

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN PROJE YÖNETİCİLERİNİN YETKİNLİKLERİ  
ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Fatma Sena KARAL**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Endüstri Mühendisliği Programı**

**HAZİRAN 2019**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN PROJE YÖNETİCİLERİNİN YETKİNLİKLERİ  
ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Fatma Sena KARAL  
(507161112)**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Endüstri Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ayberk SOYER**

**HAZİRAN 2019**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507161112 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Fatma Sena KARAL, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN PROJE YÖNETİCİLERİNİN YETKİNLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ" başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :**     **Doç. Dr. Ayberk SOYER** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :**       **Doç. Dr. Umut ASAN** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Dr. Öğr. Üyesi Güneş KÜÇÜKYAZICI** .....  
Okan Üniversitesi

**Teslim Tarihi**         **: 3 Mayıs 2019**  
**Savunma Tarihi**       **: 14 Haziran 2019**



## ÖNSÖZ

Çalışma konusunun belirlenmesinde ve çalışmanın her aşamasında tecrübelerini benimle paylaşan, kıymetli zamanını ayıran, maddi ve manevi her türlü desteği veren değerli danışmanım sayın Doç. Dr. Ayberk SOYER'e ve süreç boyunca motivasyonumu yüksek tutmama yardımcı olan aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2019

Fatma Sena KARAL  
(Endüstri Mühendisi)





## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
KISALTMALAR .....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. PROJE YÖNETİMİ.....</b>	<b>5</b>
2.1 Proje ve Proje Yönetimi .....	5
2.2 Proje Yöneticisinin Sorumlulukları ve Sahip Olması Gereken Yetkinlikler ...	10
<b>3. ENDÜSTRİ 4.0 VE DİJİTAL DÖNÜŞÜM.....</b>	<b>21</b>
3.1 Endüstri 4.0 Kavramı .....	21
3.2 Endüstri 4.0 ile İlişkili Teknolojiler .....	30
3.2.1 Nesnelerin interneti.....	32
3.2.2 Siber fiziksel sistemler.....	34
3.2.3 Dikey-yatay entegrasyon .....	36
3.2.4 Büyük veri analizi.....	37
3.2.5 Bulut bilişim .....	37
3.2.6 Robotlar .....	38
3.2.7 Simülasyon, eklemeli üretim ve artırılmış gerçeklik.....	38
3.3 Endüstri 4.0'ın Etkileri .....	38
3.3.1 İş modellerine yönelik etkiler .....	40
3.3.2 Üretim ve üretilen ürünlere yönelik etkiler.....	41
3.3.3 Teknolojiye yönelik etkiler.....	42
3.3.4 Çalışana yönelik etkiler .....	43
3.3.5 Müşteriye yönelik etkiler .....	46
3.4 Endüstri 4.0'ın Getirdiği Sorunlar ve Zorluklar .....	47
3.4.1 Teknolojiye yönelik sorun ve zorluklar .....	50
3.4.2 Çalışana yönelik sorun ve zorluklar.....	54
3.5 Endüstri 4.0 Uygulama Önerileri .....	56
3.5.1 Teknolojiye yönelik uygulama önerileri.....	60
3.5.1.1 Nesnelerin interneti .....	65
3.5.1.2 Siber fiziksel sistemler .....	65
3.5.1.3 Büyük veri analizi .....	66
3.5.1.4 Emniyet ve güvenlik .....	66
3.5.2 Çalışana yönelik uygulama önerileri .....	67
3.5.2.1 Yetkinlikler .....	68
3.5.2.2 Eğitim.....	70
3.5.2.3 Değerlendirme.....	71

<b>4. DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN PROJE YÖNETİCİLERİNİN YETKİNLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ.....</b>	<b>73</b>
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>85</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>87</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>95</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>117</b>



## **KISALTMALAR**

<b>APM</b>	: Association for Project Management
<b>CPM</b>	: Critical Path Method
<b>IPMA</b>	: International Project Management Association
<b>KBE</b>	: Knowledge Based Engineering
<b>PERT</b>	: Program Evaluation Review Technique
<b>PMBOK</b>	: Project Management Body of Knowledge
<b>PMI</b>	: Project Management Institute
<b>RAM</b>	: Responsibility Assignment Matrix
<b>WBS</b>	: Work Breakdown Structure
<b>WEF</b>	: World Economic Forum



## ÇİZELGE LİSTESİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 4.1 : Yetkinlik modelleri.....	75
Çizelge 4.2 : Eşleştirme ile elde edilen yetkinlikler listesi.....	76
Çizelge 4.3 : Dijital dönüşüm döneminde ihtiyaç duyulan proje yöneticisi yetkinlikleri .....	76
Çizelge A.1 : Dijitalleşme öncesi proje yöneticisi yetkinlikleri .....	96
Çizelge A.2 : Dijitalleşme sonrası proje yöneticisi yetkinlikleri.....	105
Çizelge B.1 : Harvard yetkinlik modeli, yetkinlik tanımları.....	108
Çizelge B.2 : McBer yetkinlik modeli, yetkinlik tanımları.....	111
Çizelge B.3 : Rothwell ve Dubois yetkinlik modeli, yetkinlik tanımları.....	112
Çizelge B.4 : Wyoming yetkinlik modeli, yetkinlik tanımları.....	114



# DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN PROJE YÖNETİCİLERİNİN YETKİNLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

## ÖZET

Küreselleşme ile birlikte sayısı giderek artan sorunlarla karşı karşıya kalan ve sahip olduğu yaşlı nüfusun sebep olduğu dezavantajla mücadele etmek zorunda olan gelişmiş ülkeler, geleneksel üretim sistemlerinin yetersizliğinin farkına varmış ve üretim sektöründe teknolojik gelişmelere yapılan yatırımı artırmıştır. Art arda yaşanan teknolojik gelişmelerle birlikte üretim sektöründe rekabet artmış, işletmeler büyük değişimler geçirmek zorunda kalmıştır. Bu değişimlerle birlikte dinamik pazar koşullarına ve müşteri taleplerine hızlı yanıt verebilmek amaçlanmıştır.

İlk olarak Almanya’da Endüstri 4.0 adıyla ortaya konan projeyi, diğer ülkelerin projeleri hızlı bir şekilde takip etmiştir. Temelinde nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, dikey-yatay entegrasyon, büyük veri analizi, bulut bilişim, robotlar, simülasyon, eklemeli üretim ve artırılmış gerçeklik teknolojilerini barındıran Endüstri 4.0, farklı ülkelerde farklı isimlendirmeler ile sunulmuştur.

Endüstri 4.0, işletmeleri hem teknik hem de sosyal açıdan etkilemektedir. Çalışanlar, dijitalleşen üretim sistemlerine uyum sağlamak, teknolojik gelişmelere yetişmek durumunda kalmaktadır. İşletmeler ve disiplinler arası çalışmaların ve işbirliklerinin arttığı, işlerin proje bazlı gerçekleştirildiği küresel dünyada özellikle proje yöneticileri dönüşüme hızlı bir şekilde adapte olmak zorundadır.

Bu çalışmada, dijitalleşmenin proje yöneticilerinin yetkinlikleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu doğrultuda ilk olarak iki temel konu ele alınmıştır: Proje yönetimi ve Endüstri 4.0. Proje yönetimi başlığı altında proje tanımı, proje yönetiminin içeriği ve proje yöneticilerinin yetkinlikleri araştırılmıştır. Endüstri 4.0 başlığı altında konsept ve tanımlar, temel teknolojiler, etkiler, uygulama zorlukları ve önerileri araştırılmıştır. Proje yönetimi ve Endüstri 4.0 literatürleri analiz edilerek dijital dönüşümün proje yöneticilerinin yetkinlikleri üzerindeki etkisi ortaya konmuştur.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda çok kültürlü yaklaşım, değişim yönetimi, durumsallık/esneklik, gelişim yönetimi, girişimci yaklaşım, müşteri odaklılık ve yenilikçi yaklaşım dijital dönüşümle birlikte önemi artan yetkinlikler; dijital dönüşüm ve veri analitiği ise dijital dönüşümle birlikte ortaya çıkan yeni yetkinlikler olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu yetkinliklerin içeriklerine açıklık getirilmiştir.

Çalışma ile proje yöneticilerinin, dördüncü sanayi devrimiyle birlikte sahip olmaları gereken yetkinlikler konusunda yönlendirilmeleri amaçlanmıştır. Tüketim hızının giderek arttığı ve müşteri talebinin değiştiği dünyada, yetkinliklerini güncelleyen proje yöneticileri sayesinde işletmeler dijitalleşme süreçlerini daha sorunsuz atlatacak, rekabet ortamına daha hızlı uyum sağlayacaktır.





# **THE EXAMINATION OF THE EFFECTS OF DIGITAL TRANSFORMATION ON PROJECT MANAGERS' COMPETENCIES**

## **SUMMARY**

Production is one of the major factors for developed countries to obtain economic profits. In recent years, with the aging population and increasing competition between developed countries, lowering the number of manpower became a requirement and thus industrial technology development speeded up. The encountering with new problems left the traditional production industry inadequate, resulting in the development of intelligent production systems in order to cope with the challenges caused by globalization. Modern production became increasingly important, especially for European countries.

The first project was introduced by Germany by the name Industry 4.0 and it was followed rapidly by other projects. Based on the internet of things, cyber-physical systems, vertical-horizontal integration, big data analysis, cloud computing, robots, simulation, additive manufacturing and augmented reality technologies, the Industry 4.0 concept was presented with different names by different countries.

The first industrial revolution brought mechanics into production. The second brought electricity and the third information technologies. Thanks to successful innovations and technological developments, the global industry's appearance has changed considerably. The rapid progress of electric and electronics, information technology and advanced manufacturing technologies has enabled production to become smarter. At the core of these technological developments lies being able to respond and adapt quickly to the changing market demands.

Today's customers are much more conscious about their purchases. Together with the new supply chain structures, they play a much more active role in production systems. New customers who have strict rules about what functions the products have to perform and how they should look like, force companies to update their way of doing business and request to have a say in each and every stage of the production process. With Industry 4.0, these customers get the chance to be involved in the production chain earlier. This situation forces businesses to offer more individualized products. To be successful in the transformation process makes it essential for enterprises to understand the rapidly changing customer demands and to develop new digital products and services shaped by digital technologies that the customers are willing to buy. At this point, the need to benefit from the personal data of customers, by taking into consideration data security and privacy, is a critical issue.

The processes concerning digitalization, big data collection and the security of this data, necessitates the development of new business models, etc. and brings along the topics, such as, collaborative interactions and management support. Designing new business models through digital innovation; transforming traditional corporate architecture into a modular architecture that can seamlessly connect with new digital

technologies to compete with emerging new competitors; and to attract new capabilities that can integrate digital technology expertise with technical know-how could be given as examples of managerial challenges faced throughout the process.

Industry 4.0 will change human-technology and human-environment interactions, increase employee participation in innovation processes, and support the development of urgently needed innovations. The increase in the number of robots and smart machines in production will affect the work done by the employees and thus change the job environment. As the new technologies such as the robots will take over the simple work, the more complex and comprehensive work will be left to the human employees.

The fact that the physical and organizational boundaries are dissolving because of new conditions, forces organizations to move and be managed faster. The management techniques that have been put forward so far will not be sufficient under the conditions created by Industry 4.0. Expected flexibility will increase with international competitiveness and technological developments, and expertise such as self-management and project management will be vital. In the course of this process, the competencies that have not been mentioned so far will have increasing importance with the fourth industrial revolution.

With the fourth industrial revolution, the number of projects performed to start new companies, develop and implement new technologies, products and services is increasing. These Industry 4.0 projects include, together with new technologies, high complexity and uncertainty concerning structural, organizational, socio-political, etc. conditions. Traditional project management, which emphasizes planning and control, expresses that projects can be implemented in separate parts, does not focus on the human factor and soft skills, loses validity for complex, uncertain and time pressured Industry 4.0 projects.

Digital transformation involves both institutional and technical transformation of enterprises. It is required in order to adapt to the era and becomes a reality when innovative technologies such as the internet of things, big data, cloud, robots, simulation and augmented reality is applied where it is necessary, in the most favorable way. It is also vital to draw a road map and calculate the steps that have to be taken before the application. It is very important for the project managers to play an active role in this phase that can be considered as a transition to Industry 4.0 project. The application of new technologies is only possible with the efficient utilization of the resources in hand and the guidance of the project managers during strategic decision making in enterprises.

When the general framework of Industry 4.0 is drawn, there are some keywords that need to be underlined. These are automation, being smart, digitalization, personalization, decentralized control, and flexibility. These keywords express the changes that businesses have to go through. Project managers have to run projects in new enterprises using new technologies. It is inevitable for these changes to shape the main competencies of project managers to fulfill their responsibilities.

In line with all the developments that have taken place so far, this study analyzes the impact of digital transformation on project managers' competencies by analyzing existing project management and Industry 4.0 literature. Within the scope of the study, firstly the definition and content of traditional project management, and the responsibilities and competencies of project managers are presented. Then the concept of Industry 4.0 (Digital Transformation); technologies underlying the concept; the

impact on technology, employee and customer; challenges to implementation; application examples and suggestions are discussed. Lastly, the competencies compiled from the traditional and current project management literature are listed and evaluations are made concerning the effect of digital transformation on project managers' competencies. As a result of the evaluations, two important conclusions were reached:

(i) Change management, contingency/flexibility, customer focus, development management, entrepreneurial approach, innovative approach, and multicultural approach are competencies that have been mentioned in the past but are emphasized in the future.

(ii) Digital transformation and data analytics competencies are must-have competencies of future project managers.

The contents of all the competencies derived are detailed in the study.

The fact that project managers develop themselves on both technical and social issues such as communication and cooperation is vital for the transition to Industry 4.0. In order for the organizational structures to be flexible as it is required by digitalization, project management applications have to be integrative, sensitive and interesting; and project managers have to be more mobile, accessible and virtually active. One of the most critical points that has to be considered is that the workplace environment is open to change and consists of employees who strive to gain new competencies.

The aim of the study is to guide the project managers about the competencies they are obliged to have with the fourth industrial revolution. Through project managers who update their competencies in a world where the consumption is increasing and the customer demand is changing, enterprises will overcome the digitalization processes more smoothly and adapt to the competitive environment more quickly.



## 1. GİRİŞ

Üretim, ülkelerin ekonomik kazanç sağlaması için oldukça önemlidir. Son yıllarda Avrupa ülkelerinde nüfusun yaşlanmakta olması, fakat aynı zamanda diğer gelişmiş ülkelerle yaşanan rekabetin artması, iş gücünü azaltma gereği doğurmuş ve endüstriyel teknolojilerin gelişmesini sağlamıştır (Qin ve diğ., 2016). Yeni zorluklarla karşılaşılıyor olunması geleneksel üretim endüstrisini yetersiz bırakmış (Chen ve diğ., 2017), bunun sonucunda globalleşme ile birlikte gelen sorunlarla başa çıkmak üzere akıllı üretim sistemleri geliştirilmeye başlamıştır (Hecklau ve diğ., 2016) ve başta Avrupa ülkelerinde olmak üzere, modern üretimin önemi giderek artmıştır.

Sanayi devrimlerinden birincisi üretime mekaniği, ikincisi elektriği, üçüncüsü bilişim teknolojisini katmıştır. Cihazların bilgi işlem kabiliyetinin artmasıyla birlikte çok etmenli teknoloji, bilgi modelleme ve akıl yürütme teknolojisi kontrol sistemlerine uygulanmıştır (Chen ve diğ., 2017). Başarılı inovasyonlar ve teknolojik gelişmeler sayesinde küresel endüstrinin görünümü oldukça değişmiştir. Üretimin akıllı hale gelmesini elektrik-elektronik, bilişim ve ileri üretim teknolojilerinin yaşadığı hızlı gelişmeler sağlamıştır (Chen ve diğ., 2017). Geçmişten günümüze yaşanan teknolojik gelişmelerin temelinde, zamanla değişen pazar taleplerine hızlı cevap verebilmek ve uyum sağlayabilmek bulunmaktadır (Vaidya ve diğ., 2018). Yaşanan gelişmeler sayesinde sensörlerin, veri edinim sistemlerinin ve bilgisayar ağlarının maliyetlerinin azalması ve dolayısıyla da kullanılabilirliklerinin artması, günümüz fabrikalarını yüksek teknolojik değişimler geçirmeye zorlamıştır (Lee ve diğ., 2015).

Dinamik pazar koşulları, teknolojinin hızlı ilerleyişi ve doğunun ucuz işçi gücü, ülke ekonomisi büyük ölçüde üretim sektörüne bağlı olan gelişmiş ülkeleri hareketlendirmiştir. Bahsedilen gelişmiş ülkelere biri olan Almanya, bu doğrultuda çalışmalara önem vermiş ve “Endüstri 4.0” adı verilen bir konsepti öne sürmüş, konsepti gerçekleştirmek için hazırladığı stratejisini dünyaya duyurmuştur (Chen, 2017). Bunu “Made in China 2025” ile Çin, “Intelligent Manufacturing Systems (IMS2020)” ile Japonya, “Manufacturing 2050” ile Birleşik Krallık, “Smart Manufacturing Leadership Coalition” ile Amerika Birleşik Devletleri takip etmiştir

(Chen, 2017; Zhong ve diğ, 2017). Endüstri 4.0 stratejisi Avrupa'da "Geleceğin Fabrikaları", Amerika Birleşik Devletleri'nde "Endüstriyel İnternet", Çin'de "İnternet +" (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017) ve Tayvan'da "Verimlilik 4.0" (Lin ve diğ, 2017) olarak adlandırılmıştır. Endüstri 4.0, başta Alman Devleti'nin gelecekle alakalı bir projesiyken, teknolojinin akıllanması, esnekliğin ve hızlı çözüm oluşturmanın ihtiyaç haline gelmesiyle birlikte endüstriyel bir zorunluluk haline gelmiştir (Müller ve diğ, 2017).

Dijitalleşme, büyük verinin toplanması ve bu verilerin güvenliğinin sağlanmasına yönelik süreçler, yeni iş modellerinin geliştirilmesi ihtiyacı, vb. hususlar işbirlikçi ilişkileri ve yönetim desteği konularını beraberinde getirmektedir (Wahlund ve Wahlberg, 2018). Dijital inovasyon yoluyla yeni iş modellerinin tasarlanması; ortaya çıkan yeni rakiplerle rekabet edebilmek için eski kurumsal mimarinin, yeni dijital teknolojiler ile sorunsuz bir şekilde bağlanabilen modüler bir mimariye dönüştürülmesi; ve dijital teknoloji uzmanlığını teknik know-how ile entegre edebilen yeni yetenekler çekilmesi, bu süreçte yaşanan yönetsel zorluklara örnek olarak verilmektedir (Piccinini ve diğ, 2015).

Yaşanan bu dönüşüm sürecinde başarılı olabilmek, dijital teknolojiler tarafından şekillenen ve hızla değişen müşteri taleplerini anlamayı ve bu doğrultuda müşterilerin satın almaya istekli olacakları yeni dijital ürün ve hizmetler geliştirmeyi (mevcut ürünler karlı bile olsalar) işletmelerin temel sorumlulukları haline gelmektedir. Bu noktada, veri güvenliği ve mahremiyeti göz önünde bulundurularak, müşterilerin kişisel verilerinden yararlanma ihtiyacı kritik öneme sahiptir (Piccinini ve diğ, 2015).

Dördüncü sanayi devrimi ile birlikte yeni şirketler başlatmak, yeni teknoloji, ürün veya hizmetler geliştirmek ve bunları uygulayıp sürdürmek için gerçekleştirilecek projeler artmaktadır. Bahsi geçen bu Endüstri 4.0 projeleri, nesnelerin interneti, bulut bilişim, büyük veri ve yapay zeka gibi yeni teknolojilerle birlikte yapısal, örgütsel, sosyo-politik, vb. alanlarla ilişkili yüksek karmaşıklık ve yüksek belirsizlik içermektedir (Pajares ve diğ, 2017). Planlama ve kontrole fazla vurgu yapması, projelerin birbirinden bağımsız parçalara ayrılarak gerçekleştirilebileceğini ifade etmesi, insan faktörüne ve yumuşak becerilere yeterince odaklanmaması, vb. hususlar dolayısıyla geleneksel proje yönetimi, karmaşıklığın, belirsizliğin ve zaman baskısının yüksek olduğu Endüstri 4.0 projelerinde geçerliliğini yitirmeye başlamaktadır.

Yeni koşulların beraberinde getirdiği fiziksel ve örgütsel sınırların giderek azalıyor olması, işletmelerin daha hızlı hareket etmelerini ve yönetilmelerini zorunlu kılmaktadır (WEF, 2016). Bugüne kadar öne sürülen yönetim biçimleri, Endüstri 4.0'ın yarattığı koşullarda yeterli olmayacaktır (Shamim ve diğ, 2017). Çalışanlardan beklenen esneklik, uluslararası rekabet ve teknolojik gelişmeler ile artacak, kendini yönetme ve proje yönetimi gibi uzmanlıklar hayati önem taşıyacaktır (Störmer ve diğ, 2014). Bu süreç zarfında, bugüne kadar bahsi bile geçmemiş yetkinlikler, dördüncü sanayi devrimi ile birlikte artan bir öneme sahip olacaktır.

Şu ana kadar meydana gelen ve bundan sonra meydana gelecek tüm gelişmeler doğrultusunda bu çalışma, dijital dönüşümün proje yöneticilerinin yetkinlikleri üzerindeki etkisini var olan proje yönetimi ve Endüstri 4.0 literatürünü analiz ederek ortaya koymaktadır. Çalışma kapsamında öncelikle geleneksel proje yönetiminin tanımı ve içeriği, proje yöneticilerinin sorumlulukları ve yetkinlikleri sunulmaktadır. Daha sonrasında Endüstri 4.0 (Dijital Dönüşüm) kavramı; kavramın temelini oluşturan teknolojiler; teknoloji, çalışan ve müşteri üzerindeki etkiler ve uygulamaya yönelik zorluklar, örnek uygulamalar ve uygulama önerileri ele alınmaktadır. Çalışma kapsamında son olarak geleneksel ve güncel proje yönetimi literatürlerinden derlenen yetkinlikler sıralanmakta, eşleştirmeler sonucunda dijital dönüşümün proje yöneticilerinin yetkinlikleri üzerindeki etkisi konusunda değerlendirmeler yapılmaktadır. Elde edilen sonuçlar ile dönüşümde önemli bir rol oynayacak olan proje yöneticilerine, sahip olmaları gereken yetkinlikler konusunda yol gösterici olmak amaçlanmaktadır.





## 2. PROJE YÖNETİMİ

Günümüzde küresel ekonomik faaliyetlerin %25'i projeler ile gerçekleştirilmektedir (World Bank, 2012; alıntılan Bredillet ve diğ, 2015). Bireysel çalışmalardan ziyade disiplinler arası takım çalışmaları tercih edilmektedir. Bilgi yoğunluğu fazla olan işletmeler, hızlı değişen pazar ortamına uyum sağlamak amacıyla proje bazlı hale gelmekte, proje sayıları arttıkça başarısızlık oranı artmakta ve bu sebeple projelerin etkin bir şekilde yönetilmesine ve bunu gerçekleştirecek yetkinlikte proje yöneticilerine ihtiyaç artmaktadır.

Proje yönetimi ve proje yöneticisinin sahip olması gereken yetkinlikler, günümüze kadar var olan durum hakkında fikir verebilmesi amacıyla iki ayrı başlık altında incelenmiştir.

### 2.1 Proje ve Proje Yönetimi

Proje Yönetimi Derneği (APM: Association for Project Management) projeyi “çıktı, sonuç veya fayda bakımından tanımlanan planlanmış hedefleri gerçekleştirmek için üstlenilen eşsiz ve geçici çaba” olarak tanımlamaktadır. Bir proje, tanımlanmış bir başlangıç ve bitiş zamanı olması nedeniyle geçici; belirli bir rutini olmayan ve bir hedefi gerçekleştirmek üzere tasarlanan birtakım faaliyetlerden oluşması sebebiyle eşsizdir ve projeyi gerçekleştirmek üzere belirlenen takım, farklı departman, işletme veya bölgelerden seçilen üyelerden oluşabilmektedir (PMI, 2004).

Literatürde belirli sektör ve vaka incelemeleri mevcut olmakla birlikte, az sayıda çalışmada projenin kendi yapısı üzerinde durulmuştur. 1960'lı yıllara kadar firmalar sahip oldukları bilgi ile birbirlerinden bağımsız hareket etmiş, süreç veya araçlarını standardize etme yoluna gitmemiş, projeleri işletmenin herhangi bir diğer süreci olarak görmüştür. Proje liderleri ise proje yönetme tecrübelerinden ziyade sahip oldukları iş becerileri üzerinden değerlendirilmiştir. Proje yönetiminin yönetim disiplinine dahil olması oldukça zor olmuştur. Proje Yönetimi Enstitüsünün (PMI: Project Management Institute) kuruluşu, İş Ayrışım Yapısı (WBS: Work Breakdown Structure), Kritik Yol Yöntemi (CPM, Critical Path Method), Proje Değerlendirme ve Gözden Geçirme

Tekniği (PERT: Program Evaluation Review Technique) ve matris organizasyonu gibi uygulamaların ortaya çıkışı proje yönetiminin formelleşme sürecini hızlandırmış, Proje Yönetimi Bilgi Birikiminin (PMBOK: Project Management Body of Knowledge) sunulması, sertifikasyonun mümkün kılınması, etik tüzük ve yeminin kabul edilmesi, standart proje yönetimi modelinin oluşturulmasını desteklemiştir. Proje yönetiminin ilgili işletmenin sadece teknik boyutunu değil, disiplinler arası kimliğini temsil etmesi, standardizasyonu ve eğitimi sağlayan enstitülerin ortaya çıkması ve farklı iş sektörleri arasındaki farklılıkların, mühendislik projelerindeki ortak uygulamalardan daha önemsiz görülmesi ile birlikte proje yönetimi bağımsız ve standart hale, diğer bir ifadeyle, bir yönetim modeli haline gelmiştir (Garel, 2013).

Proje yönetimi farklı çıktılar elde etmeyi amaçlayan ve farklı uzmanlıklar gerektiren karmaşık bir süreçtir ve literatürde yapılan proje yönetimi tanımlarından bazıları teknik süreçlere odaklanırken, bazıları iş bağlamı ve stratejisini de vurgulamaktadır. PMI, proje yönetimini “proje ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla proje faaliyetlerine bilgi, beceri, araç ve tekniklerin uygulanması” olarak tanımlamaktadır. APM proje yönetimini benzer bir Şekilde tanımlamakta ve ek olarak tecrübenin kullanılmasını da eklemektedir. Russell ve Taylor (2011) proje yönetimini “var olan bir işletmede gerçekleşen bir yenilik veya değişimin geliştirilmesi ve uygulanması için işlerin yönetilmesi” olarak tanımlarken, Olsen (1971) “Proje yönetimi, farklı kaynakların kullanımını zaman, maliyet ve kalite kısıtlamaları dahilinde benzersiz, karmaşık, tek-zamanlı bir görevin başarılmasına yönlendirmek için bir takım araç ve tekniklerin (CPM ve matris organizasyonu gibi) uygulanmasıdır.” diyerek uygulanan tekniklere örnek sunmaktadır.

PMI proje yönetimi süreçlerini Başlatma, Planlama, Yürütme, İzleme & Denetim ve Bitirme olma üzere beş gruba ayırmakta, proje yönetimi bilgisinin aşağda sıralanan on bilgi alanına dayandığını ifade etmektedir (Association for Project Management [APM], t.y.):

- Entegrasyon
- Kapsam
- Zaman
- Maliyet
- Kalite
- Tedarik

- İnsan kaynakları
- İletişim
- Risk yönetimi
- Paydaş yönetimi

Proje yönetimi projenin gerekliliğinin tanımlanmasını, proje ihtiyaçlarının, teslim edileceklerin kalitesinin, kaynak ve zaman ölçeğinin belirlenmesini, yatırımın savunulması için bir olurluk incelemesi yapılmasını, şirket antlaşması ve fonlamanın güvence altına alınmasını, proje takımının yönlendirilmesi ve motive edilmesini, projedeki risk, sorun ve değişimlerin yönetilmesini, plana göre ilerlemenin gözlemlenmesini, proje bütçesinin yönetilmesini, paydaş ve proje şirketiyle iletişimin sürdürülmesini, tedarikçi yönetimini ve uygun olduğunda kontrollü bir şekilde projenin bitirilmesini içermektedir (APM, t.y.).

Russell ve Taylor (2011) proje yönetiminin temel bileşenlerini Planlama, Çizelgeleme ve Kontrol olarak sıralamaktadır. Bir proje, örgüte pozitif kazanç veya fayda sağlaması durumunda gerçekleştirilmektedir ve bir proje planı, proje hedeflerini, projenin kapsamını, ihtiyaçları, çizelgeleri, kaynakları, çalışanları, kontrolü, risk ve problem analizini içermektedir. Planlamada projelerin bileşenlerine ayrılması için WBS kullanılmakta, farklı seviyelerden oluşan bir proje hiyerarşik yapısı meydana getirilmektedir. WBS ile ayrılan işler Örgütsel Ayrışım Yapısı ile örgütsel birimlere atanmakta, ardından proje yöneticisi tarafından hangi işin kim tarafından yapılacağı bilgisini içeren Sorumluluk Atama Matrisi (RAM: Responsibility Assignment Matrix) hazırlanmaktadır. Proje çizelgesi, planlama evresinde oluşturulan belgelerin gelişmesi ile oluşturulmaktadır. Çizelgeleme, proje yönetiminde uygulama açısından en kritik olan, fakat aynı zamanda en çok problem doğuran evredir. Gerçekleştirilecek aktivitelerin tanımlanması, sıraya konulması, her biri için gereken sürenin hesaplanması ve çizelgenin oluşturulması aşamalarını içermektedir ve bu evrede Gantt diyagramı, CPM/PERT gibi teknikler kullanılmaktadır. Gantt diyagramı, projeyi oluşturan aktivitelerin ne zaman başlayıp ne zaman bittiğini, aktivitelerin ertelenip ertelenmeyeceğini gösteren ve aktivitelerin programın gerisinde veya ilerisinde olduğunu gözlemleyebilmeyi sağlayan bir diyagramdır. Ağ diyagramları ise dal ve düğümlerden oluşmakta ve aktivitelerin öncüllük/ardıllık ilişkilerini göstermekte, birbirinden bağımsız olan proje aktivitelerinin arasındaki ilişkilerin görsel olarak sunulabilmesini sağlamaktadır. Son bileşen olan kontrol ise projenin hedefler

doğrultusunda ilerlediğinden, projenin izlenmesi ve gelişimin ölçülmesi aracılığıyla emin olunmasıdır. Zaman, maliyet, kalite, performans yönetimi ve iletişimi içermektedir.

Proje yönetimi, hızlı gelişen ve değişen bir alandır. Yeni iş ilişkileri ve teknolojiler, proje ve proje takımının yapısını değiştirmektedir. Proje yönetimi taşıma, bilişim teknolojileri, üretim, konstrüksiyon, finans ve hukuk gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır ve proje yönetimini normal yönetimden ayıran özelliği, devamlı bir süreç olmamasıdır (APM, t.y.). Proje yönetimi, proje yöneticisi ve takımın uzman üyeleri arasında çıkabilecek anlaşmazlıklar üzerinde durmakta (Olsen, 1971), örgütün farklı birimlerinin kaynaklarından yararlanılması sebebiyle normal yönetime göre çok daha fazla belirsizlikle uğraşmaktadır (Russell ve Taylor, 2011). Bilginin elde edilebilir ve güvenilir olduğu bir ortamda proje yöneticisi bu bilgiye dayalı hesaplamalar yaparak kararlar alabilirken, belirsizliğin olduğu ortamda proje yöneticisinin en önemli uğraşı belirsizliği azaltmaya çalışmak olmaktadır (Ko ve Kirsch, 2017).

Literatürde yer alan bazı çalışmalar, proje yönetiminde karşılaşılan konu ve trendler üzerine yapılmıştır. Bu çalışmalardan bir tanesi Padalkar ve Gopinath (2016)'ın proje yönetimi literatürünü şekillendiren konu ve trendler üzerine gerçekleştirdiği araştırmadır. Araştırmanın birinci kısmı kapsamında 36 çalışma incelenerek bu çalışmaların deterministik, açıklayıcı ve deterministik olmayan olmak üzere üç dönemsal gruba ayrılacağı belirlenmiştir. Deterministik ve açıklayıcı dönemler temelinde proje yönetimini kolay kontrol edilebilir kabul ederken, deterministik olmayan dönem bu vurguyu azaltmaktadır. 90'lı yıllardan itibaren üç dönemin kesişiyor olmakla birlikte konu çeşitliliğinin artıyor olması, proje yönetimi araştırmalarının bilgi ve yöntem olarak bir noktada birleşmediğini göstermiştir.

Padalkar ve Gopinath (2016) tarafından yapılan araştırmanın ikinci kısmında ise 230 çalışma seçilmiş, belirlenen on yedi konu üzerinden incelenerek aşağıda sıralanan sonuçlara ulaşılmıştır:

- 2000-2015 yılları arasındaki deterministik çalışmalarda proje metodu, proje stratejisi ve bilgi yönetimi en önemli konulardır.
- Başarı faktörleri, performans yönetimi, proje metotları ve risk yönetimi açıklayıcı çalışmaların azalan sırayla en önemli konulardır.

- Deterministik olmayan çalışmalarda temel konular risk yönetimi, proje karmaşıklığı ve proje belirsizliğidir.
- 2000-2015 yılları arasında deneycilik ve determinizm yaklaşımları araştırmalarda yoğunluk göstermektedir.

Proje yönetimi konu ve trendleri üzerine yapılan bir başka çalışma ise Pollack ve Adler (2015) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında proje yönetimi literatüründen 94.472 çalışma, yazarların çalışmalarını tanımlama ve özetlemelerinde kullandıkları anahtar kelimelerin sıklığı ve zamanla değişimi üzerinden incelenmiştir. İnceleme sonucunda 1963-1995 yılları arasında mühendislikle alakalı kelimelerin yoğunlukta olduğu, 1990'lı yıllarda sosyal ve çevresel etkinin önemsenmeye başladığı, 1990'lı yıllardan 2005 yılına kadar ise eğitime vurgu yapıldığı gözlenmiştir. 2006-2012 yılları arasında patlama yapan ifadelere ek olarak proje yönetiminin ayrı bir araştırma alanı olduğunun kanıtlanmaya çalışılması proje yöneticisinin özellikleri ve rolü üzerinde durulması gerekliliğini ortaya koymuştur.

Gemünden ve Schoper (2015) 48 katılımcıya proje yönetiminde en önemli olan ve 2025 yılına kadar gerçekleşmesi beklenen beş trendi sormuştur. Tespit edilen trendlerden bir bölümü aşağıda sıralanmıştır:

- Globalleşme, şehirleşme, projelerin büyümesi ve projeye dahil olan paydaş sayılarının artması karmaşıklığı artırmaktadır. Dolayısıyla, karmaşıklıkla baş etmeye yarayacak işbirlikçi yöntemler, standardizasyon, modülerleşme, büyük veri, simülasyon ve istatistiksel analiz araçları artacaktır.
- Büyük verinin hızlı işlenebilmesi, sanal proje takımlarının birlikte çalışabilmesi için gereken hızlı iletişim, proje yönetimi süreçlerinin otomatikleşmesi ve süreçlerin görselleştirilmesi proje yönetiminin sanallaştırılmasını gerektirecektir.
- Projelerin sunduğu faydaya verilen değer artacak, projeler iş sonucu almak için yapılan girişimler olarak görülecektir. Üst yönetim hedeflere ulaşma konusunda projelere daha da fazla odaklanacaktır.
- Örgütlerin, başarılı projelerin kurumsal stratejileri için vazgeçilmez olduğunu anlaması, yetkin proje yöneticilerine olan ihtiyacı artıracaktır.
- Standardize proje yönetimi beceri ve yetkinliklerine duyulan ihtiyaç, üniversite, vb. kurumlarda proje yönetimi eğitiminin yeni öğrenme araçları ve uygulamaları ile geliştirilmesini gerektirecektir.

