridir (Akpınar ve Çakmakkaya, s.275-281).

Risk değerlendirmesi konusunda ayrıntılar için İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun 10. ve 30. Maddelerine dayanılarak hazırlanan, İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği'ni (RDY) incelemek gerekir. Bu yönetmeliğe göre: "Risk değerlendirmesi; tüm işyerleri için tasarım veya kuruluş aşamasından başlamak üzere tehlikeleri tanımlama, riskleri belirleme ve analiz etme, risk kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması, dokümantasyon, yapılan çalışmaların güncellenmesi ve gerektiğinde yenileme aşamaları izlenerek gerçekleştirilir. Çalışanların, risk değerlendirmesi çalışması yapılırken ihtiyaç duyulan her aşamada sürece katılarak görüşlerinin alınması sağlanır. Risk değerlendirmesinin nasıl ve nelere dikkat edilerek yapılacağı konusu aşağıda anlatılmaya çalışılmıştır. Risk değerlendirmesi yapılırken ilgili ve dikkatli bir ekip oluşturmak, sık sık çalışanlarla görüş alışverişi yapmak, sadece işletme içindekilerle değil işletmeyle bağlantısı olan, sürekli gelip giden üçüncü kişilerle de görüşmeler ve anketler yapmak fayda sağlayabilir". (Akpınar ve Çakmakkaya, s.280-290).

Risk Değerlendirmesi için gerekli olan 4 basamak şunlardır:

- Araştırma ve gözlem yapmak,
- Tehlikelerin tanımlanması,
- Risk tanımlama (Risk kontrol),
- Risk Değerlendirmesi (Yorumlama ve Eylem) (Akpınar ve Çakmakkaya, s.280-290).

2.2. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ UNSURLARININ, ENDÜSTRİ 4.0 KAVRAMLARI BAKIMINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

2.2.1. İş Ekipmanı ve Aletleri

Endüstri 4.0'ın getireceği yeniliklerle birlikte iş yerinde kullanılacak olacak farklı sektörlere göre, iş ekipman ve aletlerini değerlendirmek mümkündür. Tehlikeli maddelere maruz kalınan işlerde, otomasyon, robotik uygulamalar, sanal gerçeklik, uzaktan kumandalı ünitelerin kullanımlarıyla çalışanların tehlikeli maddelere maruz

kalması önlenebilir. Çalışanların yapmak zorunda olduğu işlerde ise giyilebilir teknolojilerden faydalanarak akıllı sensörler yardımıyla riskli durumlardan kaçınmaları sağlanabilir. IoT ile çoğu çalışan sürekli olarak çevrimiçi ve IoT bağlantılı giyilebilir kablolar aracılığıyla izlenmektedir. Böylelikle çalışanların sağlık durumu, performansları sürekli olarak gözetim altında olmaktadır. Hatta çalışanların riskli durumlara yönelimlerini beyin sinyallerinin tespiti yoluyla ara yüz oluşturulmasıyla tehlikeli durumlara düşmeleri önlenebilir (Stacey vd., 2018).

Fiziksel tehlikelere maruz kalınan işlerde, otomasyon, robotik ve otonom araç veya dronelar çalışanların kapalı alanlar, yüksekte çalışma, gürültüye ve titreşime maruz kalınan ortamlarda, hareketli makineyle temasa geçilmesi gerektiği durumlarda çalışmalarını önleyebilmek için kullanılabilir. IoT, çevre cihazlardaki ve robotlardaki sensörler ve giyilebilir izleme cihazları, İSG riskleri dahil olmak üzere gerçek zamanlı gözlemlerin veya olayların doğrudan bir İSG yönetim sistemine ve çevrimiçi İSG kayıtlarına kaydedilmesine (otomatik veya manuel) izin verebilir ve ihtiyaç anında bilgisine erişim sağlar. Manuel kullanımı gerektiren işlerde, mobil özerk robotlar ve dış iskeletler(eksoskeletonlar) çalışanlara yardımcı olabilir. Bu tür yeniliklerle yaşlı çalışanların ve engelli çalışanların fazla efor sarfetmeden ehil oldukları işleri yapmalarına devam etmelerini sağlamaktadır. Hareketsiz yani oturarak çalışmanın gerekli olduğu durumlarda, iş prosesleri uzaktan kontrolle, monitörleme yoluyla takip edilebilir. Telekonferans gibi yollarla çalışanların maruz kalabileceği trafik kazaları, stresi gibi durumlarla birlikte hareketsiz yaşamdan kaynaklanan hastalıkların önlenmesine yardımcı olur (Stacey vd., 2018).

Riskin yoğun olduğu ancak yüksek el becerisinin gerektiği işlerde robotik uygulamalar kullanılabilir. Ayrıca sürekli tekrarlayan görevler robotlara verilirken, işlerin belli aralıklarla değiştiği ve beceri gerektiği durumlarda ise çalışanlar işi yürütebilir (Stacey vd., 2018). Robotlar endüstriyel ve servis robotları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Endüstriyel robot, otomasyon uygulamalarında kullanılmak üzere yerine sabitlenebilecek veya hareketli olabilecek en az üç programlanabilir eksene sahip otomatik olarak kontrol edilen yeniden programlanabilir, çok işlevli bir manipülatör olarak tanımlanmaktadır. Servis robotları, insanları desteklemek, onlara eşlik etmek ve hemşirelik yapmak, insan ortamını paylaşmak ve verilen görevleri

yerine getirmek için temel akıllı davranış sergilemek üzere tasarlanmıştır (Kaivo-Oja, 2015). Yapılan çalışmalara göre robotlar bakımından temel zorlukların otonom robot ve servis robotlarının yaygın hale gelmesi olacaktır. Robotik ve teknolojik değişiklikler, iş kapsamı, sosyal roller, kariyer yönetimi, organizasyonel değişiklikler ve ödüller gibi konularda çalışma ortamındaki stres seviyesini değiştirecektir (Kaivo-Oja).

İletişimde kaybedilen kontrol komutları, jest, ses, göz izleme veya beyin sinyallerine dayanan insan-makine arayüzleri, iş ekipmanı veya kontrol altındaki süreç tarafından yanlış yorumlanabilir. Bu, düşük sinyal gücünden veya elektromanyetik veya sinyale kötü niyetli girişimlerden kaynaklanabilir. Eğer iş ekipmanı ve işlemleri uzaktan kontrol ediliyorsa, komutların yanlışlıkla yanlış ekipmana veya işleme gönderilmesi potansiyeli de vardır. Bu yüzden teknolojinin getirdiği faydaların yanı sıra bazı unsurlar için çözüm getirmek de önemli olacaktır (Stacey vd., 2018).

İnsan-makine etkileşiminin olduğu işlerde, gerçek zamanlı, etkileşimli, doğrudan ve sürükleyici insan-makine arayüzleri, çalışanların duraklamalarını veya rahatlamalarını çok zorlaştırabilir. Bu yüzden belirli işler için belirli robot operatörlere bu görev verilerek, bilişsel fayda sağlanmalıdır (Stacey vd., 2018).

İnsanlar robotlarla etkileşime alışkın değildir. Makine-insan etkileşimi iş hayatında artacaktır. Ayrıca, makine-makine iletişiminin yaygın dolaylı etkileri bilinmemektedir. Otonom robotların ergonomik ve lojistik düzenlemeleri, endüstrilerde ve hizmet sektöründe test edilmesi ve pilot uygulamalar yapılmalıdır. Robotiğin motivasyon ve iş refahı üzerindeki etkisi bilinmemektedir. Robotik stres faktörlerinin doğrudan ve dolaylı etkileri üzerinde daha fazla çalışılmalıdır. Psikolojik, fiziksel, davranışsal ve örgütsel çıktılar daha fazla çalışılmalıdır. Robotiklerin tehlikeli görevlerde (özellikle savunma, güvenlik, lojistik, bakım ve denetim alanlarında) kullanılması, iş sağlığı ve güvenliği uzmanlarının özel ilgisini gerektirir. Robotlara ilgili olarak, uygulama alanlarındaki farklılıklar nedeniyle, tek tip güvenlik ve risk ile ilgili ilkeleri sağlamak mümkün değildir. Bazı uygulama alanlarında profesyonel olarak ilgili tedbirler alınırken, risk miktarı artan ya da azalan uygulamalar da bulunmaktadır. Bu alanlarda(tarımsal ve gıda endüstrileri hizmetler, ev içi hizmetler, imalat dallar ve ulaşım vb) analizler yapılmalıdır.

Savunma, güvenlik, nükleer endüstriler, sert kutup çalışma koşullarındaki işler ve onarım işleri gibi riskli tehlikeli işler için özellikle robot kullanımını arttırılmalıdır. Robotların kullanımını yeni bir konu olduğu için kaza durumundaki sorumluluklar bakımından yasal boşluk bulunmaktadır. Bununla ilgili yasal düzenlemeler yapılmalıdır. Bunlar dışında çalışanlar robot kullanım ve deneyimlerini içeren kullanım talimatı, çalışanların eğitimi için eğitim modellemesi gibi yeni düzenlemelerin yapılması ihtiyaç haline gelmektedir (Kaivo-Oja).

Akıllı kişisel koruyucu donanımlar (KKD), içlerine yerleştirilmiş mobil minyatür izleme cihazları, tehlikeli maddelere (diğerlerinin varlığında bir maddeyi doğru bir şekilde ölçmenin zorlukları aşılabılırsa), gürültü veya titreşimin gerçek zamanlı maruziyetini ölçebilir. Büyük veri akışlarına dayalı gerçek zamanlı analizi mümkün kılan yeni veri analitiği özerk kararlar verebilir. Akıllı KKD, bilgisayar algoritmaları tarafından işlendiğinde sağlık sorunları, yorgunluk veya stresin erken belirtilerini tanımlayabilen duruş, aktivite seviyeleri veya bir dizi biyolojik yaşamsal belirtileri de izleyebilir (Stacey vd., 2018).

Özellikle 3 boyutlu (3D) üretimi kapsayan katmanlı üretim metotları için yeni iş modelleri sunulmaktadır. 3D yazıcılarla bu kadar büyük ölçekte çalışan şirketler için İş Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili konularda çeşitli zorluklar bulunmaktadır (Junte).

Katmanlı Üretimde doğru eğitimler verildiği sürece risklerden korunulabilir. Ancak öncelikle bu risklerin çalışanlar tarafından bilinmesi gerekir. Bunlar; gaz ve malzeme maruziyetleri, malzeme kullanımı, statik elektrik, hareketli parçalar ve basınçlar gibi konularla ilgilidir. Malzeme maruziyeti bakımından, metal katkı maddesi üretimi giderek artmaktadır ve bununla birlikte toz metallere maruz kalma risklerini anlamak önemlidir. Metal toksisitesi önemli bir tehdittir. İnsan vücudu kolayca bu metalik tozların çoğunu elimine edemez ve maruziyeti sonucunda vücudundaki birikme, hızla toksik seviyelere ulaşabilir. Toz maskesi ve koruyucu eldiven kullanımı önemli bir faktördür ancak tek başına yeterli bir önlem değildir. Doğru ekipman ve uygun kullanımı önemlidir. Uzun manşetli deri eldivenler ve iletken güvenlik ayakkabıları genellikle tavsiye edilir. Filtreleme yüzeyleri (FFP1,

FFP2 ve FFP3), çalışanları toz, duman ve aerosollerde solumaktan koruyabilir. Solunum maskelerinin gerekli olup olmadığı, katmanlı üretim makinesinin tipine ve makinenin yaydığı partikül boyutuna bağlıdır. Gaz seviyesi monitörleme incelendiğinde, lazer sinterlemede kullanan herhangi bir makine, oksijenin yerini alan kokusuz, renksiz gazları çalıştırır. Birçok firmanın bu makineleri bol miktarda açık alana sahip üretim yerlerine koymadığı, bunun yerine daha küçük odalara yerleştirirler. Özellikle bu yüzden, odadaki oksijen seviyesini sürekli olarak kaydetmek için bu makinelerin yerleştirildiği her yere bir oksijen sensörü takılması önerilmektedir. Atık gazlar için ise, güvenlik eğitimi, uçucu organik bileşiklerin (VOC) ve inorganik bileşiklerin gazdan arındırılmasını ve uygun şekilde yönetilmesini kapsamalıdır. Şirketlerin risk azaltma stratejisi geliştirmek için sistem tedarikçileriyle bir hava kalitesi yönetim planı geliştirmeleri veya profesyonel bir kuruluşa danışmaları, katmanlı üretim yapan Tackett firması tarafından önerilmektedir. Masaüstü 3D yazıcılar dahi buna dahil olabilir. Hastalık Kontrol ve Önleme Merkezleri (CDC), maruz kalmayı sınırlandırmak için çeşitli bilimsel verileri ve önerileri içeren karbon nano tüplerin solunmasının uzun vadeli etkileri hakkında bir rapor hazırlamıştır. Malzeme taşınırken, her şirketin teslimat, taşıma ve depolama prosedürleri geliştirmesi ve tesis güvenlik planını yapması gerekir. Toz metal içeren proseslerde statik elektriğe dikkat edilmelidir. Çalışan antistatik bir mat kullanabilir. Yanıcı olan katmanlı üretim tekniğinde herhangi bir yangın durumunda kullanmak üzere D tipi yangın söndürücü bulunmalıdır (Fuges, 2015).

İşlerin geleceği ile ilgili olarak, 3D üretim ile ilgili temel sorulardan biri de mevcut işin yerini alıp almayacağı konusudur. 3D yazıcılar, el yapımı üretimi üstlenerek, yetenekli ustalar için mümkün olan karmaşık ve ayrıntılı formlarda nesneleri üretmesi mümkün olacak. Daha basit el sanatları üreten emekçilere olan talep azalabilir, ancak eğitimli işçilere olan talep giderek artacaktır. Bu da, eğitimli ve az eğitimli çalışanlar arasındaki farkın artacağı anlamına gelir. Diğer bir yandan, makinelerin çeşitli işleri yapmasını sağlayan yazılımı yaratmada yeni iş kapılarını açacaktır. Ayrıca, 3D baskı dünya pazarının kapılarını kolayca açabilir. Ayrıca, telif hakkı ve yasadışı üretim nedeniyle, işçilerin sıkı bir şekilde izlenmesi gerekir (Junte).