- Çalışan veya müşterilerin sosyal medya sayesinde güç kazanması ve farklı çalışma kültürlerine sahip olan iç paydaşların birlikte çalışacak olması sebebiyle paydaş yönetimi önem kazanacaktır. Proje yöneticileri farklı paydaşların çıkarışan çıkarları ile başa çıkmak zorunda kalacaktır.

Proje yönetiminin geleceği üzerine gerçekleştirilen bu ve benzeri çalışmalar incelendiğinde, şirketlerin rekabetçi kalabilmek için sürekli değişim geçirmesi gerekeceği ve gelişim için iş bağlamı üzerinde durmanın ön plana çıkacağı anlaşılmaktadır (Silvius, 2018).

## **2.2 Proje Yöneticisinin Sorumlulukları ve Sahip Olması Gereken Yetkinlikler**

Proje yöneticilerinin işi oldukça kapsamlıdır ve proje yöneticileri birbirinden farklı birçok mesleki yetkinlik geliştirmektedir. PMI'nın belirlediği PMBOK gibi standartlar proje yöneticiliği kavramının anlaşılması ve uygulanışını etkilemiştir. Proje yöneticileri, literatürde yer alan çalışmalarda projenin tüm yükünü taşıyan birer kahraman olarak tanımlanmaktadır. Bredillet ve diğ. (2015) başarılı bir proje yöneticisini “görevini yerine getirmek için gerekli olan bazı niteliklere sahip olan ve belli bir seviyede performans gösteren kişi” olarak tanımlamaktadır.

Proje yöneticisinin hangi yetenek ve özelliklere sahip olması gerektiği konusunda literatürde fikir birliği söz konusu değildir. Projenin gerçekleştirilmeye çalışıldığı çevrenin değişiklik göstermesi nedeniyle tek bir beceri ve yetkinlikler listesi oluşturmak mümkün olamamaktadır. Literatürde yer alan görev yetkinlik modelleri, yerine getirilen spesifik işe odaklanmakta, psikoloji ve yönetim teorilerinin önerilerini göz ardı etmektedir (Cheng ve diğ, 2005).

Etkili insan yönetiminin sağlanabilmesi sadece yönetim yetkinliğine bağlı değil, aynı zamanda yetkinliklerin temelindeki davranışlara bağlıdır. Proje yöneticileri tarafından gerekli olan davranış biçimlerinin uygulanmaması durumunda, sahip olunan becerilerin tek başına etkili olması mümkün değildir (Fisher, 2011). Herhangi bir işin yetkinlik profilinin oluşturulabilmesi için bahsi geçen işin hangi yetkinlikleri gerektirdiğinin ve hangi davranışlar ile desteklendiğinde etkili olacağını bilmesi ve anlaşılması gerekmektedir (Pierce, 1994; alıntılan Cheng ve diğ, 2005).

Yetkinlik profilinin oluşturulmasında, proje yöneticilerinin performansının hangi kriterlere göre ölçüleceğinin belirlenmesi karşılaşılan önemli bir sorundur (Pickett,

1998; alıntılan Cheng ve diğ, 2005). Literatürde proje yönetimi performansının standartlaştırılması için Proje Yönetimi için Küresel Performansa Dayalı Standartlar (Global Performance Based Standards for Project Management), PMBOK ve Proje Yönetimi için Ulusal Yetkinlik Standartları (National Competency Standards for Project Management) adı altında yapılan farklı çalışmaları görmek mümkündür (Brill ve diğ, 2006).

Literatürde proje yöneticisinin sahip olması gereken farklı sayıda yetkinlik farklı gruplandırmalar ile sıralanmıştır. Yetkinliklerin tüm projelerde veya spesifik sektörlerde geçerli olma durumuna göre gruplandırılması (Cheng ve diğ, 2005; alıntılan Loufrani-Fedida ve Missonier, 2015) veya duygusal zeka, çatışma yönetimi, stres yönetimi ve etik gibi yetkinlikleri içeren yumuşak yetkinlikler adı altında yeni bir kategorinin ortaya çıkarılması, bu duruma örnek olarak gösterilebilmektedir (Thomas ve Mengel, 2008; Fisher, 2011; Müller ve Turner, 2007; Bredillet ve diğ, 2015; alıntılan Loufrani-Fedida ve Missonier, 2015). PMI, proje yöneticisinin yetkinliklerini üç grupta toplamaktadır: bilgi, kişisel ve performans. Heerkens (2001), sahip olunması gereken bilgi ve becerileri proje yönetimi süreci becerileri, kişilerarası ve davranışsal beceriler, teknoloji yönetimi becerileri ve istenilen kişisel özellikler olarak dört kategoriye ayırmakta, Murch (2000) ise kişisel, teknik, yönetim ve baş etme olmak üzere dört kategoriye ayırmaktadır:

- Kişisel beceriler:
  - Proje yöneticileri takım içi ve dışında problemleri tespit edebilmeli ve çözebilmelidir.
  - Proje yöneticileri direkt, açık ve dürüst, pozitif tavırlı olmalıdır.
  - Beklentiler açık bir şekilde tanımlanmalıdır.
  - Takım üyeleri, yaptıkları işin önemli olduğu konusunda haberdar edilmelidir.
- Teknik beceriler:
  - Projenin tipi, büyüklüğü, yapısı ve çevresine bağlı olarak bazı proje yöneticileri teknik yönetimi, konunun uzmanı olan yöneticilere bırakmakta, bazıları ise teknik becerilere sahip olduğundan kendileri yönetmektedir.
  - Proje büyüklüğü ve karmaşıklığı arttıkça, proje yöneticisinin sahip olması gereken teknik beceriler artmaktadır.

- Proje yöneticileri işleriyle ilgili teknik sorunlarla ilgilenebilmek için teknik bilgiye sahip olmalıdır.
- Yönetim becerileri:
  - Proje yöneticileri projenin iş yönüne hakim olmalıdır.
  - Sahip olunması gereken beceriler organizasyon, iletişim, finans ve insan kaynakları üzerinedir.
  - Değişimi yönetmek, proje yöneticilerinin önemli görevlerinden biridir.
- Baş etme becerileri:
  - Proje yöneticileri esnek, yaratıcı ve gerektiğinde katı olmalıdır.
  - Birçok farklı kaynaktan, büyük verileri absorbe edebilmeli ve sürekli olan stresle başa çıkabilmelidir.
  - Projelerinin belirsizliğini yönetebilmelidir.

El-Sabaa (2001), Katz'ın (1991) belirlediği üç temel beceri üzerinde durmuştur. Bunlar proje yöneticisinin grubun bir üyesi olarak hareket etmesini ve çalışmasını içeren insan becerisi; projeyi her bir parçasının birbiriyle bağlantı ve etkileşim içerisinde olduğu bir bütün olarak görmesini içeren kavramsal ve örgütsel beceri; ve metot, süreç, prosedür ve teknikten oluşan belirli uzmanlıkları içeren teknik beceridir. Eikeland (2007, 2008, 2012) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda ise proje yöneticilerinin yetkinlikleri Aristotle'ın perspektifinden bakılarak üç temel üzerinde incelenmiştir: Algı, deneysel bilgi (deneyim) ve gerçekleşme. Temeller ve uygulama örnekleri aşağıda sıralanmıştır (alıntılayan Bredillet ve diğ, 2015):

- Algı:
  - Modeller kullanılarak projenin sosyal ve çevresel etkisinin incelenmesi
  - Dış kısıtlar, değişim ve belirsizliğin sebep olduğu stresin yönetimi
- Deneysel bilgi (Deneyim):
  - Bir proje yönetimi yazılımının kullanılması
  - Tahminler, çizelgeleme hesaplamaları, teknik risk yönetimi
  - Teknik olmayan risk yönetimi, takım yönetimi, çatışma yönetimi, paydaş yönetimi
- Gerçekleşme:
  - Proje süresince öğrenilenler, koşullara uygun uygulamalar
  - Uzmanlık ve uygulamaların bilinçli gelişimi, öğrenilenlerin belli olay ve durumlarda kullanılabilecek şekilde uyarlanması



Meredith ve diğ. (1989), proje yöneticisinin sahip olması gereken becerileri iletişim becerileri, organizasyonel beceriler, takım kurma becerileri, liderlik becerileri, baş etme becerileri ve teknolojik beceriler olarak sıralamıştır (alıntılayan Montequin ve diğ, 2015). Udo ve Koppensteiner (2004) ise proje yöneticisinin,

- liderlik, etkin karar verme gibi genel yönetim becerileri, proje yönetim teknikleri ve araçları gibi proje yönetimi becerileri ve sektör bilgisi, yaşam döngüsü yönetimi gibi endüstri becerilerini içeren “bilgi” alanında;
- “kanıtlanmış tecrübe” alanında ve
- açık fikirlilik, yaratıcılık gibi kişisel özellikler ile kişiler arası ilişki geliştirme ve yönetme, aktif dinleme gibi insan yönetimi becerilerini içeren “kişilik” alanlarında yetkin olması gerektiğini belirtmiştir.

Liikamaa (2015), belirlenen otuz proje yönetimi yetkinliğini 750 katılımcıya uygulanan anket ile değerlendirmiş, yetkinlikleri beş gruba ayırarak incelemiştir: Kişisel yetkinlikler, özdüzenleme, bilişsel beceriler, motivasyon ve sosyal beceriler. Heerkens (2001)’e göre proje yöneticisinin işlevsel yetkinlikleri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

- Uygun süreç ve prosedürler geliştirme ve takip etme
- İlerlemeyi kaydetme, sapmaları yönetme
- Projeye alakalı bütün teknolojileri kullanma
- Farklı kaynaklardan düzenli olarak bilgi toplama
- Karar öncesi gerekli büyüklükte veri toplama
- Sayısal verilerden sonuç çıkarma
- İşletme içinde ve dışında yer alan herkesle iletişime geçme
- Belirsizlikleri iyi yönetme
- Öğrenme ve kişisel gelişime önem verme
- Görevlendirme yaparken kişilerin özelliklerini dikkate alma
- Çalışanlara gerekli oranda özgürlük tanıma
- Gerektiğinde eğitim ve desteğin sunulmasını sağlama
- Müşterilerin sözlü taleplerini, ihtiyaçları olan hizmetin ortaya konması için tercüme etme
- Müşterilerin sorunlarıyla ilgilenme
- Müşteri beklentisini karşılamak için uğraşma

El-Sabaa (2001), proje yönetici yetkinliklerinin belirlenmesine ve önceliklendirilmesine yönelik üç aşamadan oluşan bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmanın birinci aşamasında kamuda veya özel sektörde çalışan 85 proje yöneticisine açık uçlu sorular aracılığıyla bir proje yöneticisinin sahip olması gereken kişisel özellikleri ve beceriler sorulmuş, belirlenen bu özellikler Katz (1991)'in gruplandırmasına göre 18'e ayrılmıştır. İkinci aşamasında bu 18 beceri, bilişim sistemleri, elektrik ve tarım projelerini yöneten 126 proje yöneticisi tarafından önemlerine göre derecelendirilmiştir. Üçüncü aşamada ise 126 proje yöneticisi ve 94 fonksiyonel yöneticiye (muhasabe, finans, vb. fonksiyonel departman yöneticileri) kariyerleri hakkında bir anket uygulanmış ve çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- İnsan becerileri kategorisi %85,3 ile en önemli proje yöneticisi becerisi, kavramsal ve örgütsel beceri %79,6 ile ikinci önemli beceri, teknik beceriler ise %50,46 ile en az önemli proje yöneticisi becerisi olarak değerlendirilmiştir.
- Mobilite, iletişim, sorunlarla başa çıkma ve politik hassasiyet en önemli insan becerileri olarak seçilmiştir.
- Bilişim sistemleri, elektrik ve tarım projeleri arasında becerilerin önem sıralamasında bir farklılık gözlemlenmemiştir.

Diğer bir çalışmada Sumner ve Powell (2013), PMBOK'tan alınan temel proje yöneticisi becerilerini 25 profesyonel proje yöneticisinin incelemesine sunmuş, bu değerlendirmenin ardından hazırlanan anketi cevaplayan 48 proje yöneticisinin anket sonuçlarına göre önemli olan formel ve informal becerileri belirlemiştir. Belirlenen beceriler önemlerine göre aşağıda sıralanmıştır:

- Formel Beceriler:
  - Gereksinimlerin karşılanması
  - Proje kapsamının tanımlanması
  - Gereksinimlerin belirlenmesi
  - Etkin proje iletişimi
  - Proje sponsorlarının desteğinin alınması
  - Kapsamın yönetilmesi
- Informel Beceriler:
  - İletişim becerileri
  - Liderlik becerileri

- Etkili durumsal iletişim
- Çatışma çözme becerileri
- Liderlik/güven
- Planlama ve organizasyon becerileri
- Etkileme becerileri
- İnsan faktörleri ile başa çıkma becerileri

İyi bir proje yöneticisi hem teknik yetenekleri içeren formel becerilere hem de kişilerarası yetenekleri içeren informal becerilere sahip olmalıdır (Alam ve diğ., 2010; alıntılan Sumner ve Powell, 2013). Şirket kültürü, dinamiği ve insanlarını anlamak, liderlik, problem çözme, karar verme, takım kurma, esneklik, yaratıcılık ve güvenilirlik başarılı bir proje yöneticisinin sahip olması gereken informal becerilerdir (Belzer, 2001; alıntılan Stevenson ve Starkweather, 2010).

Brill, Bishop ve Walker (2006), ilk olarak 598 ve sonrasında alanında uzman 79 katılımcı ile gerçekleştirilen iki aşamalı araştırma sonucunda en önemli 10 yetkinliği, projenin hedeflerini bilmek, projenin kapsamını bilmek, işini etik olarak yapmak, projenin misyonunu bilmek, proje başarısının nasıl ölçüldüğünü bilmek, etkili bir şekilde dinlemek, diğerlerinin başarıya katkılarını vurgulamak, erişilebilir kaynakları bilmek, güçlü sözel iletişim becerilerine sahip olmak ve problemi tanımak olarak, en önemli yetkinlik kategorilerini ise problem çözme ve liderlik olarak belirlemiştir. Abraham ve diğ. (2001), Karns ve Mena (1998) tarafından belirlenen 23 yetkinlikten, liderlik, müşteri odaklı olmak, sonuç odaklı olmak, problem çözme, iletişim becerileri ve takım çalışması yetkinliklerinin yönetsel başarı için öneme sahip olduğunu belirtmiştir. Muzio ve diğ. (2007) ise teknik mühendislik alanında proje yöneticiliği yapan kişiler üzerinde yaptıkları çalışma ile sonuç odaklılık, kişilerarası beceriler, kişisel izlenebilirlik, esneklik, problem çözme, planlama ve organizasyon yetkinliklerinin önemli olduğunu vurgulamıştır (alıntılan Stevenson ve Starkweather, 2010).

Proje yöneticileri proje, işletme, takım ve kendilerinden sorumludurlar. Hesaplamalar, düzenli durum bildirimleri ve ön tahminlerin yapılması aracılığıyla örgüt içerisinde proaktif bilgi akışının sağlanması, gerçekleştirilen projelerin verimli bir şekilde ilerlemesi ve işletmeye bir katkı sağlaması proje yöneticilerinin sorumluluğundadır. Proje yöneticileri takım üyelerini proje boyunca bilgilendirmek, onların performanslarının farkında olmak ve onlara yapıcı geri bildirimlerde bulunmak; aynı

anda hem kendi sorumluluklarını yerine getirmek hem de proje yöneticiliği yapmak ve bu bağlamda iki ayrı yöneticiye hesap vermek zorundadırlar. Proje yöneticileri ağ diyagramı ve benzeri proje yönetimi araç ve teknikleri ile süreç teknolojilerine hakim olmanın yanı sıra liderlik, iletişim, uzlaşma, yetki verme ve akıl hocalığı yapma gibi sosyal becerilere de sahip olmalıdır. Projenin temelinde yer alan teknolojilerde uzmanlığa ve endüstri, ürün ve süreç bilgisine sahip olmak ve teknolojilerin kullanımını yönetmek zorundadırlar. Proje yöneticilerinin olaylara bütüncül bir bakış açısıyla bakabilmesi ve belirsizliğe karşı toleranslarının yüksek olması da gerekmektedir (Heerkens, 2001). Proje yöneticileri hem görevi teslim aldığı üstlerinin hem de proje takım üyelerinin beklentilerini karşılamak zorundadırlar (Cheng ve diğ., 2015). Mutabakatı sağlamak, değişimi desteklemek ve projeye dahil olanlar arasında köprü görevi görmek proje yöneticilerinin sorumlulukları arasında yer almaktadır (Clarke, 1999; Wateridge, 1997; alıntılanan Stevenson ve Starkweather, 2010).

Farklı organizasyonel kültürler, farklı yetkinlik alanlarına önem verilmesini gerektirebilmektedir (Udo ve Koppensteiner, 2004). Başarılı proje yöneticilerini diğerlerinden ayıran özellikler daha fazla planlamaları, daha fazla iletişim kurmaları ve daha fazla yetki ile hareket etmeleridir (O'Brochta, 2008; alıntılanan Stevenson ve Starkweather, 2010). Literatürde duygu yönetimi, güven kazanma, etkili iletişim, kültürel farkındalık, öncülük etme, takım kurma, başkalarını motive etme ve etkileme gibi beceriler önemli beceriler olarak gösterilmektedir. Bazı çalışanların ayrıntılı olarak yönlendirilmesi, çalışanlara talimat verilmesi ve proje takım üyeleriyle iletişim kurularak bilgi alınması, proje yöneticilerinin işlevsel yetkinlikleri dışında yerine getirilmesi gereken ve resmi olmayan diğer görevleri arasında yer almaktadır (Heerkens, 2001).

Literatürde yer alan bazı çalışmalar, bilişim teknolojileri projelerine odaklıdır. Teknoloji projelerinin yöneticileri projeyi planlar; teknoloji, insan kaynağı, değişim ve belirsizliği yönetir; son kullanıcı, sponsor ve diğer yöneticilerle işbirliği yapar ve müşteri ilişkilerini direkt ve formel olarak yönetir (Murch, 2000). Bilişim teknolojileri projelerinin yöneticileri hızlı teknolojik gelişmelere yetişmek zorundadır. İşin ve gereksinimlerin belirsizliğine sebep olan teknolojiler nedeniyle proje yöneticileri işletme yöneticisi, proje sponsoru ve son kullanıcı ile iletişimi artırma yoluyla daha fazla bilgi toplayarak iş sürecini anlamlandırmaya çalışmak; beklenmedik sorunlar nedeniyle düzenli olarak yeni teknik ve araçların takım tarafından test edilip

kullanılarak çözüme gitme yoluna başvurmak; takım üyelerinin gerekli yöntem ve araçlar konusunda yetkin olduğundan emin olmak zorundadırlar (Ko ve Kirsch, 2017). Bilişim teknolojileri projelerinde hem teknik hem de iş gereksinimlerinin karşılanma ihtiyacı, proje yöneticilerinin hem teknik alanda hem de iş alanında bilgi sahibi olmalarını, bu iki bağımsız olarak görülen alanı entegre etmelerini (Bharadwaj ve diğ., 2013; Tan, 2014; alıntılan Ko ve Kirsch, 2017) ve belirsizlikle baş edebilmek için esnek olmalarını gerektirmekte ve proje yöneticilerinin bilginin edinilmesi ve entegrasyonu aşamalarında yer almaları projenin başarılı bir şekilde sonuçlanmasını sağlamaktadır (Ko ve Kirsch, 2017).

Keil ve diğ. (2013) tarafından bilişim teknolojileri proje yöneticileri ile gerçekleştirilen tartışmaların sonucunda en önemli beceri kategorileri olarak iletişim ve takım yönetimi kategorileri belirlenmiştir. En önemli beş beceri ise motivasyonu sağlaması nedeniyle liderlik, açık yönlendirmeler sunması nedeniyle sözlü iletişim, planlama ve maliyeti etkileyerek proje başarısını etkilemesi nedeniyle kapsam yönetimi, paydaşların beklentilerinin ve problemlerin belirlenmesini sağlaması nedeniyle dinleme ve hedef belirlemeyi sağlaması nedeniyle proje planlama olarak belirlenmiştir.

Stevenson ve Starkweather (2010) tarafından gerçekleştirilen ve iki aşamadan oluşan diğer bir araştırmanın birinci aşamasında işe alımda gerekli proje yönetim yetkinlikleri belirlenmiş; ikinci aşamasında ise belirlenen yetkinliklerin önemleri belirlenmiştir. İşe alımcılara göre seçilen 15 yetkinlikten en önemlileri tecrübe ve eğitim olarak saptanmıştır. Bilişim teknolojileri üst düzey yöneticileri tarafından yapılan değerlendirme sonuçlarına göre ise farklı organizasyonel düzeylerle iletişim becerisi, liderlik ve belirsizlikle/değişimle baş edebilme yetkinliklerinin başarı için kritik öneme sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda liderlik, farklı organizasyonel düzeylerle iletişim becerisi, sözel beceriler, yazılı beceriler, tutum ve belirsizlikle/değişimle baş edebilme yetkinlikleri ile proje yönetimi kritik yetkinlik indeksi oluşturulmuştur. İndekste kullanılmak üzere seçilen altı yetkinlikten beşi kişiler arası ilişkilere yönelik yetkinlikler olup, teknik uzmanlık, yetkinlikler arasında yer almamaktadır.

Teknik alanlar yerine, iletişim ve planlama gibi insan ve süreçle ilgili olan yetkinliklerin öneminin giderek arttığı görülmektedir. Proje yöneticilerinin teknik yetkinliklerden ziyade insana yönelik yetkinliklere ihtiyaçları bulunmaktadır. Birçok

şirketin global olarak iş yapması ve bu şirketlerin sayısının giderek artması nedeniyle proje yöneticilerinin farklı ülkelerin kültürlerini ve davranış biçimlerini daha iyi bilmesi ve kavraması gerekmektedir (Fisher, 2011).

Fisher (2011)'ın telekomünikasyon, bankacılık, danışmanlık ve mühendislik sektörlerinde çalışan 10 proje yöneticisine uyguladığı anket çalışması ile belirlenen projelerde insan yönetimi için önemli altı yetkinlik aşağıda listelenmiştir:

- Davranışsal özellikleri kavrama
- Öncülük etme
- Etkileme
- Canlandırıcı (Authentizotic) davranış
- Çatışma yönetimi
- Kültürel farkındalık

Farklı sektörlerde gereksinim duyulan proje yöneticisi yetkinlikleri birbiriyle benzerlik göstermektedir. Başarı oryantasyonu, inisiyatif, takım çalışması ve işbirliği, takım liderliği, analitik düşünme, kavramsal düşünme ve esneklik farklı sektörlerde önemli proje yöneticisi yetkinlikleri arasında yer almaktadır (Cheng ve diğ., 2015).

Montequin ve diğ. (2015), Jung'un (1998) kişilik teorisinden yararlanarak hazırladıkları 13 soru ile proje yöneticilerinin davranışsal önceliklerini tespit etmiş; çalışmanın sonuçları Jung'un tanımlarıyla eşleştirildiğinde proje yöneticilerinin bilgiye erişimle ilgili olarak teori ve sezgilerden ziyade olgusal gerçeklere güvenmeleri, kararlarını rasyonel gerekçelere dayandırmaları, çevresindeki kişilerle iyi ilişkiler geliştirmeleri ve dış dünya ile ilişkilerinde yapısal, sonuç odaklı ve kararlı olmaları gerektiği sonucuna ulaşmıştır. Trivellas ve Drimoussis (2013)'in çalışmasında davranışsal ve yönetsel yetkinlikler ile duygusal zeka ve liderlik stillerinin proje başarısı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Başarılı projelerde davranışsal yetkinlikler arasından etik değerler, açık olmak ve güvenilirlik; yönetsel yetkinlikler arasından ise sürekli gelişimin desteklenmesi, kişilerarası ilişkiler ve takım çalışması yetkinliklerinin yüksek olduğu; benzer şekilde duygusal zeka ile ilgili olarak öz farkındalığın, liderlik stillerinden ise insan odaklı liderliğin yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

Krahn ve Hartment (2006) tarafından proje uzmanlarına üç aşamada uygulanan anketler sonucunda projenin boyut, belirsizlik ve yenilik oranı gibi özellikleri değiştikçe, beceri ve yetkinliklerin önem sıralamasının değiştiği, proje yöneticileri ve

proje sponsorlarının önem verdiği beceri ve yetkinliklerin farklılık gösterdiği, belirsizlik arttıkça yöneticilikten ziyade liderliğe ihtiyaç duyulduğu, proje yönetimi ve proje liderliği ile ilgili becerilerin projenin gerekliliklerine uygun olarak bir arada kullanıldığında etkili olduğu anlaşılmıştır. Proje yöneticisi liderlik becerisi ile takım için bir yol çizmektedir. Yönetim karmaşıklıkla baş etmeyi sağlarken, liderlik değişimle baş etmeyi sağlamaktadır (Krahn ve Hartment, 2006).

Proje yönetimi, projenin kapsamının ve yönteminin farklı grup insanlara açıklanması ihtiyaçını içerir. İletişim bir projenin maliyet, kapsam ve zaman kavramlarını bir araya getiren bir fonksiyondur. Proje takım üyeleri kurdukları iletişim sayesinde proje hedeflerini kavrar. İletişimin doğru şekilde gerçekleşmemesi, programı, maliyeti, çalışan güvenliğini ve ürün kalitesini etkiler (Zulch, 2014). Bu nedenle önümüzdeki 3-5 yıl içerisinde geliştirilmesi gereken en önemli beceriler iletişim, liderlik, çevik gelişme ve sanal takımların yönetimi olacaktır (Sumner ve Powell, 2013).





### 3. ENDÜSTRİ 4.0 VE DİJİTAL DÖNÜŞÜM

#### 3.1 Endüstri 4.0 Kavramı

Literatürde Endüstri 4.0 kavramı birçok farklı şekilde tanımlanmıştır. Bu tanımlar, vurgu yapılan Endüstri 4.0 bileşenine göre farklılık göstermektedir. Mrugalska ve Wyrwicka (2017) Endüstri 4.0'ı, gelecekte rekabete dahil olmak için belirlenen bir strateji olarak tanımlarken, Wagner ve diğ. (2017) ise Endüstri 4.0'ı teknolojik gelişmelere ek olarak bir yönetim vizyonu olarak tanımlamaktadır.

Endüstri 4.0 “ürünlerin yaşam döngüsü boyunca süren yeni bir değer zinciri organizasyonu ve yönetimi”dir (Kagermann ve diğ, 2013; alıntılaman Lu, 2017). Verimliliğin artırılması sanayi devrimlerinin temelini oluşturur ve bunu Endüstri 4.0, akıllı fabrikaları oluşturacak yeni teknolojik gelişmeler sayesinde sağlar. Endüstri 4.0, var olan teknolojilere akıllı ve otomatik üretim sistemi vizyonunun katılmasıyla elde edilen bilgilerden en yüksek oranda faydalanmak (Gorecky ve diğ, 2014; alıntılaman Zawadzki ve Żywicki, 2016) ve akıllı ürün, akıllı prosedür ve akıllı süreçler yaratmak şeklinde tanımlanmaktadır (Kagermann ve diğ, 2013). Endüstri 4.0'da üretim, bilgi alışverişi ile kontrol altında tutulan, özerk ve akıllı hareket eden makine ve üretim birimlerinden oluşmaktadır (Qin ve diğ, 2016). Karmaşıklıkla başa çıkmak, inovasyon için kapasite oluşturmak ve esneklik sağlamak şeklinde üç ana temayı içeren Endüstri 4.0 (Bauernhansl ve diğ, 2014; alıntılaman Mrugalska ve Wyrwicka, 2017), üretimin dijitalleşmesini, otomasyon ve otomatik veri alışverişi alanlarında ilerlemeyi ifade etmektedir (Almada-Lobo, 2016; Schlechtendahl ve diğ., 2015; alıntılaman Roblek ve diğ, 2016).

Endüstri 4.0'ın temelinde inovasyon yatmaktadır. Almanya, Endüstri 4.0'ın üretim, mühendislik, malzeme kullanımı, tedarik zinciri ve yaşam döngüsü yönetiminde büyük gelişmeler sağlayacağını söylemiştir (Kagermann ve diğ, 2013; alıntılaman Hermann ve diğ, 2016). Bu düşünceden hareketle Alman devleti araştırma ve geliştirme kaynaklarının üçte ikisini endüstriyel teknolojinin gelişmesine ayırmakta (Qin ve diğ, 2016), benzer şekilde Avrupa Birliği “Horizon 2020” araştırma

programıyla akıllı teknolojiler alanına öncelik vermektedir (Roblek ve diğ, 2016). Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Almanya, Birleşik Krallık ve Güney Kore Endüstri 4.0 teknolojileri araştırmalarında ön sırada yer almaktadır (Wagner ve diğ, 2017).

Literatürde Endüstri 4.0 kavramını anlayabilmek amacıyla birbirinden farklı yaklaşımlar sunulmuştur. Bahsedilen yaklaşımlar Endüstri 4.0'ı oluşturan ana kavram, tema veya bileşenlere vurgu yapmaktadır. Roblek ve diğ. (2016) Endüstri 4.0'ı oluşturan dört temel bileşeni şu şekilde sıralamıştır:

- Siber fiziksel sistemler
- Nesnelerin interneti
- Hizmetlerin interneti
- Akıllı fabrika

Weyer ve diğ. (2015) ise Endüstri 4.0'ın üç kavram ile anlaşılabilceğini ifade etmektedir: (i) hafıza ile üretim içerisinde aktif hale gelerek kendini organize edebilen akıllı ürün, (ii) siber fiziksel üretim sistemlerine dönüşerek kendini organize edebilen akıllı makine, (iii) üretim içerisindeki insan için sağlanan teknolojik desteği ifade eden artırılmış (augmented) operatör.

Endüstri 4.0'ı anlamak için sunulan yaklaşımlardan bir diğeri Fraunhofer katman modelidir (Neugebauer ve diğ, 2016). Bu modele göre Endüstri 4.0 aşağıda sıralanan katmanları ve konuları kapsamaktadır:

- Kurumsal dönüşüm katmanı
  - İşletme
  - Yönetim
  - İnsan kaynakları
- Bilişim ve iletişim teknolojileri katmanı
- Üretim katmanı
  - Veri toplama ve işleme
  - Destek sistemleri
  - Ağlar ve entegrasyon
  - Ademi merkezileşme, hizmet yönelimlilik ve esneklik
  - Özörgütlenme ve özerklik

Fraunhofer katman modelinin merkezinde yer alan üretim katmanının, Endüstri 4.0 değer zincirinin üretim süreçleri ve yukarıda listelenen üretim katmanının beş alt segmentiyle ilişkili çekirdek teknoloji kategorileri ise aşağıda listelenmiştir:

- Mühendislik
- Üretim teknolojileri ve organizasyon
- Makineler
- Akıllı yetkinlikler (makine öğrenmesi, vb.)
- Robotik ve insan-robot işbirliği
- Üretim planlama ve kontrol
- Lojistik
- İş organizasyonu
- İş yeri tasarım ve desteği
- Kaynak ve enerji tasarrufu

Stock ve Seliger (2016), Endüstri 4.0'ı makro ve mikro perspektiften incelemiştir. Makro perspektif Endüstri 4.0'ın yatay entegrasyon ve uçtan uca mühendislik boyutlarını kapsarken, mikro perspektif ise akıllı fabrikalar kapsamındaki hem yatay hem de dikey entegrasyonu içermektedir ve uçtan uca mühendislik boyutunun da bir parçasıdır. Makro perspektifte yatay entegrasyon değer yaratma modüllerinin oluşturduğu ağı ifade etmektedir. Değer yaratma modülleri (ekipman, insan, örgüt, süreç ve ürün) arasındaki bağlantı, farklı ürün yaşam döngülerinin değer zincirlerinin oluşturduğu akıllı ağı meydana getirir. Uçtan uca mühendislik ise ürün yaşam döngüsü boyunca bağlantı kuran ve veri alışverişi yapan müşteri, üretici, çalışan, ürün ve ekipmanları ifade eder. Değer yaratma modülleri bulut üzerinden akıllı veri alışverişi yapar, akıllı fabrikalar değer yaratmak için siber fiziksel sistemleri kullanır ve akıllı ürün, üretim süreç ve ekipman ihtiyacı bilgisini barındırır.

Mikro perspektifte yatay entegrasyon, değer yaratma modüllerinin akıllı fabrika içerisindeki malzeme akışı boyunca olan bağlantısını, dikey entegrasyon ise değer yaratma faktörleri olan ürün, ekipman ve insanın değer yaratma modüllerinin farklı seviyeleri boyunca oluşturduğu bağlantıyı ifade etmektedir. Fabrikadaki değer yaratma modülü gömülü siber fiziksel sistemdir ve akıllı fabrika aynı anda hem enerji tedarikçisi hem de tüketicisidir.

Endüstri 4.0'ın hedefleri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir (Shafiq ve diğ, 2015; Shafiq ve diğ, 2016; alıntılan Lu, 2017):

- Bilişim teknolojileri destekli ürün kişiselleştirmesi sağlamak
- Üretim zincirini otomatik ve esnek hale getirmek

- Ürün ve parçaları takip etmek
- Parçalar, ürünler ve makineler arasındaki iletişimi sağlamak
- İnsan-makine etkileşim yaklaşımları uygulamak
- Akıllı fabrikalarda nesnelere interneti destekli üretim eniyilemesi yapmak
- Değer zinciri için yeni tip hizmet ve etkileşim iş modelleri sunmak

Endüstri 4.0'ın temelinde müşterilerin bireysel ihtiyaç ve isteklerini karşılamak vardır (Neugebauer ve diğ., 2016). Kişiselleştirme, Endüstri 4.0'ı tetikleyen önemli bir unsurdur. Günümüzde müşterilerin beklentisi, hızlı ve kolay bir şekilde satın alabilecekleri, kişiselleştirilmiş ürünlerdir (Pirvu ve Zamfirescu, 2017). Bu isteğe dayanılarak ürünler daha modüler ve yapılandırılabilir hale getirilmektedir (Jazdi, 2014; alıntılıyan Pereira ve Romero, 2017). Malzeme ve ürünler döngü boyunca takip edilerek, kişiselleştirme düzeyi artırılmakta (Pereira ve Romero, 2017), üretim içerisinde kendi yolunu tayin edebilen her bir ürün benzersiz olabilmekte ve bu şekilde kişiselleştirme sağlanmaktadır (Tjahjono ve diğ., 2017).

Kișiselleştirilmiş üretimde müşteriler hem tasarım, hem üretim, hem de bakım süreçlerinde yer alabilmektedir (Filho ve diğ., 2017). Müşterilerin kendi ihtiyaçlarını ayrıntılı olarak bir yazılım uygulamasıyla bildirebilmeleri, kişiselleştirme en yüksek seviyesidir (Zawadzki ve Źywicki 2016). Ürün ve hizmetlerin müşteri odaklı hale gelmesi amacıyla en çok bilgi alışverişi, makinelerin kendi aralarında gerçekleşmektedir (Roblek ve diğ., 2016). Kitlesel kişiselleştirme konsepti, kesikli üretimin bireyselliği ve kesinliğini, seri üretimin hızlı ve ucuz oluşunu bir araya getirmektedir (Zawadzki ve Źywicki 2016). Endüstri 4.0'a uygun olarak geliştirilen bilgi yönetimi sayesinde müşterilerden değerli bilgi elde edilebilecek, müşterilerle gerçek zamanlı ve sürekli olarak iletişim kurulabilecektir (Roblek ve diğ., 2016).

Dijitalleşme, bilişim ve iletişim teknolojilerinin gelişimiyle mümkündür. Dijitalleşme ile birlikte üretim seviyesinin işleyişi ve bu seviyeye ait ürün tasarımı ve üretimi, üretim sistemlerinin sunduğu hizmetler gibi fonksiyonlar değişmektedir. Bütün süreçlerin dijitalleşmesi ve akıllı ađ kurması işlemleri, fabrikalara çeviklik ve adaptasyon kabiliyetleri katmaktadır (Pirvu ve Zamfirescu, 2017). Bir üretim sisteminin farklı görevler yapabilme ve farklı görevler arasında değişiklik yapabilme hızı ise o sistemin esnekliğinin bir ölçüsüdür. Esneklik ve otomasyonun yetersiz olması durumunda üretim sistemi değişikliklere hızlı cevap veremeyecektir (Zawadzki ve Źywicki 2016). Endüstri 4.0 teknolojileri sayesinde ürün, makine ve süreçler

çevrenin anlık gelişen değişimlerine uyum sağlar ve bütün sistemler bu şekilde daha esnek ve kendini kontrol edebilir bir yapıya kavuşur (Hecklau ve diğ, 2016). Endüstri 4.0, akıllı nesne ağı ve bağımsız süreç yönetimi sayesinde merkezi olan üretimden merkezi olmayan üretime geçişi meydana getirir (GTAI, 2014).

Endüstri 4.0 hem bir fırsat, hem de bir tehdit gibi görülmektedir. Endüstri 4.0 bilgiyi her zaman ver her yerde kullanıcıya sunmakta (Neugebauer ve diğ, 2016); ayrıca ekonomik, sosyal ve çevresel boyutta sürdürülebilir endüstriyel değer yaratma için fırsatlar sunmaktadır (Stock ve Seliger, 2016). Endüstri 4.0 ile birlikte gelen teknolojiler fiziksel işleri gerçekleştirmekte, insana sadece uzmanlık gerektiren zihinsel işler kalmaktadır (Gentner, 2016). Endüstri 4.0, fiziksel güçten ziyade beyin gücünün kullanımını teşvik etmektedir. Fakat araştırmacılar ve yöneticiler arasında, dönüşümün sınırsız fırsatlar doğuracağı ve işler konusunda sorunlar çıkaracağı şeklinde iki zıt düşünce mevcuttur (WEF, 2016).

Geleceğin üretim vizyonunu oluşturan dört ana unsur bulunmaktadır (Qin ve diğ, 2016; alıntılanan Pereira ve Romero, 2017):

- Akıllı fabrika
- Akıllı ürünler
- İş modelleri
- Müşteriler

Akıllı ürün ve akıllı fabrika, üzerinde durulması gereken kavramlardır; fakat ondan önce “akıllı” sıfatının ne anlama geldiği üzerinde durulmalıdır. Genel olarak “akıllı” kelimesiyle kastedilen, donanımın işlemsel kabiliyetinin ek özellikler eklenerek geliştirilmesidir (Radziwon ve diğ, 2014). Buna ek olarak bir fabrikanın ne oranda akıllı olduğu, birbirlerinden bağımsız olarak çalışabilen ve değişken akıllı fabrika düzenine uyum sağlayabilen modüler üretim birimlerine bağlıdır (Chen ve diğ, 2017). Bir modüler üretim sisteminde, her modülün kendi hedefi vardır ve ona göre her modül bu hedef göz önünde bulundurularak kurulmuştur (Weyer ve diğ, 2015).

“Akıllı” olmanın gereklilikleri şu şekilde sıralanmaktadır (Miragliotta ve diğ, 2012; Hopf ve diğ, 2014; alıntılanan Müller ve diğ, 2017):

- Dahili parametrelerin tanımlanması, lokalizasyonu ve teşhisi için entegre işlevler
- Fiziksel veriyi tespit etme ve performansını ölçme kabiliyeti

- İlgili bilgilerin belirlenebilmesi için veri işleme kabiliyeti
- Tek tip standart ve protokollerle standardizasyon
- Erişilebilirliğe açıklık
- Farklı uygulamalar için çok işlevsellik

Akıllı ürünler kendilerini tanıyan, kendi süreçleri hakkında veri alışverişi yapabilen, çevreleriyle sürekli iletişim halinde bulunarak gerekli adımları atabilen, üretim sisteminin aktif bir parçasıdır (Pereira ve Romero, 2017). Bir akıllı ürün yaşam döngüsü boyunca kendi hakkında veri depolar, günceller, eş zamanlı olarak karar verme gibi süreçler için kullanır ve bu özelliği özfarkındalık olarak adlandırılır (Filho ve diğ, 2017). Akıllı ürünler kendi geçmişini, güncel durumunu ve hedefine ulaşmak için takip edeceği alternatif yolları bilen ürünlerdir (Kagermann ve diğ, 2013). Akıllı bir ürünün sahip olması gereken özellikler şu şekilde sıralanmaktadır (Meyer ve Holmström, 2009; alıntılanan Filho ve diğ, 2017):

- Bilgi idaresi:
  - Akıllı ürün sensörlerle elde ettiği bilgiyi kendi idare eder.
- Ağ yoluyla zeka:
  - Akıllı ürünü akıllı kılan bağlı olduğu ağdır.
- Akıllı öge:
  - Akıllı bir ürün sadece kendisiyle ilgili veri ve süreçleri yönetir.

Endüstri 4.0 konsepti, akıllı makinelerin kullanılarak, akıllı süreç ve ürünlerin meydana getirildiği akıllı bir fabrikayı içermektedir (Pereira ve Romero, 2017). Makine, ürün, insan ile bilişim ve iletişim teknolojileri değer zinciri boyunca akıllı bir ağ oluşturarak, akıllı fabrikayı meydana getirmektedir (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017). Akıllı fabrika ortamını birbiriyle eş zamanlı iletişim kuran üretim elemanları oluşturmaktadır (Qin ve diğ, 2016; alıntılanan Pereira ve Romero, 2017). Akıllı fabrika iletişim, bilişim ve kontrol süreçlerini entegre eden bir akıllı üretim sistemidir ve akıllı üretimde ağ teknolojileri ve üretim verisi üzerine kurulu ileri üretim gerçekleşmektedir (Chen ve diğ, 2017).

Endüstri 4.0'ın temelinde yer alan akıllı fabrikalar, nesnelerin interneti ile iletişim kuran sistemler ve siber fiziksel sistemler olarak adlandırılan bu sistemlerin üretimi bütünüyle denetlemesi ve merkezi olmayan kararlar vermesi süreçlerinden meydana gelir (Lin ve diğ, 2017). Radziwon ve diğ. (2014) akıllı fabrikayı "... karmaşıklık

giderek artan bir dünyada, dinamik ve hızla değişen sınır koşullarına sahip bir üretim tesisinde ortaya çıkan sorunları çözecek, esnek ve yeniden yapılandırılabilir üretim süreçleri sağlayan bir üretim çözümü” olarak tanımlamıştır. Akıllı fabrikalar modern bilişim ve iletişim teknolojilerini kullanarak insan, makine, ürün ve kaynakların birbirleriyle bilgi alışverişi yapmasını sağlar (Wagner ve diğ, 2017) ve insan, makine ve veriyi birbirine bağlar (Hermann ve diğ, 2016).

Akıllı fabrikalar, operasyonlara nesnelerin interneti ve siber fiziksel sistemlerin entegre edilmesi ile elde edilir (Hermann ve diğ, 2016) ve akıllı fabrikada bulunan bir üretim sistemi algılama, bağlantı kurma ve veri birleştirme özelliklerine sahiptir (Chen ve diğ, 2017). Bir akıllı fabrika farklı teknolojiler kullanılarak kurulabilir; fakat önemli olan fabrikanın işlevselliğidir (Radziwon ve diğ, 2014).

Siber fiziksel sistemler ağından oluşan akıllı fabrikaların temelinde esneklik, kendi kendine uyum ve öğrenme, risk yönetimi vurgusu vardır (GTAI, 2014). Akıllı bir fabrikaya geniş ürün gamı oluşturmasını sağlayan esnekliği veren öge değişken, ölçeklenebilir ve programlanabilir olan yapılandırılabilir üretim hattıdır ve bu hat sayesinde bir akıllı fabrika, pazar ihtiyaçlarını karşılayabilmektedir (Chen ve dię, 2017). Akıllı fabrikalar sayesinde bireysel müşteri ihtiyaçları karşılanmakta ve tek seferlik siparişler dahi karlı bir şekilde üretilebilmektedir (Kagermann ve dię, 2013). Gelecekte akıllı fabrika konseptini bütünüyle anlayan işletmeler, müşterilerin bireysel ihtiyaç ve isteklerini karşılamada lider konuma gelecektir (Zawadzki ve Żywicki 2016).

Literatürde akıllı bir fabrikada aranan özellikler, ilgili fabrikanın esnek, yeniden yapılandırılabilir, dönüştürülebilir, çevik, yalın ve düşük maliyetli olmasıdır (Radziwon ve diğ, 2014). Bu özelliklere ek olarak literatürde farklı tanımlamalar da bulunmaktadır. Filho ve diğ. (2017), bir akıllı fabrikanın sahip olması gereken özellikleri şu şekilde sıralamaktadır:

- Ürün yaşam döngüsü veri edinimi:
  - Yaşam döngüsünün başından sonuna kadar ürünle alakalı veri toplanmalıdır.
- Ürün bilgi yönetimi:
  - Ürünle alakalı veri depolanmalı, güncellenmeli ve gerektiğinde eş zamanlı olarak kullanılmalıdır.
- Ürün odaklı üretim:

- Akıllı ürün ile akıllı cihazların arasında iş birliği sağlanmalı ve müşteri talepleri işlenmelidir.

Lin ve diğ. (2017) ise Endüstri 4.0'ın ve dolayısıyla da akıllı fabrikaların şu dört ana özelliği taşıması gerektiğini belirtmiştir:

- Birlikte çalışabilirlik: Sistemi oluşturan elemanların sürekli iletişim içerisinde olmasıdır.
- Bilgi şeffaflığı: Fiziksel ortamın sanal bir kopyasının oluşturulması sayesinde bilginin kullanılabilir hale gelmesidir.
- Teknik yardım: Sistemlerin insana hem bilişsel hem fiziksel olarak sağladığı yardımdır.
- Merkezi olmayan karar verme: Siber fiziksel sistemlerin kendi içinde otonom hale gelerek kararlar verebilmesidir.

Geleneksel fabrikaların akıllı fabrikalara dönüşümü sırasında yaşanan veya yaşanacak bazı değişimler aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir:

- Makine, üretim ve ağ sisteminin kontrolü günümüz fabrikasında verimlilik hesabı ile yapılırken, Endüstri 4.0 fabrikasında bu işlemler, kendinin farkında olan ve kendini organize edebilen makine, üretim ve ağ sistemleri tarafından yapılmaktadır (Lee ve diğ, 2017).
- Geleneksel fabrikalarda makinenin bakımının yapılması için bozulması beklenirken, Endüstri 4.0 fabrikalarında önceden tahmin etme ve engelleme üzerine kurulu bir yaklaşım benimsenmektedir (Lee ve diğ, 2014; alıntılaman Lee ve diğ, 2018).
- Günümüzde iletişim sistemi olarak internet ve intranet kullanılırken, gelecekte nesnelerin interneti ve siber fiziksel sistemler kullanılacaktır (Wyrwicka, 2014; alıntılaman Mrugalska ve Wyrwicka, 2017).
- Geçmişte üretim çözümleri mekanizasyon ve otomasyon, günümüzde otomasyon ve bilgisayarlaşma iken, gelecekte sanallaştırma ve entegrasyon olacaktır (Wyrwicka, 2014; alıntılaman Mrugalska ve Wyrwicka, 2017).

Akıllı fabrika kavramı literatürde farklı şekillerde anlatılmıştır; fakat bahsi geçen akıllı fabrika konseptlerinin henüz birer önsezi olduğu belirtilmektedir (Radziwon ve diğ, 2014). Günümüz üretim sistemleri henüz Endüstri 4.0 seviyesinde değildir. Endüstri 4.0'ın uygulanması, farklı işletmeler için farklı hızlarda ilerleyen bir süreç olacaktır.



Üretim sistemi içerisinde en esnek ve adapte olan eleman insandır (Schmitt ve diğ., 2013; alıntılan Weyer ve diğ., 2015). İnsan, üretim sistemlerini yöneten, anormal durumları tespit eden ve çözüm önerileri getiren; yani üretim sisteminin merkezinde yer alan faktörken, ürün geliştirme süreçlerinin her aşamasında karşılaştığımız insan işinin Endüstri 4.0 ile birlikte yoğunluğu azalmaktadır. Endüstri 4.0 konseptinde bilgisayarlar ve otomasyon günümüzden çok daha farklı bir şekilde bir araya gelmektedir ve gerçekleşen bu birliktelikte gerekli olan insan katkısı oldukça düşüktür. İnsanlar tarafından yapılan bazı işlerin otomatikleştirilmesi halihazırda uzun zamandan beri var olan bir durumdur; fakat zamanla odaklanılan nokta fiziksel aktiviteler değil, zihinsel aktiviteler olmuştur. Çünkü insan-makine sistemlerinde otomasyon zihinsel aktiviteler üzerinedir (Fantini ve diğ., 2018).

Benešová ve Tupa (2017) ise insan faktörünün gelecekteki üretim için oldukça önemli olduğunu söylemiştir. Çünkü üretimin verimliliği, akıllı bir fabrikada birlikte çalışan insan ve robotların arasındaki koordinasyondan büyük oranda etkilenmektedir (Lee ve diğ., 2018). Üretim seviyesinde gerçekleştirilen görevlerin içerikleri, daha çok yönetim ve kontrol çalışanlarının görev içeriklerine dönüşmektedir (Neugebauer ve diğ., 2016) ve değişim sadece operasyonel seviyedeki çalışanları etkilememektedir (Bonekamp ve Sure, 2015).

Endüstri 4.0'ın getirdiği bu değişiklikler ile birlikte, üretim sistemlerinin teknoloji merkezli mi, yoksa insan merkezli mi olacağı konusunda iki alternatif görüş ortaya çıkmıştır (Dworschak ve Zaiser, 2014; alıntılan Fantini ve diğ., 2018). Teknoloji merkezli olacağını düşünenler, insan faktörünün siber fiziksel sistemler tarafından domine edileceğini, insan-merkezli olacağını düşünenler ise insanın siber fiziksel sistemlerin desteğiyle yönetimde yer alacağını öne sürmektedir. Bu iki durumun var oluşu, Endüstri 4.0 konseptinin uygulanma aşamasının nasıl etkili bir şekilde gerçekleştirileceği konusunu önemli kılmaktadır.

Sanayi devrimleri sadece üretim sanayisini değil, aynı zamanda iş piyasasını ve eğitimi de etkilemiş, bazı yeni mesleklerin ortaya çıkmasını sağlamış ve bazı mesleklerin de yok olmasına sebep olmuştur (Benešová ve Tupa, 2017). Bu nedenle teknolojilerin yanında sürekli profesyonel eğitim ve gelişim de Endüstri 4.0 stratejisi için esastır (Motyl ve diğ., 2017). Yetkinlikleri içeren bireysel gelişim, işbirliğini içeren takım gelişimi, yapı ve süreçleri içeren örgütsel gelişim insan kaynaklarını geliştirmenin temelini oluşturmaktadır (Hecklau ve diğ., 2016).

Bugünün öğrencileri, diğer bir ifadeyle yarının çalışanları, çok daha esnek, otomatikleştirilmiş, sanal ve küresel bir dünyada çalışmak zorunda olacaktır. Çalışanlar özerklik kazanacak, bağımsız kararlar verecektir (Sheer, 2012; alıntıl原因 Roblek ve diğ, 2016). Bu nedenle çalışanların yönetimi, organizasyonun başarısı için önem teşkil etmektedir.

### 3.2 Endüstri 4.0 ile İlişkili Teknolojiler

İşlem gücü ve veri depolama teknolojilerinin geldiği nokta, makine-makine iletişimi, insan-makine etkileşimi ve veri analizini ileri seviyeye taşımaktadır. Üretimde sensör, aktör ve otonom sistemlerin yer alması ile birlikte fabrikalar ve ürünler daha akıllı, esnek ve dinamik hale gelmekte (Roblek ve diğ, 2016; alıntıl原因 Lu, 2017), oluşum içi yer tespiti ve obje tanıma teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte, malların takibi ve bu takibin görselleştirilmesi mümkün kılınmaktadır (Lee ve diğ, 2017).

Akıllı teknolojiler karmaşık sistemler oluşturarak ve kurarak, üretimin karmaşıklık problemini ortadan kaldırmaya çalışmaktadır (Radziwon ve diğ, 2014). Bilişim ve iletişim teknolojileri, Endüstri 4.0'ın temelini oluşturan ve veri güdümlü üretimi mümkün kılan teknolojilerden bir tanesidir. Gelişmiş bilişim ve iletişim teknolojileri esnek üretim ve hızlı karar vermeyi mümkün kılmakta, hızlı dijital iletişim ve veri aktarımını sağlamaktadır (Neugebauer ve diğ, 2016).

Rüßmann ve diğ. (2015), Endüstri 4.0'ı mümkün kılan dokuz temel teknolojiyi aşağıdaki gibi sıralamaktadır:

- Büyük veri analizi
- Özerk robotlar
- Simülasyon
- Yatay ve dikey sistem entegrasyonu
- Nesnelerin interneti
- Siber güvenlik
- Bulut
- Eklemeli üretim
- Artırılmış gerçeklik

İlk bakışta birbirinden bağımsız gibi görünen bu teknolojiler, bir araya gelerek fiziksel ve sanal iki dünyayı ve akıllı sistemleri oluşturmaktadır (Lin ve diğ, 2017).

Nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler ve bulut bilişim günümüzde birçok farklı sektörde uygulanmaktadır. Nesnelerin interneti akıllı şehirler kurarak insan yaşamını kolaylaştırmak için veya şirketlerin veri alışverişini ve verilerin analizini kolaylaştırmak için kullanılmakta, ayrıca bulut bilişimde maliyeti azaltmak ve siber güvenliği sağlamak için çalışmalar yapılmaktadır (Zhong ve diğ, 2017). Yapay zeka, nesnelerin interneti, bulut bilişim ve büyük veri gibi teknolojiler, hem bilgi alanında hem ekonomik anlamda büyük gelişmeleri sağlamaktadır.

Literatürde Endüstri 4.0 teknolojileri, özellikleri veya işlevleri baz alınarak, farklı şekillerde gruplandırılmaktadır. Örneğin, siber fiziksel sistemler baz alınarak aşağıdaki gibi gruplanabilmektedir (Siepmann, 2016; alıntılanan Wagner ve diğ, 2017):

- Veri toplama ve veri işleme:
  - Siber fiziksel sistemler, veri toplama ve işlemeyi mümkün kılmaktadır.
  - Sensörler ve aktüatörler; bulut bilişim; büyük veri ve analitik uygulamalar kullanılmaktadır.
- Makineler arası iletişim (M2M):
  - Makinelerin insana ihtiyaç duymadan iletişim kurmasını içermektedir.
  - Dikey ve yatay entegrasyon yaklaşımlarını bir araya getirmektedir.
- İnsan-makine etkileşimi (HMI):
  - Çalışanlar ve makineler arasındaki bilgi paylaşımı ve iş birliğini içermektedir.
  - Sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojileri kullanılmaktadır.

Endüstri 4.0 teknolojilerini artan zeka (akıl) düzeyine göre sınıflandırmak da mümkündür (Shen ve diğ, 2006; alıntılanan Qin ve diğ, 2016):

- Kontrol seviyesi:
  - İnsanın yerini alan ve verimliliği artıran teknolojileri içermektedir.
- Entegrasyon seviyesi:
  - Kontrol seviyesindeki teknolojileri temel alan nesnelerin interneti ve siber fiziksel sistem teknolojilerini içermektedir.
  - Değerli bilgi ile üretim geliştirmektedir.
- Akıl seviyesi:
  - Entegrasyon seviyesinde elde edilen değerli bilgi ve veri kullanılarak veri madenciliği ve analizi ile kararlar verilmektedir.

Endüstri 4.0'ın temelini oluşturan ve diğer teknolojileri sağlayan iki temel unsur nesnelerin interneti ve siber fiziksel sistemlerdir. Günlük yaşamın birçok yerinde kullanılan gömülü sistemler, nesnelerin interneti ile birleşerek siber fiziksel sistemleri meydana getirmektedir. Gerçek ve sanal dünya arasındaki sınırları ortadan kaldıran siber fiziksel sistemler, nesnelerin, verinin ve hizmetlerin interneti ile birlikte yenilikçi uygulama ve süreçleri mümkün kılan diğer teknolojiler için bir baz oluşturmaktadır (GTAI, 2014).

Endüstri 4.0'ın başlıca teknolojileri olan nesnelerin interneti, siber fiziksel sistemler, dikey-yatay entegrasyon, büyük veri analizi, bulut bilişim, robotlar, simülasyon, eklemeli üretim ve artırılmış gerçeklik takip eden bölümlerde ayrı başlıklar altında incelenmiştir.

### **3.2.1 Nesnelerin interneti**

Dijital bir fabrika kurmanın gerekliliklerinden bir tanesi sistemin parçası olan bütün cihazların ve insanların kullanacağı ortak bir dilin yaratılmasıdır (Lee ve diğ., 2018). Bahsi geçen dil, bilgisayar bilimi, bilişim ve iletişim teknolojileri ile üretim bilimi ve teknolojileri üzerine kurulu siber fiziksel sistemleri mümkün kılan en temel öge olan nesnelerin internetidir (Lee ve diğ., 2017). Nesnelerin interneti “Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID: Radio Frequency Identification), sensör, aktüatör ve cep telefonu gibi nesnelerin adresleme şemaları aracılığıyla birbirleriyle iletişime geçerek ve diğer nesnelerle birlikte çalışarak ortak hedeflere ulaşmalarını” (Giusto ve diğ., 2010; alıntılan Hermann, Pentek ve Otto, 2016), kaynakların insan-insan, insan-makine ve makine-makine arasında en verimli şekilde kullanılmasını sağlamaktadır (Zhong ve diğ., 2017).

Nesnelerin interneti kavramı fiziksel öğelerin internet ile bağlantısını kuran teknolojilerin bir araya getirilmesini ifade eder (Pereira ve Romero, 2017) ve herhangi bir cihaz veya canlının internete bağlı olmasıyla ilgilidir (Roblek ve diğ., 2016). Nesnelerin interneti algılama, tanıma, işleme, iletişim ve ağ kurma özellikleri olan cihazları bir araya getirmektedir (Xu ve diğ., 2014). Hizmetlerin interneti kavramını nesnelerin interneti kavramından ayıran durum, fiziksel nesneler yerine hizmetler ile internetin bağlantısının kurulduğu bir iş modeli olmasıdır (Pereira ve Romero, 2017). Nesnelerin ve hizmetlerin interneti üretim süreçlerini birleştiren ağlar aracılığıyla fabrikaları akıllı ortamlara dönüştürmektedir (Kagermann ve diğ., 2013).

Nesnelerin interneti teknolojisinin üretim ve sanayi alanlarına uygun hali olan endüstriyel nesnelerin internetinin gerçekleştirilebilmesi için geleneksel üretimden modern üretime geçiş zorunlu olmuştur; fakat bu zorunlu geçişin nasıl gerçekleştirileceği konusu işletmeler için büyük bir sorun teşkil etmiştir ve etmeye devam etmektedir (Lee ve diğ, 2017). Tarım, gıda işleme endüstrisi, güvenlik izleme ve benzeri birçok alanda endüstriyel nesnelerin interneti projeleri yürütülmüştür (Xu ve diğ, 2014). Üretimde karşılaşılan nesnelerin interneti cihazlarına, akıllı ve otomatik makine ve donanımlar örnek olarak gösterilebilmektedir (Lee ve diğ, 2017).

Nesnelerin interneti, nesnelerin içerisinde buldukları ortamla hızlı ve gelişmiş etkileşimini, nesnenin içerisinde bulunduğu çevresel koşulların bilgisini ve nesnenin sadece insan-makine etkileşiminden oluşan basit bir üretim ağına bağlı olmamasını içermekte (Witkowski, 2017; alıntılaman Vaidya ve diğ, 2018); üretim sahasında bulunan cihazların kendi aralarında iletişim kurarak merkezi olmayan kararlar vermelerine ortam sunmakta; buna ek olarak daha merkezi olan bir yöneticiye de bağlı olmalarını zorunlu kılmaktadır (Rüßmann ve diğ, 2015).

Nesnelerin interneti konsepti, dijital fabrika bünyesindeki büyük veriye uygulandığında anlam kazanmaktadır (Lee ve diğ, 2018). Nesnelerin interneti insan ve makineleri birleştirerek işletmeler arası ve işletme içi bilgi aktarımı ve birleşimi, bilgi gelişimi ve yönetiminde verimlilik sağlamaktadır (Lu, 2017). Kesintili yerine sürekli veri akışı sayesinde üretim devamlı olarak analiz edilebilmektedir (Roblek ve diğ, 2016). Nesnelerin interneti, müşteri, üretici ve tedarikçi ilişkisine yeni bir boyut kazandıracak, üretimde müşterilere daha fazla söz hakkı verecektir (Lu, 2017). Değişen bilgi ve müşteri ilişkileri yönetimi ve kurumsal kaynak planlaması işleyişi ile müşteriler daha iyi tanınacak ve müşterilere daha gelişmiş destek hizmetleri sunulacaktır (Roblek ve diğ, 2016).

Nesnelerin interneti teknoloji ve uygulamaları henüz pek gelişmemiştir. Nesnelerin internetini mümkün kılan başlıca teknolojiler şunlardır (Xu ve diğ, 2014):

- Kimlik saptama ve izleme teknolojileri:
  - RFID sistemler (RFID okuyucu ve RFID etiketten oluşur), barkod ve akıllı sensörleri içermektedir.
  - RFID teknolojisi, mikro çiplerin kimlik bilgilerini aktarabilmesini sağlamaktadır.

- İletişim teknolojileri:
  - İletişim, veri işleme ve veri depolama kapasitesi gibi özellikleri birbirinden farklı olan cihazlar, ağ ve iletişim teknolojileri ile birbirine bağlanmaktadır.
- Ağlar:
  - Kablosuz sensör ağları (WSN: Wireless Sensor Network), sensör kullanarak algılamayı ve izlemeyi sağlamaktadır.
- Hizmet yönetimi:
  - Uygulama ve kullanıcılar için sunulan nesnelerin interneti hizmetlerinin uygulanması ve yönetilmesidir.
  - Nesnelerin interneti, cihazların kendi işlevselliklerini, nesnelerin internetine dahil olan diğer cihazlara hizmet olarak sunabilmesini sağlamaktadır.

Nesnelerin interneti uygulamaları ile ilgili olarak literatürde binalara akıllı cihazların yerleştirilmesi ile akıllı altyapıların sağlanması, hastaların sensörler ile izlenerek doktorlara bilgi aktarılması ve tedarik zincirlerinde güncel ve ayrıntılı bilginin sunulması gibi birbirinden farklı örnek uygulamalar mevcuttur (Roblek ve diğ., 2016). Nesnelerin interneti uygulamaları çevresel izleme, sağlık hizmetleri, envanter ve üretim yönetimi, taşıma, işyeri ve ev desteği, güvenlik ve izleme gibi alanlarda geliştirilmektedir. Farklı birçok alanda kullanılacak olan nesnelerin internetinin başarısı standardizasyona bağlıdır. Yeni servis sunucuları ve kullanıcıları arasındaki engeli kaldırmayı sağlayacak olan standardizasyon, nesnelerin internetinin gelişimi ve yayılması için oldukça önemlidir (Xu ve diğ., 2014).

### **3.2.2 Siber fiziksel sistemler**

Siber fiziksel sistemler kavramının birden fazla yönü olması sebebiyle, tanımı konusunda fikir birliği söz konusu değildir. Bonekamp ve Sure (2015), siber fiziksel sistemleri sanal bilgisayar ağlarının fiziksel öğelerle birleştirilmesi olarak tanımlamakta ve bunun Endüstri 4.0 kavramının ortaya çıkışını hazırladığını belirtmekte; Neugebauer ve diğ. (2016) ise siber fiziksel sistemleri, bağlantısı nesnelerin interneti tarafından sağlanan teknik çözümler olarak tanımlamaktadır.

Siber fiziksel sistemlerin temelinde iki bileşen vardır: (i) fiziksel dünyadan eş zamanlı veri edinimi ve siber dünyadan bilgi geri dönüşünü sağlayan ileri bağlantı, (ii) siber

dünyayı oluşturan akıllı veri yönetimi ve analizi (Lee ve diğ, 2015). Siber fiziksel sistemlerin yapısını nesnelere internetinin yapısından ayıran özellik, fiziksel ve işlemsel bileşenleri daha yüksek oranda kombine etmesidir (Mrugalska ve Wyrwicka, 2017).

Bir ürünün tasarımı, üretimi ve kullanımı aşamalarında yeni süreçlerin ortaya çıkmasıyla ve yönetim biçiminin değişmesiyle birlikte, siber fiziksel sistemlerin yatayda ve dikeyde var olan sınırları ortadan kalkmıştır (Fantini ve diğ, 2018). Endüstri 4.0'ın siber fiziksel sistemleri ağlaşmış sistemlerdir ve sistemi oluşturan bileşenler kendi aralarında veri ve bilgi alışverişi yapmakta ve otonom hareket etmektedir (Kagermann ve diğ, 2013). Bilgi ve malzemeyi birleştirmesi sebebiyle özerklik, siber fiziksel sistemler için önemlidir (Lu, 2017). Siber fiziksel sistemlerin uygulanması bileşenlerin öz farkındalık ve öngörü, makinelerin kıyaslama yapma ve fabrikanın kendini yapılandırma ve sürdürülebilir kılma özelliklerini kazanmasını sağlamaktadır (Lee ve diğ, 2015).

Sürekli olarak yapılan veri aktarımıyla siber fiziksel sistemler arasındaki akıllı bağlantı sağlanmakta (Stock ve Seliger, 2016; alıntılaman Vaidya ve diğ, 2018), akıllı ağlar aracılığıyla akıllı üretim mümkün kılınmaktadır (Pereira ve Romero, 2017). Siber fiziksel sistemlerle akıllı fabrikanın planlanması sağlanmakta (Pirvu ve Zamfirescu, 2017), esnek fabrikalar elde edilmektedir (Tjahjono ve diğ, 2017). Değer zinciri boyunca şeffaflığın sağlanarak müşterilerden alınan bilgiyle üretim sırasında yapılması gereken ani değişikliklerin mümkün kılınması, siber fiziksel sistemler aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. (Tjahjono ve diğ, 2017). Siber fiziksel sistemler üretim, mühendislik, malzeme kullanımı, tedarik zinciri ve yaşam döngüsü yönetimi süreçlerinin geliştirilmesini sağlamakta (Kagermann ve diğ, 2013), ürün kalitesini ve sistem güvenilirliğini artırmaktadır (Lee ve diğ, 2015).

Siber fiziksel sistemlerin temelinde gerçek ve sanal üretim sistemlerinin birleştirilmesi vardır (Müller ve diğ, 2017). Siber fiziksel sistemler, birbiriyle bağlantılı sistemlerin fiziksel ve sanal ortamlarının birleştirilmesi yoluyla yönetilmesini ifade etmektedir ve Endüstri 4.0 konseptinde akıllı fabrikalar, siber fiziksel sistemler tarafından izlenen ve kontrol edilen modüler bir yapıya sahiptir (Pereira ve Romero, 2017). Siber fiziksel sistemler birlikte üretim içerisinde planlama, analiz, modelleme, tasarım, uygulama ve bakımı gerçekleştirmektedir (Lasi ve diğ, 2014; alıntılaman Lu, 2017).

Makine ve insan arasındaki bağlantıyı siber fiziksel sistemler sağlamaktadır (Tjahjono ve diğ, 2017). Siber fiziksel sistemler çalışanlar arasındaki iletişimi, iş desteğini, iş öğrenmeyi ve fiziksel eğitimi sağlamak için kullanılmaktadır (Kagermann ve diğ, 2013). Sosyoteknik bir sistemin parçası olan siber fiziksel sistemler, operatörlerle bağlantı kurabilmek için makine-insan arayüzleri kullanmaktadır (Hirsch-Kreinsen ve Weyer, 2014; alıntılan Stock ve Seliger, 2016). Siber fiziksel sosyal sistem, insanın merkezde yer aldığı fiziksel-siber-insan bileşenlerini barındıran hibrit sistemdir ve amacı insanın ve yapay bileşenlerin en yüksek düzeyde entegre olmasını ve işbirliği yapmasını sağlamaktır (Pirvu ve Zamfirescu, 2017). İnsan, nesne ve sistemleri bir araya getirecek olan siber fiziksel sistem platformları, aşağıdaki özelliklere sahip olacaktır (Kagermann ve diğ, 2013):

- Esneklik
- İş süreçlerinin basit tahsis ve kullanımı
- Tüm iş süreçlerinin kapsamlı, güvenli ve güvenilir yedeği
- Sensörlerden kullanıcı arayüzlerine aktarılan her şeyin emniyeti, güvenliği ve güvenilirliği
- Mobil cihazlar için destek
- İş ağlarındaki işbirlikçi süreçler için (işbirlikçi imalat, hizmet, vb.) destek

Bir siber fiziksel sosyal sistemin oluşturulması için yapay sistemin kabulü ve kullanılabilirliğinin sağlanması, insanın karar verme, ürün ve süreç iyileştirme süreçlerine daima dahil olması ve siber fiziksel sistemin insan için bir tehdit değil, yardımcı konumunda olması gerekmektedir (Pirvu ve Zamfirescu, 2017).

### **3.2.3 Dikey-yatay entegrasyon**

Dikey ve yatay sistem entegrasyonu ile şirketler, departmanlar ve işlevler birbirine bütünüyle bağlı hale gelmektedir (Rüßmann ve diğ, 2015). Dikey entegrasyon değer yaratma ağının hiyerarşik seviyeleri arası, yatay entegrasyon ise işletme içi ve işletmeler arası akıllı çapraz bağlama ve dijitalleşme demektir (Acatech, 2015; alıntılan Stock ve Seliger, 2016). Dikey-yatay entegrasyon bütünleşik üretimi sağlamakta ve bu sayede hem fabrika içinde verimlilik artırılmakta, hem de tedarikçi ve müşterilerle iletişim kuvvetlendirilmektedir (Chen, 2017). Şirket içi ve şirketler arası entegrasyon sadece dijital entegrasyonu değil, aynı zamanda iletişim ve koordinasyon gibi örgütsel işlevlerin de otomasyonunu ifade etmektedir (Erol ve diğ, 2016; alıntılan Vaidya ve diğ, 2018).



Dikey entegrasyon, bir fabrika içerisinde gerçekleştirilen üretim, yönetim, planlama, vb. bütün süreçlerin birbiriyle bağlantılı olmasını ifade etmektedir (Wang ve diğ., 2016). Üretim sistemlerinin dikey entegrasyonu, işletme içerisindeki bütün seviyelerin veri birleştirmesi ve sistemler arası bağımlılık ve kuralların tanımlamasını gerçekleştirerek, siber fiziksel sistemlerin toplanmasını, işlemlerini ve bilgi bağlantısı kurulmasını sağlamaktadır. Bilişim ve iletişim teknolojilerinin gelişimi dikey entegrasyon çözümleri sunmakta, dikey entegrasyon ve yapay zekanın birleşmesi ile siber fiziksel sistemler gerçek dünya farkındalığı edinerek bağımsız problem çözme kabiliyeti kazanmaktadır (Pirvu ve Zamfirescu, 2017). Yatay entegrasyon ise farklı şirketlerin hem rekabet hem de ortaklık etmelerini ifade etmektedir (Wang ve diğ., 2016) ve işletmelerin veri yönetiminde fikir birliği sağlaması ile mümkün olacaktır (Pirvu ve Zamfirescu, 2017).

#### **3.2.4 Büyük veri analizi**

Sensörler fiziksel dünyadaki bilgiyi, sanal sistemdeki veriye dönüştürmektedir. Üretim sistemi içerisindeki bütün elemanlardan toplanarak elde edilen büyük verinin incelenmesi sayesinde, sistemi tehdit eden unsurlar tespit edilerek tekrarlanması engellenebilmekte, ileride tehdit oluşturabilecek unsurlar belirlenebilmektedir. Ürün tasarımında analiz teknolojisi ile büyük veri üzerinden yapılan eğilim tahminleri kullanılmaktadır (Chen ve diğ., 2017).