3D yazıcılarda kullanılan polimer çeşitlerinin artmasıyla birlikte, malzemelerin düzenlenmesi ve sertifikalandırılması önem kazanacaktır. Bu alanda

çalışan şirketlerin çoğunun genç ve hızlı büyümesi, değişken kadroyla çalışmaları nedeniyle organizasyon yapılandırılması yapılmalıdır. Uygun ücret, çalışma saatleri, güvenli ve temiz çalışma koşulları hakkında yeni düzenlemeler yapılmalıdır (Junte).

Arttırılmış Gerçeklik (AR) teknolojisini kullanan birçok sektör bulunmaktadır. İşletmelerde sağladığı avantajlarının yanı sıra iş sağlığı ve güvenliği açısından da çeşitli yararları bulunmaktadır.

Sektörlere getirdiği yenilikler incelenecek olursa: İmalat sektörü incelendiğinde, fabrika ortamında, AR kafa takımı kullanarak, gerçek zamanlı veri sağlayabilir. Çalışanlar, çalışma arkadaşlarının video kayıtlarıyla arkadaşlarını da eş zamanlı olarak çalışırken, işle ilgili talimatlarını, işle ilgili diyagramları, görüntü ve şekilleri görüntüleyebilir. Görüntüler ve talimatlar yardımıyla, çalışanlar daha hızlı ve üretken olabilirler. Üretimle ilgili kontrol listeleri ve kılavuzlara istediğiniz zaman erişim sağlaması mümkün olmaktadır. İnşaat sektöründe, inşaat planları 3 boyutludur ve 3 boyutlu görüntüler çalışma sahalarına eklenebilir ve bu da çalışanlara olası sorunları erken tespit etmeleri için veriler üreterek yönlendirir. Mimarlar ve çalışanlar uzaktan işbirliği yapabilir. Bakım ve onarım bakımından, otomobillerin, uçakların, asansörlerin ve diğer makinelerin çalışmalarını analiz ederek, hızlı bir şekilde sorunun tespit edilmesini sağlar (kırık kısım, kopmuş tel, aşırı ısınma). Depo işlemlerinde AR kullanan çalışanlar, stoklanmış ürünleri güvenli ve hızlı bir şekilde yönlendirilebilir. Çalışanların, yükleme araçlarını daha verimli şekilde kullanmalarına yardımcı olur ve envanteri de izleyebilir. Petrol ve gaz sektöründe de, AR'nin, 3D haritaları sağlama yeteneği, planlama yapma ve hataları önleme konusunda yardımcı olmaktadır. Bu alandaki birçok çalışma durumu tehlike potansiyeline sahip olduğundan, AR ile potansiyel olarak tehlikeli senaryolarda ne yapılması gerektiği konusunda çalışanları eğitmek için kullanılabilir (Kroc, 2017).

2.2.2. İş Organizasyonu ve Yönetimi

Algoritmik yönetim de dahil olmak üzere dijitalleştirilmiş olan yönetim sistemlerinde, çalışanlar bilgisayar algoritmaları tarafından koordine edilmekte ve denetlenmektedir ve çalışanların gelecekteki yönetimi büyük ölçüde yapay zekaya

göre olacaktır. Dijitalleştirilmiş yönetim yöntemleri, büyük verilerin kullanımı ve işlerin algoritmik dağılımları ile karakterize edilir. İK yönetiminde dijitalleştirilmiş profil oluşturma gibi insan analitiğinin kullanılması, duyuşal ve diğer izleme cihazlarını kullanarak sağlık ve verimliliği takip etmenin yanı sıra toplanan verilerin, örneğin iş ve işyeri dağıtımı, performans değerlendirmeleri, hatta işe alma ve işten çıkarma gibi insan kaynakları kararlarını almak için kullanmak mümkün olacaktır (Stacey vd., 2018).

Siber güvenlik, iş süreçleri ve cihazların internet üzerinden kontrol edilmesi ve birbirleriyle iletişim kurması (veya GPS teknolojisi, IoT sistemleri, kablosuz ağlar, merkezi veritabanları, vb.) bakımından önemlidir, güvenliğin tehlikeye girdiği durumlarda, bilgisayar korsanlarının kontrolü ele geçirme potansiyeli doğabilir. Hackerlar kritik altyapıya saldırılabileceğinden, bu İSG'yi tehlikeye atabilir; beklenmedik veya tehlikeli şekillerde makinelerin davranmalarına neden olabilir (Stacey vd., 2018).

İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı Standartları, çeşitli sağlık ve güvenlik konularını kapsamaktadır. Bazı standartlar genel, bazıları ise belirli sektörlere odaklanmaktadır. Bu da yatay ve dikey sistemler için farklı standartların ihtiyacını doğurmaktadır.

Dikey standartlar, belirli veya sınırlı sayıda sanayi ve işletmeye uygulanan düzenlemelerdir. Dikey standartların örnekleri, inşaatı veya denizcilik gibi endüstrileri kapsayan kurallar ve düzenlemelerdir. Bu standartlar endüstri gruplarıyla müzakere edilir. Dikey standartlar sadece şirketleri değil, yönetmeliklerin ihlal edilmesi ve güvenlikle ilgili endişelerin kamuya duyurulması durumunda bir bütün olarak sektörü etkiler (Fendley, 2017).

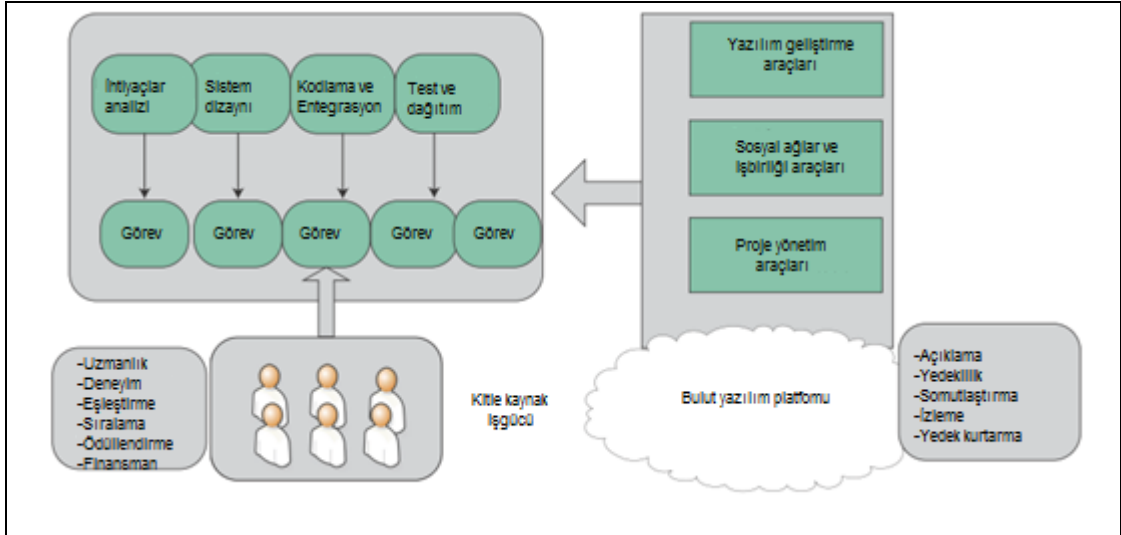
Yatay standartlarla ilgili düzenlemeler tüm iş ve sanayi için geçerlidir. Yangın güvenliği, ilk yardım yönetmelikleri ve işyeri yüzeyleri gibi genel işyeri güvenliği sorunları yatay yönetmeliklere örnektir. Bu düzenlemeler, çeşitli işletmelerden ve endüstrilerden girdi alarak, standart gruplarıyla oluşturulmuştur. Dikey düzenlemelerde olduğu gibi, bu standartlar işçi yaralanmaları ve işletme

itibarının kaybedilmesine neden olabileceği için tüm iş yerlerinin uyması için önemlidir (Fendley, 2017).

Hemen hemen tüm işyerlerinde yatay standartlarla birlikte uygulanacak dikey standartlar vardır. Örneğin, restoranlar yatay yangın güvenliği standartlarını izler, ancak açık alevler, gıda güvenliği ve halk sağlığı ile ilgili belirli dikey standartları da izlerler. Aynı şey inşaat için de geçerlidir. Bu endüstri ortak yatay düzenlemelere uymak zorundadır, ancak makine, alet, havalandırma ve güvenlik ekipmanı konusunda özel standartları vardır. Her iki tür standardın da bilinmesi, işletme ve sanayinin, çalışanlarını güvende ve itibarını korumak için çok önemlidir (Fendley, 2017).

2.2.3. Ticari Yapılar, Hiyerarşiler ve İlişkiler

Bulut tabanlı üretim ile birlikte diğer Endüstri 4.0 kavramlarında olduğu gibi yeni terimler ortaya çıkmıştır. Kitle Kaynak (Crowdsourcing) da bu terimlerden biridir. Bu terim bir yazılım mühendisliği yaklaşımıdır. Yazılım geliştirme uzun süredir dış kaynaklardan sağlanarak işletmeler tarafından kullanılmaktaydı. Ancak program geliştiricilerinin, kitle için dış kaynak olarak bulut kullanması durumu yenidir. Bu uygulamayla, kullanıcılar ve geliştiriciler arasındaki ayrım bulanıklaşır ve yazılım programını birlikte oluştururlar. Bu da kullanıcıların dahil olmadığı geleneksel yazılım üretiminden farklılık göstermesine neden olur. Bulut, bilgi işlem ve yazılım veritabanları için yeterli kaynaklara sahip, ölçeklenebilir bir platform sağlar. Bulut Tabanlı yazılım kitle kaynak kullanımı için referans modeli Şekil 9'da gösterilmiştir (Tsai vd., 2014, s. 78).



Şekil 9. Bulut Tabanlı Yazılım Kitle Kaynak Kullanımı İçin Referans Modeli (Tsai vd., 2014, s. 78).

Bulut tabanlı üretim, yeni formlarda işlerin türemesine neden olmaktadır. Örnek olarak çevrimiçi (online) çalışan ve iş bulma platformlar ortaya çıkmaktadır ve çıkacaktır. Çeşitli boyutlarda ayırt edilebilen bir dizi çalışma biçimini kapsar: mesleki statüleri (yüksek vasıflı profesyonel danışmanlıktan rutin mikro görevlere kadar), çevrimiçi mi yoksa çevrimdışı mı yapıldığı (çevrimiçi koordinasyonla), işin yeri (ev, işverenin mülkü veya başka bir yer), işçilerin istihdam durumu (çalışan veya serbest meslek), ve işin bir şirket veya özel bir müşteri için gerçekleştirilip gerçekleştirilmediği gibi çeşitli boyutlarda çalışma şekillerini kapsamaktadır. Diğer değişkenleri ise arasında ana iş olarak mı yoksa ek bir gelir kaynağı olarak mı yapıldığı ve ücretlendirmenin nasıl yapılacağı (düzenli maaş, saatlik ücret veya parça oranı) konularını kapsar (Huws, 2015a).

Kitle kaynaklı çalışmalar çevrimdışı ve çevrimiçi platformlar aracılığıyla yönetilmektedir. Çevrimdışı platformlarda, sistemin doğası gereği kendileri için potansiyel olan küresel işgücü kaynağını, istatistik araştırmalar sunamaz. Diğer bir kategoride işverenler, çevrimiçi platformlar aracılığıyla organize olurlar. Bu da geniş iki kategoriye ayrılabilir. Birincisi tam zamanlı çalışanların proje tabanlı sanal ekiplere atanması, ikincisi ise koşullu personelin tam zamanında olan çalışmaya, sıfır saatlik sözleşmelerle atanmasıdır. İş sağlığı ve güvenliği bakımından bu kategoriler incelendiğinde, çevrimiçi çalışmalarda karşılaşılabilecek fiziksel risk etmenlerine baktığımızda, öncelikle bilgisayarlar çalışma stres ve görsel yorgunluk veya kas-

iskelet sistemi sorunları gibi fiziksel rahatsızlıklara yol açabilir. İşverenler, risk değerlendirmeleri yapmak ve çalışma koşullarının ve çalışma ortamının güvenli olmasını sağlamak için uygun önlemleri almak zorundadır. İş serbest olarak sınıflandırıldığında, bu yükümlülükler bireysel çalışanlara aktarılma riskiyle dışsallaştırılabilir. Sıkı teslim tarihlerini veya iş hedeflerini karşılama baskısı, ara vermeden hızlı bir çalışma temposuna zorlayabilir, görsel zorlanmaya yol açabilir, tekrarlayan zorlanma yaralanmalarına ve işle ilgili strese yol açabilir (Huws, 2015a).

Çevrimiçi çalışma platformları, işgücü talebini ve arzını eşleştirerek yeni iş modelleri yaratır ve hassas grupların işgücü piyasasına erişimini kolaylaştırır. Çevrimiçi platformu, çeşitli çalışma düzenlemelerini, çevrimiçi olarak yürütülen yüksek vasıflı işlerden, insanların evlerinde veya diğer tesislerinde yürütülen hizmet işlerine kadar farklı iş türleri ve standart dışı istihdam biçimlerini içerir (Stacey vd., 2018).

Çevrimdışı olarak gerçekleştirilen kitle kaynaklı çalışma, hem fiziksel hem de yasal olarak çevrimiçi çalışmalardan haritalandırmanın daha zor olduğu bir alanda yürütülmektedir. Çalışanlara verilen eğitim eksikliği, sertifikasyon eksiklikleri, iş tanımlamalarındaki eksiklik dolayısıyla hangi ekipman ve araçların kullanılmasının gerektiğinin çalışan tarafından bilinmemesi dolayısıyla yaşanan aksaklıklar, işin tamamlanması dolayısıyla mola verilememesi, gibi durumlara yol açabilmektedir. Örnek olarak çevrimdışı platformda çalışan taksicilerin, dış çevrede maruz kaldıkları şiddete ya da kitle kaynak platformundan gelen mesaj ve uyarıları takip etmeye çalışırken yaşadığı kaza ve olumsuz durumlar, çalışanların, iş sağlığı ve güvenliği açısından tehlikeye maruz kalmasına neden olur. Bu ve benzer durumda da iş kaynaklı hastalıklar çıkabilir, herhangi bir kaza durumunda sorumluluk durumundan dolayı sigorta ve benzeri konularda sorunlar çıkabilir. Günümüzde sigorta durumu ve yükümlülüklerini açıkça belirten platformlar bulunmaktadır ancak bunların sayısı oldukça azdır (Huws, 2015a).