Elde edilen büyük verinin analiz edilmesi, temelde daha iyi kararların verilmesi amacıyla gerçekleştirilmektedir. Endüstriyel tedarik zincirlerinin analizi ve optimizasyonunda büyük veri uygulamalarının kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Veri madenciliği sayesinde arıza tahminleme ve etkin bakım yapılarak, cihazların devamlı kullanımı sağlanmakta ve üretim verimliliği artırılmaktadır (Chen ve diğ., 2017). Günümüzde üretim kalitesini artırmak, enerji tasarrufu sağlamak ve ekipman servis seviyelerini geliştirmek gibi amaçlarla kullanılan büyük veri analizi, Endüstri 4.0 ile birlikte gerçek zamanlı karar verme için kullanılacaktır (Rüßmann ve diğ., 2015).

#### **3.2.5 Bulut bilişim**

Bulut bilişim Endüstri 4.0 için veri ve hizmet sağlamaktadır (Lu, 2017). Bulut bilişim, fabrika içerisinde bulunan cihazlar arasındaki büyük veri alışverişinin hızlı bir şekilde sağlanmasına olanak sağlamakta (Vaidya ve diğ., 2018); üretimin tüm aşamaları ile

ilgili bilgilerin ve hizmetlerin tümü bulut ile bütün kullanıcılara sunulabilmektedir (Zhong ve diğ, 2017). İleride bulut aracılığıyla üretim sistemlerine sunulan veri güdümlü hizmetlerin sayısı fazlasıyla artacak, günümüzde bulut üzerinden gerçekleştirilmeyen hizmetler de bulut üzerinden sunulacaktır (Rüßmann ve diğ, 2015).

### **3.2.6 Robotlar**

Karmaşık işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için kullanılan robotlar gelişerek özerk, kendi aralarında ve insanlarla işbirliği içerisinde çalışabilir hale gelmiştir (Rüßmann ve diğ, 2015). Robotlar, insanlar için tehlikeli olan alanlarda kendilerine özel üretim yöntemleriyle yapılması gereken işlemleri ayrıntılı ve hassas biçimde gerçekleştirebilmektedir (Vaidya ve diğ, 2018).

### **3.2.7 Simülasyon, eklemeli üretim ve artırılmış gerçeklik**

Simülasyonlar sayesinde gerçek üretim sürecinin sanal modeli üzerinde testler gerçekleştirilerek, sonraki üretim süreçleri iyileştirilebilmekte (Rüßmann ve diğ, 2015), bir üretim tesisi içerisinde gerçekleştirilen işlemlerin süreleri, kaynak tüketimleri veya ergonomik koşulları üzerinde geliştirmeler yapılabilmektedir (Vaidya ve diğ, 2018). Üç boyutlu baskı gibi eklemeli üretim yöntemleri sayesinde üreticiler daha kompleks ve hafif olarak tasarlanmış kişiselleştirilmiş ürünleri üretebilmektedir (Rüßmann ve diğ, 2015; Vaidya ve diğ, 2018). Artırılmış gerçeklik teknolojisi ise çalışana hangi parçayı alması ve işin nasıl yapılması gerektiği gibi konularda birebir destek ve kolaylık sağlamakta ve anlık karar verme aşamalarında iyileştirme sağlamaktadır (Vaidya ve diğ, 2018).

## **3.3 Endüstri 4.0'ın Etkileri**

Endüstri 4.0, tahmin edilemeyecek küresel etkilere ve dinamik bir çevreye sebep olacak, kaynak ve enerji verimliliği, kentsel üretim ve demografik değişim gibi dünyanın karşı karşıya olduğu zorluklara çözümler getirecektir (Kagermann ve diğ, 2013). Endüstri 4.0'ın verimlilik, gelir artışı, iş ve yatırım konuları ve hem üreticiler hem de işgücü üzerinde büyük ve doğrudan etkileri olacaktır (Rüßmann ve diğ, 2015). Endüstri 4.0 ile gelen yenilikler sadece üretim endüstrisini değil, aynı zamanda perakendecileri ve hizmet sağlayıcıları da etkileyecektir (Tjahjono ve diğ, 2017).

Esneklik sağlanması, gecikmeleri azaltması, maliyetleri düşürmesi ve kişiselleştirmeyi mümkün kılması Endüstri 4.0'ın sağlayacağı faydalar arasında yer almaktadır (Shafiq ve diğ, 2015; Shafiq ve diğ, 2016; alıntılıyan Lu, 2017). Müller ve diğ. (2018) Endüstri 4.0'ın sunduğu bazı örnek fırsatları üç kategoriye ayırarak sıralamıştır:

- Strateji
  - Yeni iş modelleri
  - Rekabet için sunulan yeni değerler önerileri
- Operasyonlar
  - Artan verimlilik
  - Azalan maliyetler
  - Daha yüksek kalite
  - Hız ve esneklik artışı
  - Yük dengeleme ve stok azalışı
- Çevre ve insan
  - Monoton hareketlerin azalması
  - Yaşa uygun çalışma alanları
  - Çevresel etkinin azalması

Pereira ve Romero (2017) ise değişimin sanayi, ürün ve servisler, iş modelleri ve pazar, ekonomi, iş çevresi ve beceri geliştirme olmak üzere altı temel alanda gerçekleşeceğini belirtmiştir. Değer yaratma faktörleri olarak ekipman, insan, örgüt, süreç ve ürünü tanımlayan Stock ve Seliger (2016), bu faktörler için beklenen değişimi aşağıdaki gibi sıralamıştır:

- Ekipman:
  - Üretim ekipmanları otomatik makineler ve robotlardan oluşacaktır.
  - Esnek ekipmanlar, diğer değer yaratma faktörlerindeki değişimlere hızlıca adapte olabilecektir.
- İnsan:
  - Çalışanların sayısı azalacaktır.
  - Çalışanlar otomatik ekipmanları sürekli takip etmek, merkezi olmayan kararlar vermek ve mühendislik süreçlerine katılmak zorunda olacaktır.
- Örgüt:
  - Üretim sisteminin artan örgütsel karmaşıklığı merkezi olarak yönetilmeyecektir.

- Kararlar, çalışanlar veya yapay zeka yöntemleri kullanan ekipmanlar tarafından verilecektir.
- Süreç:
  - Üç boyutlu yazıcılar gibi eklemeli üretim teknolojilerinin değer yaratma amacıyla kullanımı yaygınlaşacaktır.
- Ürün:
  - Kitlesele kişiselleştirme, müşteriye değer zincirine olabildiğince erken dahil edecektir.

Endüstri 4.0, kişisel müşteri ihtiyaçlarının karşılanması, esneklik, optimum karar alma, kaynak verimliliği ve etkinliği, yeni hizmetlerle değer fırsatı yaratılması, iş yerindeki demografik değişime cevap verme, iş-özel hayat dengesi ve rekabetçi olan yüksek ücretli bir ekonomi potansiyeline sahiptir. Gerçek zamanlı siber fiziksel sistemler, hizmet ve ağ altyapısının alan, kalite ve güvenilirlik açısından talebini artıracak; üretimde yeni iş modellerinin geliştirilme hızı internetin hızına yaklaşacak; çalışanlar iş organizasyonu tasarımı ve teknolojik gelişmelere daha erken aşamalarda dahil olacak; uçtan uca şeffaflık, karar vermenin iyileştirilmesini sağlayacaktır (Kagermann ve diğ, 2013).

Endüstri 4.0'ın sırasıyla iş modelleri, üretim ve ürün, teknoloji, çalışan ve müşteri üzerindeki etkileri takip eden bölümlerde ayrı başlıklar altında incelenmiştir.

### **3.3.1 İş modellerine yönelik etkiler**

Endüstri 4.0, üretim teknolojileri ve iş modelleri üzerinde büyük bir etkiye sahiptir ve bütün olarak tedarik zincirini etkiliyor oluşu, iş modellerinin ciddi oranda etkilenmesine sebep olmaktadır (Pereira ve Romero, 2017). Buna ek olarak en az teknolojik değişim kadar sosyo-ekonomik değişimin de iş modellerini etkilemesi beklenmektedir (WEF, 2016). Endüstri 4.0 iş modelleri, pazar yönünden bakıldığında müşterilerle nasıl bağlantı kurulduğu ve sürdürüldüğünü düzenlerken, işletme tarafından bakıldığında ise üretim, ürün ve hizmetin kendisi üzerinde durmaktadır (Jäger ve diğ, 2016). Dinamik iş ve mühendislik süreçleri sayesinde son dakika değişiklikleri yapılabilecek, yeni iş ve işbirliği modelleri, kişisel olan ve son dakika gelebilecek müşteri ihtiyaçlarını karşılayabilecek hale dönüşecektir (Kagermann ve diğ, 2013).

### 3.3.2 Üretim ve üretilen ürünlere yönelik etkiler

Yenilikçi teknolojilerin uygulanması ile birlikte fabrikaların esnekliği artırılmakta, ürünler kişisel hale getirilmekte, şirketlere maliyetleri düşürme imkanı sunulmakta, geleneksel üretim sistemlerine karşılık akıllı üretim sistemlerinde proaktif olarak karar vermek mümkün olmaktadır (Chen, 2017). Birden fazla operatöre ait olan ve kendi kendini yöneten üretim birimleri, aşağıdan yukarıya değer yaratan bir üretim modelinin meydana gelmesini sağlamakta ve üreticiye yeni pazar fırsatları sunmaktadır (GTAI, 2014). Üretimin küçük birimlere ayrılıyor olması, esnekliği artırmakla birlikte, düzeni sağlamakta ve yaşanan karmaşıklığı azaltmaktadır (Brettel ve diğ, 2014; alıntılaman Vaidya ve diğ, 2018).

Endüstri 4.0 teknolojileri yalın üretimi ortadan kaldırmamakta, yalın üretimi oluşturan prensipleri geliştirmeyi mümkün kılmaktadır (Rauch ve diğ, 2016); yalın üretimin saydamlık ve kararlılığını artırabilmektedir (Wagner ve diğ, 2017). Bulut sayesinde standart arayüzler ve ortak platformların kurulması, üç boyutlu baskı gibi eklemeli üretim teknolojileri sayesinde hızlı prototip üretme, görselleştirme araçları sayesinde sürekli iyileştirme, vb. birçok şey mümkün kılınabilmektedir (Rauch ve diğ, 2016).

Endüstri 4.0, üretimin bütün süreçleri gibi ürünleri de değiştirecektir. Bir ürünün talebinin oluşumundan yok olmasına kadar olan her sürecin açık bir şekilde tedarikçi, üretici ve müşteriye sunulması ve üzerinde birlikte çalışma imkanının sunulması, tedarik zincirini ve yönetimini baştan sona etkilemektedir (Tjahjono ve diğ, 2017). Endüstri 4.0'ın sunduğu yeni teknolojiler, ürün geliştirme süreçleri için de büyük fırsatlar sunmaktadır.

Üretim süreçleri modüler olarak kurulup merkezi olmayan bir şekilde komut alacak, aynı zamanda uçtan uca entegre edilerek birbirine bağlı şekilde kontrol edilecektir ve akıllı fabrika bütün sistemi yönetecektir (Lucke ve diğ, 2008; alıntılaman Qin ve diğ, 2016). Üzerlerinde bulunan sensör, vb. sayesinde takip edilebilir ve bilgi taşıyabilir hale gelen akıllı ürünler, üretim sisteminden aldıkları bilgiyi kullanabilecek ve üretim sistemine geri bildirim yapabilecektir (Abramovici, 2013; alıntılaman Qin ve diğ, 2016). Gelecek araştırmaların önceliği tanımlanabilir, yönetilebilir, bağlam duyarlı ve kontrol edilebilir üretim sistemlerinin geliştirilmesi olacaktır (Kagermann ve diğ, 2013).

### 3.3.3 Teknolojiye yönelik etkiler

Teknolojiler, ürün ortaya çıkarılana kadar geçen bütün süreçleri geliştirmekte, verimliliği ve ürünün kalitesini artırmaktadır. Dijitalleşme ve otomasyon ile birlikte, üretim sisteminin güvenilirliği artırılmakta ve eş zamanlı yapılan analizler aracılığıyla belirsizliklerle baş edilmektedir. Akıllı nesnelere arasındaki bağlantı sayesinde işletmeler esneklik, verimlilik ve etkinlik kazanmakta (Müller ve diğ., 2017), akıllı fabrikalar sayesinde kaynak ve enerji verimliliği, şeffaflık, entegrasyon desteği, karlılık, kişiselleştirilmiş üretim eniyilemesi sağlanmaktadır (Wang ve diğ., 2016; GTAI, 2014).

Teknolojik gelişmeler daha esnek operasyonlar ve etkili kaynak dağılımı gerektirecek, endüstriyel süreçleri, üretim sistemlerini, tedarik zincirini; diğer bir ifadeyle imalat sanayiini ve ekonomiyi etkileyecektir (Pereira ve Romero, 2017). Akıllı fabrikalar üretim sistemlerinin artan karmaşıklığını çalışanlar için yönetilebilir hale getirecektir (Kagermann ve diğ., 2013). Evlerde, fabrikalarda ve şehirlerde bulunan akıllı sistemler, tedarik zinciri yönetiminden iklim değişikliğine kadar karşılaşılan sorunlara çözümler bulunmasını sağlayacaktır (WEF, 2016). Aşağıda temel Endüstri 4.0 teknolojilerinin sağladığı veya sağlayacağı faydalar sıralanmıştır:

- Nesnelere interneti ve etkili veri alışverişi gibi etmenler, ürün tasarım ve üretim planlamasını kolaylaştırmaktadır (Zawadzki ve Żywicki, 2016).
- RFID sistemleri iş süreçlerinin basitleştirilmesini, iş verimliliğinin geliştirilmesini, işçilik maliyetinin düşüşünü, envanter bilgisinin doğruluğunu artırmakta ve bağlı olan cihazların gerçek zamanlı bilgisini sunmaktadır (Xu ve diğ., 2014).
- Siber fiziksel sistemler, doğal kaynak kısıtlılığı ve demografik değişim gibi zorluklara çözümler getirecek; insan güvenliği, konforu ve sağlığı alanlarında büyük gelişmeler sağlayacak (GTAI, 2014); gelecekte işletmeler siber fiziksel sistemler aracılığıyla makine aksamaları, üretim ve depolama sistemlerini kapsayan küresel ağlar kuracaktır (Kagermann ve diğ., 2013).
- Büyük veri teknolojisi geliştikçe ürün kalitesi ve üretim verimliliği artacak, enerji tüketimi azalacaktır (Chen ve diğ., 2017).
- Veri analizinin ve görselleştirmenin doğru bir şekilde yapılması, tüketici sektöründe müşteri segmentasyonu ve kişiselleştirilmiş ürün gibi konularda ilerlemeyi hızlandıracak ve kolaylaştıracaktır (WEF, 2016).

- Bulut bilişim ile hizmet ve bilgi paylaşımı kolaylaşacaktır (Chen, 2017).
- Fabrika çalışanlarına, üzerinde çalıştıkları iş veya ürün hakkındaki bilgiler ve yönlendirmeler, artırılmış gerçeklik teknolojisi tarafından sunulacak, çalışanların karar verme süreçleri kolaylaşacak ve hızlanacaktır (Rüßmann ve diğ, 2015).

Bahsi geçen teknolojiler günümüzde kullanılmakla beraber, Endüstri 4.0 konsepti ile birlikte söz konusu teknolojiler, birbirinden bağımsız ve izole olan üretim birimlerinin entegre olmasını ve tedarikçi-üretici-müşteri ilişkisinin kuvvetlendirilmesini sağlayarak verimliliği artıracaktır (Rüßmann ve diğ, 2015). Teknolojik gelişmelerle birlikte örneğin, klinisyen, mühendis ve programlama uzmanlarından oluşan takımların, kişiselleştirilmiş hasta tedavisi geliştirdiğini görmek mümkün olacaktır (Störmer ve diğ, 2014).

### **3.3.4 Çalışana yönelik etkiler**

Endüstri 4.0, insan-teknoloji ve insan-çevre ilişkilerini değiştirecek, çalışanların yenilik süreçlerine katılımlarını artıracak ve acilen gerekli olan yeniliklerin geliştirilmesini destekleyecektir (Kagermann ve diğ, 2013). Üretimde robot ve akıllı makinelerin sayısının artışı, çalışanların yaptıkları işleri etkileyecek, dolayısıyla da iş çevresini değiştirecektir (Pereira ve Romero, 2017). Basit işlerin robot, vb. teknolojiler tarafından yapılabilecek olması ile birlikte, karmaşık ve kapsamlı işler insan eline kalacaktır (Bonekamp ve Sure 2015). Açık, sanal çalışma ortamlarının ve insan-makine, insan-sistem ilişkilerinin artması ile birlikte çalışanların rolleri değişecektir (Kagermann ve diğ, 2013).

Bonekamp ve Sure (2015) Endüstri 4.0, nesnelerin interneti ve siber fiziksel sistemlerin insan iş gücü üzerindeki etkisini incelemek amacıyla üretim ve danışmanlık firmaları ile üniversite enstitülerinden seçilen adaylara anket uygulamıştır. Bu anket beş ana başlık üzerine hazırlanmış olup (siber fiziksel sistemler ve nesnelerin internetinin Almanya’da sanayi genelinde uygulanması için gerekli olan süre, iş çevresinin modifikasyonu, iş profillerinin modifikasyonu, değişim ölçüsü ve sosyal sonuçlar), sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

- Standardize ve fiziksel insan işlerinin yerini otomatik sistemler ve araçlar alacaktır.

- Endüstri 4.0 bazı meslekleri ortadan kaldırmakla birlikte, başta planlama, kontrol ve bilişim teknolojileri alanlarında olmak üzere yeni mesleklerin ortaya çıkmasını gerektirecektir.
- Siber fiziksel sistemlerin gerçekleşmesi ile birlikte süreç ve aktivitelerle alakalı bütün veriler yönetim için açık hale gelecektir.
- İş çevresinin dijitalleşmesi ile birlikte çalışanların nitelik ve yeteneklerinin değişmesi ve gelişmesi beklenecektir:
  - Uyum ve esneklik kabiliyeti
  - Sürekli öğrenme ve isteği

İş içeriği, süreçleri ve ortamındaki dönüşümlerin, esneklik, sağlık ve insanların özel hayatı gibi konular üzerinde etkileri olacaktır. Akıllı destek sistemleri, çalışanların rutin işler yerine değer katan, yaratıcı işlere odaklanmalarını; esnek iş organizasyonu ve çalışma şartları işçilerin iş-özel hayat dengesini daha iyi kurmalarını, iş ve kişisel ihtiyaçları noktasında uzlaşmalarını sağlayacaktır. Akıllı fabrikalar, çalışanların ilgileri doğrultusunda ilerleyen bir çalışma iklimi oluşturma fırsatı sunacaktır (Kagermann ve diğ, 2013).

İşletmelerin hiyerarşik yapısı değişerek, görev ve süreçlerde sorumluluğun arttığı yalın yönetime dönüşecek, geleneksel hiyerarşik yapı önemini kaybedecek, dört jenerasyondan oluşan işgücünün yönetimi önem kazanacaktır (Störmer ve diğ, 2014). İşlevsel yapıya karar alma, koordinasyon, kontrol ve destek hizmet fonksiyonunun eklenmesi, sanal ve gerçek makineler, fabrika kontrol sistemleri ve üretim yönetim sistemleri arasındaki bağlantının organize edilmesi gibi trendler, iş ve yetenek profillerini değiştirecektir (Kagermann ve diğ, 2013).

Küresel endüstrileri dönüşüme zorlayan yeni iş modelleri sebebiyle, var olan meslekler değişmekte, mesleklere yenileri eklenmekte, istihdam ortamı oldukça farklılaşmaktadır. Bazı iş aileleri teknolojik gelişmelerden yüksek oranda etkilenmese de, içerisinde buldukları ve görev aldıkları sistemin ihtiyaçlarının değişmesinden etkilenmektedir. Değişimin bir tarafta yeni işlerin ortaya çıkması ve çalışanların rutin işlerden kurtulması gibi pozitif etkilerinin olması beklenirken, diğer taraftan işlerin değişmesi ve iş kaybı gibi negatif etkileri olacağı da tartışılmaktadır (WEF, 2016). Fakat tam tersine, çok fazla sayıda yeni mesleğin ortaya çıkacağını savunanlar da bulunmaktadır (Rüßmann ve diğ, 2015; alıntılanan Bonekamp ve Sure 2015). Otomasyon seviyesinin artışı düşük vasıflı çalışanları işini kaybetme riskiyle karşı



karşıya bırakırken, yazılım ve analiz kullanımının artması bilişim teknolojileri ve yazılım geliştirme yeteneklerine sahip çalışanlara duyulan ihtiyacı artıracaktır (Rüßmann ve diğ., 2015). Beyaz yaka gibi orta gelirli çalışanların işlerinin, iş organizasyonlarının değişmesi ile birlikte azalacağı; fakat aynı zamanda bu orta boşluğu dolduracak yeni işlerin de ortaya çıkacağı düşünülmektedir (Störmer ve diğ., 2014).

Gelişen teknoloji ile birlikte çalışanların sahip olmaları gereken özellik ve yetkinlikler de değişmiş ve artmıştır. Störmer ve diğ. (2014), küresel değişimin Birleşik Krallıktaki iş ve beceriler üzerindeki etkisini dört farklı senaryo üzerinden incelemiştir. Çalışmada senaryoların farklı sektörler üzerindeki etkilerine bakılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Teknolojik inovasyon ve yeni iş modelleri, tercih edilen sağlık hizmetinin kullanılabilmesi gibi fırsatlar sunmaktadır.
- Bilişim ve iletişim teknolojilerinin kullanımının artması, internet perakendeciliği ve sosyal tüketim alışkanlıklarının değişmesini etkileyecektir.
- Veri ve teknoloji, müşteri profillerinin oluşturulmasını sağlayarak yeni hizmet modelleri ortaya konmasını sağlayacaktır.
- İşverenlerin istediği esnekliği kazandıracak iş bazlı eğitime olan talep artacaktır.
- Üretim sektörü inovasyon kapasitesini artırmak zorunda kalacaktır.
- Eklemeli üretim ve üç boyutlu yazıcı teknolojileri üretim ve tedarik zincirini etkileyecektir.
- Sanal işbirliği ve dış kaynak kullanımı ile birlikte esnek proje yönetimine olan ihtiyaç, sektörü etkileyecektir.
- Müşteri, üretici ve çalışanla iletişimi artıracak dijital araçların kullanımına olan talep artacaktır.
- İşletmeler inovasyon süreçlerinde dijital platformların kullanılmasına önem verecektir.
- Enerji ve malzeme gibi konularda yeni teknolojiler iş gereksinimlerini artıracaktır.

Endüstri 4.0, her seviyedeki çalışanda karmaşıklığı yönetme, soyutlama ve problem çözme kabiliyetlerini gerektirecek, teknolojik entegrasyon seviyesinin artmasıyla birlikte çalışanların esnekliğinin ve zahmetli iş yapma miktarının artması gerekecek,

öznel kabiliyetlere olan talep artacaktır (Kagermann ve diğ, 2013). Otomatik süreçler çalışanların tamamıyla değil, belli bir oranda otomatikleşmesini gerektirecektir (Roblek ve diğ, 2016). WEF (2016)'in hazırladığı rapora göre gelecekte en büyük ihtiyaç artışının bilişsel yeteneklerde olması, fiziksel yeteneklere olan ihtiyaçta düşüş olması beklenmektedir. Endüstrilerin tümünde beceri ve yetenekler içerisinde karmaşık problem çözme becerisi %36 oranla en gerekli olan beceri olarak belirlenmiştir. Fiziksel yetenekler ise %4 oranla, en az gerekli olan yetenek olarak belirlenmiştir. Teknik endüstrilerde karmaşık işlemlerin otomatikleştirilmesi, karmaşık problem çözme becerisine olan ihtiyacı azaltacak, aktif öğrenme, yaratıcılık ve kritik düşünme gibi yeteneklerin her endüstride önemi artacak, bilişsel yeteneklerin geliştirilmesini gerektirecektir.

Sadece operasyonel seviyede değil, aynı zamanda yönetim seviyesinde de görev değişiklikleri olacaktır. Süreçlerin entegrasyonu ile birlikte, hiyerarşik seviyeler ve merkezi yönetim ortadan kalkacak, çapraz fonksiyonel yönetim kabiliyetinin önemi artacaktır (Hirsch-Kreinsen, 2014; Porter ve Heppelmann, 2014; alıntılaman Bonekamp ve Sure 2015). Gerçekleşen dönüşüm, insanların nerede ve nasıl çalıştıklarını, hangi iş için hangi yetkinliklere sahip olmaları gerektiğini, dolayısıyla da nasıl yönetilmelerini gerektiğini etkileyecektir (WEF, 2016).

### **3.3.5 Müşteriye yönelik etkiler**

Endüstri 4.0, müşteriler ile değer zinciri boyunca iletişimi artırarak müşterinin deneyimini geliştirmekte ve müşteriye yeni avantajlar sağlamakta (Pereira ve Romero, 2017), üretici-müşteri ilişkisini ve üreticinin olduğu kadar müşterilerin de bakış açılarını değiştirmektedir (Roblek ve diğ, 2016). Kullanıcılar Endüstri 4.0 ile sunulan siber ortam aracılığıyla ürünlerini tasarlama, takip etme ve satın alma imkanları elde etmektedir (Lee ve diğ, 2018). Endüstri 4.0 müşterilere servislerin dijital olarak kullanılabilmesi, hızlı cevap alınması, sürdürülebilirlik, talep ve devamlı süreç oryantasyonu gibi konularda faydalar sağlamaktadır (Jäger ve diğ, 2015; alıntılaman Jäger ve diğ, 2016). Endüstri 4.0 ile birlikte müşterilerin kalite ve güvenilirlik anlayışının değişmesi, farkındalıklarının artması beklenmektedir (Roblek ve diğ, 2016).

### 3.4 Endüstri 4.0'ın Getirdiği Sorunlar ve Zorluklar

Endüstri 4.0 kavramının henüz tam olarak anlaşılammış olması, uygulama aşamasında sorunlara yol açmaktadır (Hermann ve diğ., 2016). Araştırmacıların, danışmanların, siyasetçilerin ve uygulayanların birbirinden farklı tanımlamalar yapıyor olmaları Endüstri 4.0 konusunda belirsizliği ve karışıklığı artırmakta ve fikir birliğini önlemektedir (Müller ve diğ., 2018). Modern üretimin birden fazla alan içeriyor oluşu, Endüstri 4.0 için genel prensiplerin ve uygulama prosedürünün belirlenmesini imkansız kılmaktadır (Qin ve diğ., 2016). Endüstri 4.0 üzerine yapılan araştırmalar süresince yeni gereklilikler, alanlar ve zorluklarla karşılaşmaktadır (Weyer ve diğ., 2015). Bu noktada çoğu şirket, Endüstri 4.0 konseptini uygulamaya karar verdiklerinde, ileride karşılaşılabilecekleri sorunlarla ilgili bilgi sahibi değildir (Pereira ve Romero, 2017). Çeşitli işletmelerde konulan ve kullanılan standartlar olmasına rağmen, genel tanımlanmış standartlar bulunmamaktadır (Kagermann ve diğ., 2013) ve devlet politikaları Endüstri 4.0 uygulama ortamının koşullarını etkilemektedir (Jäger ve diğ., 2016).

Schumacher ve diğ. (2016), işletmelerin Endüstri 4.0 uygulanırken yaşadığı problemleri Endüstri 4.0'ı oluşturan konseptlerin fazla karmaşık görülmesi, Endüstri 4.0 fikri ve sunduklarının anlaşılmaması ve şirketlerin Endüstri 4.0'da sahip oldukları kabiliyetleri değerlendirememesi olarak sıralamıştır. Kagermann ve diğ. (2013), uygulama sırasında karşılaşılabilecek üç önemli zorluğun standardizasyon, iş organizasyonu ve ürün bulunurluğu olduğunu belirtmiştir. Müller ve diğ. (2018) ise Endüstri 4.0 zorluklarını aşağıdaki gibi gruplandırmıştır:

- Rekabetçilik ve gelecekte var olabilirlik
  - Var olan iş modellerinin tehlikede olması
  - Esneklik kaybı
  - Standardizasyon
  - Şeffaflık
- Organizasyonel ve üretimsel uyum
  - Uygulamaya yönelik harcanan çaba miktarı (maliyetler, standartlaştırma çabaları, vb.)
- Çalışan kalifikasyonu ve kabulü
  - Çalışanların korku ve endişeleri
  - Uzmanlık yetersizliği

Müller ve diğ. (2018) rekabetçilik ve gelecekte var olabilirlik, organizasyonel ve üretimsel uyum ve çalışan kalifikasyonu ve kabulüne yönelik zorluklar ile şirketlerin Endüstri 4.0 uygulama yatkınlığı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Almanya'daki 746 üretim şirketinde gerçekleştirilen çalışmanın sonuçları aşağıda özetlenmiştir:

- Rekabetçilik ve gelecekte var olabilirlik zorlukları ile şirketlerin Endüstri 4.0 uygulama yatkınlığı arasında negatif ilişki vardır.
- Organizasyonel ve üretimsel uyum zorlukları ile şirketlerin Endüstri 4.0 uygulama yatkınlığı arasında negatif ilişki vardır.
- Büyük ölçekli şirketler için organizasyonel ve üretimsel uyum zorlukları ile şirketlerin Endüstri 4.0 uygulama yatkınlığı arasında negatif ilişki daha fazladır.
- Makine ve fabrika mühendisliği şirketleri için organizasyonel ve üretimsel uyum zorlukları ile şirketlerin Endüstri 4.0 uygulama yatkınlığı arasında ilişki yoktur.
- Çalışan kalifikasyonu ve kabulüne yönelik zorluklar ile şirketlerin Endüstri 4.0 uygulamaya yatkınlığı arasında pozitif ilişki vardır.

Jäger ve diğ.'nin (2016), 195 şirkete uyguladıkları anketin sonuçlarına göre şirketler:

- Endüstri 4.0'ı stratejik kararlar esnasında uygulamalarına rağmen işlevsel olarak nasıl uygulanması gerektiği konusunda bilgi sahibi değildir;
- Endüstri 4.0'ın zorluklarının doğuracağı maliyetlerin gelecekte daha da karmaşık olacağını düşünmektedir;
- artan karmaşıklık ve yatırım maliyetlerini Endüstri 4.0'ın en büyük riskleri olarak görmektedir;
- kendi ürün veya hizmetlerinin eskiyeceğini düşünmemekte; ancak Endüstri 4.0 üretiminin kontrolünün kaybedilerek sistemlerin çökmesinden ve çalışanların ileri teknoloji ortamı karşısında stres seviyelerinin artmasından endişe duymaktadır; ve
- Endüstri 4.0'ın getirdiği, birbirleriyle ilişkili olan zorlukları yeni rakipler, yeni teknolojiler, yasal kesinlik, çalışan becerileri, iş modelleri, müşteri talebi, bilişim teknolojileri güvenliği, yatırım maliyetleri ve altyapı olarak görmektedir.

Endüstri 4.0'ın oldukça geniş olan vizyonu, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeleri finansal yük ve iş modeli açısından endişelendirmektedir (Schumacher ve diğ, 2016).

Endüstri 4.0'ın tedarik zincirini bütün olarak etkiliyor oluşu, iş modellerinin ciddi oranda etkilenmesine sebep olmakta (Pereira ve Romero, 2017), siber fiziksel sistemlerin ortaya koyduğu yeni uygulamalar, var olan iş ve pazar modellerini de değişime zorlamaktadır (GTAI, 2014). Fakat standardizasyon ve otomasyon seviyelerinin düşük olması, küçük ve orta ölçekli işletmelerin, iş modellerini değiştirmelerini zorlaştırmaktadır (Müller ve Voigt, 2017; alıntıl原因 Müller ve diğ., 2018). İşletmelerin Endüstri 4.0'ı kendi iş stratejilerine adapte edememeleri ve Endüstri 4.0 uygulama aşamasında atılması gereken adım ve değişimlerin takibini sağlayamamaları, yeni metot ve araçlara olan ihtiyacı doğurmaktadır (Schumacher ve diğ., 2016). Endüstri 4.0 kullanım senaryoları, tek bir şirket yerine dinamik bir şirketler ağı tarafından uygulanabilecek bir iş modeline ihtiyaç duyacak, hem büyük ölçekli hem de gerekli çalışan ve teknoloji altyapısına sahip olmayan küçük ve orta ölçekli işletmelerin bahsedilen yeni değer ağlarına aynı anda entegre olmaya çalışması bir sorun olacaktır (Kagermann ve diğ., 2013).

İşlevsellik, kişiselleştirme, dinamik teslimat şartları, farklı teknik disiplin ve şirketlerin birleşmesi gibi etkenlerin artması sebebiyle üretim sistemlerinin karmaşıklığı giderek artmaktadır (Kagermann ve diğ., 2013). Şirketler üretimlerini kişiselleştirilmiş ürün üretmeye, yani hızlı adaptasyon ve tepki vermeye uygun hale getirirken, aynı zamanda rekabetçi fiyatlar sunmak zorundadır (Pirvu ve Zamfirescu, 2017). Fakat müşterilere oldukça cazip gelen kitlesel kişiselleştirme, işletmeler için yüksek maliyetler sebebiyle büyük bir zorluktur (Zawadzki ve Żywicki 2016). Müşterilere bağlı işlemler ile müşterilerden bağımsız olarak gerçekleştirilen işlemler arasında maliyet farkı oluşmakta (Kagermann ve diğ., 2013), ürün varyantlarının çeşitliliği, üretim planlama ve kontrol için büyük bir sorun teşkil etmektedir (Zawadzki ve Żywicki 2016).

Endüstri 4.0'ı uygulayabilmek için gerçekleştirilecek paradigma değişimi uzun süreli ve aşamalı olan bir projedir ve süreç boyunca var olan üretim sistemlerinin değerinin muhafaza edilmesini, iş birliği içerisinde bulunacak işletmelerin kendi yeterliliklerini kanıtlamalarını ve birbirlerinin yeterliliklerine güvenmelerini gerektirecektir (Kagermann ve diğ., 2013). Bahsi geçen yenilikler sektörlere birçok katkı sağlayacak ve yeni fırsatlar sunacaktır; ancak bütün insanları ve işletmeleri çıkabilecek sorunlara ve zorluklara karşı ön hazırlık yapmaya ve proaktif düşünmeye mecbur kılacaktır. Zawadzki ve Żywicki (2016) işletmelerin Endüstri 4.0'a uygun hale getirilmesi için

10-20 yıl gerektiğini vurgulamaktadır. Gerekli olan değişim ve gelişimi reddeden işletmeler, rekabet üstünlüklerini kaybedecektir.

Endüstri 4.0'ın sırasıyla teknoloji ve çalışanlar açısından doğurduğu sorun ve zorluklar takip eden bölümlerde ayrı başlıklar altında incelenmiştir.

### **3.4.1 Teknolojiye yönelik sorun ve zorluklar**

Günümüz teknolojileri, akıllı fabrika konseptini tam anlamıyla gerçekleştirmek için henüz yeterli değildir. Üretim ve otomasyon mühendisliği alanlarında birlikte çalışmayı mümkün kılacak pratik yöntem ve temel teknolojiler yaygın olarak kullanılmamaktadır (Kagermann ve diğ, 2013). Günümüz fabrika ekipmanının esnek ve yapılandırılabilir olmayan yapısı, çevresel değişikliklere uyum sağlamasını engellemektedir (Chen ve diğ, 2017). Üretim sisteminin kendi kendini organize eden bir sistem olması, geleneksel üretim sistemi modellerinin uygulanmasını imkansız kılmakta, akıllı fabrikalar için akıllı donanım ve yazılım gerekmektedir. Enerji ile hammadde, insan kaynağı ve finansal kaynak tüketiminin azaltılması için üretim süreçlerinin, makine ve fabrika tasarımlarının değişmesi, verimlilik ve kullanılabilirliğin dikkate alınması gerekmektedir (Kagermann ve diğ, 2013). Endüstri 4.0 ile üretimin her alanında standardizasyona gidilmesi ve kaynakların ortaklaştırılması karşılaşılan siber tehditlerin artmasına sebep olmakta, siber güvenlik alanında yapılan çalışmaların hızlanmasını ve siber güvenlik şirketleriyle iş birliklerinin artırılmasını zorunlu kılmaktadır (Rüßmann ve diğ, 2015).