İşbirlikçi istihdam, örneğin ortaklaşa çalışan işçiler tarafından, boyut ve mesleki izolasyon sınırlamalarının üstesinden gelmek için birlikte çalışan serbest çalışanlar, serbest meslek sahipleri veya mikro işletmeler anlamına gelir. Bilgi ve iletişim teknolojileri bunu kolaylaştırmak için kullanılabilir. Bu tür bir istihdam, tek

bir kuruluşun yalnızca yarı zamanlı veya ara sıra iş sunabileceği tam zamanlı istihdam sağlayarak bireysel çalışanların refahını artırabilir. Ayrıca çeşitlendirmeye izin verebilir, sosyal etkileşimi geliştirebilir ve destek ağları sağlayabilir (Stacey vd., 2018).

Kitle Kaynak, uygun fiyatlı hizmetler sunar, işverenler ve müşteriler için risk azalır, yeni girişim ve yeni hizmetler deneyen şirketler için pazara düşük sermayeyle giriş yapmasını sağlar, sosyal inovasyonu mümkün kılar. Kitle Kaynak'ın iş sağlığı ve güvenliği açısından getirdiği avantajlar ise şu şekilde sıralanabilir:

- Engelli insanlar, gelişmekte olan ekonomilerde yaşayanlar açısından çalışma fırsatı doğmuş olur.
- Çalışanların iş ve özel hayatlarını birleştirmeleri için esnek yöntemler ve fırsatlar sunar.
- İşveren ve müşteriler için risk azalır (Huws, 2015b).

Yeni toplu iş sözleşmesi modelleri, Bilgi ve İletişim Teknolojileri tarafından sağlanan yeni iş modelleri ve yapıları, işçilerin sektörler arası çalışabileceği, birkaç işveren için çalışabileceği, belirli yerlere dayanmadığı, serbest çalışan olmaları anlamına gelir (Stacey vd., 2018).

2.2.4. İşgücü Özellikleri

Dağınık işgücü, Bilgi ve İletişim Teknolojileri, her yerde ve her zaman daha fazla sayıda iş yapılmasına izin verir, böylece iş süreçleri merkezileşmiş olabilir ve işgücünü coğrafi olarak dağıtabilir. Bu durum, İSG yönetimi, gözetim ve düzenlemenin geleneksel olarak temel aldığı ve kalifiye çalışanların katılımı ve birbirlerine destek oluşturması için engeller oluşturur, ve de ofis veya fabrika ortamının kaybolmasına neden olabilir (Stacey vd., 2018).

Yeni çalışanlar, çevrimiçi platformlar, çalışanların işlerini ve bu tür platformların çok çeşitli iş türlerine erişimini sağladığı için sıklıkla işlerini ve yaptıkları iş türlerini değiştirmelerini sağlayabilir (Stacey vd., 2018).

Dijital girişimciler, düşük sermaye harcamaları olan çevrimiçi işletmeleri kurmak ve hızla genişletmek için Bilgi ve İletişim Teknolojilerini kullanabilirler. Aynı zamanda, düşük vasıflı işçilere işe daha kolay erişim sağlayabilir ve düzenlemeler halinde maaşlarını azaltabilecek işler için rekabet yaratabilir. Bu, düzenlemenin dışında kalan kayıt dışı işçilerin çevrimiçi gri ekonomisinin yükselmesine yol açabilir. Bütün bunlar sosyal kutuplaşmaya yol açabilir (Stacey vd., 2018).

2.2.5. İSG Açısından Sorumluluklar

İSG gözetimi ve ilgili kayıtların sürekliliği bakımından Bilgi ve İletişim Teknolojileri, işin niteliğini değiştirebilir, böylece çalışanlar işleri sık sık değiştirebilir ve / veya birden fazla işe sahip olabilir. İSG sorumlulukları bakımından bu durum, İSG gözetiminde veya kayıtlarında süreklilik kaybına neden olabilir. Bununla birlikte, BİT'ler, İSG gözetimini organize etmenin yeni yollarını kolaylaştırabilir ve yeni iş modellerini ve yapılarını daha iyi yansıtan kayıtlar tutabilir. IoT, çevre cihazlardaki ve robotlardaki sensörler ve giyilebilir izleme cihazları, İSG riskleri de dahil olmak üzere gerçek zamanlı gözlemlerin veya olayların doğrudan bir İSG yönetim sistemine ve çevrimiçi İSG kayıtlarına doğrudan kaydedilmesini ve bunlara erişim sağlayabilir. Üretilen büyük miktardaki verilerin etik olarak ele alınmasını, verilerin gizliliğinin ve özellikle tıbbi kayıtların iyi bir şekilde kullanılmasının sağlanması için etkili stratejilere ve sistemlere ihtiyaç duyulacaktır (Stacey vd., 2018).

Siber Fiziksel Sistemlerle, monitörleme teknolojisi, bir sensöre veya bir dizi sensöre (örneğin ses, görüntü, konum ve biyo-sinyalleri algılamaya) dayanarak belirli bir süre boyunca bir kişinin belirli bir periyot boyunca takip edilmesi, sürecin kontrol edilmesi gibi çeşitli özellikleri bulunmaktadır. Sensörler insanlara veya çevrelerine kurulur ve fizyolojik durumlarının ve davranışlarının türetilbileceği veriler sağlar (Broek, 2017). Mesleki stresin izlenmesi de monitörleme teknolojileri ile mümkündür. Ayrıca, çalışma esnasında çalışanın sağlık durumu, düşme vb. gibi durumlarda takibini sağlamaktadır. Sağlık durumunu takip için akıllı tekstiller geliştirilerek kullanılmaktadır. Monitörleme teknolojisi, geleceğimizin bir parçası

olacak, özellikle, biyosensörler hızlı bir şekilde daha yaygın ve daha önemli hale gelecektir (Broek, 2017).

Yuan ve arkadaşları, inşaat sektöründe Siber Fiziksel Sistemlerin SFS(CPS) tabanlı Geçici Yapıların Monitörlemesi (TSM) ile İş Sağlığı ve Güvenliği açısından kullanılmasıyla ilgili bir çalışma yapmıştır. Bu sistem, potansiyel yapısal başarısızlıkları önlemek için geçici yapıların izlenmesi ve geçici bir yapının sanal modelini, inşaat şantiyesinde fiziksel yapıyı bütünleştirir, iskele sisteminin yapısal izlemesinin örneklerini simüle eder (Yuan vd., 2016, s.1).

Siber Fiziksel Sistem(CPS) tabanlı TSM sistemi, inşaat işçilerine, güvenlik denetçilerine ve proje yöneticilerine geçici yapıların emniyet yönetiminde yardımcı olmayı hedeflemektedir. Kullanıcı talimatları, İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı (OSHA) tarafından yayınlanan literatür taraması ve kaza raporları ile belirlenir. Kullanıcı talimatlarıyla, bu araştırmanın bir parçası olarak yürütülen inşaat şantiyesinde iş güvenliğinden sorumlu üç uzman ile düzeltmeler yapılmıştır. Yaptıkları görüşmeler sonucunda, İSG ile ilgili çeşitli gereksinimler ortaya çıkmıştır. Potansiyel tehlikelerin sürekli ve gerçek zamanlı denetiminin sağlanması, muhtemel hataların önceden belirlenerek, ani çökmelerin önlenmesi, özellikle iş sağlığı ve güvenliği uzmanları uzaktayken çalışanların kusurlu olduğu durumlarda uyarabilecek sistemlerin geliştirilmesi, taşınabilir izleme ve uyarı cihazlarının çalışanlara adapte edilmesi, güncellenen bilgilere uzaktan erişim imkanının sürekli olarak sağlanması gibi gereklilikleri ortaya çıkarmışlardır. İleride bu tür gereksinimlerin karşılanması ve bu sistemlerin kurulmasıyla iş sağlığı ve güvenliği bakımından daha uygun çalışma ortamları sağlanacaktır (Yuan vd., 2016, s.1).

Mobil BIT'ler ile sürekli izleme, İSG düzenlemelerine uygunluğu göstermek için veya olayların veya davalı, araştırmacı veya düzenleyici tarafından ihlal edildiği iddia edilen herhangi bir ihlalin soruşturulması sırasında kanıt olarak kullanılabilir. Sanal gerçeklik ve yapay zeka ayrıca, mahkemede jüri ve / veya hakimin olay yerini keşfetmesine izin vermek için kanıt olarak kullanılabilir. Büyük veri kullanan yapay zeka algoritmaları, şirketler tarafından risklerin çok doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak ve etkili önleme önlemleri geliştirmek için kullanılabilir (Stacey vd., 2018).

İşletmelerin çalışma sahası içerisinde alınabilecek güvenlik tedbirlerinin simülasyonunu sağlayan, çalışanların birbirleriyle olan iletişim sistemlerini geliştiren yeni sistemler ortaya çıkmıştır ve bu firmaların gün geçtikçe sayısı artacaktır. Simülasyonla alakalı programlar, sanal gerçeklik (VR) uygulamalarına dayanmaktadır. Bu programların kullanıldığı sektörler incelendiğinde en çok inşaat ve madencilik alanlarında kullanıldığı görülmektedir. Ancak ileride kullanım sahası yeni yazılımların gelişmesiyle artacaktır.

Bu uygulamalardan bir tanesi olan WorkplaceSIM, belirli işyeri ortamı için sağlık, güvenlik ve çevre eğitimi için mobil uygulamalar ve “oyun tabanlı öğrenme” için bilgisayar uygulamalarını tasarlar ve geliştirir. Bu teknoloji biçimi, etkili ve ilgi çekici bir eğitim oluşturmak için davranış psikolojisini kullanmaktadır. Kullanıcılar, güvenli bir ortamda önemli kararlar alabilecekleri bir çalışanın, iş günündeki bir gününün deneyimini takip eder. Tüm modüller mevcut öğretim materyallerini, süreçleri, Standart Operasyon Talimatlarını (SOPs), En İyi Uygulama Rehberi (BPGs), Endüstri Uygulama Kodlarını (Industry Codes of Practice) ve uyumluluğu desteklemektedir (WorkplaceSIM).

Sanal Gerçeklik (VR), gerçek yaşam ortamının veya durumunun yapay, bilgisayar tarafından üretilen bir simülasyonu veya yeniden yaratılmasıdır. Kullanıcıya, simüle edilen gerçekliği görme ve duyma yoluyla tecrübe ettiklerini hissettirir (Augment, 2015).

Sanal Gerçeklik (VR), iş sağlığı ve güvenliğinde bir eğitim aracı olarak önem kazanmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği alanında kullanılan Sanal Gerçeklik ile, çalışanların güvenli bir ortamda, fiilen yaptıkları işlerde eğitmek için bir yöntem sağlamaktadır. NORCAT adındaki bir şirket, bir alana giden yeni müteahhitlerin bir VR sürüşü deneyimi yaşayacağı bir indüksiyon eğitimi programı geliştirmiştir. Şirket bir işverenin çalışma sahasında giderek, birçok fotoğraf ve video çeker. Ardından, karakterleri ve donanımları da içeren şirketin çalışma sahasına benzeyen sanal bir dünya oluşturmak için bu bilgileri çeşitli yazılım araçlarına yüklemektedir (Sillikier, 2018).

NORCAT'ın madencilik için yapmış olduğu simülasyon programında, madencilik simülatörünün merkezinde, tamamen işlevsel aletler ve kontrollerle gerçek madencilik ekipmanının oldukça gerçekçi bir kopyası olan simüle bir kabin bulunmaktadır. Kabin, hareketli bir platform üzerine monte edilmiştir ve 360 derece panoramik, yüksek çözünürlüklü projeksiyon ekranı ile çevresel ses düzenine sahiptir. Motorlar, fren sistemleri, hidrolik ve delme kafaları dahil olmak üzere alt sistemlerin çalışması, kullanıcıya doğru geri bildirim sağlamak için orijinal üreticinin özelliklerine göre matematiksel olarak modellenmiştir. Operatör seçimi, bu simülasyona göre operatörün dikkat ve prosedür bilgisi, yeteneği test edilerek yapılır (NORCAT). Böylelikle çok tehlikeli sınıfa giren madencilik sektöründe, operatörün iş sağlığı ve güvenliği açısından mesleki eğitimine katkıda bulunur, sistem üzerinde güvenliğini tehlikeye atmadan eğitimini destekler.

VR'nin sağladığı faydalar, özellikle çok tehlikeli sınıfta yer alan madencilik sektörü için sıralanmıştır. Yaralanma ve ölümlerin önüne geçilmesinin yanı sıra çeşitli ekonomik avantajları da beraberinde getireceği belirtilmektedir. İşletme maliyetinin önemli bir bölümünün operatörlerden veya bakım hatalarından kaynaklanmaktadır. Genel olarak özetlemek gerekirse, çeşitli konularda avantajlı hale gelmeyi sağlar. Bu konular, kayıp zaman ve kayıp üretim (günlük ton, ton başına satış fiyatı ve kayıp gün sayısı), hasarlı donanım (tamir maliyeti ve arıza süresi), başlangıç ve yeniden başlatma maliyetleri, israf enerji maliyetleri, mevzuata uygunluk maliyetleri (evrak, raporlama, para cezaları, halkla ilişkiler) ve eksik teslim tarihidir (Kızıl ve Joy, 2001). Bu programların çeşitli işletmelere entegrasyonu, işletmelere iş sağlığı ve güvenliği açısından getireceği avantajlar, çalışanların daha güvenli iş ortamlarında çalışmalarını sağlayacak, işletmeler ekonomik olarak daha üstün hale gelecektir.