Endüstri 4.0 konseptini oluşturan yeni teknolojiler, fiziksel yapılar ve bilgi arasındaki engelleri kaldırarak yeni ve dijital iş ve market modellerinin geliştirilmesini ve bu sayede rekabetçiliğin artırılmasını gerektirmektedir (Pereira ve Romero, 2017). Fakat işletmelerin bahsedilen işlemleri gerçekleştirecek teknolojilere adapte edilmesi, teknik bilginin yetersizliği ve büyük maliyetler sebebiyle zorlaşmaktadır (Lee ve diğ, 2017). Üretim ve bilişim alanlarında birçok farklı özellikle karşılaşılıyor olunması, beraberinde akıllı ekipman gereksinimi, derin entegrasyon ağları ve bilgi odaklı üretim gibi sorunları getirmektedir (Chen ve diğ, 2017). Büyük verilerin hareketi söz konusu olacağından gelişmiş bilgi teknolojileri altyapısına, entegrasyonun mümkün kılınabilmesi için standardizasyona, çevrenin belirsizliği sebebiyle etkili bilgi tabanı kurulmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Chen, 2017). Endüstri 4.0 konseptini oluşturan yeni teknolojilerin, uygulamaların oluşturduğu ağ ile sürekli iletişim içerisinde olan

otonom faktörleri ortaya çıkarmasıyla birlikte otomasyon daha da karmaşık hale gelmektedir (Fantini ve diğ, 2018). Otomasyon ve dijitalleşme sürecinde aşağıda belirtilen ekonomik, sosyal, teknik, çevresel ve politik sorunlarla karşılaşılabilir (Hecklau ve diğ, 2016):

- Yeni dönemde müşteri beklentisi kişiselleştirilmiş ve esnek ürünlerden yana olacaktır.
- Şirketler ilişki içerisinde oldukları kuruluşlarla stratejik ortaklıklar kurarak rekabetçi kalabilmektedir.
- Yeni nesil çalışanların daha dengeli iş-özel hayat beklentisinin olması, Endüstri 4.0'ın sunduğu esnek yapıya uymakta; fakat eskilerin yerini alacak olan gençlerin iş piyasasına girmesi için teşvik edilmeleri gerekmektedir.
- Var olan çalışanların daha karmaşık işler ve daha fazla sorumluluk verilerek motive edilmeleri gerekmektedir.
- Devletlerin yeni teknolojilerin hem araştırılması hem uygulanması noktasında şirketleri desteklemesi gerekmektedir.
- Büyük verinin gizliliği konusunda yasal kanunların konularak, çalışanların güvenliğinin sağlanması gerekmektedir.

Endüstri 4.0 teknolojileriyle gelen yeni fırsatlar karmaşıklığı artırmaktadır. Çok daha fazla sayıda ve akıllı teknolojilerin kullanılması ile birlikte üretim sisteminde veri üreten kaynakların sayısı artmakta ve üreticileri teknolojik trendleri takip edip uygulamaya mecbur bırakmaktadır (Chen, 2017). Sistemlerin karmaşıklığı arttıkça, sistemin bileşenlerinin ulusal ve uluslararası ticaret kısıtlamalarına maruz kalma ihtimali ortaya çıkmaktadır (Kagermann ve diğ, 2013).

Verimliliğin artması ve yeni iş modellerinin geliştirilmesi değer yaratacaktır; fakat teknolojik değişim bir tarafta işleri güvenli hale getirirken, diğer taraftan iş kayıplarına yol açabilecektir (Roblek ve diğ, 2016). Yeni teknolojilerin yasallığı ve veri koruma gibi sorunlar inovasyonları yavaşlatabilecek, kısa teknolojik inovasyon döngüleri ve teknolojilerin yıkıcı doğası, uygulama açığına sebep olabilecektir (Kagermann ve diğ, 2013). Teknolojinin hızlı gelişmesi sebebiyle, dijital düşünme kabiliyeti kazanarak süreci yönetemeyenler, rakiplerinin gerisinde kalacaktır (Roblek ve diğ, 2016).

Var olan endüstriyel ağlar, akıllı fabrikalarda gerçekleştirilecek yoğun iletişim için yeterli değildir (Wang ve diğ, 2016). Çok fazla farklı cihazın bağlantı kurmasını sağlayan endüstriyel nesnelerin interneti, ağa aşırı yüklemeye sebep

olmaktadır (Chen ve diğ, 2017). Nesnelerin internetinin bütünüyle uygulanmasının önündeki başlıca engeller yüksek yatırımlı altyapı, veri paylaşımı, güvenlik ve gizlilik ile alakalı standartların sağlanmasıdır (Roblek ve diğ, 2016). Bu zorluklara ek olarak Lee ve diğ. (2017) objelerin eş zamanlı kimlik ve konum saptaması, eş zamanlı üretim süreçleri ve makine durumu aktarımı ile nesnelerin interneti cihazlarının büyük veri alışverişi, iletişimi, yönetimi ve kontrolü sorunlarına dikkat çekmektedir. Xu ve diğ. (2014) ise nesnelerin internetinin uygulama sorunlarını aşağıdaki gibi kategorize etmektedir:

- Teknik zorluklar:
  - Nesnelerin sayısı arttıkça ölçeklenebilirlik sorunları ortaya çıkmaktadır.
  - Ağ ve iletişim teknolojilerinin heterojenliğini ortadan kaldıracak ortak platform mevcut değildir.
  - Büyük verilerin taşınması sık sık iletişim sorunlarına sebep olmaktadır.
  - Nesnelerin internetinin var olan bilgi sistemlerine entegre olması zordur.
  - Nesnelerin interneti ve bilgi sistemlerinden elde edilen büyük veriler, güçlü analiz becerisine ihtiyaç duymaktadır.
- Standardizasyon:
  - Yeni servis sunucuları ve kullanıcıları arasındaki engeli kaldırmayı sağlayacak olan standardizasyon, nesnelerin internetinin gelişimi ve yayılması için oldukça önemlidir.
  - Nesnelerin internetinin uygulaması için endüstriye özgü talimat ve standartlar gereklidir.
- Bilgi güvenliği ve mahremiyetin korunumu:
  - Nesnelerin interneti için mahremiyet kelimesi açıkça tanımlanmamıştır.

Endüstri 4.0 vizyonunun uygulanması için ağ altyapısının genişletilmesi ve ağ hizmet kalitesinin artırılması gerekmektedir (Kagermann ve diğ, 2013). Nesnelerin interneti, üretim sahasında bulunan cihazların kendi aralarında iletişim kurarak merkezi olmayan kararlar vermelerine ortam sunmakta; fakat buna ek olarak daha merkezi olan bir yöneticiye de bağlı olmalarını zorunlu kılmaktadır (Rüßmann ve diğ, 2015).



Siber fiziksel sistemlerin uygulanması sırasında sensör teknolojileri, koordinasyon ve kontrol, gerçek zamanlılık ve bakım konularında sorunlarla da karşılaşmaktadır (Müller ve diğ., 2017). Pirvu ve Zamfirescu (2017), siber fiziksel sistemlerin gerçekleştirilmesinin önündeki engelleri aşağıdaki gibi sıralamaktadır:

- Sosyal kabul edilebilirlik: İnsan-makine işbirliğinin doğurduğu etik, sosyal ve yasal sorunlar
- Bütüncül anlayış: Fiziksel, siber ve sosyal bileşenlerin arasındaki karmaşık bağlantının genel görünümünün anlaşılması
- Eğitim zorlukları: Disiplinler arası grupların oluşturulması
- Güvenlik: Siber saldırılarla mücadele

Siber fiziksel sistemlerin kullanılması ile birlikte, sistemde bulunan çalışanların kişisel verisinin miktarı ve ayrıntısı artacak, çalışanların bilgilerini istedikleri doğrultuda kullanma hakkı tehlikeye girecektir (Kagermann ve diğ., 2013). Her fiziksel elemanın bulut ortamında oluşturulan bir ikizinin olması fabrikayı siber tehlikelere açık hale getirecektir (Wang ve diğ., 2016).

Özellikle üretim planlama ve kontrol bölümü çalışanları, siber fiziksel sistemler tarafından üretilen oldukça büyük verilerle karşı karşıya kalacaktır (Prinz ve diğ., 2016). Verinin hacim ve çeşitlilik olarak büyümüş olması veri madenciliği, veri sınıflandırması ve veri depolamasından oluşan büyük veri yönetimini güçleştirecek (Lu, 2017); hangi verilerin analizinin yapılmasının anlamlı olacağına karar verilmesini zorlaştıracaktır (Wang ve diğ., 2016). Dijitalleşme ile gelen hızlı ve yüksek miktarda veri alışverişi, bilişim ve iletişim teknolojileri güvenliğinin sağlanamaması durumunda Endüstri 4.0 için büyük bir tehlike oluşturacaktır.

Süreçlerin dijitalleşmesinin, bireysel verilerin korunma hakları konusunda sorunlara yol açabileceği düşünülmektedir (Bonekamp ve Sure, 2015). Kagermann ve diğ. (2013), verilerin korunması, emniyeti ve güvenliği konularında aşağıdaki sorunlarla karşılaşabileceğini belirtmiştir:

- Yeni teknolojilerin veri koruma gibi konulara etkisi, var olan teknolojiyle alakalı yasaların uygulanmasını geçersiz kılacaktır.
- Kurumsal verinin korunması, sorumluluk, kişisel verinin idaresi ve ticaret kısıtlamaları karşılaşılabilecek bazı zorluklardır.

- Ağlarda yapısal şeffaflığın tam olarak sağlanamaması durumunda, aktivitelerin kim tarafından gerçekleştirildiği açık bir şekilde ortaya koyulamayacaktır.
- İşletmeler, rekabet avantajı sağlamak amacıyla verilerini koruyabilmek için yeni aygıtlara ihtiyaç duyacaktır.
- Endüstri 4.0 ile birlikte yeni emniyet ve güvenlik ihtiyaçları doğmaktadır.
- Emniyet ve güvenlik çözümlerinin teknik sorunlara ek olarak psikolojik ve eğitimsel sorunlara da cevap vermesi gerekmektedir.
- Var olan altyapılar, emniyet ve güvenlik konusunda belli bir noktaya kadar geliştirilebilmektedir. Var olan sistemde emniyet ve güvenlik çözümlerinin sorunlarla karşılaşılmasının ardından sunulması, maliyetin yüksek olmasına ve sorunlara kalıcı çözümlerin getirilememesine sebep olmaktadır.

### 3.4.2 Çalışana yönelik sorun ve zorluklar

Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırmaya göre, bilgisayarlaşma ile birlikte mesleklerin neredeyse yarısı yok olma riski altındadır (Frey ve Osborne, 2013; alıntılan Bonekamp ve Sure, 2015). Kuzey Avrupa'ya oranla diğer Avrupa ülkelerinin bu değişimden daha ciddi oranlarda işsizlikle etkileneceği düşünülmektedir (Bowles, 2014; alıntılan Bonekamp ve Sure, 2015). Fakat Endüstri 4.0 konusunda sahip olunan bilgi halen yetersizdir. Motyl ve diğ. (2017), 2015-2016 ve 2016-2017 akademik yıllarında üç üniversitenin otomasyon, endüstri, makine ve işletme mühendisliği bölümü öğrencilerine anket uygulamış, 2015-2016 akademik yılında öğrencilerin %55,1'inin Endüstri 4.0 ve akıllı fabrika kavramlarını hiç duymadığını ve %40,5'inin sanal gerçeklik ve üç boyutlu yazdırma teknolojilerini tanıdığını, 2016-2017 akademik yılında ise %30,5'inin Endüstri 4.0 ve akıllı fabrika kavramlarını hiç duymadığını ve %61,1'inin sanal gerçeklik ve üç boyutlu yazdırma teknolojilerini tanıdığını ortaya koymuştur.

Endüstri 4.0 ile makine ve bilgisayarlar ortalama bir çalışanın yaptığı rutin işleri yapabilecek duruma gelecek, üniversite eğitilmiş yetkin çalışanlar dahi, ilerleyen teknolojinin yapabileceklerinin tehdidi altında olacaktır (Ford, 2009; alıntılan Bonekamp ve Sure, 2015). Basit bedensel işlerin azalmaya devam edecek olması, yarı kalifiye çalışan grupları için tehlike oluşturacak (Kagermann ve diğ, 2013), beyaz yaka çalışanların işleri, iş organizasyonlarının değişmesi ile birlikte azalacaktır (Störmer ve diğ, 2014). WEF (2016)'in raporuna göre gelişmiş üretim, üç boyutlu baskı ve yapay

zeka teknolojilerinin istihdamı; robotik ve özerk taşıma, gelişmiş üretim ve üç boyutlu baskı teknolojilerinin imalat ve üretim iş ailesini; mobil internet, bulut, büyük veri ve nesnelerin interneti teknolojilerinin en çok ofis ve idari iş ailesini; mobil internet ve bulut teknolojilerinin az da olsa sağlık hizmetleri sektörünü negatif yönde etkilemesi beklenmektedir.

Bonekamp ve Sure (2015), üretim ve danışmanlık firmaları ile üniversite enstitülerinde, Endüstri 4.0, nesnelerin interneti ve siber fiziksel sistemlerin insan iş gücü üzerindeki etkisini incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşmıştır:

- Tam olarak uygulanabilmesinin onlarca yıl sürmesi beklenmektedir.
- İş süreçlerinde yüksek seviyede karmaşıklık, uzmanlık gerektirecektir.
- Endüstri 4.0, farklı şirketleri çapraz fonksiyonel işbirliği ağları kurmak ve bu ağları kuvvetlendirmek zorunda bırakacaktır.
- Çalışanların hem motivasyonlarının yüksek tutulması, hem de psikolojik olarak zarar görmelerinin engellenmesi gerekecektir.
- Hangi sektörlerin ne oranda işsizlik riski altında olduğu konusunda fikir birliği söz konusu değildir. Fikir birliği olan tek sektör sağlık sektörüdür; çünkü makinelerin empati göstermesi mümkün görünmemektedir.
- Bireysel iş esnekliğinin artmasının yanında, insan iş çevresi üzerindeki baskının artması beklenmektedir.

Değişimin bir tarafta yeni işlerin ortaya çıkması ve çalışanların rutin işten kurtulması gibi pozitif etkilerinin olması beklenirken, diğer tarafta işlerin değişmesi ve iş kaybı gibi negatif etkileri olacaktır (WEF, 2016).

Endüstri 4.0 daha fazla işin otomasyonunu sağlayacağından, çalışanların yeni işler öğrenmesi gerekecektir. Mobil internetin iş hayatının her alanında yer alması ve nesnelerin internetinin de giderek yaygınlaşması, her sektörde çalışan insanları teknoloji konusunda uzmanlaşmaya zorunlu kılacaktır (WEF, 2016). Daha yaşlı olan çalışan grubunun iş piyasasında rekabet edebilmesi için teknolojiye ve teknolojik gelişmelere hakim olması gerekecektir (Störmer ve diğ., 2014).

Geçmiş sanayi devrimlerinde gerekli olan yetkinlikler, uzun eğitim süreleri boyunca insanlara kazandırılmıştır; fakat günümüzdeki değişim hızı ve gerekli bilişsel yeteneklerin kazandırılmasının uzun zaman alması sebebiyle dördüncü sanayi devrimi için bu yöntem geçerli olmayacaktır (WEF, 2016). Organizasyonlar Endüstri 4.0'da hem yönetim seviyesinde hem de operasyonel seviyede yaratıcı ve yenilikçi

çalışanlara ihtiyaç duyacaktır (Shamim ve diğ, 2017). Herhangi bir çalışanın sadece kendi alanında çalışma yapması yetmeyecek, aynı zamanda başka süreçleri de içinde barındıran birçok projede yer alması gerekecektir (Benešová ve Tupa, 2017).

Yeni çalışanlarda aranan beceri ve yetkinliklerin değişiminden dolayı, yeni iş gücünün yetiştirilmesi ve işe alımı aşamalarında zorluklar yaşanacaktır. Endüstri 4.0, bilişim sistemleri uzmanlarının eğitiminin değişmesini gerektirecek (Kagermann ve diğ, 2013), bilgisayar ve matematik, bilişim ve iletişim teknolojileri gibi iş ailelerinde rekabetin artması, ofis ve idari işlere duyulan talebin azalması gibi sebeplerden dolayı işe alım zorlaşacaktır (WEF, 2016). Karar verme, problem çözme, yaratıcı eylem ve sosyal davranış gibi değerlerin bireysel aktivite referans alınarak tespit edilmesi ve işçilerin farklı beceri ve özelliklerinin siber fiziksel sistemlerin şartları ve amaçlarıyla birlikte dikkate alınması gerektiğinden dolayı, iş tasarımı ve değerlendirmesi konusunda da zorluklarla karşılaşılacaktır (Fantini ve diğ, 2018).

### **3.5 Endüstri 4.0 Uygulama Önerileri**

Endüstri 4.0 ile birlikte üretim planlamaya gerek duymadan, otomatik olarak müşteri talebi kullanılarak üretim miktarlarının belirlenmesi, tamamen otomatik araçlarla taşıma yapma, vb. dijital işyeri uygulama örneklerinin gerçekleştiği görülmektedir (Gentner, 2016). Kagermann ve diğ. (2013) bu örnekleri aşağıdaki gibi çoğaltmaktadır:

- Günümüzde üretim o an gerçekleşmediğinde dahi çoğu üretim hattı çalışmayı sürdürmektedir. Gelecekte robotlar kısa süreli duraklamalarda dahi gücü azaltacaktır.
- Günümüzde müşteriler tüm ürünlerinin işlev ve özelliklerini belirleyemezken, siber fiziksel sistemler sayesinde model bazlı geliştirme ile bireysel ürünler üretilmektedir.
- Günümüzde statik üretim hatları kullanılmaktadır. Endüstri 4.0 ile birlikte üretim hatları dinamik olacaktır.
- Endüstri 4.0 ile birlikte teknisyenler fiziksel olarak makinelerle bağlantı kurmak zorunda kalmayacaktır.

Hiçbir insan müdahalesi olmadan, müşterilerin istediği sayı ve renkte sabun üretimi yapan SmartFactoryKL'nin sabun fabrikası (Zühlke, 2010) ve yerel bir veri tabanına

sürücünün hareketleri, aracın durumu, güzergah ve varış yeri verisi girilerek ve kaydedilen verinin analizi yapılarak sürücü ve araç hakkında anlamlı bilgi elde edilebilen akıllı araç (Nawa ve diğ., 2014) diğer bazı Endüstri 4.0 uygulama örnekleridir (alıntılanan Qin ve diğ., 2016). Roblek ve diğ. (2016) akıllı ekonomi, akıllı mobilite, akıllı çevre, akıllı insan, akıllı yaşam ve akıllı yönetim faktörlerini içeren, insanların ve işletmelerin ortak olduğu ve şehrin sürdürülebilirliğini, kaliteli yaşamı ve halk sağlığını sağlayan akıllı şehirlerden bahsetmektedir (alıntılanan Gentner, 2016).

Fırsat ve zorlukları tam olarak anlaşılmadan, Endüstri 4.0 tam anlamıyla uygulanmış ve potansiyeline ulaşmış sayılmayacaktır. Bu nedenle yöneticiler fırsat ve zorlukları incelemeli ve açıklığa kavuşturmalıdır (Müller ve diğ., 2018). Ekonomisi önemli ölçüde üretim sektörüne bağlı olan gelişmiş ülkelerin, Endüstri 4.0 için gereken değişiklikleri sürekli teknolojik inovasyonlar gerçekleştirerek sağlaması, buna ek olarak insan kaynağının, akıllı teknolojiler konusunda bilgi artışı ve yeterliliğinin sağlanması için yeni yönetim stratejilerinin uygulanması gerekmektedir (Palazzeschi ve diğ., 2018). Üst yönetim, değişimi yönetmeli ve desteklemelidir (Müller ve diğ., 2018). Var olan yatırımlar ve bilgi, değişken iş ortamına uygun olarak yönlendirilebilmeli, gerekirse temelli değişiklikler yapılmalıdır (Shamim ve diğ., 2017). İşletmeler kendi durum ve özelliklerine uygun Endüstri 4.0 uygulamaları seçmelidir (Jäger ve diğ., 2016). Küçük adımlar atmak, Endüstri 4.0 stratejisini projelere uygulamak için önemlidir ve var olan başarı hikayelerini yol gösterici olarak kullanmak hedef tanımlamaya yardımcı olacaktır (Gentner, 2016).

Endüstri 4.0 birçok alanda etkileyici olacağından, bu konsepti uygulamak isteyen şirketlerin tüm açılardan karşılaşılabileceklerinin farkında olması gerekmektedir. Bu doğrultuda Schumacher ve diğ. (2016), şirketlerin Endüstri 4.0 için hazır olma durumunu ölçen, var olan teknoloji odaklı modellere örgütsel bakış açısı ekleyerek strateji, liderlik, müşteriler, ürünler, operasyonlar, kültür, insanlar, denetim ve teknoloji olmak üzere dokuz boyuttan oluşan bir olgunluk modeli sunmuştur.

Literatürde Endüstri 4.0 uygulama aşaması için farklı öneriler sunulmaktadır. Örneğin, Hermann ve diğ. (2016), uygulama yapılırken kullanılacak dört tasarım ilkesi önermektedir:

- Bağlantı
  - İşbirliği, standartlar ve güvenlik içerir.

- Kablosuz iletişim teknolojileri sayesinde her yerden internet bağlantısı ile etkileşim sağlanır.
- Akıllı fabrikaların esnek bir şekilde pazar talebine uyum sağlaması için ortak iletişim standartları önemlidir.
- Siber güvenlik
- Bilgi şeffaflığı
  - Veri analizi ve bilgi teminini içerir.
  - Fiziksel dünyadan ve sensör verisinin dijitalleşmiş kuruluş ile birleştirilmesi ile oluşturulan sanal kopyadan elde edilen bilgi sayesinde üretim sistemleri görevlerini yerine getirir.
  - Fiziksel dünyanın anlaşılabilmesi için verinin toplanması ve yorumlanması gereklidir.
- Merkezi olmayan kararlar
  - Nesne ve insanların bağlantılı, işletme içi ve dışında bilgi saydamlığının olması; yani teknik anlamda siber sistemlerin varlığı merkezi olmayan karar vermenin temelini oluşturur.
- Teknik destek
  - Sanal ve fiziksel destek içerir.
  - Siber fiziksel sistemlerin oluşturduğu karmaşık ağda insan, stratejik karar verme ve esnek problem çözme görevlerini yerine getirebilmek için, örnek olarak tablet veya robotların gösterilebileceği, destek sistemlerine ihtiyaç duymaktadır.

Müller ve diğ. (2017), Endüstri 4.0 uygulaması için üretim süreci, cihazlar, yazılım ve mühendislik perspektiflerini içeren bir referans yapısı sunmaktadır. Kagermann ve diğ. (2013) ise başarılı bir Endüstri 4.0 uygulaması için sekiz alanda aksiyon alınması gerektiğini savunmaktadır:

- Standardizasyon ve referans mimari
  - Farklı şirketlerin ağ kurarak ve entegre olarak iş birliği yapabilmesi için ortak standartlar gereklidir.
- Karmaşık sistemlerin yönetimi
  - Karmaşıklık, geliştirilecek uygun planlama modelleri ile yönetilebilir.
- Endüstri için kapsamlı geniş bant altyapı
  - Endüstri 4.0, güvenli ve kapsamlı iletişim ağlarına ihtiyaç duyar.

- Emniyet ve güvenlik
  - Üretim tesisleri ve ürünlerin insana ve çevreye zarar vermediğinden, sahip oldukları veri ve bilginin yetkisiz erişimden korunduğundan emin olunmalıdır.
- İş organizasyonu ve tasarımı
  - İş organizasyonuna sosyo-teknik yaklaşımla, çalışanların sorumlulukları artırılıp kişisel gelişimleri desteklenebilir.
- Eğitim ve sürekli mesleki gelişim
  - Öğrenmenin teşvik edileceği iş ortamı ve eğitim stratejileri geliştirilmelidir.
- Düzenleyici çevre
  - Yasalar, yeni inovasyonlar dikkate alınarak, kurumsal veri, yükümlülük sorunları, ticari kısıtlamalar ve kişisel verinin kullanımı sorunlarını çözecek şekilde adapte edilmelidir.
- Kaynak etkinliği
  - Akıllı fabrikalara yapılacak ek kaynak yatırımları ve olası kazançlar arasında dengeleme yapılmalıdır.

Endüstri 4.0'ın ortamı dinamik ve belirsizdir. Bununla başa çıkılabilmesi için eğitim, bilgi yönetimi ve yenilenme kabiliyeti önem verilmesi gereken yönetim konularıdır (Shamim ve diğ., 2017). Yenilik kapasitesi ve hızlı uygulama, işletmelerin sahip olması gereken temel yetkinliklerdendir (Jäger ve diğ., 2016). İnovasyon çabaları sadece teknik alanda çözüm getirme odaklı olmamalıdır. Küresel pazarda rekabet edebilmek için Endüstri 4.0'a geçiş projelerine yapılan yatırımların sürelerinin kısaltılması gerekmektedir (Reitze ve diğ., 2018). Endüstri ve bilim arasındaki iş birliğinin güçlendirilmesi, yeni fırsatların doğmasına imkan sağlayacaktır (Jäger ve diğ., 2016). İşletmelerin işbirliği dışında sürdürülebilirlik, teknik bilgi (know-how) korunumu, standardizasyon stratejileri ve personel gelişimi konuları üzerinde durulmalıdır (Kagermann, Wahlster ve Helbig, 2013).

İşletmelerin yaptığı hatalardan bir tanesi sadece maliyeti düşürmeye odaklı olmalarıdır; ancak yapılan bir anketin sonuçlarına göre verimlilik optimizasyonu, esneklik, süreç ve talep oryantasyonu, özellikle üzerinde durulması gereken önemli alanlar olarak belirlenmiştir (Jäger ve diğ., 2016). Üretici ve pazar stratejilerinin

birbiriyle koordine olması durumunda Endüstri 4.0'dan en iyi seviyede yararlanılabilecektir (Kagermann ve diğ, 2013).

Endüstri 4.0 disiplinler arası bir şekilde uygulanmalı ve akıllı ürün, sorunlara disiplinler arası bir yaklaşımla bakılmalıdır (Kagermann ve diğ, 2013). Çok disiplinli bir yaklaşım, fabrika içerisinde farklı alanlar arasında yapılan bilgi akışı sayesinde problem çözme başarısını artıracaktır (Radziwon ve diğ, 2014). Endüstri 4.0'ın başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için işletmelere sosyo-teknik açıdan bakılması, iş ortamındaki yeni sosyal altyapıya ve siber fiziksel sistem teknolojilerinin geliştirilmesine önem verilmesi gerekmektedir. Endüstri 4.0'da teknolojik gelişim hedefleri ve insan kaynakları organizasyon modelleri ekonomik ve sosyal şartlar göz önünde bulundurularak oluşturulmalıdır (Kagermann ve diğ, 2013).

İşletmelerin, kendi ürünlerinin ve hizmetlerinin, müşterilerin ürün ve hizmetlerle alakalı fikirlerini ve karar vermelerini etkileyen faktörleri belirlemedeki rolünü kavraması gerekmektedir (Roblek ve diğ, 2016). Üretim sektöründe yer alan şirketlerin, günümüz müşterilerinin endişesi olan çevresel konulara ve mahremiyet kavramına önem vermeleri, müşterilerin yeni değer yargı ve isteklerine hızlı bir şekilde cevap vermeyi öğrenmeleri gerekmektedir (WEF, 2016).

Endüstri 4.0 uygulamaları için teknoloji ve çalışan konuları takip eden bölümlerde ayrı başlıklar altında incelenmiştir.

### **3.5.1 Teknolojiye yönelik uygulama önerileri**

Endüstri 4.0 konseptini oluşturan yeni teknolojiler, fiziksel yapılar ve bilgi arasındaki engelleri kaldırarak, yeni ve dijital iş ve market modellerinin geliştirilmesini ve bu sayede rekabetçiliğin artırılmasını gerektirmektedir (Pereira ve Romero, 2017). Eski sistemlerin, yeni teknolojiler eklenerek ve geliştirilerek gerçek zamanlı sistemlere dönüştürülmesi, bilişim ve iletişim teknolojileri endüstrisinin makine, fabrika ve mekatronik sistem üreticileriyle bir arada çalışarak, tüm ortaklar için uygun olan iş modellerinin gelişmesini sağlaması, işletmelerin Endüstri 4.0'a geçişini kolaylaştıracak temel ölçülerdir (Kagermann ve diğ, 2013).

Endüstri 4.0'ın uygulanabilmesi ve insanlar tarafından kabul edilebilmesi için siber fiziksel sistem temelli üretim sistemlerine tasarım aşamasında güvenli olma özelliği eklenmesi, bilişim sistemleri güvenliği stratejileri, yapıları ve standartları geliştirilmesi, dijital bilginin, fikri mülkiyet hakları ve verinin korunabilmesi için



uygun fiyatlı çözümler sunulması gerekmektedir (Kagermann ve diğ, 2013). Benešová ve Tupa (2017), Endüstri 4.0'ın aşamalara bölünerek uygulanmasını önermektedir. Birinci aşama uygun ve gelişmiş bir bilişim sisteminin uygulanmasını; ikinci aşama otomatik makinelerin uygulanmasını; üçüncü aşama birinci ve ikinci aşamada uygulananların sağladığı verinin analizinin yapılmasını ve dördüncü aşama otomatikleşen üretim için çalışmaları içermektedir. Kagermann ve diğ. (2013) ise Endüstri 4.0 stratejisinin uygulanabilmesi için üç önemli noktadan bahsetmektedir: (i) değer ağları aracılığıyla yatay entegrasyon, (ii) değer zinciri boyunca uçtan uca dijital mühendislik entegrasyonu, ve (iii) dikey entegrasyon ve ağ bağlantılı üretim sistemleri. Dikey-yatay entegrasyon ve uçtan uca mühendislik sayesinde işletmeler pazar fiyatına hızlı, zamanında ve hatasız üretim yapabilecektir.

Üretim ve pazarlamanın geliştirilmesi, üretim süreçlerinin kontrolünün artırılması ve üretim seviyesinde insan müdahalesini azaltma, akıllı fabrikaya ulaşmak için gerekliliklerdir (Chen ve diğ, 2017). Üretim teknolojilerinin, akıllı donanım ve yazılımların geliştirilmesi gerekmektedir. Endüstri 4.0, günümüzde kullanılan yazılımları ortadan kaldırmaktan ziyade, yazılımların daha karmaşık işlevler görebilecek hale gelmelerini zorunlu kılmaktadır (GTAI, 2014). Üretim hattının yeniden yapılandırılabilmesi, dinamik planlama ve bilgi birleşimi için tüm üretim ekipmanının zeka seviyesinin artırılması, üretim ekipmanının çevresi ve diğer cihazlarla bağlantı ve işbirliği içerisinde olması gerekmektedir (Chen ve diğ, 2017). Üretim ortamının ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilen metot, yaklaşım ve uygulama örnekleri değer ağının farklı seviyelerine dağıtılarak disiplinler arası bilgi ve teknoloji aktarımı gerçekleştirilmelidir (Kagermann ve diğ, 2013). Akıllı fabrikalarda kullanılacak makinelerin sürekli aktif ve birbirleriyle iletişim halinde olmaları gerektiğinden, takiplerinin ve bakımlarının da düzenli bir şekilde yapılması gerekmektedir (Lee ve diğ, 2018).

Günümüzde piyasadaki ürünlerin az sayıda ve çok çeşitte üretilebilir özellikte olması sebebiyle üretim hatlarının birimleri hızlı bir şekilde yapılandırması ve fabrikanın ürün tipi ve miktarlarını gerçek zamanlı olarak ayarlaması gerekmektedir (Chen ve diğ, 2017). Geleneksel fabrikadan akıllı fabrikaya dönüşüm için yeni süreçlere uygun olarak ayarlanmış yeni teknolojiler kullanılmalıdır. Akıllı fabrika konseptinin tam olarak ne ifade ettiğini anlamak, gelecekteki fabrikaları anlamayı kolaylaştıracaktır.

Kaynağı az olsa da teknolojik gelişmelerin sunduğu fırsatları kullanabilen işletmeler başarılı olacaktır (Störmer ve diğ., 2014).

Chen ve diğ. (2017), akıllı fabrika uygulaması için fiziksel kaynak, ağ ve veri uygulama katmanlarından oluşan bir hiyerarşik yapı önerisinde bulunmuştur. Fiziksel kaynak katmanı, akıllı üretime imkan veren ve üretim süreçlerini oluşturan bütün üretim kaynaklarını; ağ katmanı akıllı fabrika algı ve kontrolünü içermektedir. Fiziksel kaynak katmanında karşılaşılan sorunlar için yeniden ayarlanabilir üretim birimi, modüler üretim birimleri, ayarlanabilir kontrolör, yeniden ayarlanabilir üretim hattı ve akıllı veri edinimi önerilerinde bulunmaktadır. Zawadzki ve Żywicki (2016) ise akıllı fabrikanın verimli işleyişi için iki temel bileşenden bahsetmektedir:

- Akıllı ürün tasarımı
  - Kolay, hızlı ve ilk seferde kusursuz olan tasarımıdır.
  - Bilgi tabanlı mühendislik (KBE: Knowledge Based Engineering), bu tasarımı mümkün kılar.
  - KBE sistemleri, tasarımın rasyonelleştirilmesini sağlar.
  - Sanal gerçeklik, müşteri fikirlerinin doğrulanmasını ve farklı ürün varyantlarının karşılaştırılmasını sağlar.
  - Sanal prototipe ek olarak fiziksel prototipin de hazırlanması gerekir.
  - Hızlı prototiplendirme yöntemleri, fiziksel prototipin hazırlanması için iyi bir çözüm yöntemidir.
- Akıllı üretim kontrolü
  - Üretim sistemine içeriden ve dışarıdan etki eden bütün faktörlere dinamik bir şekilde tepki verebilen kontrol yöntemlerinin kullanılması gerekir.
  - Nesnelerin interneti konsepti ve artırılmış gerçeklik teknolojisi, üretim kontrolüne dahil edilmelidir.

Kitlesele kişiselleştirmenin gerçekleştirilebilmesi için sanal gerçeklik ve eklemeli üretim gibi yeni teknolojilere yatırım yapılması, kitlesele kişiselleştirmenin bir rekabetçi strateji olabilmesi için işletmelerin esnek bir üretim sistemi aracılığıyla müşterilerin ihtiyaçlarına hızlı cevap verebiliyor olması gerekmektedir. Bilgiye, büyük boyuttaki verilerin alışverişi ve analizine, simülasyonlar ile test edilen çözümlere dayandırılarak iyileştirilen ürün tasarlama, hazırlama ve kontrol süreçlerine sahip olmadan kitlesele kişiselleştirme gerçekleştirilemeyecektir (Zawadzki ve Żywicki,

2016). Ürünleri uygun hizmetlerle birleştirecek yeni iş modelleri geliştirilmelidir (Kagermann ve diğ, 2013).

Endüstri 4.0 ve dijital dünya için önemli bir strateji olan ve gerçek dünyada insan gücü ile yapılan işlerin otomatikleştirilerek dijital ortama taşınmasını sağlayan modellerin kullanımı, artan karmaşıklığı yönetmeye yardımcı olacaktır. Modellerin kullanımının yayılması için mühendislerin sağlanacak yararlar konusunda bilgilendirilmesi, mühendislere gerekli metot ve araçlar sunulması, modelleme yapılırken fabrikada gerçekleşen tüm süreçlerin vaka bazlı ele alınması gerekmektedir. Otomasyon mühendisliği ve sistem eniyilemesi konusunda metodoloji ve pilot uygulama araştırma ve eğitim inisiyatifi öncelik kazanmalıdır (Kagermann ve diğ, 2013).