Ford gibi şirketler 2015 yılına kadar montaj hatlarında güvenliğini artırmak için sanal gerçekliği başarıyla kullandılar. Sanal gerçeklik sistemleri, yaralanma riskini azaltmak ve üretkenliği artırmak amacıyla hareketi yeniden yapılandırmak amacıyla ekipman montajı sırasında vücut hareket sensörleri aracılığıyla yakalanan insan hareketini tanımlar. Bu, çalışan yaralanmalarında% 70'lik bir düşüş ve ergonomik konularda% 90'lık bir düşüşle sonuçlanmıştır (Safetysure).

Arttırılmış Gerçeklik (AR) teknolojisinin, İş Sağlığı ve Güvenliği bakımından avantajlarına bakacak olursak, tesis bakım mühendisleri, ağır ekipmanlardaki bakım işlemlerine yardımcı olmak için artırılmış gerçeklik (Boeing gibi) kullanılabilir. Belirli bir tesis ve teçhizatın tehlikeleri, operatörün işi yaparken kullandığı AR gözlükleri kullanılarak tespit edilebilir. Ağır ekipman operatörleri, operatörler riske maruz kalmadan önce risk algoritmalarına dayalı tehlike senaryolarına karşı uyarılabilir. Yeraltı madencileri, bir görevi üstlenirken kendi görüş alanlarında kritik güvenlik bilgileri görebilirler. İş yaparken bir gaz monitörü bakmanıza veya bir radyo dinlenmesine gerek kalmaz. Risk değerlendirmeleri, tehlike deneyimi verilerine dayanan algoritmalar kullanılarak gerçek zamanlı olarak yapılabilir. Bilinen tehlikeli alanlar, çalışanlara bağlı gözlüklerden uyarılabilir (Safetysure).

Büyük veriler kullanan yapay zeka algoritmaları, şirketler tarafından risklerin çok doğru bir şekilde değerlendirilmesini sağlamak ve etkili önleme yöntemleri için kullanılabilir (Stacey vd., 2018, s. 62).

İş Sağlığı ve Güvenliği açısından İş Müfettişleri ve denetçilerle yapılan denetimler, şirketlerin iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliklerine uymak için gerekli adımları atmasını sağlamak için kullandıkları en önemli politika aracıdır. İlke olarak, en az üç farklı yaklaşım bulunmaktadır. İlk yaklaşım, potansiyel risk, şirket büyüklüğü, endüstri türü veya diğer kriterlerden bağımsız olarak tüm şirketleri denetlemektir. İkinci yaklaşım, herhangi bir özelliğe bakılmaksızın, her bir şirketin seçilme olasılığının eşit olduğu rasgele örneklemeyle dayalı işletmelerin seçilmesini içerir. Önleyici ve ekonomik koşullar bakımından, bu yöntemlerin her ikisi de genellikle etkisiz olarak görülmektedir. Bu nedenle çoğu müfettiş, üçüncü yaklaşım temelinde, yani risk temelli yaklaşım temelinde nesnelere seçer. Kısaca, riske dayalı yaklaşım, denetim nesnelere göre seçilmesini içerir (Dahl, 2019).

Makine öğrenmesi algoritmalarının temel amacı, tahminler, sınıflandırmalar, tahminler veya benzeri görevleri yapmak için kullanılacak istatistiksel bir model sağlamaktır. İki ana yaygın makine öğrenme algoritması türü denetimli öğrenme ve denetimsiz öğrenmedir. Denetimli öğrenmede, algoritma bir dizi bağımsız değişkenden tahmin edilebilecek bağımlı bir değişkenden (örneğin risk seviyesi) oluşur. Denetimsiz öğrenmede, tahmin edilecek bir bağımlı değişken yoktur, ancak

algoritmanın amacı, verileri benzerlikle gruplara, örneğin farklı risk gruplarına göre kümelemektir. Makine öğrenmesinde kullanılan algoritmalar tahminlerini, öncelikle deneme yanılma yoluyla geliştirmektedir. Bu, makinenin geçmiş başarılarından (doğru tahminler) ve hatalardan (yanlış tahminler) öğrendiği ve alınan geri bildirimle dayanarak tahminleri daha kesin yapmak için bu bilgiyi yakalamaya çalıştığı anlamına gelir (Dahl, 2019).

Denetlenen ve denetlenmeyen öğrenme algoritmaları, hem gözlem sayısı hem de genellikle “özellik” olarak adlandırılan değişken sayısı ile ilgili yeterli miktarda veri gerektirir. Müfettişler, denetim objeleri ve denetim faaliyetleriyle ilgili büyük miktarda veri toplar ve depolar. Mevcut veriler tipik olarak çalışan sayısı, şirket yaşı, endüstriyel gruplandırma, önceki denetimlerin sayısı, önceki denetimlerin sonuçları ve kaza bildirimleri gibi şirkete özgü özelliklerle ilgilidir. Yüksek riskli şirketler için özellikle büyük verilerin doğru kullanılması ve makine öğrenme algoritmaları için uygun olmalıdır. Böylelikle oluşabilecek çeşitli iş kazalarıyla ilgili tahminlemeler yapılabilir (Dahl, 2019).

Matías ve arkadaşları, iş kazalarının sebepleri ve türlerinin analiz edilmesi için bir metodoloji geliştirmişlerdir. Bu yaklaşım, makine öğrenme tekniklerine dayanır. Farklı algoritmalar ile Bayes ağları, sınıflandırma ağaçları, destek vektör makineleri ve makine öğrenmesi gibi teknikler kullanmışlardır. Farklı teknikler kullanılarak elde edilen sonuçlarla, risk önleme önlemlerinin geliştirilmesini kolaylaştıran faktörler, açıklama ve tahminleme potansiyelleri bakımından karşılaştırılmıştır. Böylelikle iş kazalarının önceden tahminlenerek önlenmesi mümkün olmaktadır (Matías vd., 2019, s.559).

Hajakbari ve Minaei-Bidgoli, iş kazalarını incelemenin asıl amacı sadece kazaları önlemek değil, aynı zamanda neden olduğu fiziksel ve mali zararları da azaltmak olduğunu belirtmişlerdir. İş kazasını öngörmek için bir puanlama sistemi geliştirmişlerdir. İş kazaları için yeni risk yönetimi yöntemlerini kullanmak ve iş güvenliğini arttırmayı amaçlamışlardır. Yapılan son araştırmalarda, veri madenciliği tekniklerinin iş kazaları riskini değerlendirmede güçlü araçlar olduğunu belirtmişlerdir. Kullandıkları yöntemle, en fazla risk altındaki işyerlerini tespit etmişler ve her kategori için risk seviyesini belirlemişlerdir. Bir sonraki yıl içinde,

önceki verilere dayanan kritik noktaları belirleyek, periyodik denetimler gerektiren iş yerlerinin bir listesini üretmişlerdir (Hajakbari ve Minaei-Bidgoli, 2014, s.443).

Norveç İş Teftiş Kurumu (NLIA) tarafından, risk konusunda işletmelerin seçilmesinde denetçilere yardımcı olmak üzere geliştirilen, Risk Grubu Tahmin Aracı (RGPT), işletmeleri öngörülen riske göre dört gruba ayırmaktadır: en düşük risk, düşük risk, yüksek risk ve en yüksek riskli işletmeler. Belirli bir şirketin risk grubu ne kadar yüksek olursa, bu şirkette gelecekteki bir denetimin sağlık ve güvenlik düzenlemelerine uyumluluktan ciddi sapmalar belirleme olasılığı da o kadar yüksek olur. Bir şirketin atandığı grup, NLIA'nın web tabanlı kullanıcı arayüzü üzerinden denetçilere görünür. Bu nedenle, teftiş için şirketleri hedeflerken, denetçiler firmaların risk grupları hakkında bilgilendirilir ve böylece risk bilinçli seçimler yapabilir (Dahl, 2019).

Daha gelişmiş hesaplama metotlarıyla, makine öğreniminin ve yapay zekanın tasnif edilmesi ve analizini daha yüksek hızlarda mümkün kılar. Akıllı Enerji Şebekeleri sistemlerinde bulunan büyük miktardaki veri gibi büyük verinin olduğu kompleks sistemelerin izlenmesi yoluyla, büyük veri toplanır. Böylelikle, İSG sorunlarına daha iyi bir bakış açısı sağlanır, İSG kararları daha iyi desteklenir, önceden ve etkili müdahaleler mümkün olur. İSG sorunları ortaya çıkmadan önce önceden uyarma ve tahmin etme olanağı gelişir. İşletmelerin İSG standartlarına ve yönetmeliklerine uygunluğu daha kolay gösterebilmelerine ve iş teftiş kurullarının ihlalleri daha kolay araştırmasına izin vermesi mümkün olur (Stacey vd., 2018, s. 54).

2.2.6. Çalışanların becerileri ve bilgi düzeyleri

Yeni teknolojilerle birlikte, teknolojik değişimin hızına ve çalışanların işlerini değiştirme sıklığına bağlı olarak, hayat boyu öğrenme esastır. Bu nedenle, işçilerin hızlı bir şekilde öğrenmesi ve sonra tekrar tekrar öğrenmesi gerekir. IoT, çalışanların ihtiyaç duyulduğu anda eğitime ve bilgiye erişmesine izin verebilir, eğer etkili bir şekilde kullanılırsa, İSG'de kurumsal hafızayı yakalamak için kullanılabilir (Stacey vd., 2018).

Yeni beceriler ve eğitim ihtiyaçları bakımından, özellikle ISG için kaliteli öğrenme ve eğitim önemlidir. BİT'lerde artan kullanım ve gelişmeler, çalışanların kaliteli işlere ulaşmalarını sağlamak için ihtiyaç duydukları yeni becerilere ihtiyaç duymasına neden olabilir. İşçilerin, teknolojiyi nasıl kullanacaklarını bilmeye ihtiyaç duymasının yanı sıra, BİT'lerin getirdiği yeni çalışma yöntemleri için de ilgili becerilere sahip olmaları gerekecektir. BİT'lerin neden olduğu değişen iş modelleri ve işin doğası, işçilerin kendi öğrenme ve eğitim ihtiyaçları için daha fazla sorumluluk almaları gerektiği anlamına gelebilir (Stacey vd., 2018).



3. BÖLÜM: ENDÜSTRİ 4.0 – İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ENTEGRASYONU: İMALAT SEKTÖRÜ ÜZERİNDE BİR İNCELEME ÖRNEĞİ

Endüstri 4.0 ile ilgili olan gelişmeler, daha çok imalat süreçlerini dijitalleştirmeye yöneliktir. Bu nedenle, Endüstri 4.0'ın imalat süreçlerine getirdiği yenilikler, genel olarak “dijital üretim” adı altında değerlendirilmektedir. Dijital üretim, dijital teknolojilerle yürütülen üretim süreçlerini ifade etmektedir. Dijital bir üretim sürecinde ön plana çıkan yeniliklerde, genel olarak sensörler, endüstriyel kontrol sistemleri, radyo-frekans teknolojileri kullanılmaktadır (EBSO, 2015).

Endüstri 4.0, tekstil sektörünün esnek, hızlı ve daha çok ürün elde edilmesini sağlayan üretim süreçlerine sahip olmasını sağlamaktadır. Örnek olarak, nesnelerin interneti, tekstil makinalarının ileri teknolojiler sayesinde kendi aralarında bilgi akışı gerçekleştirmesini mümkün kılmıştır. Siber-fiziksel sistemler ve nesnelerin interneti ile donatılmış yeni ve çok çeşitli amaçlara yönelik “Akıllı Tekstil” ürünleri gelişmeye başlamıştır. Akıllı tekstiller, teknik tekstiller içerisinde katma değeri en yüksek ve en ileri teknoloji kullanılan ürün grubudur. Özellikle tıp, askeri, teknik alanlarda kullanılmaktadır. Bu tarz Akıllı tekstillere, uyandıran araba koltukları, kalp atışlarını dinleyen yatak çarşafı, oda sıcaklığına göre renk değiştiren dokumalar, gibi ürünler örnek gösterilebilir (EBSO, 2015).

Endüstri 4.0 Uygulamaları ülkemizde henüz yeni gelişmekte olan bir konudur. Ülkemizde bu konuyla alakalı olarak, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından Endüstri 4.0 Yol Haritası yayınlanmış, model Endüstri 4.0 fabrikaları kurulmaya başlamış, ülkemizde yer alan bazı fabrikalarda çeşitli uygulamalar görülmeye başlamış, yazılım firmaları tarafından çeşitli endüstride ve birçok sektörde kullanılacak yazılımlar üretilmekte ve konuyla alakalı birçok akademik çalışmalar yapılmış ve yapılmaktadır.

Endüstri 4.0-İş Sağlığı ve Güvenliği Entegrasyonu'na imalat örneği olarak çeşitli araştırmalar yapılmış, bu çalışmaların sonucunda üretim merkezi ülkemizde faaliyet gösteren Hugo Boss tekstil işletmesinin Endüstri 4.0 konusunda çeşitli uygulamaları olduğu basından toplanan haberler vasıtasıyla edinilmiştir.

Öncelikle Hugo Boss'un Endüstri 4.0 konusunda yaptığı çeşitli uygulamalardan bahsedilmiş ve daha sonra İSG ile ilgili olduğu düşünülen konuların, İş Sağlığı ve Güvenliği açısından değerlendirilmesi yapılarak yorumlarda bulunulmuştur. Verilen örnekte basından toplanan haberler ile Hugo Boss firmasıyla yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen bilgiler yer almaktadır.

Hugo Boss'un en büyük üretim merkezi İzmir'de bulunmaktadır. 1999 yılından itibaren yüksek kaliteli takım elbise üretimi yapmıştır. Yaklaşık 65.000 metrekarelik bir alanda elbise, ceket, gömlek ve palto üretilmekte, ayrıca İzmir'de yaklaşık 4.000 işçi istihdam etmektedir. Yılda yaklaşık 900 bin takım elbise, 2 milyon gömlek, 550 bin parça kadın giyim üretimi yapmaktadır. Yüksek teknolojiye sahip olan şirket, ağ bağlantılı makineler, kapsamlı veri analizi ve esnek üretim süreçleriyle, çeşitli Endüstri 4.0 uygulamaları yapmaktadır (Hugo Boss, 2018; Sarp Nebil, 2018). Üretim kapasitesiyle, markanın ana üretici olan Hugo Boss, Ege Serbest Bölgesi'nde (ESBAŞ) istihdamın yüzde 20'sini karşılamaktadır. Tekstil sektöründe, sektörün önde gelen markaları, üretim merkezlerini iş gücünün ucuz olduğu Hindistan ve Çin gibi Uzak Doğu ülkelerine taşırken, Hugo Boss dijital dönüşümlerle maliyeti azaltarak, yeni çözümlerle üretimine devam etmektedir (Tarlıg, 2017).

Hugo Boss Tekstil Sanayi Genel Müdürü Joachim Hensch, Türkiye Tekstil ve Konfeksiyon Sektörü 10. Ar-Ge Proje Pazarı Zirvesi'ndeki yaptığı konuşmada, Endüstri 4.0 uygulamalarının, Yalın Üretim, 5S, Optimizasyon, Sürekli İyileştirme, Kaizen uygulamalarına devam edileceğini ancak bunların günümüzde yeterli olmadığını belirtmiştir. Ayrıca dijital dönüşümle birlikte atık su, enerji tüketimi, çalışan koşulları, ürünlerin pazarı transferi gibi konuların hepsinin düşünülmesi gerektiğini belirtmiştir (BEBKA, 2018, s.30-31). Hensch, işe başladığı yıl Almanya merkez ofisi ikna ederek, dijitalleşme için 1,3 milyon Euro yatırım yapıldığını ve bu yatırımın iki yıl içerisinde kendini amorti ettiğini belirtmiştir. Yazılım ekibi sayısını da böylelikle onbeşten, kırka çıkarmışlardır (Bay Yılmaz, 2019).

Ayrıca Hensch, Endüstri 4.0'ın getirdiği yeniliklerle birlikte, yatay ve dikey yönetim sistemlerini değerlendirerek, geleneksel yönetim tarzının

değiştirilmesi gerektiği, sürekli hareketli olması ve insanlar ile durumlara göre değişim göstermesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu yönetim tarzını İş Odaklı (Job Oriented) Yönetim Tarzı olarak adlandırmıştır (Sarp Nebil, 2018). Endüstri 4.0'a geçerken, çalışanlar için yeni pozisyonlar ortaya çıkmıştır. Kendi İşini Yarat (Create Your Own Job) adını verdikleri insan kaynakları programını 2016 yılında uygulamaya başlamışlardır. Bu program, pozisyonların kurum stratejisine yarattığı katma değeri sorgulamalarını sağlamış, ve çalışanların kendi iş tanımlarını kendilerinin yapmasına imkan tanımıştır. Proje kapsamında her bir görev tanımına "Olmasaydı ne eksik olurdu?" sorusuyla başlamışlardır. Çalışma pozisyonlarının tekrar eden ve dijitalleşebilecek uygulamalarını, çalışanlarla birlikte tespit etmeye çalışmışlardır. Hiyerarşik yapılarında böylelikle kademe azaltmaya gitmişlerdir. Yeni iş birimleri ve Görüntü İşleme Uzmanı, Proje Yöneticisi, Big Data Analist, Technolab Uzmanı gibi yeni görev tanımlarına da ihtiyaç duymuşlardır. Yeni görev tanımları da yeni yetkinliklere olan ihtiyacı arttırmıştır. Bu yeni görev tanımlarına göre çalışanlara ne tür yetkinlikler ve eğitimlere ihtiyaç duydukları sorulmuş ve bu doğrultuda eğitim programlarını yeniden şekillendirmişlerdir. Organizasyonel dönüşümlerini tamamlarken, yetkin ve donanımlı mühendislerin yetişmesi gerektiği düşüncesiyle, verimlilik, kalite, teslimat konularında kilit rol oynayan saha yöneticileri ve mühendisler için Değişim Liderleri ve Geleceğin Mühendisleri süreçleri de başlatmışlardır. İlk kademe yöneticilerin liderlik becerilerini, yeni nesilin örgütlenme yapısı ve ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde yeniden şekillendirilmesine odaklanmışlardır. Yeni tip öğrenme ortamlarından (Moocs ve online platformlar) yararlanarak, yenilik takibi kolaylaştıran ve farklı düşünmeyi sağlayan program dizayn etmişlerdir. Böylelikle insan kaynağı adaptasyonunu da sağlamaya çalışmışlardır. Nitelikli insan gücünün şirketlerin rekabetçi olmasında önemini de vurgulamışlardır (HRdergi, 2017).

Otomasyon ve robot konularında prototipler üretmekte, dünyanın en büyük robot şirketleriyle üretim yaparak, uluslararası üniversite ve çeşitli enstitülerle işbirliği yaparak, çeşitli projeler geliştirmektedirler. Yapay zeka, artırılmış gerçeklik, görüntü işleme, sesli komut gibi teknolojilerin üretim ve yönetim sistemine entegrasyonu ile ilgili çalışmaları devam etmektedir. Bunun dışında, diğer yerli ve yabancı şirketlere akıllı fabrikaya dönüşümleri için kılavuzluk yapmak için "Hugo Boss +Solutions" adında danışmanlık birimlerini kurmuşlardır, dijital

dönüşüm ekibi olan IT (Information Technologies)'den destek alarak çalışmalarını yürütmektedirler. Bu birim, Üretim Sistemleri Mühendisliği, Dijital Dönüşüm, Yalın Üretim, Kalite ve Güvence Sistemleri, Saha Yöneticileri Gelişimi ve Liderlik konularında danışmanlık hizmeti vermektedir (EBSO, 2017, S.29; Çitak, 2018). Hugo Boss kurduğu bu danışmanlık birimiyle, hazır giyim alanında ilk on ihracatçı firmasından biri olan Aster Tekstil (Babaeski, Kırklareli)'e Yalın Dönüşüm, Kalite Güvence Sistemleri, Organizasyonel Dönüşüm, Stratejik Proje Yönetimi, İnsan Kaynakları Gelişim programları ve endüstriyel ürün geliştirme süreçleri için eğitim ve danışmanlık hizmeti vermektedir. Aster Tekstil bu girişimiyle büyüme ve ihracat performansının arttırmayı hedeflemektedir (RT, 2017). Danışmanlık anlaşması imzaladığı bir diğer firma ise, Hindistan'da tekstil sektöründe önemli bir konuma sahip olan, Fortune Global 500 şirketleri arasında yer alan ve 44 milyar dolar büyüklüğe sahip olan, Aditya Birla Fashion & Retail şirkettir. Bu şirkete danışmanlık ve organizasyonel gelişim konularında hizmet verecektir. Mevcut üretim yapısını dönüştürmeye yönelik, iş modeli geliştirecektir. Böylelikle ülkedeki en büyük uluslararası marka üreticisi ve entegre perakende zinciri olmayı hedeflemektedirler. Danışmanlık verdikleri şirketleri öncelikle "Dijital Check Up" dedikleri, şirketin dijital dönüşüme uygunluk seviyesini ölçmekte, bu ölçümler 2-3 gün kadar devam etmekte ve daha sonra süreci başlatmaktadırlar (Bay Yılmaz, 2019; Karatay, 2019).

Yurtdışında, Bulgaristan, Romanya, Sırbistan gibi ülkelerde bulunan pek çok şirkete danışmanlık yapan ekip, yurtiçinde yakın zamanda da İstanbul ve Bursa hazır giyim ihracatçı birliklerinin üyelerine yönelik danışmanlık hizmeti vermeye başlayacağı belirtilmiştir (Bay Yılmaz, 2019).

Hugo Boss yapmış olduğu bu çalışmalarla, ABD merkezli Pazar araştırması ve danışmanlık şirketi International Data Corporation tarafından Nesnelerin İnterneti (IoT), Büyük Veri ve Yapay Zeka (AI) kategorilerinde birincilikle ödüllendirmiştir. Ayrıca veri analizi ve üretimde karşılaşılan hataları tahminlemedeki öncü rolünü vurgulamışlardır. Çalışanlar bakımından ise yapılan bu çalışmaların destekleyici nitelikte olduğu ve iş süreçlerini desteklediğini belirtmektedirler. Süreç içerisine, çalışanları aktif olarak dahil ederek, gelecekte

alınacak önlemler için önemli olduklarını belirtmişlerdir. Bu bütünsel yaklaşım ile uzun vadede fabrika başarıyı elde edeceğini belirtmişlerdir (Hugo Boss, 2018).

Hugo Boss, dijitalleşme süreci içerisine çalışanları da dahil ederek, kurmuş oldukları bu sistemi daha sağlam temellerle güçlendirmiştir. Bunun için “Mutlu Fabrika” stratejisi uygulamaktadır. Hiyerarşik yapı yerine ortak iş yapma kültürü benimsenmiştir (Çitak, 2018). Bu organizasyonel dönüşüm aşamasında, odağına sadece insanı almıştır. Çalışanlar yeteneklerine göre uygun pozisyonlara yerleştirilmesine özen gösterildi. En alt kademenin, en üst kademeye rahatça erişebildiği, ortak iş yapmanın yeni etkileşim ve iletişim kanallarıyla mümkün olduğu iyileştirmeler çalışanların istekleri doğrultusunda şekillendirilmiştir (Coşkuntürk, 2017).

Çalışan görüşlerinin toplanarak, projelendirildiği periyodik anket süreçleri yapılmaktadır. Çalışanların çocukları için robotik kodlama eğitim programları sunulmaktadır. Değişim Liderleri programıyla, çalıştaylar ve bireysel koçluktan oluşan bir program yapılmıştır. Technolab’ta 3D yazıcılarla çocuklar için el protezleri yapılmış, Robotel Türkiye derneği ile uzun dönemli işbirliği yapılmıştır. Üretim tesislerinde çalışan 3800 kişiye ücretsiz internet bağlantısı projesi hizmeti sunulmuştur. Sosyal alanlar çalışanlar için tekrar restore edilmiştir (Çitak, 2018).

Akıllı fabrika terimi daha önce de belirtildiği üzere, makinelerin otomatikleştirilmesi ve ağ bağlantısıyla daha yetkin hale gelmesi anlamına gelmektedir. Bu da birbirleriyle iletişim kurmalarını ve veri alışverişinde bulunmalarını sağlamaktadır. Veriler daha sonra optimizasyon için analiz edilmektedir. Hugo Boss, yaptıkları Endüstri 4.0 dönüşümüyle birlikte hazır giyim mamüllerini, planlamadan lojistiğe kadar daha verimli olarak üretildiğini belirtmektedir. Fabrikanın akıllı hale gelmesiyle, ürün kalitesi artarken, maliyetler azalmaktadır. Aynı zamanda da daha dinamik ve esnek prosesler mümkün hale gelmiştir. Üretim basamaklarının kompleksliği azalır ve sürdürülebilirlik sağlanır. Hugo Boss’un akıllı fabrikaya dönüşme süreci 2015 yılında başlamıştır. Bu dönüşüm 3 başlık altında toplanmıştır. Bunlar; Dijital Dönüşüm, Robotik ve Otomasyon, ve Yapay Zekadır (Hugo Boss, 2018).

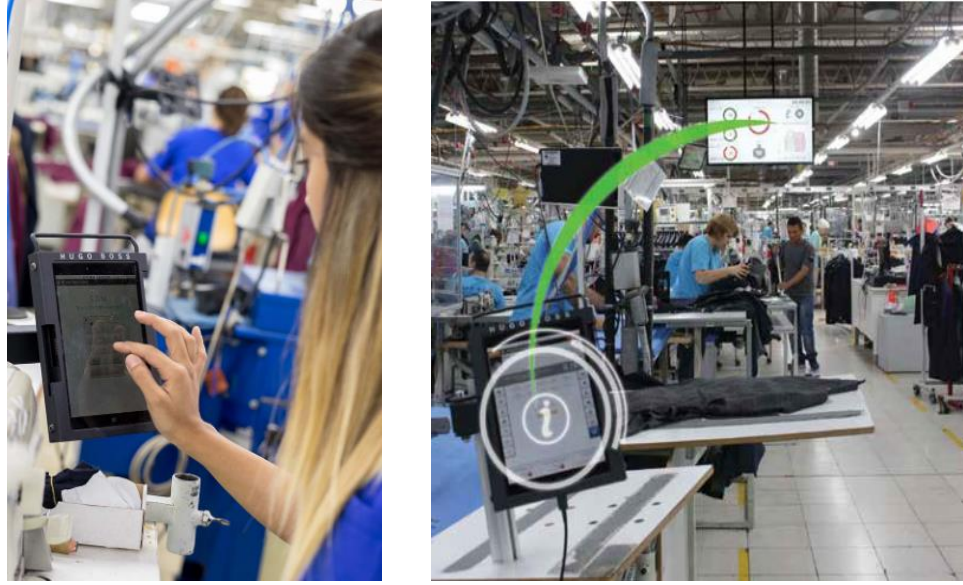
- *Dijital Dönüşüm*

Çalışanlar, makineler ve süreçler ağ sistemi üzerinden birbirlerine bağlıdırlar. Böylelikle dijital olarak haritalandırılırlar ve fabrikanın “Sanal İkizi” yaratılmış olur (Hugo Boss, 2018). Hugo Boss, sahada çalışan üretim personeli, üretim ve bireysel verileri aktardıkları ve çeşitli bilgilere ulaşabildikleri 1.600 tablet aracılığıyla günde 350.000 satır verinin üretim mümkün olmaktadır (EBSO, 2017, S.29). Böylelikle, üretim verileri gerçek zamanlı olarak izlenebilir ve üretim yönetimi sağlıklı bir şekilde sağlanmış olur (Hugo Boss, 2018).

Model üretim süreci usta operatörlerin video çekimleriyle, her yeni model için ayrı ayrı planlanmaktadır (Sırt, 2018).