Kagermann ve diğ. (2013), işbirliği içerisinde olan tüm ortakların ürün ve hizmetlerine uygulanacak genel bir referans mimarisi önermektedir. Referans mimarisinde yer alması gereken perspektifler aşağıdaki gibidir:

- Üretim süreci perspektifi
- Üretim sürecindeki ağ bağlantılı cihazlar perspektifi
- Üretim ortamındaki yazılım uygulamaları perspektifi
- Bir veya birden fazla işletmenin kullandığı yazılım uygulamaları perspektifi
- Üretim sistemindeki mühendislik perspektifi

Referans mimarisi yukarıdan aşağıya doğru değil, farklı noktalardan aşamalı olarak geliştirilmelidir. Üretim sistemlerinin yeniden yapılandırılabilirliği için birimlere ayırım ve yeniden kullanım stratejileri geliştirilmeli, hem ürünün hem de üretim sisteminin modüler olarak tasarlanması ve farklı disiplinleri içermesi sağlanmalıdır (Kagermann ve diğ, 2013). Otonom üretim yapısını kurmak için çalışmaların devam etmesi gerekmektedir (Wang ve diğ, 2016).

Fabrikaların akıllı hale gelebilmesi için yapılabilecek şeylerden biri hem organizasyon yapısının hem de ürün ve süreç teknolojilerinin modüler hale getirilmesidir (Radziwon ve diğ, 2014; Wang ve diğ, 2016). Dinamik pazarların ortaya çıkardığı ürün kişiselleştirmesinin doğurduğu sorunlara, modüler yapı ve akıllı üretim sistemi konsepti çözüm olarak sunulabilmektedir (Reitze ve diğ, 2018). Chen ve diğ. (2017), modüler üretim birimleri arasında işbirliğinin sağlanması, her bir ürüne uygun olan birim kombinasyonları oluşturulması ve sadece ürün gerekliliklerinin değil, aynı zamanda akıllı fabrika verimliliğinin sağlanması gerektiğini belirtmektedir. Buna ek olarak Weyer ve diğ. (2015) modüler yapı ve üretim sistemleri için bir yaklaşım sunmuş,

gerekli olan hızlı ve esnek üretim yapısının, modüler yapıları fabrikaların meydana getirilmesi ile mümkün olduğunu, çok sayıda alt sistemden oluşacak yapının mekanik, elektrik ve haberleşme standartlarının tanımının yapılmasının, üretimi oluşturan birimlerin ve süreçlerin birlikte çalışabilirliğini garantiyeceğini ifade etmiştir.

Kagermann ve diğ. (2013), standardizasyon çalışmalarının, işbirliği mekanizmaları ve alışverişi yapılacak bilgiye odaklı olması ve otomasyon alanında var olan standartların, yeni bir evrensel referans mimarisine birleştirilmesi, var olan ve özel şartlara dayanan standartların evrensel standartlara dönüştürülmesi gerektiğini söylemiş, standardizasyon çabalarının daha hızlı şekilde ilerlemesini sağlayacak açık işletim sistemleri, açık geliştirme araçları ve açık iletişim altyapısı yaklaşımlarını sunmuştur. Temel bilişim ve iletişim teknolojileri otomasyon mühendisliğinin ihtiyaçlarını karşılamak üzere adapte edilmeli, üretim teknolojileri ve bilgi teknolojileri sistemlerine siber fiziksel sistem kabiliyeti kazandırılmalıdır. Hızlı değişen ve karmaşıklığı artan küresel pazarın yönetilebilmesi için bilişim ve iletişim teknolojilerinin geleneksel ileri teknoloji stratejileriyle birleştirilmesi gerekecektir.

Endüstri 4.0 vizyonunun uygulanması için ağ altyapısının genişletilmesi ve ağ hizmet kalitesinin artırılması gerekmektedir (Kagermann ve diğ, 2013). Endüstriyel kablosuz ağ teknolojisi hızlı, güvenilir, erişim yoğunluğu yüksek ve enerji tüketimi düşük veri edinimini mümkün kılmalıdır (Chen ve diğ, 2017). Fiziksel cihazlar ile ağ arasındaki bağlantının çok iyi bir şekilde yapılması gerekmektedir (Lee ve diğ, 2017). Var olan iletişim ağları geliştirilerek, daha büyük miktarlarda ve kalitede verinin alışverişinin sağlanmasına uygun hale getirilmeli, iş ağları için siber fiziksel sistem platformlarında yer alan hizmet ve uygulamalara göre bilgi teknolojileri geliştirilmelidir (Kagermann ve diğ, 2013). Sorunların çözülmesi akıllı ağ yönetimine bağlıdır ve ağ yapılandırmasının esnek hale getirilmesi önemli bir araştırma konusudur (Chen ve diğ, 2017). Birçok kişi tarafından kullanılacak geniş altyapının oluşturulabilmesi için sadelik, ölçeklenebilirlik, güvenlik, kullanılabilirlik ve karşılanabilirliğin sağlanması gerekmektedir (Kagermann ve diğ, 2013).

Literatürde uygulama önerileri arasında sunulan nesnelere interneti, siber fiziksel sistemler, büyük veri analizi, emniyet ve güvenlik konuları takip eden bölümlerde biraz daha ayrıntılı olarak incelenmiştir.

### 3.5.1.1 Nesnelerin interneti

Bilgi entegrasyonu ve endüstriyelleşme için önemli olan nesnelerin interneti, eş zamanlı ekipman kontrolünü ve ağ güvenliğini sağlayabilmelidir (Chen ve diğ, 2017). Fabrikada ve ofiste yer alacak çok çeşitli ve yüksek sayıda nesnelerin interneti cihazını kaldırabilecek endüstriyel nesnelerin interneti altyapısı zorunludur. Bu konuda Lee ve diğ. (2017), endüstriyel nesnelerin interneti bulut platformu ve endüstriyel nesnelerin interneti akıllı merkezini önermektedir. Xu ve diğ. (2014), nesnelerin internetinin doğru uygulanışı için endüstride maliyet, güvenlik, mahremiyet ve risk faktörlerinin iyice anlaşılması, nesnelerin internetinde yer alan farklı cihazlar sebebiyle, ağların ve var olan şifreleme teknolojilerinin tekrar gözden geçirilerek nesnelerin internetine uygun hale getirilmesi gerektiğini söylemiş ve nesnelerin interneti alanından bazı araştırma trendlerini sıralamıştır:

- Sosyal ağ kurmanın nesnelerin interneti çözümlerine entegre edilmesi
- Yeşil nesnelerin interneti teknolojilerinin geliştirilmesi
- Bağlam bilinçli nesnelerin interneti özel yazılım çözümleri geliştirilmesi
- Akıllı nesnelerin yaratılması için yapay zeka tekniklerinin kullanılması
- Nesnelerin interneti ve bulut bilişimin birleştirilmesi

### 3.5.1.2 Siber fiziksel sistemler

Siber fiziksel sistem platformlarında kişiselleştirme, karmaşıklık ve örgütsel işbirlikleri ile baş edebilecek yeni metotlara ihtiyaç olacaktır. Lee ve diğ. (2015), siber fiziksel sistemlerin uygulanması için beş katmanlı bir yapı önermiş ve bu yapı için gerekli teknolojileri belirtmiştir. 5C olarak adlandırılan seviye yapısının katmanları aşağıdaki gibidir:

- Akıllı bağlantı:
  - Doğru sensörler seçilerek ve doğru veri edinimi yönetimi prosedürü uygulanarak makine ve bileşenlerinden kesin ve güvenilir veri edinilmesidir.
- Veriden bilgiye dönüşüm:
  - Çeşitli araç ve yöntemleri veriden anlamlı bilgi edinilmesi makinelere özfarkındalık kazandırır.
- Siber:

- Ağın parçası olan makinelerin tamamından bilgi alan merkezi bilgi dağıtıcısı görevi görür ve yapılan analizle makinelerin kendini diğer makinelerle karşılaştırmasına olanak sağlar.
- Bilişsel:
  - İzlenen sistemden edinilen bilginin kullanıcılara aktarılması ve doğru kararların verilmesinin sağlanmasıdır.
- Yapılandırma:
  - Siber dünyadan fiziksel dünyaya geri bildirim yapılarak makinelerin kendini yapılandırabilir ve uyum sağlayabilir hale getirilmesidir.

Müller ve diğ. (2017) ise siber fiziksel sistemlerin uygulanmasında önemli olan sensör teknolojisi, koordinasyon ve kontrol, gerçek zamanlılık ve bakım sorunlarıyla alakalı çözüm örneklerine yer vermiştir.

### **3.5.1.3 Büyük veri analizi**

Hizmetin kalitesini arttırarak müşteri memnuniyetini sağlayabilmek için üretim sektöründe olduğu gibi büyük veri analizi gibi uygulamalar gerekmektedir (Shamim ve diğ, 2017). İşletmelerin büyük veri ve kontrol problemi için tercih ettiği çözüm tek ve güvenli bir bulut platformudur (Lee ve diğ, 2017). Modüler üretim sistemlerinde her aşamadaki veriye sürekli olarak erişim sağlanmalı (Weyer ve diğ, 2015), farklı tür verilerin ve uç cihazların çeşitliliğinin doğuracağı sorunlar dikkate alınmalıdır (Kagermann ve diğ, 2013).

Üretimi oluşturan bütün oluşumlar veri toplama ve veri birleştirme yapabilecek hale getirilmeli, bütün veri kaynakları kalite analizi gibi birçok ürün hizmeti verebilecek bir hizmet platformunda toplanmalıdır. Hızlı üretim ve veri analizinin gerçekleşebilmesi için daha yüksek standartlarda veri edinimi gerçekleştirilmelidir. Farklı cihazlardan farklı çeşit ve kalitede elde edilen verinin iletişim arayüzünün, iletişim protokollerine uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Ürünün kendisinin de bir veri kaynağı ve veri toplayıcı haline gelebilmesi için ürün tasarımına alıcı ve geri bildirim mekanizmaları eklenmelidir (Chen ve diğ, 2017).

### **3.5.1.4 Emniyet ve güvenlik**

Endüstri 4.0'da evrensel emniyet ve güvenlik yaklaşımları benimsenmeli, ürün ve tesislerin insan ve çevreye zararı önlenmeli, sahip olunan veri ve bilginin tehlikeli kullanıcıların eline geçmesi ve kullanılması engellenmelidir (Kagermann ve diğ,

2013). Xu ve diğ. (2014), güvenlik mekanizması için dikkat edilmesi gereken noktaları aşağıdaki gibi sıralamaktadır:

- Güvenlik ve mahremiyetin sosyal, yasal ve kültürel açıdan tanımı
- Güven ve itibar mekanizması
- İletişim güvenliği
- İletişim ve kullanıcı verisi mahremiyeti
- Hizmet ve uygulama güvenliği

Emniyet ve güvenlik konusunda proaktif bir yaklaşım gerekmektedir (Kagermann ve diğ, 2013).

### **3.5.2 Çalışana yönelik uygulama önerileri**

İnsanın bu akıllı sistem içerisindeki yeri çok önemlidir. Çok sayıda akıllı makine ve robotun çalışıyor olacağı akıllı fabrikalarda insanın sürece sağlıklı bir şekilde dahil edilmesi, araştırmaların üzerine yoğunlaşması gereken bir konudur (Zhong ve diğ, 2017). İnovasyonlar yöneticilere ve organizasyonel desteğe bağlıdır. Değişikliği ve yenilenmeyi destekleyen organizasyon ortamı sağlanmalı, yöneticiler değişime inanmalı ve inovasyonu destekleyici tavır sergilemelidir. Fakat sadece teknolojik inovasyon, geçiş süreci için yeterli olmayacak, insan kaynağının desteğinin alınabilmesi için psikolojik inovasyonun da gerçekleşmesi gerekecektir. Desteği hisseden çalışan, akıllı fabrikalara ulaşmayı kolaylaştıracaktır (Palazzeschi ve diğ, 2018).

Yaratıcı ve yenilikçi bir iş ortamının oluşması için organizasyonel yapı önemlidir. Geleneksel organizasyonların resmi, katı ve merkezi yapısı yaşanacak değişimlere uygun değildir. Endüstri 4.0, esnek yapılu organizasyonlar gerektirmektedir. Takım bazlı bir yapı çalışanları motive edecek, merkezi olmayan bir matris yapı sık görülen değişimlere hızlı cevap verilmesini, hızlı kararlar alınmasını sağlayacaktır. Bugüne kadar öne sürülen yöneticilik biçimleri, Endüstri 4.0 için yeterli olmayacaktır. Eğitim, bilgi yönetimi, yenilikçiliği destekleyecek ve ortamını sağlayacak yeni yönetim biçimleri geliştirilmelidir (Shamim ve diğ, 2017).

Teknolojik alanlarda kalifiye çalışanlara ihtiyaç duyulduğu kadar yöneticilik yapacak kişilerin de yönetim stratejilerini yeni gerekliliklere adapte etmeleri gerekmektedir (Pereira ve Romero, 2017). Politika belirleyicilerin esnek ve dinamik bir beceri yatırım ortamı sağlaması, işverenleri bu konuda cesaretlendirmesi, bireylere yüksek kaliteli

kariyerlere erişme yetkisi vermesi ve düşük vasıflı işgücünün değişen iş piyasasıyla mücadele etmesini sağlayacak strateji geliştirmesi (Störmer ve diğ, 2014), daha cesaretli bir yönetim anlayışının hakim olması gerekmektedir (WEF, 2016).

Çalışanların eğitim, tecrübe ve yeteneklerinin kişinin ve işletmenin inovasyon kapasitesini artırabilmesi, öğrenme ve uygulamayı destekleyen insan merkezli iş düzenlemesi ile mümkündür. İş organizasyonu ve tasarımı modelleri, merkezi olmayan liderlik ve yönetim yaklaşımlarını ve otonomluğu birleştirmelidir (Kagermann ve diğ, 2013). İşletmeler hazır insan sermayesi kullanmakla yetinmemeli, ihtiyaçları olan kabiliyeti elde edebilmek için iş anlayışlarını ve yönetimlerini adapte etmelidir (WEF, 2016). WEF (2016) yayınladığı raporda, bu konuya ilişkin kısa ve uzun vadeli eylem önerileri sunmaktadır:

- Kısa vadeli eylem önerileri:
  - İnsan kaynakları fonksiyonunu yeniden keşfetmek
  - Veri analizinden faydalanmak
  - Yetenek çeşitliliği
  - Esnek çalışma düzeni ve çevrimiçi yetenek platformlarından yararlanmak
- Uzun vadeli eylem önerileri:
  - Eğitim sistemlerini yeniden gözden geçirme
  - Sürekli öğrenmeyi teşvik etme
  - Sektörler arası ve kamu-özel sanayi iş birliği

Teknolojik sebeplerden dolayı yaşanacak işsizliğin önüne, yeni iş tanımları yapılarak ve var olan çalışanlar bu işlere adapte edilerek geçilmelidir (Roblek ve diğ, 2016; alıntılanan Pereira ve Romero, 2017). Hem operasyonel seviyede hem de yönetim seviyesinde çalışanlar, karmaşıklığı artan yeni görevlerini yapabilmek için yeni teknolojilere başvurmalıdır (Prinz ve diğ, 2016). Gelecek iş gücünün yönetimi, işletmelerin öncelikleri arasında yer almalıdır (WEF, 2016).

Çalışanlar açısından önemli olan yetkinlik, eğitim ve değerlendirme konuları takip eden bölümlerde ayrı başlıklar altında incelenmiştir.

### **3.5.2.1 Yetkinlikler**

Değişimin doğru şekilde yönetilebilmesi için var olan beceri ve yeteneklerin geliştirilmesi, çalışanlara yeni beceri ve yeteneklerin kazandırılması gerekmektedir.



İşverenlerin tedarik zincirlerinin küresel hale gelmesi ve gerekli olan becerilerin kazanılması için lider rolünü üstlenmesi, becerileri yönetmesi, eğitim sektörüyle işbirliğini artırması ve işgücünde meydana gelecek kültürel farklılıklara hazırlıklı olması gerekmektedir (Störmer ve diğ, 2014).

Çalışanlar üretim sistemini oluşturan genel konsept ve bütün bağlantıları anlamalı ve anlamlandırabilmeli, bütüncül organizasyonel model prensiplerini öğrenmeli, sistemler çalışanlara şeffaf bir şekilde tanıtılarak, çalışanların yaptıkları işte emin olmaları sağlanmalıdır (Kagermann ve diğ, 2013). Çalışanların mekana bağlı olmayan, ağ, teknoloji ve proje bazlı yeni iş doğasına adapte olması, disiplinler arası rahat bir şekilde hareket edebilmesi ve becerilerin kazanılması konusunda daha fazla sorumluluk alması gerekmektedir (Störmer ve diğ, 2014). Otomasyon sebebiyle çalışanların kendi çalıştıkları işletmelerin iş aşamalarını iyi bilmesi, bakım ve problem çözme becerilerini geliştirmesi gerekmektedir (WEF, 2016).

Hecklau ve diğ. (2016), ortaya çıkan sorunların belirlenmesi, bu sorunlarla başa çıkacak yetkinliklerin belirlenmesi ve bu yetkinliklerin uygun bir araçla görselleştirilmesinden oluşan bir yetkinlik modeli sunmaktadır. Teknik, metodolojik, sosyal ve bireysel olmak üzere dört kategoride toplanan yetkinliklere bakıldığında çalışanların bilişim teknolojilerine ve kodlamaya hakim olması, iletişimlerinin yazılı ve sözel olarak iyi olması, takım çalışmasına yatkın olmaları, problem çözme odaklı, esnek ve öğrenmeye istekli olmaları gerektiği sonucuna varılmaktadır. Benešová ve Tupa (2017) ise çalışmalarında, bilişim ve üretim alanında çalışacak olanların mesleklerini ve mesleklerinin gerekliliklerini tanıtmaktadır.

Çalışanların farklı disiplinlerle işbirliği yapması gerekecektir. Bu nedenle disiplinler arası becerilere önem verilmelidir (Kagermann ve diğ, 2013). Geleceğin mühendisleri hem yumuşak becerilerini geliştirmeli hem de son zamanlarda bahsi geçen dijital becerileri anlayıp edinmelidir (Motyl ve diğ, 2017). Teknik alanlarda çalışanların teknik becerilerine ek olarak kişilerarası becerilerini geliştirerek, ortaya konan yeni ürün ve hizmetleri müşterilere anlamlı bir şekilde aktarabilmelidir (WEF, 2016). Çalışanların yetenek ve tecrübelerini hem yaratıcı tasarım ve planlama süreçlerinde, hem de operasyonel çalışma ortamında kullanmaları için bağlılığı artırılmalı ve katılımı desteklenmelidir (Kagermann ve diğ, 2013).

### 3.5.2.2 Eğitim

Gerekli yeteneklerin kazandırılması veya geliştirilmesi konusunda işletmeler arası işbirliklerinin kurulması avantaj sağlayacaktır (WEF, 2016). Yüksek öğrenim kurumları Endüstri 4.0 konsepti için gerekli olan yeteneklerin neler olduğu konusunda derin araştırmalar yapmalı ve öğrencileri bu alanlarda geliştirmek amacıyla eğitim programlarında güncellemeler yapmalıdır. Endüstri 4.0 konsepti ve bu konsepti oluşturan başlıca teknolojiler akademik programlara dahil edilerek, değişim için en önemli kriter olan insanın yetiştirilmesi için çaba sarf edilmesi gerekmektedir (Motyl ve diğ., 2017). Dijital ekonominin ihtiyaçlarının eğitime yansması için üretim endüstrisi ile olan iletişimin artırılması, bilim ve mühendislik alanlarına erişimin sağlanması ve proje yönetimi gibi aktarılabılır becerilere önem verilmesi gerekmektedir (Kagermann ve diğ., 2013). Yeni yetki ve yeteneklerin kazandırılması noktasında şirketler ve yükseköğrenim kurumları bir araya gelmeli, bilim ve mühendislik araştırmaları işgücü için ulaşılabilir ve kullanılabilir hale getirilmelidir (Motyl ve diğ., 2017). Eğitim sağlayıcıların işverenlerle daha fazla çalışması, eğitimden beklenen çeşitli talepleri anlaması ve esnek öğrenme biçimleri geliştirmesi gerekmektedir (Störmer ve diğ., 2014).

Endüstri 4.0'ın performansı çalışma ve öğrenmenin birbirine entegre edilmesi ile artırılmaktadır (Schuh ve diğ., 2015; alıntılayan Lu, 2017). Karmaşık çalışma düzenlemeleri için organizasyonel tasarım geliştirilmelidir (Kagermann ve diğ., 2013). Eski çalışanların üretim süreçlerine hakim olması sebebiyle motive edilmeleri (Benešová ve Tupa, 2017) ve çalışanlara gerekli eğitimlerin verilmesi gerekmektedir (Palazzeschi ve diğ., 2018). Verilen eğitimler kişileri sadece kendi alanlarında geliştirme üzerine olmamalı, çalışanlar teknolojilerin hepsine hakim hale getirilmelidir (Shamim ve diğ., 2017). Prinz ve diğ. (2016), öğrenme hedeflerini aşağıdaki gibi sıralamaktadır:

- Yüksek miktarda veri ve bilgi ile uğraşmak
- Yeni metot ve teknolojiler kullanmak
- Yeni örgütsel yapı biçimlerine alışmak
- Yeni üretim süreçlerinde insanın sahip olduğu role alışmak

Endüstri 4.0 stratejisine uyum sağlayabilen insan kaynağının elde edilebilmesi için yapılacak eğitimlerde yeni teknolojiler kullanılacaktır (Benešová ve Tupa, 2017). Sosyal zorluklarla başa çıkabilmek için yeni bilişim ve iletişim teknolojileri

kullanılarak çalışanların eğitim verimliliği, içeriden ve dışarıdan motivasyonu artırılabilir (Stock ve Seliger, 2016).

### **3.5.2.3 Değerlendirme**

İşe alma sırasında adaylarda aranması gereken en önemli özellikler teknoloji kabulü ve yeniliklere açıklık olmalıdır. Endüstri 4.0'ın temelinde yatan teknolojilerin benimsenebilmesi için bu özellikler mecburidir. Çalışanların performansları üzerine katılımlarını artıracak, onları kendilerini geliştirmeye motive edecek geri bildirimler sık aralıklarla yapılmalı, hedef odaklı değerlendirmeler yapılmalıdır. Maaşlar geleneksel sistem üzerine olmamalı, çalışanların hem kişisel hem grup çıktıları göz önünde bulundurulmalıdır. Organizasyonel performans önemsenmelidir (Shamim ve diğ, 2017). İşlerin tasarımı, çalışanların alacağı rol, yaş, eğitim, tecrübe ve kültürünü hesaba katarak tasarlanmalı (Kagermann ve diğ, 2013), iş rotasyonları, esnek atamalar ve geniş kapsamlı yetki verme içermelidir (Shamim ve diğ, 2017).



#### **4. DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN PROJE YÖNETİCİLERİNİN YETKİNLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Endüstri 4.0'ın genel çerçevesi çizilmek istendiğinde üstünde durulması gereken bazı anahtar kelimeler bulunmaktadır. Bunlar; akıllı olma, otomasyon, dijitalleşme, kişiselleştirme, merkezi olmayan kontrol ve esnekliktir. Anahtar kelimeler, işletmelerin geçirmek zorunda olduğu değişimi ifade etmektedir. Bu değişimi gerektiren ise yeni teknolojilerdir. Proje yöneticileri yeni teknolojileri kullanan, yeni işletmelerde projeler gerçekleştirmek zorundadırlar. Bu durumun proje yöneticilerinin sorumluluklarını yerine getirmesini sağlayacak başlıca yetkinliklerini şekillendirmesi kaçınılmazdır.

Literatürde yer alan bazı çalışmalar dördüncü sanayi devriminde proje yönetiminin ve proje yöneticisinin sahip olması gereken yetkinliklerin üzerinde durmaktadır. Örneğin, Pajares ve diğ. (2017), karmaşıklığın artması sebebiyle geçerliliğini kaybeden geleneksel proje yönetimi yerine yeni projelerin yönetimi için metodik yaklaşımlar sunmaktadır:

- Yeni teknolojik projeler, proje yönetimi ve yenilik yönetiminin entegre edilmesini gerektirecektir.
- Proje takımı, müşteri ve paydaşların ürün ve işlevselliği üzerine bir arada çalışmasını ifade eden “çevik” yaklaşımın geliştirilmesi ve benimsenmesi yararlı olacaktır.
- Proje yöneticisinin yeni yetkinlikleri karmaşıklık ve inovasyon odaklı olacaktır.
- Proje yöneticileri kapsam, maliyet, zaman üçgeninden ziyade projenin ekonomik, stratejik değerine odaklanmalı, iş odaklı olmalıdır.
- Proje yöneticileri hem aktör hem de lider olarak yer alabileceği bir ağ içerisinde güven ve işbirliğini sağlama gibi yetkinlikler geliştirmelidir.
- Son zamanlarda ürün yaşam döngülerinin kısalması sebebiyle projelerde zaman faktörünün önemi artmaktadır. Bu nedenle proje yöneticisi ve takımı zaman baskısı altında çalışabilmek zorundadır.

- Geleneksel proje yönetiminde odak fiziksel bir çıktı elde etmek iken, artık odak ürün veya hizmetin pazar içerisindeki başarısıdır. Bu nedenle proje yöneticileri fiziksel çıktı yerine iş odaklı olmalıdır.
- Endüstri 4.0 projelerinde teknolojik karmaşıklığın yüksek olması sebebiyle farklı uzmanlıkları olan şirketler açık ve yenilikçi bir ortamda bir arada çalışacaktır. Bu nedenle proje yöneticilerinin bu yenilikçi ortamda, farklı insan ve şirketlerle çalışmayı mümkün kılacak beceriler geliştirmesi gerekecektir.
- Pazarda ortaya çıkan yeni fırsatlar start-up şirketlerin sayısını artıracaktır. Bu nedenle proje yöneticilerinin pazarın durumuna göre çıktısı şekillenen start-up şirketlere uygun bir yönetim şekli benimsemesi gerekecektir.

Schmid (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, dijitalleşen dünyada çalışanların geliştirmesi gereken dört temel yetkinlik tipinin profesyonel, veri ve bilişim teknolojisi, sosyal ve kişisel yetkinlikler olduğu belirtilmiştir (alıntılayan Kravcik ve diğ., 2018). Wahlund ve Wahlberg (2018) dijitalleşme ile birlikte önem kazanacak yetkinlikleri analitik yetkinliği, iş modeli yetkinliği, güvenlik ve mahremiyet yetkinliği, değişim istekliliği, yaratıcılık ve ilişkiyi sürdürme yetkinliği olarak sıralamıştır. Grzybowska ve Łupicka (2017) ise Endüstri 4.0 ile gelen zorlukların yaratıcılık, girişimci düşünce, problem çözme, çatışma çözme, karar verme, analitik yetkinlikler, araştırma yetkinlikleri ve etkinlik oryantasyonu ile aşılabileceğini söylemiş, söz konusu yetkinliklerin önemlerinin sektörlere göre farklılık gösterebileceğini belirtmiştir.

Hem teknik hem de sosyal açıdan değişen işletmeler, aynı şekilde proje yöneticilerini de hem teknik hem de sosyal açıdan değiştirecektir. Proje yönetimi literatüründe yer alan ve yukarıda örnekleri verilen çalışmalar bu değişimi farklı açılardan desteklemektedir. Endüstri 4.0 konseptinin işletmelere etkilerinin değerlendirildiği çalışmaların olduğu sonuçlar ile bu dönem öncesinde gerçekleştirilen çalışmaların olduğu sonuçlar, benzerlikler kadar, farklılıklar da göstermektedir. Proje yöneticilerinin yetkinlikleri üzerine yapılan çalışmalarda belirtilmiş olan yetkinlikler, literatürde var olan ve kabul gören yetkinlik gruplandırmaları ile eşleştirildiğinde, söz konusu farklılıklar gözlemlenebilir hale gelmektedir. Bu doğrultuda, literatürde proje yöneticilerinin sahip olması gerektiği belirtilen yetkinlikler, yaygın olarak kullanılmakta olan ve Çizelge 4.1 verilen dört farklı yetkinlik modelinde ((i) Harvard yetkinlik modeli, (ii) McBer yetkinlik modeli, (iii) Rothwell ve Dubois yetkinlik

modeli ve (iv) Wyoming yetkinlik modeli) yer alan ve halihazırda şirketlerde işe alım, performans değerlendirme, vb. insan kaynakları uygulamalarına temel teşkil eden bilgi sahipliği, esneklik, etkileme/ikna etme, iletişim, liderlik, müşteri odaklılık, takım çalışması/işbirliği, vb. davranışsal yetkinliklerle eşleştirilmiştir (Bkz. Çizelge A.1) (detaylar için Bkz. Ek B). Eşleştirme sonucunda belirlenen yetkinlikler Çizelge 4.2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1: Yetkinlik modelleri.**

Harvard Yetkinlik Modeli	McBer Yetkinlik Modeli	Rothwell ve Dubois Yetkinlik Modeli	Wyoming Yetkinlik Modeli
Uyumluluk	Başarı Odaklılık	Çatışma Yönetimi	Fikrini Savunma, Etkileme ve Girişimcilik
Başarı Odaklılık	Analitik Düşünme	Yaratıcı Düşünme	Ortaklık Kurma
Uygulamalı Öğrenme	Kavramsal Düşünme	Müşteri Odaklılık	Kurumsal İşbirliği
Takım Kurma	Müşteri Odaklılık	Kararlılık	Kararlılık
Müşteri Odaklılık	Başkalarını Geliştirme	Değerlendirme	Durum Tespiti
Ortaklık Geliştirme	Yönlendiricilik	Dışsal Farkındalık	Etkileme
Pozitif İş İlişkileri Geliştirme	Esneklik	Finansal Yönetim ve Sorumluluk	İç/Dış Kurumsal Farkındalık
Güven	Etkileme ve İkna Etme	Esneklik	Vizyon
Koçluk	Bilgi Arama	Performans Yönetimi	Bütçesel ve Mali Hesap Verebilirlik
İletişim	İnisiyatif	İş Hayatı Kalitesinin Artırılması	Değişim Yönetimi
Sürekli Öğrenme	Kişilik Bütünlüğü	İşe Alım ve İşe Atama	Koçluk, Danışmanlık ve Mentorluk
Takım Başarısına Katkı	Kişilerarası Anlayış	Etkileme	Çatışma Yönetimi
Müşteri Odaklılık	Örgütsel Farkındalık	İşbirliği	Gelişim ve Sürekli Öğrenme
Karar Verme	Örgütsel Bağlılık	Liderlik	Çok Kültürlü Yaklaşım
Delegasyon	İlişki Yönetimi	Yönetim Kontrolü	İnsan Kaynağı Yönetimi
Başkalarını Geliştirme	Özgüven	Çok Kültürlü Yaklaşım	Motivasyon
Enerji	Liderlik	Sözlü İletişim	Program/Proje Yönetimi
Değişimi Kolaylaştırma	Takım Çalışması/İşbirliği	Planlama	Stratejik Planlama ve Değerlendirme
Takip Etme		Problem Çözme	Takım Kurma
Sunum Yapma		Özyönetim	Uzlaşma ve Müzakere
Mutabakat Sağlama		Takım Kurma	Bilgi Yönetimi
Etkileme		Teknik Bilgi ve Beceriler	Müşteri Odaklılık
Bilgi İzleme		Teknoloji Yönetimi	Esneklik ve Uyumluluk
İnisiyatif		Vizyon	Ağ Geliştirme
İnovasyon		Yazılı İletişim	Kaynak Yönetimi
Liderlik			Çözümleyici Yaklaşım
Çatışma Yönetimi			Nezaket ve Diplomasi
İş/Zaman Yönetimi			Takım Çalışması
Toplantı Liderliği			Öğrenme
Toplantı Katılımı			Matematiksel Muhakeme
Müzakere			Temel Bilgisayar Becerileri
Planlama ve Organizasyon			Analitik Yaklaşım
Kalite Odaklılık			Dinleme
Risk Alma			Problem Çözme
Güvenlik Bilinci			Okuma/Okuduğunu Anlama
İkna Etme			Muhakeme
Stratejik Karar Verme			Sözlü İletişim

**Çizelge 4.1 (devam) : Yetkinlik modelleri.**

Harvard Yetkinlik Modeli	McBer Yetkinlik Modeli	Rothwell ve Dubois Yetkinlik Modeli	Wyoming Yetkinlik Modeli
Stres Toleransı			Yazılı İletişim
Teknik Bilgi ve Beceriler			Güven
Dayanıklılık			İnisiyatif/Sonuç Odaklılık
Çok Kültürlü Yaklaşım			Kişilik Bütünlüğü/Dürüstlük/Etik
Standart Odaklılık			İletişim
			Sorumluluk, Kurumsal Disiplin
			Stres Toleransı
			Öğrenmeye İstekli Olma

**Çizelge 4.2: Eşleştirme sonucunda elde edilen yetkinlikler listesi.**

Yetkinlikler				
Analitik Yaklaşım	Düzen Yaratma (Planlama, Organizasyon)	İnsan Yönetimi	Ortam Yaratma	Sorun Çözme
Bilgi Sahipliği	Etkileme/İkna Etme	İş Yönetimi	Özyönetim	Stratejik Düşünme
Bilgi Teknolojileri	Finansal Yönetim	İşbirliği/Takım Çalışması	Planlamacı Yaklaşım	Stres Yönetimi
Çevre Bilinci	Gelişim Yönetimi	Karar Verme	Proje Yönetimi	Veri Analitiği
Çok Kültürlü Yaklaşım	Girişimci Yaklaşım	Kaynak Yönetimi	Risk Yönetimi	Verimlilik Yönelimlilik
Değişim Yönetimi	Güçlendirme	Kişilik Bütünlüğü	Sistemik Yaklaşım	Teknoloji Yönetimi
Dijital Dönüşüm	İletişim	Liderlik	Sonuç Odaklılık	Yenilikçi Yaklaşım
Durumsallık, Esneklik	İnisiyatif	Müşteri Odaklılık	Sorumluluk, Kurumsal Disiplin	

Çizelge A.1, dijitalleşme öncesinde ve sonrasında proje yöneticilerinin sahip olması gereken yetkinlikleri inceleyen çalışmalar olarak iki farklı gruba ayrılarak incelendiğinde, bazı yetkinliklerin önemi dijital dönüşüm öncesinde vurgulanmakla birlikte yaşanan dijital dönüşümle birlikte bu önemin giderek artmakta olduğu; bazı yetkinliklerin ise Endüstri 4.0 ile birlikte ortaya çıktığı görülmektedir. Bahsi geçen bu yetkinlikler Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

**Çizelge 4.3: Dijital dönüşüm döneminde ihtiyaç duyulan proje yöneticisi yetkinlikleri.**

Dijital Dönüşümle Birlikte Önemi Artan Yetkinlikler	Dijital Dönüşümle Birlikte Ortaya Çıkan Yeni Yetkinlikler
Çok Kültürlü Yaklaşım	Dijital Dönüşüm
Değişim Yönetimi	Veri Analitiği
Durumsallık, Esneklik	
Gelişim Yönetimi	
Girişimci Yaklaşım	
Müşteri Odaklılık	
Yenilikçi Yaklaşım	

Dijital dönüşüm, işletmelerin hem kurumsal hem de teknik dönüşümlerini kapsamaktadır. Çağa uyum sağlamak için geçirilmesi mecburi hale gelen dijital



dönüşüm, nesnelerin interneti, büyük veri, bulut, robot, simülasyon ve artırılmış gerçeklik gibi birçok yenilikçi teknolojinin işletmelerde gerekli yerlerde ve en uygun şekilde uygulamasının yapılması ile gerçekleşmektedir. Bu noktada uygulama öncesinde atılacak adımların hesaplanması ve bir yol haritası çizilmesi gerekmektedir (Pinzone ve diğ., 2017). Endüstri 4.0'a geçiş projesi gibi değerlendirilebilecek olan bu aşamada proje yöneticilerinin aktif rol oynaması ve liderlik yapması son derece önemlidir. Yeni teknolojilerin uygulanabilmesi, ancak işletmelerin elindeki kaynakların verimli kullanılması ve proje yöneticilerinin alınacak stratejik kararlarda yönlendirici olmaları ile mümkündür.