Operatörler, dikim esnasında karşılaşacakları tüm süreçleri, önlerinde bulunan tabletler yardımıyla takip etmektedirler. Böylece, hem dikim işlerini sisteme girerler (Şekil 10), hem de o andaki performanslarını görebilmektedirler (Yıldız, 2018). İş Sağlığı ve Güvenliği açısından çalışanların karşılaşacakları süreçler hakkında bilgi sahibi olmaları oluşabilecek olan iş kazalarının önüne geçilmesine katkıda bulunur. Çalışan psikolojik olarak da işin yürütümü yönünden kendini daha güvende hissedecektir.

İmalat işletmesinin düzenli olarak takip edilmesi gereken performans, verimlilik ve kalite hedeflerinin yakalanması için bölümlerde, ekran üzerinde parça sayısı, kalan sayı, performans gibi veriler anlık olarak görüntülenmektedir. Tüm operatörler, Akıllı Veri Yönetim Sistemi (SDM) ile donatılmıştır. Hem bireysel, hem takım performansları bu sistem üzerinden takip edilirken, üretim performanslarına göre prim kazanmaktadırlar. Saha yöneticileri ise SDM'nin tamamlayıcısı olan Denetim Arayüzü üzerinden üretim süreci yönetimini kontrol etmektedirler. Bu sistemlerle birlikte, Hat Arayüzü sistemi (Şekil 11) olan ve fabrikada çeşitli yerlerde bulunan büyük ekran ve uygulamalarını içeren sistemlerde kullanılmaktadır. Böylelikle teknoloji operasyonlarda kolaylık sağlar, kalite ve verimlilik artar. Bu avantajlarda, maliyet bakımından getiri sağlamaktadır (Sarp Nebil, 2018; Çitak, 2018; Yıldız, 2018; Aybars, 2019).



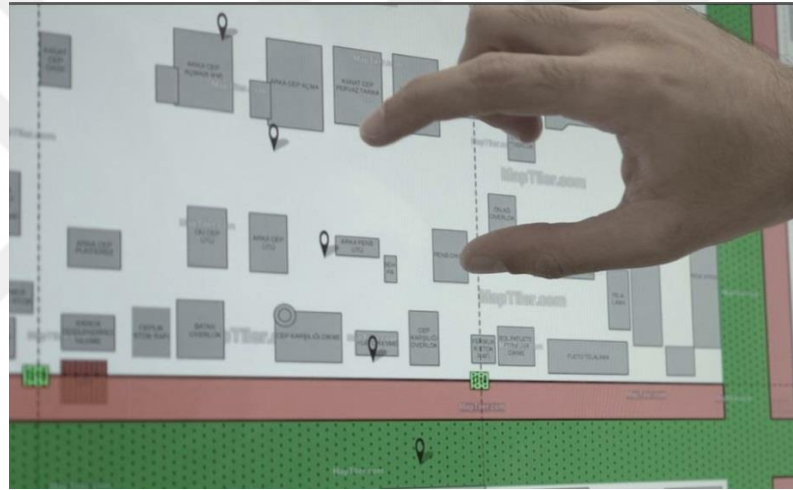
Şekil 10. Çalışanlar Tarafından Veri Girişlerinin Yapıldığı Ekranlar (Hugo Boss, 2018; YKK, 2018)

Kalite kontrol aşamasından geçemeyen bir hazır giyim ürününün, sevkiyata yetişebilmesi için gerekli işlemler RFID ile hızlı bir şekilde sağlanarak, süreç tamamlanmaktadır (Sarp Nebil, 2018). Hugo Boss'un IDC tarafından birincilik almış olduğu iki ödülünden biri olan “Yılın En İyi İş Etkinleştirme Ödülü” projesi Where Is My Object (WIMO) ile, “Gerçek Zamanlı Tespit Sistemi (RTLS)” (Şekil 12) geliştirmeleriyle ürün yerinin tespitinin yapılmasını sağlamaktadırlar (Timeturk, 2017; Çitak, 2018).

Sahadaki mekanik çalışanın nerede olduğunu tespit etmek ve çalışana en yakın arızayı atarak, çalışanın işini hızlıca yapmasını sağlayan bir sistemleri de bulunmaktadır. Tabletler üzerinden kapsama alanı içerisinde, mekanik çalışanın nerede olduğunu ve ne iş yaptığını sorgulayarak ulaşılmaktadır (Ak, 2017). Bozulan ekipmanlara hızlı bir şekilde müdahale edilmesi, hem zaman bakımından performans kayıplarının önüne geçecek, hem arızaların kayıt altında tutulmasını sağlayarak olası iş kazaları hakkında daha iyi tahminlemeyi sağlayacaktır.

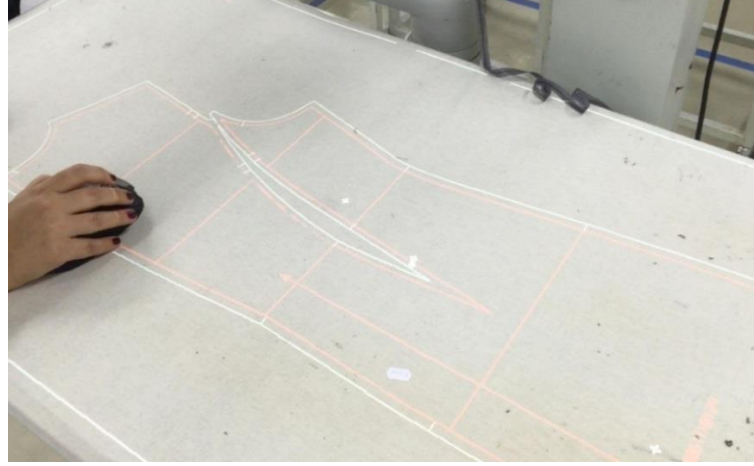


Şekil 11. Hedef Verimlilik Panosu (Hat Arayüzü) (Rekabet.net, AA, 2017)



Şekil 12. Gerçek Zamanlı Tespit Hizmeti (RTLS) (Açıkgöz, 2018)

Sanayide Dönüşüm ve Endüstri 4.0 Zirvesinde konuşan, Hugo Boss Bilgi Teknolojileri Grup Yönetici Erkut Ekinci konuşmasında bu sisteme değinmiştir. Önceden kumaş için şablonlar çıkardıklarını ve kumaşın üzerine yaklaşık 15-20 kez preslediklerinde şablonların bozulması sonucu ölçülerin kaymaya başladığını, bu durumda tekrar şablon çıkarmak zorunda kaldıklarını belirtmiştir. Masaya ışık yansıtan barkovizyon sayesinde pastal serim işlemi yani kesim yapılacak parçaların kumaş üzerindeki izdüşümleri yapılmaktadır (Şekil 13). Fiziksel ortamda şablon olmadığı için kumaşta çekme oynama gibi bir sorunun da böylece ortadan kalktığını belirtmiştir. Dijital ölçü alınıp, doğru bir ölçümle işlem süreci tamamlanmaktadır (Ak, 2017).



(a)



(b)

Şekil 13. Barkovizyonla pastal serim işlemi ((a)Yıldız, 2018; (b)Star, 2017)

Hugo Boss ile yapılan görüşmelerde, malzeme talebini, hızlı ve dijital yolla gideren e-Kanban (Şekil 14) sistemi sağladıklarını belirtmişlerdir.



Şekil 14. e-Kanban malzeme talep sistemi (Açıkgöz, 2018)



Şekil 15. Ses Tanıma Sistemi (Açıkgöz, 2018)

Diğer bir dijital gelişim sağlayan araçlardan biri de ses tanıma sistemidir (Şekil 15). Ses tanıma sistemiyle, kağıt tüketiminde azalma sağlanmıştır.

Dijital prototiplerle (Şekil 16) tasarımlar yapılmakta ve dijital showroomlarla satış ile ilgili de çeşitli çalışmaları bulunmaktadır (Hugo Boss, 2018).



Şekil 16. Dijital Prototiplerin Yapılması (Hugo Boss, 2018)

- *Robotik ve Otomasyon*

Çalışanların desteklenmesi için yeni teknolojiler geliştirilmiştir ve geliştirilmektedir. Kurmuş oldukları Teknolojik Laboratuvar(TechnoLab) ile yarı ve tam otomatik makineleri ve robotları geliştirerek, süreçleri daha iyi optimize edebilmektedirler (Hugo Boss, 2018). Parçaların birleşimini sağlayan (Şekil 17),

gömlek manşetlerine ilik açıp, düğme diken robot üretimi yapmışlardır ve bu parçayı makineye besleyen robot kolu üretmişlerdir (Tarlıg, 2017). Düğmelerin doğru yönde dikilmesini sağlayan robotik uygulamalar (Şekil 18) da bulunmaktadır (Yıldız, 2018). Billy (Şekil 19) adındaki otomatik bir robot yardımıyla da, biten işlerin depoya taşınması sağlanmaktadır.



Şekil 17. Robotik Uygulama Örneği (Parçaların Birlikte Dikilmesi) (Hugo Boss, 2018)



Şekil 18. Görüntü İşleme ile Düğmelerin Doğru Pozisyonda Dikilmesi (Star, 2017)



Şekil 19. Billy adlı Otomatik Robot (Açıkgöz, 2018)

- *Yapay Zeka*

Tüm fabrikadan veriler elde edilmektedir. Bu verilerin analiziyle, optimizasyon potansiyelinin olduğu noktalar ve risklerin çıkabileceği yerler tespit edilir. Böylelikle makinelerin, kaynakların ve proseslerin dijital tahminlere göre iyi bir şekilde yönetimi sağlanır (Hugo Boss, 2018). Akıllı Hata Tahminleme Sistemi olarak adlandırılan bu sistemde, operatörlerin belirli model ve operasyonda yapacakları muhtemel hatalar, dijital ikiz tarafından simüle edilerek, önleyici eğitimler ve gerekli düzenlemelerin yapılmasına olanak tanımaktadır (Sırt, 2018). Bu tahminler %88 doğruluk payı ile gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Böylelikle kaliteyi arttırmışlardır. İnsanlar, ürünler, süreçler ve makinalar üzerinden yaptıkları bu tahminleme için Yapay Zekayı kullanmaktadırlar (Ak, 2017).

Hugo Boss dijitalleşme dönüşümü yapmış olduğu akıllı fabrikada, çalışanların eğitimine, işe alım sürecinden itibaren başlatmaktadır. Virtual Dojo projesiyle (Şekil 20), çalışanlar Sanal Gerçeklik (VR), Arttırılmış Gerçeklik (AR) ve video dersler kullanarak dikim konusunda uzmanlaşmaları sağlanmaktadır (Yıldız, 2018). Bu projeye birlikte, çalışanlara İş Sağlığı ve Güvenliği alanında da eğitimler

vermek mümkün olacak, çalışanların işlerini doğru şekilde yapmalarını sağlayacaktır.



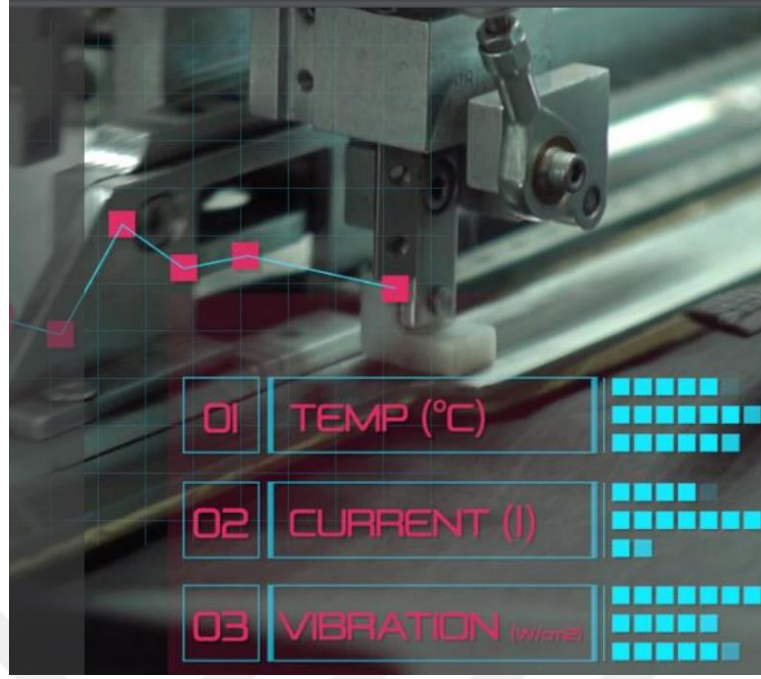
(a)



(b)

Şekil 20. Virtual Dojo ((a)Çelik, 2019; (b)Açıkgöz, 2018)

Yapay zeka yazılımı ile makinelerde bulunan kontrol sistemlerinin yardımıyla, hangi makinaların elektriği daha fazla kullandığı ve parkurda çıkabilecek olası arızaların tespitinin önceden tahminlenmesini de sağlamaktadır (Yıldız, 2018).



Şekil 21. Makineler Arası İletişim Sistemi (Açıkgöz, 2018)

Makineler arası iletişim sistemiyle (Şekil 21), makinelerin çektiği elektriğin yanı sıra diğer başka faktörleri de incelenmektedir. Örnek olarak, bakım vakti gelen makineleri veya makinelerin doluluk oranlarının takibinde kullanılan bir sistemdir. Makine bakımlarının düzenli olarak yapılması olası iş kazalarının da önüne geçecektir.

Dünyanın önde gelen büyük veri ve yapay zeka kurumlarından biri olan IDC tarafından üretim teknolojileri grubunda birincilik ödülü almış oldukları Akıllı Yapay Zeka Yönetimi (SAIL) projesinde büyük veri ve yapay zeka altyapılarını oluşturmayı hedeflemişlerdir (Aybars, 2018). Bu proje fabrikanın dijital ikizini yaratmadaki M3P (Machine, People, Product, Process-Makine, İnsan, Ürün, İşlem)stratejisi kapsamında yürütülmektedir. Bu dört önemli faktörün birbirinin iletişimi yoluya toplanarak, Büyük Veri'ye dönüştürülmektedir. Böylelikle hem tekstil, hem de diğer sektörlerde kalite tahminleme mümkün olmaktadır (Computerworld Türkiye, 2017).