Bir işletmenin dijitalleşmesi, iş modelinin günümüz iş yapış tarzına ve pazar koşullarına uyum sağlayacak şekilde güncellenmesini gerektirmektedir. Hangi müşteri grubuna hangi yöntemlerle hizmet verileceği, elde bulunan kaynakların ve yeni teknolojilerin nasıl değerlendirileceği, hangi şirketlerle ne şekilde işbirliği yapılacağı, yeni pazar koşulları göz önünde bulundurularak cevaplanması gereken sorulardır. Bu süreç içerisinde yatırım-kazanç dengesi sağlanmakla birlikte (Kagermann ve diğ., 2013), aynı zamanda karşılaşılabilecek fırsat ve zorluklar da değerlendirilmelidir (Müller ve diğ., 2018). Bu nedenle proje yöneticilerinin sahip olması gereken başlıca yetkinliklerden biri "**girişimci yaklaşım**" yetkinliğidir. Proje yöneticileri değişim için inisiyatif kullanmalı ve sorumluluk almaktan kaçınmamalıdır.

Değişen iş modeli, işletme içerisindeki tüm departmanları, hatta farklı işletmeleri birbirine bağlayan evrensel bir ağı zorunlu kılmaktadır. Çünkü Endüstri 4.0'a yönelik bilişim teknolojisi yapı ve platformlarının uygulanması, ancak bu dijital ağların kurulması ile mümkün olacaktır. İşletme içerisindeki tüm robot, makine, ürün ve insanlar, bahsedilen bu dijital ağın bir parçası olacaktır. Bu dijital ağların kurulabilmesi için yüksek bir standardizasyon ihtiyacı söz konusu olup (Kagermann ve diğ., 2013), buna ek olarak hem makine hem de insanları yönetmesi gereken proje yöneticilerinin oluşacak **yeni ağların tasarımı, kurulumu ve kullanımı** konularında yetkin olmaları gerekmektedir (Pinzone ve diğ., 2017).

Nesnelerin interneti ve yapay zekanın yaygınlaşması, proje yönetimi ve yöneticilerini büyük oranda etkileyecektir. Nesnelerin interneti ile özellikle nesnelerin yoğun olduğu alanlarda çalışan proje yöneticileri, işletmenin sahip olduğu tüm nesnelerin durum bildirimlerine sürekli olarak maruz kalacak ve nesnelerin interneti projelerini gerçekleştirecektir. Yapay zeka ile birlikte proje yöneticileri kendileri müdahale

etmeden güvenlik ve süreklilikten emin olabilecek ve proje yöneticilerinin sorumlulukları arasında yer alan iş tayin etme ve performans ölçme artık otomatik olarak gerçekleştirilebilecektir (Burger, 2017a). Yapay zeka kendisine sunulan veriyi kullanarak iyileştirme yapılmasını sağlayacak geri bildirimlerde bulunabilecek, yapay zekanın tekrar eden işleri üstlenmesi sayesinde çalışanlar “yaratıcılık” ve “yeniliğe” odaklanma şansı bulacaktır (“The Evolution of Project Management – Trends for 2018”, 2017). Proje takımı için çalışan seçimlerinin yapılması, çalışanın ritmine uygun iş tayini yapılarak boş zamanın en aza indirilmesi, bir çalışanın ayrılması durumunda o zamana kadar yapılan iş kayıtları incelenerek iş bilgisinin yeni çalışana aktarımının sağlanması, insanların fark edemeyeceği tehlikeli durumların önceden fark edilerek önlem alınması ve projenin durmaksızın yönetilmesi yapay zekanın proje yönetimine sağlayacağı katkıya verilebilecek örnekler arasında yer almaktadır (Burger, 2017b).

Teknolojik gelişmelerle birlikte üretilen giyilebilir cihazlar, proje yöneticisine çalışanlarının bedensel ve duygusal verilerini sunarak çalışanların daha verimli çalışabileceği iş ortamının sağlanması için gereken değişikliklere ilişkin bilgileri, üretilen ürünlere ilişkin bilgileri, vb. daha birçok farklı alandaki bilgiyi sunabilecektir (“The Evolution of Project Management – Trends for 2018”, 2017). Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanılacağı tesislerde, proje yöneticileri sadece insanlarla değil aynı zamanda işbirlikçi robotlarla da iletişim içerisinde olacaktır. Robotların izlenmesi veya kontrolü sensörlerin yardımı, tablet ve benzeri dijital cihazların kullanımı ile uzaktan yapılabilecek, cihazların bakımı için artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılabilir (Pinzone ve diğ, 2017). Oluşum içi yer tespiti ve obje tanıma teknolojileriyle malların takibi görselleştirilebilecektir (Lee ve diğ, 2017). Yeni izleme ve takip teknolojilerinin kullanımı ile gerçek zamanlı yönetim mümkün olacaktır (Pinzone ve diğ, 2017). Sonuç olarak, proje yöneticileri insan ve makine yönetimini sürekli olarak gerçekleştirebileceklerdir.

Dijital ikiz sayesinde simülasyonlar üretim ile eş zamanlı olarak gerçekleştirilebilecektir. Simülasyonların gerçekleştirilebilmesi için modelleme araçlarının kullanımının öğrenilmesi gerekecek (Pinzone ve diğ, 2017) ve artırılmış gerçeklik sayesinde insan-makine etkileşimi mümkün olacaktır (Siepmann, 2016; alıntılan Wagner ve diğ, 2017). Bu noktada, insan ve makinelerin bir arada çalışacağı ortamlarda, **gelişmiş insan-bilgisayar arayüzlerinin seçimi, tanımı ve**

**entegrasyonu**, proje yöneticilerinin yetkin olmaları gereken konular arasında yer almaktadır (Pinzone ve diğ, 2017).

Endüstri 4.0 teknolojilerinin kullanımı ile birlikte büyük veri kavramının içeriği de artarak genişlemektedir. Dolayısıyla da, dijital ağın parçası olan tüm cihazların sürekli olarak sunacağı verilerin yönetimi konusu önem kazanmaktadır. Bu konuda önem verilmesi gereken ilk işler veri iletişim protokollerinin seçimi ve uygulanması ile veri akış modellerinin tasarımıdır. Proje yöneticilerinin üretimin modellenmesi ve planlaması için farklı cihaz ve sensörlerden elde edilecek büyük verinin analizini yapabilmeleri, analizi gerçekleştirecek uygulama ve araçların geliştirilmesi ve kullanımı hakkında bilgi sahibi olmaları ve depolama ve paylaşma gibi büyük veri yönetimi konuları için dijitalleşmenin temel teknolojilerinden olan bulut bilişimine hakim olmaları gerekecektir (Pinzone ve diğ, 2017). Büyük veri ile alakalı olan tüm bu sorumlulukları yerine getirmeyi mümkün kılacak bir yetkinlik olarak tanımlayabilecek “**veri analitiği**”, yetkinliği, işletmenin sürekli olarak sunacağı tüm bilgilerin verimli bir şekilde kullanılarak projelerin gerçekleştirilmesi için büyük önem arz edecektir.

Akıllı fabrikalarda fiziksel ortamın sanal bir kopyasının oluşturulması sayesinde bilgi kullanılabilir hale gelmekte (Lin ve diğ, 2017) ve elde edilen bu bilgi şirketlere güç katmaktadır. Yaşanan gelişmeler doğrultusunda bilgi aktarımı, birleşimi, gelişimi ve yönetiminde verimlilik sağlanmakta (Lu, 2017) ve buna paralel olarak veri analizi sayesinde karar verme süreci kolaylaşmaktadır (Rüßmann ve diğ, 2015). Geçmişle kıyaslandığında giderek artan veri depolama kapasiteleri sayesinde sürekli veri akışı sağlanabilmekte ve böylelikle kesintisiz üretimi gerçekleştirmek mümkün olmaktadır (Roblek ve diğ, 2016). Fakat, elde edilen büyük verinin yönetimi, hangi verinin ne şekilde kullanılacağı konusunda yetkin olmayı gerektirmektedir (Wang ve diğ, 2016). Buna ek olarak siber güvenlik de üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. Bu noktada kişisel verilerin yönetimi (Kagermann ve diğ, 2013) gibi konularda kalıcı çözümlerin getirilebilmesi için siber güvenlik şirketleriyle işbirliği içerisine girilmelidir (Rüßmann ve diğ, 2015). Siber güvenliğin yanı sıra fiziksel güvenlik de üstünde durulması gereken diğer önemli bir konudur.

Endüstri 4.0, teknolojik değişimler kadar sosyal değişimleri de beraberinde gerektirmektedir. Projelerin, teknik unsurların yanı sıra sosyal unsurları da kapsamlarında barındırması sebebiyle, dijitalleşme süreci kapsamında teknolojik

dönüşümü gerçekleştirmenin yanı sıra sistem içerisinde yer alan insan faktörünü dönüştürmek de proje yöneticilerinin sorumlulukları arasında yer almaktadır.

İşletme içerisindeki değişimi yönetmek geçmişten beri var olan bir yetkinlik olsa da, Endüstri 4.0, tesisler için çok daha kapsamlı ve temelden gerçekleşmesi gereken bir değişimi ifade etmektedir. Günümüze kadar gerçekleştirilen işlevsel faaliyetler zamanla küçük değişiklikler veya gelişmeler geçirmişken, gelişen yeni teknolojiler ve ortaya çıkan yeni iş yapma biçimleri işletmelerin varlığını tehlikeye sokmaktadır. Bu nedenle **değişimin yönetilmesi** sürecinde proje yöneticilerine düşen ilk görev değişimi desteklemektir. İşletmelerin dönüşümü, ancak değişimin mümkün olduğuna inanan ve değişim için çaba sarf etmeye hazır olan çalışanlar ile mümkün olacaktır (Wahlund ve Wahlberg, 2018).

Endüstri 4.0'da gerekli olan insan katkısı göreceli olarak düşmekte (Lin ve diğ, 2017) ve üretim seviyesinde gerçekleştirilen görevlerin içerikleri, daha çok yönetim ve kontrol çalışanlarının görev içeriklerine dönüşmektedir (Neugebauer ve diğ, 2016). Bilişim ve iletişim teknolojileri alanında yeni meslekler ortaya çıkmakta (Bonekamp ve Sure, 2015) ve yaşanan dönüşüm dolayısıyla çalışan sayılarının azalacağı düşünülmektedir (Stock ve Seliger, 2016). Bu dönüşüm esnasında aynı zamanda var olan çalışanların iş profilleri ve çevreleri de değişmektedir (Pereira ve Romero, 2017). Tüm bu değişimler proje yöneticilerini, proje üyelerinin değerlendirilme biçimlerini güncellemeye zorlamakta ve yaşanan değişimin yönetiminde yeni sosyal altyapıya dikkat edilmesini zorunlu kılmaktadır (Kagermann ve diğ, 2013).

İşletmelerin geçirdiği değişimlere adapte olmaya çalışmak, proje üyelerini birçok farklı açıdan zorlayacaktır. Sahip olunan beceriler, kullanımına aşına olunan uygulama ve teknikler, Endüstri 4.0'ın meydana getirdiği yeni fabrikalarda yetersiz kalacaktır. Artık robotların üretimde yer alarak, tekrar eden işlemleri yerine getirebilecek olması, çalışanlara kendilerini geliştirebilme şansı tanıyacaktır. Yetersizliğin ve eksikliklerin tespit edilmesi ile birlikte, çalışanların kendilerini geliştirecekleri, sürekli öğrenebilecekleri ve öğrendiklerini test edebilecekleri ekosistemi oluşturmak en büyük ihtiyaçlardan biri olacaktır. Yeni mesleklerin ortaya çıkmasıyla birlikte çalışanların iş bazlı eğitimlere olan talebi artacak, maliyeti düşük, çevrimiçi eğitimler tercih edilecektir (Störmer ve diğ, 2014). Proje gruplarını oluşturacak olan çalışanların **gelişimini doğru bir şekilde yönetmek**, proje yöneticilerine düşen önemli görevlerden biri olacaktır. Bu noktada proje üyelerinin becerilerini artırılmış gerçeklik

gibi yeni teknolojileri kullanarak geliştirme ve benzeri yeni yöntemlere başvurulması gerekecektir.

Değişimin en az yıpratıcı olacak şekilde gerçekleştirilmesi, standartların işletmelere adapte edilmesini ve çalışanların değişim kapasitelerinin ve yeteneklerinin doğru şekilde değerlendirilmesini gerektirmektedir (International Project Management Association [IPMA], 2015). Bu noktada, “**esneklik**” proje yöneticilerine standartların adaptasyonu konusunda yardımcı olmakla birlikte, projelerin artan belirsizliğiyle başa çıkmayı da sağlayacak önemli bir yetkinliktir. Endüstri 4.0 literatüründe esneklik, müşterilerin birbirinden farklı taleplerine hızlı bir şekilde uyum sağlamak üzere üretim bantlarının sahip olması gereken bir özellik olarak ifade edilmektedir. Buna paralel olarak, proje yöneticilerinin de gerçekleşen her türlü değişime ve beklenmeyen olaya hızlı bir şekilde uyum sağlayabilmeleri, diğer bir ifadeyle, esnek olmaları gerekmektedir.

Akıllı fabrikaları meydana getiren siber fiziksel sistemler otonom hale gelerek kendi kendini organize etmekte (Weyer ve diğ, 2017; Lee ve diğ, 2017), merkezi olmayan kararlar vermekte (Lin ve diğ, 2017) ve özerklik kazanmaktadır (GTAI, 2014; Hermann ve diğ, 2016). Bu durumunun bir sonucu olarak geleneksel hiyerarşik yapı önemini kaybetmektedir (Störmer ve diğ, 2014). Geleceğin projelerinde çalışanların birden fazla projede yer alması (Benešová ve Tupa, 2017) veya farklı sanal işbirliklerinin gerçekleştirilmesi (Störmer ve diğ, 2014) gibi etkenler, çapraz fonksiyonel yönetim kabiliyetinin önemini artıracak (Hirsch-Kreinsen, 2014; Porter ve Heppelmann, 2014; alıntılan Bonekamp ve Sure 2015) ve proje yöneticilerinin esnekliğini de gerektirecektir.

Dijital dönüşüm sürecinin sonucunda üretim sektöründe yer alan işletmeler inovasyon kapasitelerini artırmak zorunda kalacak ve bu kapsamda inovasyon süreçlerinde dijital platformların kullanılması gibi uygulamalara önem verilecektir (Störmer ve diğ, 2014). Yeni üretim tesislerinde, yeni teknolojilerin kullanılacak olması, var olan iş süreçlerine farklı bir bakış açısıyla yaklaşma, yeni yöntemler keşfetme ve yeni yaklaşımlar benimseme konusunda çalışanları zorlayacaktır. Endüstri 4.0, çalışanların kendi sınırlarını zorlamalarına, kalıpların dışında düşünmelerine, hem zaman hem de imkan sağlayacaktır. Bu bağlamda, çalışanlar sadece fiziksel güç gerektiren işleri yapmak yerine, yenilikçi araştırmalar da yapabileceklerdir. Grubun bu doğrultuda ilerleyebilmesini desteklemek için proje yöneticilerinin **yaratıcı olmaları ve yenilikçi**

**bir yaklaşım** benimsemeleri gerekecek, ayrıca teknolojik trendlerin takip edilmesi de önem arz edecektir (Chen, 2017).

Günümüz müşterileri önceki dönemlerle kıyaslandığında çok daha bilinçli olup, yeni tedarik zinciri yapıları ile birlikte üretim süreçlerinde eskisinden çok daha aktif bir rol almaktadırlar. Satın aldıkları ürünlerin tam olarak hangi işlevleri yerine getirmesi ve nasıl görünmesi gerektiği konularında katı kuralları olan yeni tip müşteriler, işletmeleri kendi iş yapış şekillerini güncellemeye zorlamakta ve üretimin her aşamasında söz sahibi olmak istemektedirler. Bu doğrultuda, söz konusu müşteriler, Endüstri 4.0 ile birlikte üretim zincirine erken dahil olma şansı yakalamakta (Stock ve Seliger, 2016), bu durum ise işletmeleri daha kişiselleştirilmiş ürünler sunmaya zorlamaktadır.

Kişiselleştirmenin gerçekleştirilebilmesi için müşteri taleplerinin ayrıntılı ve kolay bir şekilde alınabileceği kullanıcı uyumlu tasarımların yapılması gerekmektedir. Ürünlerin modüler hale getirilmesi bu tasarımlara bir örnektir (Jazdi, 2014; alıntılanan Pereira ve Romero, 2017). Aynı şekilde ürün satışı sonrası müşterilerin ürün ile ilgili sürekli olarak destek alabileceği kanalların oluşturulması ve sürekli olarak aktif tutulması gerekmektedir. Ayrıca, yeni bilgi ve müşteri ilişkileri yönetimi için gelişmiş destek hizmetlerinin sunulması da gerekmektedir (Roblek ve diğ, 2016). Bu noktada proje yöneticilerinin görevi, müşterilerin sözlü taleplerinin ve ihtiyaçlarının karşılanmasını hedefleyen **müşteri odaklı bir yaklaşım** benimsemek ve bu sayede müşteri ile üretici arasında köprü görevi görmektir.

Günümüzde birçok şirket çok uluslu bir yapıya sahiptir ve bu nedenle “kültürel farkındalık”, yöneticilerde bulunması gereken önemli bir özellik olarak kabul edilmektedir. Çok uluslu bir yapıya sahip olabilen proje gruplarını yönetirken farklı değer ve kültürleri kenetleme görevi proje yöneticilerine düşmektedir (IPMA, 2015). Fakat Endüstri 4.0 ile birlikte ortaya çıkan evrensel ağlar, birlikte yapılabilecek çalışmaların boyutunu genişletecek, farklı coğrafyalarda yer alan şirketlerin işbirliği içerisine girme oranını artıracaktır. Yeni değerler yaratma arayışına giren şirketler tarafından, içinde farklı sektörlere ait şirketlerin çalışanlarının da yer aldığı, çok uluslu proje takımları kurulacaktır. Proje yöneticilerinin, bu yapıdaki proje takımlarını **çok kültürlü bir yaklaşım** ve uzaktan müdahale edebilmeyi sağlayacak yöntemler benimseyerek yönetmeleri gerekecektir.

Störmer ve diğ. (2014), gelecekte işlerin genelini proje bazlı olacağını öngörmektedir. Yapay zeka, mobil görüntüleme ve yazılım sistemleri sayesinde iş eliminasyonu (Rauch ve diğ, 2016), üç boyutlu yazıcı gibi eklemeli üretim çeşitleri sayesinde israfın azaltılması, uçtan uca şeffaflık sayesinde karar vermenin iyileşmesi (Kagermann ve diğ, 2013) ve proaktif karar vermenin mümkün olması (Chen, 2017) gibi birçok değişim, projelerden elde edilecek çıktının iyileştirilmesine olanak sağlayacaktır. Fakat bu durum **insan yönetimi** konusunda proje yöneticilerine düşen sorumlulukları artıracak ve zorlaştıracaktır. Dört jenerasyondan oluşan işgücünün yönetimi (Störmer ve diğ, 2014) ve var olan iş-özel hayat dengesi potansiyeli (Kagermann ve diğ, 2013), proje gruplarının dinamiğini oluşturma konusunda proje yöneticilerine zorluk yaratacaktır. Buna ek olarak tedarikçi, üretici ve müşteri arasında sürekli olarak gerçekleştirilmek zorunda olan iletişim, proje yöneticilerinin farklı iletişim biçimleri ve insan yönetimi konusunda yetkin olmasını zorunlu kılacaktır.

Endüstri 4.0 var olan şirketler için maliyetin yüksek (Jäger ve diğ, 2016), örgütsel karmaşıklığın fazla (Stock ve Seliger, 2016) ve kaynağın kısıtlı (WEF, 2016) olduğu bir resim ortaya koymaktadır. Bu süreçte karşılaşılabilecek zorlukların kapsamını ve boyutunu işletmelerin ölçeği belirlemekle birlikte (Kagermann ve diğ, 2013; Schumacher ve diğ, 2016; Müller ve diğ, 2018), özellikle Endüstri 4.0'ın tam olarak anlaşılabilmesi sebebiyle uygulamada çeşitli sorunlar yaşanmaktadır (Hermann ve diğ, 2016). Uygulama aşamasında karşılaşılan tüm bu sorunlarla baş edilerek çözüm odaklı adımların atılabilmesi için, proje yöneticilerinin **problem çözme** yetkinliğine sahip olmaları gerekmektedir (WEF, 2016).

Toplumsal ve ekonomik gelişmelerle birlikte teknolojik gelişmeler de sürekli olarak devam etmektedir. Teknolojik gelişmelerle birlikte kapsamı artan bilişim ve iletişim teknolojileri ise sistemleri akıllı ve oldukça hızlı kılmaktadır (Neugebauer ve diğ, 2016). Hızlı hareket kabiliyetine sahip olan sistemlerin de hızlı bir şekilde yönetilmeleri gerekecektir (WEF, 2016). Bu nedenle işlerin çoğunluğunun proje bazlı olacağı Endüstri 4.0'da, proje yöneticilerinin de **hızlı hareket etmeleri** faydalı olacaktır.





## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gençleşen nüfus, bağlantıda olmak isteyen müşteriler ve yeni teknolojiler iş yapış şekillerini değişime zorlamaktadır. Dijital dönüşüm, işletmelerin değer yargılarını, kullandıkları kaynakları, hizmet ettikleri müşterileri ve müşterilerine ulaşma biçimlerini etkilemektedir (Tolboom, 2016). Dijitalleşen ekonomide değişime hızlı cevap vermek, kısa sürede risk veya sonuç analizi yapmak, doğru iş kararları almak rekabetçilik için vazgeçilmez hale gelmektedir ve değişen pazara göre çevik bir şekilde doğru stratejik kararlar alamayan örgütler büyük zarara uğramaktadır (Thiry, 2013).

Ülkemiz dijital dönüşüm potansiyeline sahip fakat tam anlamıyla hazır olmayan bir ülkedir. Bu nedenle ülkemizin gelişmiş ülkelerle rekabetini sürdürebilmesi için zaman içerisinde gerekli dijitalleşme adımlarını atması gerekmektedir. Geçirilecek olan değişime liderlik edecek önemli kişilerden olan proje yöneticileri Endüstri 4.0 kavram ve uygulamalarına hakim olmak ve uygulama sırasında karşılaşılabilecek her türlü zorluğa hazırlıklı olmak zorundadırlar.

Bu doğrultuda çalışma içerisinde sırasıyla proje yönetimi, proje yöneticisi yetkinlikleri ve Endüstri 4.0 hakkında kapsamlı bir şekilde araştırma yapılmış, dijital dönüşümün proje yöneticilerinin yetkinlikleri üzerinde nasıl bir etkiye sahip olacağı konusunda değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda iki önemli sonuca ulaşılmıştır:

- (i) Çok kültürlü yaklaşım, değişim yönetimi, durumsallık/esneklik, gelişim yönetimi, girişimci yaklaşım, müşteri odaklılık ve yenilikçi yaklaşım geçmişte bahsi geçen fakat gelecekte vurgusu artan yetkinliklerdir.
- (ii) Dijital dönüşüm ve veri analitiği yetkinlikleri ise proje yöneticilerinin gelecekte sahip olması gereken yetkinliklerdir. Belirlenen tüm yetkinliklerin içeriklerine çalışma içerisinde ayrıntılarıyla yer verilmiştir.

Proje yöneticilerinin hem teknik konularda hem de iletişim ve işbirliği gibi sosyal konularda kendilerini geliştirmeleri, Endüstri 4.0'a geçiş sürecinde oldukça önemlidir. Dijitalleşme ile birlikte ihtiyaç duyulan esnek örgütsel yapılar için proje yönetimi uygulamalarının bütünleştirici, duyarlı ve ilgi çekici olması, proje yöneticilerinin çok

daha mobil, ulaşılabilir ve sanal olarak aktif olmalarını gerektirmektedir (Thiry, 2013). Dijitalleşme için dikkat edilmesi gereken en kritik nokta, iş ortamının değişime açık ve yeni yetkinlikler kazanmak için çaba gösteren çalışanlardan oluşturulmasıdır (Wahlund ve Wahlberg, 2018).

Bu çalışma kapsamında tespit edilen yetkinlikler, proje yöneticilerini kendilerini geliştirebilecekleri alanlar konusunda yönlendirici olma özelliğini taşımaktadır. Bundan sonraki çalışmalarda, bu çalışmada belirlenen Endüstri 4.0 koşullarının gerektirdiği yeni yetkinliklerin ve önemi arttığı değerlendirilen mevcut yetkinliklerin, anket, vb. yöntemlerle proje yöneticilerine sunularak uygulamadaki geçerlilikleri konusunda geri bildirim alınmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilebilir. Ayrıca belirlenen yetkinlikler konusunda proje yöneticilerinin ve ülkemizin hazır olma düzeylerinin ölçülmesine yönelik çalışmalar da yürütülebilir.

## KAYNAKLAR

- Abraham, S. E., Karns, L. A., Shaw, K., & Mena, M. A.** (2001). Managerial competencies and the managerial performance appraisal process. *Journal of Management Development*, 20(10), 842–852. <https://doi.org/10.1108/02621710110410842>
- Association for Project Management (APM)** (t.y.). What is project management? Erişim adresi <https://www.apm.org.uk/resources/what-is-project-management/>
- The Evolution of Project Management – Trends for 2018.** (2017). Erişim adresi <http://www.aisc.com/evolution-project-management-trends-2018/>
- Benešová, A., & Tupa, J.** (2017). Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. *Procedia Manufacturing*, 11, 2195–2202. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.366>
- Bonekamp, L., & Sure, M.** (2015). Consequences of Industry 4.0 on Human Labour and Work Organisation. *Journal of Business & Media Psychology*, (1), 33–40.
- Bredillet, C., Tywoniak, S., & Dwivedula, R.** (2015). What is a good project manager? An Aristotelian perspective. *International Journal of Project Management*, 33(2), 254–266. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.04.001>
- Brill, J. M., Bishop, M. J., & Walker, A. E.** (2006). The competencies and characteristics required of an effective project manager: A Web-based Delphi study. *Educational Technology Research and Development*, 54(2), 115–140. <https://doi.org/10.1007/s11423-006-8251-y>
- Burger, R.** (2017). The 5 Biggest Project Management Trends Shaping 2018. Erişim adresi <https://blog.capterra.com/the-5-biggest-project-management-trends-shaping-2018/>
- Burger, R.** (2017). I, Project Manager: The Rise of Artificial Intelligence in the Workplace. Erişim adresi <https://blog.capterra.com/i-project-manager-the-rise-of-artificial-intelligence-in-the-workplace/>
- Chen, B., Wan, J., Shu, L., Li, P., Mukherjee, M., & Yin, B.** (2017). Smart Factory of Industry 4.0: Key Technologies, Application Case, and Challenges. *IEEE Access*, 6, 6505–6519. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2783682>
- Cheng, M. I., Dainty, a R. J., & Moore, D. R.** (2005). What makes a good project manager? *Human Resource Management Journal*, 15(1), 25–37. <https://doi.org/10.1111/j.1748-8583.2005.tb00138.x>

- Chen, Y.** (2017). Integrated and Intelligent Manufacturing: Perspectives and Enablers. *Engineering*, 3(5), 588–595. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.04.009>
- El-Sabaa, S.** (2001). The skills and career path of an effective project manager. *International Journal of Project Management*, 19(1), 1–7. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(99\)00034-4](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00034-4)
- Fisher, E.** (2011). What practitioners consider to be the skills and behaviours of an effective people project manager. *International Journal of Project Management*, 29(8), 994–1002. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.09.002>
- Filho, M. F., Liao, Y., Loures, E. R., & Canciglieri, O.** (2017). Self-Aware Smart Products: Systematic Literature Review, Conceptual Design and Prototype Implementation. *Procedia Manufacturing*, 11, 1471–1480. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.278>
- Fantini, P., Pinzone, M., & Taisch, M.** (2018). Placing the operator at the centre of Industry 4.0 design: Modelling and assessing human activities within cyber-physical systems. *Computers & Industrial Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.01.025>
- German Trade & Investment (GTAI)** (2014). INDUSTRIE 4.0 Smart Manufacturing for the Future.
- Garel, G.** (2013). A history of project management models: From pre-models to the standard models. *International Journal of Project Management*, 31(5), 663–669. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.12.011>
- Gemünden, H. G., & Schoper, Y.** (2014). Future Trends in Project Management. *projektManagement aktuell*, 5, 6-16.
- Gentner, S.** (2016). Industry 4.0: Reality, Future or just Science Fiction? How to Convince Today's Management to Invest in Tomorrow's Future! Successful Strategies for Industry 4.0 and Manufacturing IT. *CHIMIA International Journal for Chemistry*, 70(9), 628–633. <https://doi.org/10.2533/chimia.2016.628>
- German Trade & Investment (GTAI)** (2014). INDUSTRIE 4.0 Smart Manufacturing for the Future.
- Grzybowska, K., & Łupicka, A.** (2017). Key competencies for Industry 4.0. In *Economics & Management Innovations* (pp. 250–253). <https://doi.org/10.26480/icemi.01.2017.250.253>
- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H.** (2016). Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. In *Procedia CIRP* (Vol. 54, pp. 1–6). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.102>
- Heerkens, G.** (2001). *Project Management*. McGraw-Hill.
- Hermann, M., Pentek, T., & Otto, B.** (2016). Design principles for industrie 4.0 scenarios. In *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences* (Vol. 2016–March, pp. 3928–3937). IEEE Computer Society. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2016.488>

- International Project Management Association (IPMA)** (2015). Individual Competence Baseline for Project, Programme & Portfolio Management, Version 4.0.
- Jäger, J., Schöllhammer, O., Lickefett, M., & Bauernhansl, T.** (2016). Advanced Complexity Management Strategic Recommendations of Handling the “industrie 4.0” Complexity for Small and Medium Enterprises. In *Procedia CIRP* (Vol. 57, pp. 116–121). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.021>
- Ko, D. G., & Kirsch, L. J.** (2017). The hybrid IT project manager: One foot each in the IT and business domains. *International Journal of Project Management*, 35(3), 307–319. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2017.01.013>
- Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J.** (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0, *acatech–National Academy of Science and Engineering. Frankfurt/Main, Germany*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1205.8966>
- Keil, M., Lee, H. K., & Deng, T.** (2013). Understanding the most critical skills for managing IT projects: A Delphi study of IT project managers. *Information and Management*, 50(7), 398–414. <https://doi.org/10.1016/j.im.2013.05.005>
- Krahn, J. & Hartment, F.** (2006). Effective project leadership: a combination of project manager skills and competencies in context. Paper presented at PMI® Research Conference: New Directions in Project Management, Montréal, Québec, Canada. Newtown Square, PA: Project Management Institute. <https://www.pmi.org/learning/library/leadership-project-manager-skills-competencies-8115>
- Kravicik, M., Wang, X., Ullrich, C., & Igel, C.** (2018, June). Towards Competence Development for Industry 4.0. *International Conference on Artificial Intelligence in Education* (pp. 442-446). Springer, Cham.
- Lee, C. K. M., Zhang, S. Z., & Ng, K. K. H.** (2017). Development of an industrial Internet of things suite for smart factory towards re-industrialization. *Advances in Manufacturing*, 5(4), 335–343. <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0197-2>
- Lee, G.-Y., Kim, M., Quan, Y.-J., Kim, M.-S., Kim, T. J. Y., Yoon, H.-S., ... Ahn, S.-H.** (2018). Machine health management in smart factory: A review. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 32(3), 987-1009. <https://doi.org/10.1007/s12206-018-0201-1>
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A.** (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Lin, K. C., Shyu, J. Z., & Ding, K.** (2017). A cross-strait comparison of innovation policy under industry 4.0 and sustainability development transition. *Sustainability (Switzerland)*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/su9050786>
- Loufrani-Fedida, S., & Missonier, S.** (2015). The project manager cannot be a hero anymore! Understanding critical competencies in project-based

- organizations from a multilevel approach. *International Journal of Project Management*, 33(6), 1220–1235. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.02.010>
- Lu, Y.** (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>
- Montequin, V. R., Nieto, A. G., Ortega, F., & Villanueva, J.** (2015). Managerial Style Profiles of Successful Project Managers: A Survey. In *Procedia Computer Science* (Vol. 64, pp. 55–62). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.463>
- Motyl, B., Baronio, G., Uberti, S., Speranza, D., & Filippi, S.** (2017). How will Change the Future Engineers' Skills in the Industry 4.0 Framework? A Questionnaire Survey. *Procedia Manufacturing*, 11, 1501–1509. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.282>
- Mrugalska, B., & Wyrwicka, M. K.** (2017). Towards Lean Production in Industry 4.0. In *Procedia Engineering* (Vol. 182, pp. 466–473). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.135>
- Murch, R.** (2001). *Project management: Best practices for IT professionals*. Prentice Hall Professional.
- Müller, E., Chen, X. L., & Riedel, R.** (2017). Challenges and Requirements for the Application of Industry 4.0: A Special Insight with the Usage of Cyber-Physical System. *Chinese Journal of Mechanical Engineering (English Edition)*, 30(5), 1050–1057. <https://doi.org/10.1007/s10033-017-0164-7>
- Müller, J. M., Kiel, D., & Voigt, K. I.** (2018). What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/su10010247>
- Nawa, K., Chandrasiri, N.P., Yanagihara, T. & Oguchi, K.** (2014). Cyber physical system for vehicle application. *Transactions of the Institute of Measurement and Control* 36, 898-905.
- Neugebauer, R., Hippmann, S., Leis, M., & Landherr, M.** (2016). Industrie 4.0 - From the Perspective of Applied Research. In *Procedia CIRP* (Vol. 57, pp. 2–7). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.002>
- Olsen, R. P.** (1971). Can project management be defined? *Project Management Quarterly*, 2(1), 12–14.
- Padalkar, M., & Gopinath, S.** (2016). Six decades of project management research: Thematic trends and future opportunities. *International Journal of Project Management*, 34(7), 1305–1321. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.06.006>
- Pajares, J., Poza, D., Villafañez, F. & López-Paredes, A.** (2017). Project Management Methodologies in the Fourth Technological Revolution. Hernández, C. (Ed.), *Advances in Management Engineering* içinde (112-144). Springer.