SONUÇLAR

Bu çalışmada Endüstri 4.0 hakkında genel bilgiler verilerek, temel dokuz kavramı detaylı olarak açıklanmaya çalışılmıştır. Günümüzde, işletmeler, Endüstri 4.0'a üretim prosesleri, organizasyon yapıları, makine ve ekipmanlarda dijitalleşme gibi birçok konuda adapte olmaya çalışırken, bu hızla giden süreç içerisinde İş Sağlığı ve Güvenliği konularında adaptasyonlarını da gerekli kılmaktadır. Bu konuda henüz düzenlemeler yapılmamıştır. Ancak Avrupa İş Sağlığı Örgütü, Uluslararası Çalışma Örgütü, bilim insanları, üniversiteler, meslek kuruluşları, sanayii odaları bu konuya dikkat çekerek yayınlar yapmaya başlamıştır. Bu konudaki yasal düzenlemelerde yakın gelecekte gerçekleşecektir.

Endüstri 4.0 ve İSG Entegrasyonu çeşitli başlıklar altında incelenmiştir. İş Ekipmanı ve aletler bakımından, özellikle tehlikeli maddelere maruz kalınan ve fiziksel tehlike, zorlukların bulunduğu işlerde, robotik uygulamalar, uzaktan kumandalı sistemlerin, çalışanların yerini almasıyla İSG bakımından maruz kalınan meslek hastalıkları ve iş kazalarını önüne geçilmiş olacaktır. Çalışanların giyilebilir teknolojilerden faydalanması, sağlık durumlarının monitörleme sistemleriyle takip edilmesiyle, sağlık durumları sürekli kontrol altında tutulacaktır. İnsan-makine etkileşiminin gerekli olduğu çalışma alanlarının sayısı artacak, bu durumda sağlıklı bir çalışma ortamının sağlanması, çalışanların psikolojik açıdan kendilerini rahat hissetmeleri için yeni İSG düzenlemelerine ihtiyaç artacaktır. Robotların kullanımıyla, iş kazalarında sorumluluğun çalışana ya da işverene ait olmasıyla alakalı sorular artacak, bu da yeni yasal düzenlemeleri zorunlu kılacaktır. Endüstri 4.0'ın iş ekipmanları için getireceği diğer bir fayda, kişisel koruyucu donanımların akıllı hale gelmesi olacaktır. KKD'ler çeşitli uyarı sistemlerine sahip olacak, yorgunluk, stres belirtileri gibi çalışanın durumundaki değişimleri üst yönetime iletacaktır. Robotik sistemlerin yanı sıra, Arttırılmış Gerçeklik de ekipmanlarda kullanılacak, çalışanlar görüntü ve talimatlar yardımıyla yaptıkları işi daha hızlı ve daha doğru şekilde yapacaklarından, iş kazaları önlenmiş olacaktır. Ayrıca makinelerin bakım sürelerini, ne zaman bozulacaklarının tahmin edilmesi, Endüstri 4.0'ın getirdiği Büyük Veri, Siber Fiziksel Sistemlerin yardımıyla mümkün olacaktır. Bu da İSG alanında işveren ve çalışanları korumaya yardımcı olacaktır.

İş Organizasyonu ve yönetimi bakımından, insan kaynakları yönetimi dijitalleşecek, işe alım, işten çıkarma gibi işler için çalışanlar hakkında verimliliğe etkisi, sağlığı gibi veriler analiz edilecek ve süreçler buna göre işleyecektir. Hiyerarşi ortadan kalkacak, Bulut, çevrimiçi ve çevrimdışı çalışma platformları olanağı sunacaktır. Kitle kaynaklı çalışmalarda, çalışanların tam zamanlı ya da yarı zamanlı çalışması, çalışma düzeni, sigorta durumu gibi konularda boşluk oluşacaktır. Özellikle çevrimdışı çalışmalarda, çalışanların durumunu kayıt altına almak daha zorlu bir durum haline gelecektir. Bu konularda yeni düzenlemelerin yapılması acil ihtiyaç haline gelecektir. Kitle Kaynak bazı olumsuzlukların yanında çeşitli avantajları da beraberinde getirecektir. Özellikle engelli insanlar, bazı durumlardan dolayı evde çalışmak zorunda kalanlar, esnek çalışma tarzı isteyenler için ise avantaj haline gelecektir. İşgücü özellikleri bakımından, kalifiye, eğitilmiş insan ihtiyacı artacaktır. İş özelliklerine göre yeni meslek isimleri duyulmaya başlanacaktır.

İSG açısından sorumluluklara baktığımızda, IoT ile gerçek zamanlı gözlemler yapılabilecek, sensörler ve çeşitli teknolojiler yardımıyla İSG Yönetim sistemiyle iletişime geçilerek, çeşitli veriler kayıt altına alınabilecektir. Siber Fiziksel Sistemlerin getirdiği monitörleme teknolojisiyle, mesleki stresten, çalışanların sağlık durumuna kadar birçok veriye ulaşan sistemler daha yaygın hale gelecektir. Sanal Gerçeklik gibi sistemlerle, çalışanlara işle alakalı eğitimlerin verilmesi de yaygınlaşacak, olası iş kazalarının önüne geçilecektir. İş tefitişinden sorumlu denetmenler, müfettişler için de Endüstri 4.0 kavramları yenilikler sağlayacak, daha düzenli, daha ayrıntılı denetimlerin yapılmasına olanak tanıyacaktır.

Çalışanlar, herhangi bir bilgiye ihtiyaç duydukları anda çok daha kolay erişebilecektir. Nesnelerin İnterneti vb teknolojilerle çalışanlar hayat boyu öğrenmeye açık olacak, bu da verimliliğin artması, iş kazalarının azalmasına katkıda bulunacaktır.

Tüm edinilen bilgiler ışığında, imalat sektöründe ne gibi uygulamalar yapıldığı araştırılmış, bu konuda uzun bir yol kat eden Hugo Boss firması incelenmeye çalışılmıştır. Yapılan incelemeler ve edinilen bilgiler doğrultusunda, Endüstri 4.0'ın işletmeye maliyet, verimlilik, üretim hızı, çalışanların eğitimi, ürün takibi, bazı

operasyonel işlerde kolaylık gibi pek çok konuda avantaj sağladığı, İş Sağlığı ve Güvenliği konusunda da birçok avantajı bu konularla birlikte getirdiği görülmüştür.

Sonuç olarak, Endüstri 4.0 kavramları İSG alanında çeşitli avantajları getirmesinin yanı sıra, çeşitli dezavantajlar ve bazı soruları da beraberinde getirecektir. Bu dezavantajların birçoğu eğitimle çözülebilecek konulardır. Çalışanların sosyal ve çalışma haklarıyla ilgili olan konuların bu süreçte yasal düzenlemelerle şekillendirilmesi gerekmektedir. Endüstri 4.0, gelecekte ülkelerin ekonomik olarak gelişmesi için kilit rol niteliğinde olacaktır. Bu süreçte gecikenler, çağın gerisinde kalacak, rekabet etmekte zorlanacaktır. Bu yüzden ülkemizin bu konudaki farkındalığını arttırarak, gelişmesine yardımcı olmak için bir dizi tedbirler alınmalıdır. Bilim, Ticaret ve Sanayi Bakanlığımız bu konuda yol haritası çıkarmıştır. Bu konuyla alakalı çalışmalar artmalıdır. Üniversitelere, bu konuyla alakalı uygulamalı dersler konulmalı, küçük yaşlardan itibaren çocuklara robotik kodlama gibi dersler verilmeli, işletmeler bu konuda kapılarını gençlere açmalı ve yeniliklere de açık olmalıdır.

KAYNAKÇA

Açıkgöz, O. Akıllı Fabrika Olma Yolunda Hugo Boss İzmir, Akıllı Üretim. http://izkalite.gov.tr/dsy/orcun-acikgoz-hugo_boss-ornegi.pdf adresinden 05.05.2019 tarihinde alınmıştır.

Ak, S. (24 Kasım 2017) Endüstri 4.0'a nasıl başladık? Sanayide Dönüşüm ve Endüstri 4.0 Zirvesi Konuşmacı-Erkut Ekinci, Hugo Boss. <http://www.ticaretgazetesi.com.tr/endustri-4.0a-nasil-basladik> adresinden 02.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Akpınar, T., & Çakmakkaya, B. Y. (2014). İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından İşverenlerin Risk Değerlendirme Yükümlülüğü. *Calisma ve Toplum*, 40(1).s.273-304.

Alçın, S. (2016). Üretim için yeni bir izlek: sanayi 4.0. *Journal of Life Economics*, 3(2), 19-30.

Alpagut, G. (2014). 6331 Sayılı İş Sağlığı Ve Güvenliği Kanununun Genel Esasları. *İstanbul Üniversitesi Hukuk Fakültesi Mecmuası*, 72(2), 31-45.

Arış, A., Oktuğ, S. F., & Yalçın, S. B. Ö. (2015). Nesnelerin İnterneti Güvenliği: Servis Engelleme Saldırıları, Internet-of-Things Security: Denial of Service Attacks. In 23th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU). <http://web.itu.edu.tr/arisahmet/wp-content/uploads/2018/01/SIU2015.pdf> adresinden 10.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Armbrust, B., Fox, A., Griffith, R., Joseph, A.D., Katz, R., Konwinski, A., Lee, G., Patterson, D., Rabkin, A., Stoica, I. and Zaharia, M.(2010). A view of cloud computing. *Communications of the ACM*, 53(4).

Asare, P., Bernard, R. Broman, D., Lee, E.A., Prinsloo, G., Torngren, M., Sunder, S.S. Cyber-Physical Systems-A Concept Map. <https://ptolemy.berkeley.edu/projects/cps/> adresinden 02.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Augment. (2015). Virtual Reality vs. Augmented Reality. <https://www.augment.com/blog/virtual-reality-vs-augmented-reality/> adresinden 05.03.2019 tarihinde alınmıştır.

Auschitzky, E., Hammer, M., & Rajagopaul, A. (2014). How big data can improve manufacturing. *McKinsey & Company*, 822.

Aybars, H. (BTHaber). (2018). Endüstri 4.0, Tekstile ilaç gibi geldi. <https://www.bthaber.com/endustri-4-0-tekstile-ilac-gibi-geldi/> adresinden 18.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Baheti, R., & Gill, H. (2011). Cyber-physical systems. *The impact of control technology*, 12(1), 161-166.

Bay Yılmaz, Ö. (16 Nisan 2019). Hintli Tekstil Devine Danışmanlık Yapacak. <https://www.ekonomist.com.tr/haberler/hintli-tekstil-devine-danismanlik-yapacak.html> adresinden 16.05.2019 tarihinde alınmıştır.

Bilir, N. (2016). İş Sağlığı ve Güvenliği Profili Türkiye. Uluslararası Çalışma Örgütü. ISBN: 9789228310627; 9789228310634 (web pdf). https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---ilo-ankara/documents/publication/wcms_498818.pdf

BSI Group. BS OHSAS 18001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Bursa, Eskişehir, Bilecik Kalkınma Ajansı (BEBKA). (2018). Tekstil Endüstrisi Dijitalleşmeden Uzak Kalamaz. BEBKA Haber, 25(4). <https://www.bsigroup.com/tr-TR/BS-OHSAS-18001-is-Sagligi-ve-Guvenligi-Yonetimi/BS-OHSAS-18001-Belgesi-Nedir-Nasil-Alinir/> adresinden 02.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Computerworld Türkiye. (27 Kasım 2017). Hugo Boss İzmir'e IDC'den iki ödül. <http://www.computerworld.com.tr/sektorden-haberler/hugo-boss-izmire-idcden-iki-odul/> adresinden 08.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Coşkuntürk, B. (2017). Hugo Boss Dönüşümü yeni boyuta taşıyor. <https://www.dunya.com/sirketler/hugo-boss-donusumu-yeni-boyuta-tasiyor-haberi-394956> adresinden 10.04.2019 tarihinde alınmıştır.

CTR (Uluslararası Belgelendirme & Denetim Ltd. Şti. (CTR) ISO 45001:2018 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Standardı Yayınlandı. http://belgelendirme.ctr.com.tr/iso-45001-2018-is-sagligi-ve-guvenligi-yonetim-sistemi-standardi-yayimlandi_2_362.html adresinden 02.05.2019 tarihinde alınmıştır.

Çağlayan, Ç. (2015). İşyeri temsilcileri ve işçiler için meslek hastalıkları rehberi. *Birleşik metal işçileri sendikası, İstanbul.*

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Eğitim ve Araştırma Merkezi, ÇASGEM (2013). Meslek Hastalıkları. <http://www.casgem.gov.tr/dosyalar/kitap/81/dosya-81-8942.docx>

Çelik, O. (2019). Hugo Boss İzmir Fotoğraflar. <https://ozanphoto.com/hugo-boss-izmir> adresinden 07.05.2019 tarihinde alınmıştır.

Çitak, E. (2018). Hugo Boss İzmir akıllı fabrikaya dönüştü. <https://www.techinside.com/hugo-boss-izmir-akilli-fabrikaya-donustu/> adresinden 07.05.2019 tarihinde alınmıştır.

Dahl, Ø., (14.02.2019). The future role of big data and machine learning in health and safety inspection efficiency. EU-OSHA Focal Points Seminar. http://www.osha.mdds.gov.si/resources/files/Article_2_-_Dahl_Big_data_for_inspection_efficiency_final.pdf adresinden 15.05.2019 tarihinde alınmıştır.

De Mauro, A., Greco, M., & Grimaldi, M. (2015, February). What is big data? A consensual definition and a review of key research topics. In *AIP conference proceedings* (Vol. 1644, No. 1, pp. 97-104). AIP.

Ege Bölgesi Sanayi Odası (EBSO) Araştırma Müdürlüğü. (2017). Sanayi 4.0. Hugo Boss. s. 29. http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi-40--gozden-gecirilmis-ikinci-baski_95869497.pdf adresinden 20.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Ege Bölgesi Sanayi Odası(EBSO) (2015). Sanayi 4.0. http://www.ebso.org.tr/ebsomedia/documents/sanayi-40_88510761.pdf adresinden 24.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Ezell, S. (2016). IoT and smart manufacturing. *Inform. Technology and Innovation Found.* <http://www2.itif.org/2016-ezell-iot-smart-manufacturing.pdf> adresinden 27.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Fendley, S. (2017). According to OSHA, What Is the Difference Between Vertical & Horizontal Standards? <https://bizfluent.com/info-8551001-according-between-vertical-horizontal-standards.html> adresinden 08.03.2019 tarihinde alınmıştır.

Fuges, C.M. (2015). Additive Manufacturing Is Changing the Rules on Safety. <https://www.additivemanufacturing.media/articles/changing-the-rules> adresinden 05.03.2019 tarihinde alınmıştır.

Günay, D. (2002). Sanayi ve sanayi tarihi. *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 31, 8-14.

Hajakbari, M. S., & Minaei-Bidgoli, B. (2014). A new scoring system for assessing the risk of occupational accidents: A case study using data mining techniques with Iran's Ministry of Labor data. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 32, 443-453.

Hashem, I. A. T., Yaqoob, I., Anuar, N. B., Mokhtar, S., Gani, A., & Khan, S. U. (2015). The rise of “big data” on cloud computing: Review and open research issues. *Information systems*, 47, 98-115.

Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B. (2016, January). Design principles for industrie 4.0 scenarios. In *2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)* (pp. 3928-3937). IEEE.

Hugo Boss. (2018). Industry 4.0 in practice. <https://group.hugoboss.com/en/stories/smart-factory-in-izmir/> adresinden 07.05.2019 tarihinde alınmıştır.

Huws, U. (2015a). A review on the future of work: online labour exchanges or crowdsourcing. https://oshwiki.eu/wiki/A_review_on_the_future_of_work:_online_labour_exchange_s_or_crowdsourcing adresinden 05.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Huws, U. (June 11, 2015b). Online labour exchanges, or ‘crowdsourcing’: Implications for occupational safety and health. EU-OSHA Focal Points Seminar on review articles in the future of work. Bilbao. <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/seminars/focal-points-seminar-review-articles-future-work> adresinden 07.04.2019 tarihinde alınmıştır.

International Labour Organisation. (2016). 2016-2020 Occupational Safety and Health Policy Document. http://www.ilo.org/dyn/legosh/en/f?p=LEGPOL:503:8753526197935:::503:P503_REFERENCE_ID:311978 adresinden 02.04.2019 tarihinde alınmıştır.

İnsan Kaynakları ve Yönetim Dergisi (HRdergi). (Eylül 2017). Kendi İşini Yarat! Arif Kaya, Hugo Boss Tekstil Sanayi Genel Müdür Yardımcısıyla Röportaj. <http://www.hrdergi.com/tr/dergi-haber/2017/9-Eyl%C3%BCI/2699/kendi-isini-yarat-adresinden> 02.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Jänicke, M., & Jacob, K. (2009). A Third Industrial Revolution? Solutions to the crisis of resource-intensive growth. *Solutions to the Crisis of Resource-Intensive Growth*.

Junte, J. 3D Printing And Additive Manufacturing – The Implications For Osh. https://oshwiki.eu/wiki/3D_printing_and_additive_manufacturing_-_the_implications_for_OSH adresinden 05.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Kacı, E., & Taçgın, E. (Aralık 2017). 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu Kapsamında Proaktif Yaklaşım Üzerine Risk Değerlendirme ve Bazı Öneriler. *Marmara Sosyal Araştırmalar Dergisi*, Sayı 12. s. 1-16.

Kaivo-Oja, J. (2015). A Review on The Future of Work: Robotics. Bilbao. <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/future-work-robotics> adresinden 05.05.2019 tarihinde alınmıştır.

Kaivo-Oja, J. The Future of Work And Robotics. <https://www.google.com/search?q=THE+FUTURE+OF+WORK+AND+ROBOTICS&aq=chrome..69i57j015.187j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8#> adresinden 15.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Karacan, E. (2018). İş Kazaları ve Meslek Hastalıklarının Önlenmesinde Ergonomik Koşulların Etkisi. *Journal of International Social Research*, 11(56).

Karatay, C. (16 Ocak 2019). Hugo Boss, Hintlileri dijitalleştirecek. <https://www.stendustri.com.tr/robot-yatirimlari/hugo-boss-hintlileri-dijitallestirecek-h97915.html> adresinden 02.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Kizil, M. S., & Joy, J. (2001). What can virtual reality do for safety. *University of Queensland, St. Lucia QLD*.

Korkmaz, A. ve Avsallı, H. (Ağustos 2012). Çalışma Hayatında Yeni Bir Dönem: 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Yasası. *SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi, Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı:26, ss.153-167.

Kroc, N. (2017). Augmented Reality Comes to the Workplace. <https://www.shrm.org/hr-today/news/hr-magazine/1017/pages/augmented-reality-comes-to-the-workplace.aspx> adresinden 07.03.2019 tarihinde alınmıştır.

Labrinidis, A., & Jagadish, H. V. (2012). Challenges and opportunities with big data. *Proceedings of the VLDB Endowment*, 5(12), 2032-2033.

Matías, J. M., Rivas, T., Martín, J. E., & Taboada, J. (2008). A machine learning methodology for the analysis of workplace accidents. *International Journal of Computer Mathematics*, 85(3-4), 559-578.

McAfee, A., Brynjolfsson, E., Davenport, T. H., Patil, D. J., & Barton, D. (2012). Big data: the management revolution. *Harvard business review*, 90(10), 60-68.

MCS Factory Digitalization Endüstriyel Bil.Tek.Ltd.Şti.
http://mfd.com.tr/siberfiziksel-yonetim-sistemleri_s_tr_331_.aspx adresinden
 02.03.2019 tarihinde alınmıştır.

NORCAT. Simulation Training. <https://www.norcat.org/training/simulation-training.html> adresinden 05.03.2019 tarihinde alınmıştır.

Özkılıç, Özlem. 2005, ĞĞ Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri, Ankara: Ajans Türk Basın ve Basım A.đ.
http://egitim.druz.com.tr/upload/docs/26042012105841_vAq1THf-6-105841_risk-analizi-ozlem-ozkiliç-kitabi.pdf

Proente Otomasyon. Akıllı Fabrika Nedir? <https://proente.com/akilli-fabrika-nedir%E2%80%8B/> adresinden 05.05.2019 tarihinde alınmıştır.

Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, E. S. (2014). The smart factory: exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. *Procedia engineering*, 69, 1184-1190.

Reis, Z., Kırbaşlar, F., ve Özsoy Güneş, Z. (2011). Fen Bilgisi Öğretmen Adaylarının Kimya Öğretiminde BDE Materyali Kullanımına İlişkin Düşünceleri. *Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14 (2), 1-18.

Rekabet.net, AA. (2017). Tekstil fabrikasında yapay zeka uygulaması. <https://www.rekabet.net/tekstil-fabrikasinda-yapay-zeka-uygulamasi-n177227/> adresinden 10.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Retail Türkiye (RT). (2017). Aster Tekstil'e Hugo Boss Solutions Desteği. <https://www.retailturkiye.com/firmalardan/aster-teksile-hugo-boss-solutions-destegi> adresinden 01.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Rodič, B. (2017). Industry 4.0 and the new simulation modelling paradigm. *Organizacija*, 50(3), 193-207.

Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). The Boston Consulting Group (BCG). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. Boston Consulting Group, 9(1), 54-89.

https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx adresinden 05.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Safetysure. Augmented reality will transform workplace health and safety. <https://www.safetysure.com.au/safety-advice/augmented-reality-will-transform-workplace-health-and-safety/> adresinden 11.03.2019 tarihinde alınmıştır.

Sarp Nebil, F. (2018). Dijital Dönüşümü Hugo Boss'da Gördüm. Robotlar, Yapay Zeka, Teknoloji, İstihdamı Yok Eder Mi? <https://t24.com.tr/yazarlar/fusun-sarp-nebil/digital-donusumu-hugo-bossda-dordum,19265> adresinden 08.05.2019 tarihinde alınmıştır.

Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş. (STM). Katmanlı İmalat Teknolojileri ve Havacılık Uygulamaları. Sektör Değerlendirme Raporu. https://www.stm.com.tr/documents/file/Pdf/1.katmanli_imalat_teknolojileri_raporu_2016-08-03-14-11-28.pdf adresinden 07.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Schaefer, D., Thames, J. L., Wellman Jr, R. D., Wu, D., & Rosen, D. W. (2012). Distributed collaborative design and manufacture in the cloud—motivation, infrastructure, and education. *The ASEE Computers in Education (CoED) Journal*, 3(4), 1.

Sertaç, G. (2017). OHSAS 18001 yerine OHSAS 45001. <http://www.hurriyet.com.tr/ik-yeni-ekonomi/ohsas-18001-yerine-iso-45001-40665068> adresinden 02.05.2019 tarihinde alınmıştır.

Sırt, T. (2018). Dijital Terziler Fabrikaya Girdi. <https://www.sabah.com.tr/ekonomi/2018/09/29/dijital-terziler-fabrikaya-girdi> adresinden 10.05.2019 tarihinde alınmıştır.

Sillikier, A. (2018). Virtual reality shakes up safety training: True-to-life virtual environments allow workers to be trained on dangerous scenarios without any risk. <https://www.cos-mag.com/personal-process-safety/36967-virtual-reality-shakes-up-safety-training/> adresinden 12.03.2019 tarihinde alınmıştır.

Stacey, N., Ellwood, P., Bradbrook, S., Reynolds, J., Williams, H. and Lye, D. (European Agency for Safety and Health at Work) (2018). Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with digitalisation by 2025 European Risk Observatory Report. ISSN: 1831-9343. <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/foresight-new-and-emerging-occupational-safety-and-health-risks> adresinden 15.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Star. (2017). Tekstil Fabrikasında Yapay Zeka Uygulaması. <http://www.star.com.tr/yerel-haberler/tekstil-fabrikasinda-yapay-zeka-uygulamasi-184175/> adresinden 05.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Strange, R., & Zucchella, A. (2017). Industry 4.0, global value chains and international business. *Multinational Business Review*, 25(3), 174-184.

Tarlıg, T. (2017). Hugo Boss'un akıllı fabrikası İzmir'de. <https://www.dha.com.tr/ekonomi/hugo-bossun-akilli-fabrikasi-izmirde/haber-1554896> adresinden 10.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Taş, H. Y. Dördüncü Sanayi Devrimi'nin (Endüstri 4.0) Çalışma Hayatına ve İstihdama Muhtemel Etkileri. (2018). *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 9(16), 1817-1836.

Thames, L., & Schaefer, D. (2016). Software-defined cloud manufacturing for industry 4.0. *Procedia CIRP*, 52, 12-17.

Timeturk. (2017). Hugo Boss'a akıllı fabrika ödülü. <https://www.timeturk.com/hugo-boss-a-akilli-fabrika-odulu/haber-646224> adresinden 08.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Troxler, P. (2013). Making the 3rd industrial revolution. *FabLabs: Of machines, makers and inventors*, Transcript Publishers, Bielefeld.

Tsai, W. T., Wu, W., & Huhns, M. N. (2014). Cloud-based software crowdsourcing. *IEEE Internet Computing*, 18(3), 78-83.

Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S. (2018). Industry 4.0-A glimpse. *Procedia Manufacturing*, 20, 233-238.

Van den Broek, E.L. (2017). Monitoring technology: The 21st century pursuit of well-being?. EU-OSHA Focal Points Seminar. Discussion Paper. https://osha.europa.eu/sites/default/files/seminars/documents/Draft%20Article%20Fo%20resight%20Monitoring_0.pdf

Wang, L., Törngren, M., & Onori, M. (2015). Current status and advancement of cyber-physical systems in manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 37, 517-527.

Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C. (2016). Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 12(1), 3159805.

Weyer, S., Meyer, T., Ohmer, M., Gorecky, D., & Zühlke, D. (2016). Future modeling and simulation of CPS-based factories: an example from the automotive industry. *IFAC-PapersOnLine*, 49(31), 97-102.

Whitmore, A., Agarwal, A., & Da Xu, L. (2015). The Internet of Things—A survey of topics and trends. *Information Systems Frontiers*, 17(2), 261-274.

Wong, K. V., & Hernandez, A. (2012). A review of additive manufacturing. *ISRN Mechanical Engineering*, 2012.

Workplace health and safety training mobile apps and web-based games for employees and/or contractors (WorkplaceSIM). *Health and Safety Workplace Simulations*. <https://www.workplacesim.com/> adresinden 05.05.2019 tarihinde alınmıştır.

Yeni Kısa Kısa Türkiye A.Ş. (YKK). (2018 Ocak/Mart). Hugo Boss 2018’de Yapay Zekayı Gündemine Alıyor. s.6. https://www.ykk.com.tr/18/YKK_BULTEN1_18SAYI_BASKI_2018.pdf adresinden 05.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Yıldız, M. (2018). Akıllı fabrika hatayı önceden tahmin ediyor. <https://www.linkedin.com/pulse/ak%C4%B1ll%C4%B1-fabrika-hatay%C4%B1-%C3%B6nceden-tahmin-ediyor-m%E1%B4%9C%CA%80%E1%B4%80%E1%B4%9B-y%C4%B1%CA%9F%E1%B4%85%C4%B1%E1%B4%A2/> adresinden 10.03.2019 tarihinde alınmıştır.

Yıldızlı Proje Danışmanlık ve Eğitim Dış Ticaret Ltd. Şti., Elektrik Port, Endüstri 4.0 Platformu, Kendinden Organize Dijital Fabrikalar. <https://www.endustri40.com/kendinden-organize-dijital-fabrikalar/> adresinden 05.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Yıldızlı Proje Danışmanlık ve Eğitim Dış Ticaret Ltd. Şti., Elektrik Port, Endüstri 4.0 Platformu, Endüstri 4.0 ile Katmanlı Üretim. <https://www.endustri40.com/endustri-4-0-ile-katmanli-uretim/> adresinden 12.04.2019 tarihinde alınmıştır.

Yuan, X., Anumba, C. J., & Parfitt, M. K. (2016). Cyber-physical systems for temporary structure monitoring. *Automation in Construction*, 66, 1-14.