- Palazzeschi, L., Bucci, O., & Di Fabio, A.** (2018). Re-thinking innovation in organizations in the industry 4.0 scenario: New challenges in a primary prevention perspective. *Frontiers in Psychology*, 9(JAN). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00030>
- Pereira, A. C., & Romero, F.** (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206–1214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>
- Piccinini, E., Hanelt, A., Gregory, R., & Kolbe, L.** (2015). Transforming industrial business: the impact of digital transformation on automotive organizations.
- Pinzone, M., Fantini, P., Perini, S., Garavaglia, S., Taisch, M., & Miragliotta, G.** (2017). Jobs and skills in Industry 4.0: an exploratory research. In *IFIP International Conference on Advances in Production Management Systems (APMS)* (pp. 1–7). Springer International Publishing.
- Pirvu, B. C., & Zamfirescu, C. B.** (2017). Smart factory in the context of 4th industrial revolution: Challenges and opportunities for Romania. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 227). Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/227/1/012094>
- Project Management Institute (PMI)** (2004). What is project management? Erişim adresi: <https://www.pmi.org/about/learn-about-pmi/what-is-project-management>
- Pollack, J., & Adler, D.** (2015). Emergent trends and passing fads in project management research: A scientometric analysis of changes in the field. *International Journal of Project Management*, 33(1), 236–248. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2014.04.011>
- Prinz, C., Morlock, F., Freith, S., Kreggenfeld, N., Kreimeier, D., & Kuhlenkötter, B.** (2016). Learning Factory Modules for Smart Factories in Industrie 4.0. In *Procedia CIRP* (Vol. 54, pp. 113–118). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.105>
- Qin, J., Liu, Y., & Grosvenor, R.** (2016). A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and beyond. In *Procedia CIRP* (Vol. 52, pp. 173–178). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.08.005>
- Radziwon, A., Bilberg, A., Bogers, M., & Madsen, E. S.** (2014). The smart factory: Exploring adaptive and flexible manufacturing solutions. In *Procedia Engineering* (Vol. 69, pp. 1184–1190). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.108>
- Rauch, E., Dallasega, P., & Matt, D. T.** (2016). The Way from Lean Product Development (LPD) to Smart Product Development (SPD). In *Procedia CIRP* (Vol. 50, pp. 26–31). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.05.081>
- Reitze, A., Jürgensmeyer, N., Lier, S., Kohnke, M., Riese, J., & Grünewald, M.** (2018, April 9). Roadmap for a Smart Factory: A Modular, Intelligent Concept for the Production of Specialty Chemicals. *Angewandte*

*Chemie - International Edition.* Wiley-VCH Verlag.  
<https://doi.org/10.1002/anie.201711571>

- Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A.** (2016). A Complex View of Industry 4.0. *SAGE Open*, 6(2). <https://doi.org/10.1177/2158244016653987>
- Russell, R. S., & Taylor, B. W.** (2011). *Operations management: Creating value along the supply chain*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M.** (2015). Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries. *Boston Consulting Group*, 9(1), 54-89.
- Schumacher, A., Erol, S., & Sihm, W.** (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. In *Procedia CIRP* (Vol. 52, pp. 161–166). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>
- Shamim, S., Cang, S., Yu, H., & Li, Y.** (2017). Examining the feasibilities of Industry 4.0 for the hospitality sector with the lens of management practice. *Energies*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/en10040499>
- Silvius, A. J. G.** (2008). Project management 2027; the future of project management. *22nd IPMA World Congress "Project Management to Run" 9 - 11 November 2008, Roma, Italy*, (November), 1–6.
- Stevenson, D. H., & Starkweather, J. A.** (2010). PM critical competency index: IT execs prefer soft skills. *International Journal of Project Management*, 28(7), 663–671. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2009.11.008>
- Stock, T., & Seliger, G.** (2016). Opportunities of Sustainable Manufacturing in Industry 4.0. In *Procedia CIRP* (Vol. 40, pp. 536–541). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.01.129>
- Störmer, E., Patscha, C., Prendergast, J., Daheim, C., Rhisiart, M., Glover, P., & Beck, H.** (2014). The future of work: jobs and skills in 2030. *UK Commission for Employment and Skills (UKCES)*.
- Sumner, M., & Powell, A.** (2013). What project management competencies are important to job success? Americas conference on information systems AMCIS 2013 Chicago. *19th Americas Conference on Information Systems, AMCIS 2013 - Hyperconnected World: Anything, Anywhere, Anytime*, 5, 3978. Erişim adresi: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84893236525&partnerID=tZOtx3y1>
- Thiry, M.** (2013). The future of project management in a digitised economy. Paper presented at PMI® Global Congress 2013—EMEA, Istanbul, Turkey. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- Tjahjono, B., Esplugues, C., Ares, E., & Pelaez, G.** (2017). What does Industry 4.0 mean to Supply Chain? *Procedia Manufacturing*, 13, 1175–1182. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.191>
- Tolboom, I. H.** (2016). The impact of digital transformation.



- Trivellas, P., & Drimoussis, C.** (2013). Investigating Leadership Styles, Behavioural and Managerial Competency Profiles of Successful Project Managers in Greece. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 73, 692–700. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.02.107>
- Udo, N., & Koppensteiner, S.** (2004). What Are the Competencies of a Successful Project Manager? *The PMI Global Congress Proceedings in Prague*.
- Vaidya, S., Ambad, P., & Bhosle, S.** (2018). Industry 4.0 - A Glimpse. In *Procedia Manufacturing* (Vol. 20, pp. 233–238). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.034>
- Wagner, T., Herrmann, C., & Thiede, S.** (2017). Industry 4.0 Impacts on Lean Production Systems. In *Procedia CIRP* (Vol. 63, pp. 125–131). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.02.041>
- Wahlund, F., & Wählberg, V.** (2018). Digitalization & Competence Management. *Publications.Lib.Chalmers.Se*. Retrieved from <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/254870/254870.pdf>
- Wang, S., Wan, J., Li, D., & Zhang, C.** (2016). Implementing Smart Factory of Industrie 4.0: An Outlook. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/3159805>
- World Economic Forum.** (2016). The Future of Jobs: Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. *Global Challenge Insight Report, World Economic Forum, Geneva*.
- Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M., & Gorecky, D.** (2015). Towards industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. *IFAC-PapersOnLine* (Vol. 28, pp. 579–584). <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.143>
- Xu, L. D., He, W., & Li, S.** (2014). Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. IEEE Computer Society. <https://doi.org/10.1109/TII.2014.2300753>
- Zawadzki, P., & Żywicki, K.** (2016). Smart product design and production control for effective mass customization in the industry 4.0 concept. *Management and Production Engineering Review*, 7(3), 105–112. <https://doi.org/10.1515/mper-2016-0030>
- Zhong, R. Y., Xu, X., Klotz, E., & Newman, S. T.** (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. *Engineering*, 3(5), 616–630. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>
- Zulch, B.** (2014). Communication: The Foundation of Project Management. *Procedia Technology*, 16, 1000–1009. <https://doi.org/10.1016/j.protcy.2014.10.054>
- Zühlke, D.** (2010). SmartFactory – Towards a factory-of-things. *Annual Reviews in Control* 34(1), 129-138.



## **EKLER**

**EK A:** Dijitalleşme öncesi ve sonrası proje yöneticisi yetkinlikleri.

**EK B:** Dört yetkinlik modelini oluşturan yetkinliklerin tanımları.



**EK A****Çizelge A.1: Dijitalleşme öncesi proje yöneticisi yetkinlikleri.**

Dijitalleşme Öncesi		
Yazar	Yetkinlik	Gruplandırma
alıntılayan Abraham ve diğ, 2001	Liderlik	Liderlik
	Müşteri odaklı olma	Müşteri Odaklılık
	Sonuç odaklı olma	Sonuç Odaklılık
	Problem çözme	Sorun Çözme
	İletişim becerileri	İletişim
	Takım çalışması	İşbirliği/Takım Çalışması
Bredillet ve diğ, 2015	Modeller kullanılarak projenin sosyal ve çevresel etkisini inceleme	Proje Yönetimi
	Dış kısıtlar, değişim ve belirsizliğin sebep olduğu stresin yönetimi	Stres Yönetimi
	Bir proje yönetimi yazılımını kullanma	İş Yönetimi
	Tahmin ve hesaplamalar yapmak, teknik risk yönetimi	İş Yönetimi
	Teknik olmayan risk, takım, çatışma, paydaş yönetimi, adaptasyon ve sorgulama içeren teori ve teknikleri kullanma	İnsan Yönetimi
	Proje tecrübeleri ile öğrenilenler, yansıtmacı uygulama	Bilgi Sahipliği
Brill ve diğ, 2006	Dönüşümsel uzmanlık ve uygulamanın bilinçli gelişimi, öğrenilenleri eleştirel olarak belli olay ve durumlara çevirme ve adapte etme	Değişim Yönetimi
	Projenin hedeflerini bilme	Proje Yönetimi
	Projenin kapsamını bilme	İş Yönetimi
	İşini etik olarak yapma	Kişilik Bütünlüğü
	Projenin misyonunu bilme	Proje Yönetimi
	Proje başarısının nasıl ölçüldüğünü bilme	Proje Yönetimi
	Etkili bir şekilde dinleme	İletişim
	Başarıyı övme (Share credit for successes)	İnsan Yönetimi
	Mevcut kaynakları bilme	Proje Yönetimi
	Güçlü sözel iletişim becerilerine sahip olma	İletişim
Cheng ve diğ, 2015	Problemi tanıma	Sorun Çözme
	Proje yöneticileri hem görevi teslim aldığı üslerinin hem de proje takımı üyelerinin beklentilerini karşılama	İnsan Yönetimi
	Başarı oryantasyonu	Sonuç Odaklılık
	İnisiyatif	İnisiyatif
	Takım çalışması ve işbirliği	İşbirliği/Takım Çalışması
	Takım liderliği	İşbirliği/Takım Çalışması
	Analitik düşünme	Analitik Yaklaşım
	Kavramsal düşünme	Analitik Yaklaşım
Fisher, 2011	Esneklik	Durumsallık, Esneklik
	Davranışsal özellikleri kavrama	İnsan Yönetimi
	Öncülük etme	Liderlik
	Etkileme	Liderlik
	Canlandırıcı (Authentizotic) davranış	Liderlik

**Çizelge A.1 (devam) : Dijitalleşme öncesi proje yöneticisi yetkinlikleri.**

<b>Dijitalleşme Öncesi</b>			
<b>Yazar</b>	<b>Yetkinlik</b>	<b>Gruplandırma</b>	
Fisher, 2011	Çatışma yönetimi	İnsan Yönetimi	
	Kültürel farkındalık	Çok Kültürlü Yaklaşım	
	Farklı ülkelerin kültürlerini ve davranış biçimlerini daha iyi bilme ve kavrama	Çok Kültürlü Yaklaşım	
	Uygun süreç ve prosedürler geliştirme ve takip etme	Proje Yönetimi	
	İlerlemeyi kaydetme, sapmaları yönetme	İş Yönetimi	
	Projeyle alakalı bütün teknolojileri kullanma	Teknoloji Yönetimi	
	Farklı kaynaklardan düzenli olarak bilgi toplama	Bilgi Sahipliği	
	Karar öncesi gerekli büyüklükte veri toplama	Bilgi Sahipliği	
	Sayısal veriden sonuçlar çıkarma	Bilgi Sahipliği	
	İşletme içi ve dışında yer alan herkesle iletişime geçme	İşbirliği/Takım Çalışması	
	Belirsizlikleri iyi yönetme	Değişim Yönetimi	
	Öğrenme ve kişisel gelişime önem verme	Gelişim Yönetimi	
	Görevlendirme yaparken kişilerin özelliklerini dikkate alma	İnsan Yönetimi	
	Çalışanlara gerekli oranda özgürlük tanıma	İnsan Yönetimi	
	Gerektiğinde eğitim ve desteğin sunulmasını sağlama	İnsan Yönetimi	
	Müşterilerin sözlü taleplerini, ihtiyaçları olan hizmetin ortaya konması için tercüme etme	Müşteri Odaklılık	
	Heerkens, 2001	Müşterilerin sorunlarıyla ilgilenme	Müşteri Odaklılık
Müşteri beklentisini karşılamak için uğraşma		Müşteri Odaklılık	
Proje, işletme, takım ve kendinden sorumlu olma		Proje Yönetimi	
Hesaplamaların, düzenli olarak durum bildiriminin ve ön tahminin yapılması aracılığıyla örgüt içerisinde proaktif bilgi akışını sağlama		Bilgi Sahipliği	
Gerçekleştirilen projenin verimli bir şekilde ilerlemesi ve işletmeye bir katkı sağlamasından sorumlu olma		Proje Yönetimi	
Takım üyelerini proje boyunca bilgilendirme		İnsan Yönetimi	
Yapıcı geri bildirimlerde bulunma		İnsan Yönetimi	
Takım üyelerinin performanslarının farkında olma		İnsan Yönetimi	
Ağ diyagramı ve benzeri proje yönetimi araçları, teknikleri ve süreç teknolojilerine hakim olma		İş Yönetimi	
Liderlik, iletişim, uzlaşma, yetki verme ve akıl hocalığı yapma gibi sosyal becerilere sahip olma		İnsan Yönetimi	
Projenin temelinde yer alan teknolojilerde uzmanlığa, endüstri, ürün ve süreç bilgisine sahip olma		Bilgi Sahipliği	
Teknolojilerin kullanımını yönetmek		Teknoloji Yönetimi	
Bazı çalışanları ayrıntılı olarak yönlendirme		İnsan Yönetimi	
Çalışanlara talimat verme		İnsan Yönetimi	
Proje takım üleriyle iletişim kurularak bilgi alma		İnsan Yönetimi	
IPMA, 2015		Analiz ve sentez	Analitik Yaklaşım
		Girişimcilik	Girişimci Yaklaşım
	Örgütün hedeflerini yansıtmaya	Stratejik Düşünme	
	Stratejik düşünce	Stratejik Düşünme	
	Sürdürülebilir düşünce	Stratejik Düşünme	
	Bağlamsal farkındalık	Stratejik Düşünme	
	Sonuç odaklılık	Sonuç Odaklılık	

**Çizelge A.1 (devam) : Dijitalleşme öncesi proje yöneticisi yetkinlikleri.**

<b>Dijitalleşme Öncesi</b>		
<b>Yazar</b>	<b>Yetkinlik</b>	<b>Gruplandırma</b>
IPMA, 2015	Liderlik	Liderlik
	Raporlama, izleme ve kontrol	Proje Yönetimi
	İletişim planlama ve uygulama	İletişim
	Tasarım odaklı düşünme	Yenilikçi Yaklaşım
	Eleştirel düşünce	Analitik Yaklaşım
	Karşılaştırma	Analitik Yaklaşım
	Standartları spesifik organizasyonlara adapte etme	Durumsallık, Esneklik
	Standart ve yönetmelikleri ilişkilendirme	Durumsallık, Esneklik
	Örnekten yönlendirme (liderlik etme)	Ortam Yaratma
	Psikolojik süreçleri gözleme ve analiz etme	İnsan Yönetimi
	Etkiyi fark etme ve kullanma	Ortam Yaratma
	Uygun durumlarda güç kullanma	İnsan Yönetimi
	Değerleri keşfetme	Stratejik Düşünme
	Paydaşların çıkarlarını meydana çıkarma	İşbirliği/Takım Çalışması
	Değerler farkındalığı	Çok Kültürlü Yaklaşım
	Kültürel farkındalık	Çok Kültürlü Yaklaşım
	Farklı kültür ve değerlere saygı	Çok Kültürlü Yaklaşım
	Farklı kültürel çevrelerle uyumlu olma ve çalışma	Çok Kültürlü Yaklaşım
	Kültürel bakış açılarının doğurduğu sorunlarla baş etme	Çok Kültürlü Yaklaşım
	Projenin başarılabilmesi için farklı kültür ve değerleri kenetleme	Çok Kültürlü Yaklaşım
	Kendi çalışma tarzı ve tercihleri konusunda farkındalık	Özyönetim
	Dikkatin dağılmasına sebep olacak durumların farkındalığı	Özyönetim
	Özdüşünüm ve kendi kendini analiz etme	Özyönetim
	Tahrik edildiğinde bile duygularını kontrol etme ve işe odaklanma	Özyönetim
	Kendi kendini motive etme	Özyönetim
	Görev devretme	Güçlendirme
	Manalı ve özgün bireysel hedefler belirleme	Sonuç Odaklılık
	Özgüven geliştirme ve ilişkiler kurma	İşbirliği/Takım Çalışması
	Baskı altında ve direnç karşısında kendi standartlarına uyma	Kişilik Bütünlüğü
	Kişisel davranışları düzeltme ve ayarlama	Kişilik Bütünlüğü
	Etkili iletişim için farklı iletişim yolları ve tipleri kullanma	İletişim
	Aktif dinleme	İletişim
	Sorgulama teknikleri	İletişim
	Empati	İletişim
	Sunma ve modere etme teknikleri	İletişim
	Beden dilini etkili kullanma	İletişim
	Buzkıran olarak mizahı kullanma	İletişim
	Uygun iletişim yolları kullanma	İletişim

**Çizelge A.1 (devam) : Dijitalleşme öncesi proje yöneticisi yetkinlikleri.**

Dijitalleşme Öncesi		
Yazar	Yetkinlik	Gruplandırma
IPMA, 2015	Saygılı iletişim	İletişim
	Başkalarına saygı gösterme ve etnik ve kültürel farklılığın farkında olma	Çok Kültürlü Yaklaşım
	Kendi sezgilerine güvenme	Özyönetim
	Kişisel öz farkındalık	Özyönetim
	Dinleme becerileri	İletişim
	Duygusal güç	Liderlik
	Değerleri ifade etme kapasitesi	Liderlik
	Hata ve başarısızlıklarla baş etme	Sonuç Odaklılık
	Değerleri paylaşma	Liderlik
	Takım ruhu yaratma	İşbirliği/Takım Çalışması
	İletişim ve liderlik için metod ve teknikler kullanma	İletişim
	Sanal takımların yönetimi	İşbirliği/Takım Çalışması
	İşe alma ve personel seçme becerileri	İnsan Yönetimi
	Mülakat teknikleri	İnsan Yönetimi
	İlişki kurma ve sürdürme	İşbirliği/Takım Çalışması
	Kolaylaştırma becerileri	İnsan Yönetimi
	Diplomatik beceriler	İnsan Yönetimi
	Uzlaşma becerileri	İnsan Yönetimi
	Modere etme becerileri	İnsan Yönetimi
	İkna yeteneği	Etkileme/İkna Etme
	Retorik beceriler	İletişim
	Analitik beceriler	Analitik Yaklaşım
	Strese karşı direnç	Stres Yönetimi
	Analitik beceriler	Analitik Yaklaşım
	Tartışma ve grup çalışma oturumları kolaştırma	İletişim
	Bilgi paylaşmak için uygun metod ve teknik seçme	İşbirliği/Takım Çalışması
	Kalıpların dışında düşünme	Yenilikçi Yaklaşım
	Bilinmeyen gelecekteki durumları hayal etme	Planlamacı Yaklaşım
	Kendini çabuk toplama	Özyönetim
	Hata ve başarısızlıklarla baş etme	Sonuç Odaklılık
	Farklı bakış açıları belirleme	Çok Kültürlü Yaklaşım
	İstenilen sonuçları belirleme	Sonuç Odaklılık
	Kararlılık ve istenilen sonuca ulaşma isteği	Sonuç Odaklılık
	Empati	İletişim
Sabır	İnsan Yönetimi	
İkna etme	Etkileme/İkna Etme	
Güven ve pozitif çalışma ilişkileri kurma ve sürdürme	Kişilik Bütünlüğü	
Yetkilendirme	Güçlendirme	

**Çizelge A.1 (devam) : Dijitalleşme öncesi proje yöneticisi yetkinlikleri.**

<b>Dijitalleşme Öncesi</b>		
<b>Yazar</b>	<b>Yetkinlik</b>	<b>Gruplandırma</b>
IPMA, 2015	Etkinlik ve verimlilik	Sonuç Odaklılık
	Girişimcilik	Girişimci Yaklaşım
	Sosyal, teknik ve çevresel bakış açılarını entegre etme	Stratejik Düşünme
	Beklentilerin yönetimi	İnsan Yönetimi
	Alternatif seçenekler belirleme ve ölçme	Karar Verme
	Kuşbakışı ve detaycılığı birleştirme, toplam fayda analizi	Sistematik Yaklaşım
	Bağlamsal farkındalık	Stratejik Düşünme
	Sistem düşüncesi	Sistematik Yaklaşım
	Sonuç odaklılık	Sonuç Odaklılık
	Öğrenilene binaen gelişme	Gelişim Yönetimi
	Yapıları alt gruplara ayırma	İş Yönetimi
	Analiz ve sentez	Analitik Yaklaşım
	Paydaş ilişkileri	İşbirliği/Takım Çalışması
	Bilgi çıkarımı	Bilgi Sahipliği
	Uygulamayı (workshop) kolaylaştırma	Ortam Yaratma
	Mülakat yapma	İnsan Yönetimi
	Hedeflerin formülizasyonu	Sonuç Odaklılık
	Sentez ve önceliklendirme	Karar Verme
	Kapsam düzenlemesi	İş Yönetimi
	Önceliklendirme	Karar Verme
	WBS tanımlama	İş Yönetimi
	PBS tanımlama	İş Yönetimi
	WBS sözlüğü kullanma	İş Yönetimi
	Çevik gelişim	Gelişim Yönetimi
	İş paketlerindeki aktiviteleri tanımlama	İş Yönetimi
	Bağlılıkları tanımlama	İş Yönetimi
	Bileşenleri sıralama	İş Yönetimi
	Aktivite kaynakları ve sürelerini tahmin etme	Kaynak Yönetimi
	Başkalarını katma, ikna etme	Etkileme/İkna Etme
	Organizasyonun kadrolaması	Düzen Yaratma (Planlama, Organizasyon)
	İş yetkilendirmesi	Güçlendirme
	Organizasyonun diğer bölümleriyle bağlantılı arayüzlerin yönetimi	İşbirliği/Takım Çalışması
	Proje yazılım araçlarıyla baş etme	İş Yönetimi
	Resmi belgelerin hazırlanma teknikleri	İletişim
Bilgi yönetimi planlaması	Bilgi Sahipliği	
Kalite yönetiminin proje ve insanlar üzerindeki etkisinin analizi	Proje Yönetimi	
Belirli bir standardın uygulanması	Proje Yönetimi	



**Çizelge A.1 (devam) : Dijitalleşme öncesi proje yöneticisi yetkinlikleri.**

Dijitalleşme Öncesi		
Yazar	Yetkinlik	Gruplandırma
IPMA, 2015	Bir kalite standardının adapte edilmesi	Proje Yönetimi
	İnsanların ve grupların davranışlarını çeşitli müdahalelerle düzeltme	İnsan Yönetimi
	Kalite planları geliştirme ve uygulama	Proje Yönetimi
	Kalite güvence prosedürleri yürütme	Proje Yönetimi
	Kalite denetimleri düzenleme ve sonuçlarını yorumlama	Proje Yönetimi
	Test planlarının tasarımı	İş Yönetimi
	Sponsorlarla pazarlık etme	Etkileme/İkna Etme
	Gerçek maliyet durumunu yorumlama	Finansal Yönetim
	Finansal veri ve trendleri yorumlama	Finansal Yönetim
	Finansal yönetim yaklaşım analizi	Finansal Yönetim
	Proje bütçesi oluşturma	Finansal Yönetim
	Kaynak proje maliyeti hesabı için çerçeve oluşturma	Finansal Yönetim
	Maliyet stratejileri ve maliyet yönetim planları yönetme	Finansal Yönetim
	Maliyet yönetim sistemleri geliştirme ve sürdürme	Finansal Yönetim
	Proje maliyet varyasyonlarının analizi ve uygulaması	Finansal Yönetim
	Kaynak planlama, paylaşırma ve yönetme	Kaynak Yönetimi
	Farklı çalışma şekilleri belirleme ve sınıflandırma	Kaynak Yönetimi
	Kaynak beceri matrisi geliştirme, beceriler tanımlama ve bireysel beceri boşluklarını belirleme	Kaynak Yönetimi
	Rekabet eden önceliklere göre kaynakları önceliklendirme ve paylaşırma	Kaynak Yönetimi
	Taktik bilgi (know-how)	Bilgi Sahipliği
	Sunum becerileri	İletişim
	Sözleşme idaresi	İşbirliği/Takım Çalışması
	İlerleme kontrol toplantıları	Proje Yönetimi
	Değişim yönetimi	Değişim Yönetimi
	Raporlama	Proje Yönetimi
	Değişim isteklerinin pazarlığı	Etkileme/İkna Etme
	Açılış toplantısı (kick-off meeting)	Proje Yönetimi
	Kapanış toplantısı (close-out meeting)	Proje Yönetimi
	Sorun yönetimi	Sorun Çözme
	Kazanılan değer analizi	Finansal Yönetim
	İzleme grafikleri	İş Yönetimi
	Risk ve fırsat tanımlama teknikleri	Risk Yönetimi
	Risk ve fırsat değerlendirme teknikleri	Risk Yönetimi
	Risk ve fırsat tepki (response) planları geliştirme	Risk Yönetimi
Risk ve fırsat tepki planları uygulama, izleme ve kontrol etme	Risk Yönetimi	
Risk ve fırsat yönetimi için olan genel stratejileri uygulama, izleme ve kontrol etme	Risk Yönetimi	
Monte Carlo analizi	Karar Verme	

**Çizelge A.1 (devam) : Dijitalleşme öncesi proje yöneticisi yetkinlikleri.**

<b>Dijitalleşme Öncesi</b>		
<b>Yazar</b>	<b>Yetkinlik</b>	<b>Gruplandırma</b>
IPMA, 2015	Karar ağaçları	Karar Verme
	Paydaş analizi	İşbirliği/Takım Çalışması
	Bağlamsal baskıların analizi	Stratejik Düşünme
	Stratejik iletişim becerileri gösterimi	İletişim
	Beklentiler yönetimi	İnsan Yönetimi
	Formel ve informal iletişim	İletişim
	Sunum becerileri	İletişim
	Potansiyel destekleyici veya ters düşen paydaşların belirlenmesi için iş ağı kurma (networking) becerileri	İşbirliği/Takım Çalışması
	Bağlamsal farkındalık	Stratejik Düşünme
	Çatışma çözümü girişi	İnsan Yönetimi
	Bireyin, grubun veya organizasyonun değişim kapasitesi ve yeteneğinin değerlendirilmesi	Değişim Yönetimi
	Birey ve grupların davranışlarına müdahale	İnsan Yönetimi
	Değişim direnciyle baş etme	İnsan Yönetimi
Keil ve diğ., 2013	Liderlik	Liderlik
	Sözlü iletişim	İletişim
	Kapsam yönetimi	İş Yönetimi
	Dinleme	İletişim
	Proje planlama	Planlamacı Yaklaşım
Ko ve Kirsh, 2017	İşletme yöneticisi, proje sponsoru ve son kullanıcı ile iletişimi artırma yoluyla daha fazla bilgi toplayarak iş sürecini anlamlandırmaya çalışma	İşbirliği/Takım Çalışması
	Beklenmedik sorunlar nedeniyle düzenli olarak yeni teknik ve araçların takım tarafından test edilip kullanılarak çözüme gitme yoluna başvurma	Sorun Çözme
	Takım üyelerinin gerekli yöntem ve araçlar konusunda yetkin olduğundan emin olma	İnsan Yönetimi
	Belirsizlikle baş edebilmek için esnek olma	Durumsallık, Esneklik
Montequin ve diğ., 2015	Bilginin edinilmesi ve entegrasyonu aşamalarında yer alma	Bilgi Sahipliği
	Sezgili, düşünür, dışa dönük ve eleştirel olma	Analitik Yaklaşım
Murch, 2000	Takım içi ve dışında problemleri tespit etme ve çözme	İnsan Yönetimi
	Direkt, açık ve dürüst, pozitif tavırlı olma	İnsan Yönetimi
	Beklentileri açık bir şekilde tanımlama	İnsan Yönetimi
	Takım üyelerini, yaptıkları işin önemli olduğu konusunda haberdar etme	İnsan Yönetimi
	Projenin tipi, büyüklüğü, yapısı ve çevresine bağlı olarak teknik yönetimi uzmanı olan yöneticilere bırakmak veya teknik becerilere sahip olduğundan kendi yönetme	İnsan Yönetimi
	Proje büyüklüğü ve karmaşıklığı arttıkça sahip olması gereken teknik becerileri artırma	Bilgi Sahipliği
	İşle ilgili teknik sorunlarla ilgilenebilmek için teknik bilgiye sahip olma	Bilgi Sahipliği
	Projenin iş yönüne hakim olma	İş Yönetimi
	Organizasyon, iletişim, finans ve insan kaynakları becerilerine sahip olma	İş Yönetimi
	Değişimi yönetme	Değişim Yönetimi
	Esnek, yaratıcı ve gerektiğinde katı olma	Durumsallık, Esneklik
Birçok farklı kaynaktan, büyük veriler absorbe edilebilir ve sürekli olan stresle başa çıkma	Bilgi Sahipliği	

**Çizelge A.1 (devam) : Dijitalleşme öncesi proje yöneticisi yetkinlikleri.**

<b>Dijitalleşme Öncesi</b>		
<b>Yazar</b>	<b>Yetkinlik</b>	<b>Gruplandırma</b>
Murch, 2000	Projelerinin belirsizliğini yönetme	Değişim Yönetimi
	Sonuç oryantasyonu	Sonuç Odaklılık
	Kişilerarası beceriler	İletişim
	Kişisel izlenebilirlik	Kişilik Bütünlüğü
alıntılanan Stevenson ve Starkweather, 2010	Esneklik	Durumsallık, Esneklik
	Problem çözme	Sorun Çözme
	Planlama	Düzen Yaratma (Planlama, Organizasyon)
	Organizasyon	Düzen Yaratma (Planlama, Organizasyon)
Stevenson ve Starkweather, 2010	Liderlik	Liderlik
	Birden fazla düzeyde iletişim kabiliyeti	İletişim
	Sözel beceriler	İletişim
	Yazılı beceriler	İletişim
	Tutum	Ortam Yaratma
	Belirsizlik ve değişimle baş edebilme kabiliyeti	Değişim Yönetimi
	Mutabakatı sağlama	İnsan Yönetimi
	Değişimi destekleme	Değişim Yönetimi
	Projeye dahil olanlar arasında köprü görevi görme	İşbirliği/Takım Çalışması
	Gereksinimleri karşılama	İş Yönetimi
Sumner ve Powell, 2013	Proje kapsamını tanımlama	İş Yönetimi
	Gereksinimleri belirleme	İş Yönetimi
	Etkili proje iletişimi yönetimi	İletişim
	Proje sponsorlarının desteğini alma	İletişim
	Kapsamı yönetme	İş Yönetimi
	İletişim becerileri	İletişim
	Liderlik becerileri	Liderlik
	Etkili durumsal iletişim	İletişim
	Çatışma çözme becerileri	İnsan Yönetimi
	Liderlik varlığı/güveni	Liderlik
	Planlama ve organizasyon becerileri	Düzen Yaratma (Planlama, Organizasyon)
	Etkileme becerileri	Etkileme/İkna Etme
	İnsan faktörleri ile başa çıkma becerileri	İnsan Yönetimi
Trivellas ve Drimoussis, 2013	Etik değerler	Kişilik Bütünlüğü
	Açık olma	İletişim
	Güvenilirlik	Kişilik Bütünlüğü
	Sürekli gelişimi destekleme	Gelişim Yönetimi

**Çizelge A.1 (devam) : Dijitalleşme öncesi proje yöneticisi yetkinlikleri.**

Dijitalleşme Öncesi		
Yazar	Yetkinlik	Gruplandırma
Trivellas ve Drimoussis, 2013	Kişilerarası ilişkiler	İnsan Yönetimi
	Takım çalışması	İşbirliği/Takım Çalışması
	Yüksek öz farkındalık	Özyönetim
	Az ilişki yönetimi	İşbirliği/Takım Çalışması
Zulch, 2014	Yazılı, elektronik, sözlü, görsel ve beden dili yoluyla iletişim	İletişim

**Çizelge A.2: Dijitalleşme sonrası proje yöneticisi yetkinlikleri.**

Dijitalleşme Sonrası		
Yazar	Yetkinlik	Gruplandırma
Grzybowska ve Łupicka, 2017	Yaratıcılık	Yenilikçi Yaklaşım
	Girişimci düşünce	Girişimci Yaklaşım
	Problem çözme	Sorun Çözme
	Çatışma çözme	İnsan Yönetimi
	Karar verme	Karar Verme
	Analitik beceriler	Analitik Yaklaşım
	Araştırma becerileri	Bilgi Sahipliği
	Etkinlik oryantasyonu	İş Yönetimi
	Teknik/Profesyonel bilgi	Bilgi Sahipliği
	Teknik beceriler	Bilgi Sahipliği
Hecklau ve diğ. 2016	Süreç anlayışı	Proje Yönetimi
	Medya becerileri	Dijital Dönüşüm
	Kodlama becerileri	Bilgi Teknolojileri
	BT güvenliğini anlama	Bilgi Teknolojileri
	Yaratıcılık	Yenilikçi Yaklaşım
	Girişimci düşünce	Girişimci Yaklaşım
	Problem çözme	Sorun Çözme
	Çatışma çözme	İnsan Yönetimi
	Karar verme	Karar Verme
	Analitik beceriler	Analitik Yaklaşım
	Araştırma becerileri	Bilgi Sahipliği
	Verimlilik Yönelimlilik	Verimlilik Yönelimlilik
	Kültürlerarası beceriler	Çok Kültürlü Yaklaşım
	Dil becerileri	İletişim
	İletişim becerileri	İletişim
	Ağ kurma becerileri	İletişim
	Takımla çalışma becerisi	İşbirliği/Takım Çalışması
	Uzlaşma ve işbirliği becerisi	İşbirliği/Takım Çalışması
	Bilgi aktarma becerisi	İletişim
	Liderlik becerileri	Liderlik
Kravcik ve diğ. 2018	Esneklik	Durumsallık, Esneklik
	Belirsizlik hoşgörüsü	Durumsallık, Esneklik
	Öğrenme motivasyonu	Gelişim Yönetimi
	Baskı altında çalışma becerisi	Stres Yönetimi
	Sürdürülebilir zihniyet	Çevre Bilinci
	Uyum	Sorumluluk, Kurumsal Disiplin
	Üretim süreci	Bilgi Sahipliği
	Sistem	Sistematik Yaklaşım

**Çizelge A.2 (devam) : Dijitalleşme sonrası proje yöneticisi yetkinlikleri.**

Dijitalleşme Sonrası		
Yazar	Yetkinlik	Gruplandırma
Kracvic ve diğ., 2018	Veri analizi	Bilgi Sahipliği
	Bilişim teknolojileri güvenliği	Dijital Dönüşüm
	İşbirliği	İşbirliği/Takım Çalışması
	İletişim	İletişim
	Öğrenme	Gelişim Yönetimi
	Analitik düşünce	Analitik Yaklaşım
	Disiplinlerarası düşünce	Çok Kültürlü Yaklaşım
	Problem çözme	Sorun Çözme
Pajares ve diğ., 2017	Zaman baskısı altında çalışabilme	Stres Yönetimi
	Fiziksel çıktı yerine iş odaklı olma	İş Yönetimi
	Yenilikçi ortamda, farklı insan ve şirketlerle çalışmayı mümkün kılacak beceriler geliştirme	Çok Kültürlü Yaklaşım
	İnsan ve şirketlerden oluşan işbirliği ağının itici gücü olma	İşbirliği/Takım Çalışması
	Start-up şirketlere uygun bir yönetim şekli benimseme	Durumsallık, Esneklik
	Proje yönetimi ve yenilik yönetimini entegre etme	Yenilikçi Yaklaşım
	Çevik yaklaşımı geliştirme ve benimseme	Durumsallık, Esneklik
	Yeni yetkinliklerin karmaşıklık ve inovasyon odaklı olması	Yenilikçi Yaklaşım
	Kapsam, maliyet, zaman üçgeninden ziyade projenin ekonomik, stratejik değerine ve işe odaklanma	Proje Yönetimi
	Hem aktör hem de lider olarak yer alınacak ağ içerisinde güven ve işbirliği sağlama	Kişilik Bütünlüğü
Pinzone ve diğ., 2017	Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanması için yol haritası çizimi	Dijital Dönüşüm
	Sensör ve cihazlardan elde edilen büyük veri kullanılarak üretim analiz, modelleme ve planlama yapımı	Veri Analitiği
	Üretimin izlenmesi ve kontrol edilmesi için tablet, akıllı saat vb. dijital cihazların kullanımı	Dijital Dönüşüm
	İşbirlikçi robotların programlanması ve kullanımı	Dijital Dönüşüm
	Ekleme üretim teknolojilerinin kullanımı	Dijital Dönüşüm
	Dijital cihazların bağlantısı yoluyla insan kaynağının yönetimi	Dijital Dönüşüm
	Sensör gibi kestirimci bakım sistemlerinin tasarımı	Dijital Dönüşüm
	Uzaktan sistem izleme ve bakım müdahalesi	Dijital Dönüşüm
	Bakımın yapılması için sanal ve artırılmış gerçekliğin kullanımı	Dijital Dönüşüm
	Dijital tedarik ağlarının tasarımı ve kurulumu	Dijital Dönüşüm
	Yeni dijital tedarik ağlarının yönetimi	Dijital Dönüşüm
	İş süreçleri için sanal tasarımın kullanımı	Yenilikçi Yaklaşım
	Tedarik zincirini etkileyen etmenler için büyük verinin analizi	Veri Analitiği
	Tedarik zinciri yönetimini destekleyen bilişim teknolojileri stratejilerinin geliştirilmesi	Stratejik Düşünme
	İzleme ve takip teknolojilerini destekleyecek gerçek zamanlı yönetim	Dijital Dönüşüm
	Yenilikçi üretim süreci ve malzemelerin araştırılması, analizi ve kullanımı	Yenilikçi Yaklaşım
	Akıllı ürünlerin tasarımı	Yenilikçi Yaklaşım
	Hizmet modelinin tasarımı	Yenilikçi Yaklaşım
	BT sistemi ile entegre birleşik ürün ve hizmet tasarımı	Yenilikçi Yaklaşım
	Büyük veri yapılarının ve yazılımlarının tasarım ve uygulaması	Veri Analitiği

**Çizelge A.2 (devam) : Dijitalleşme sonrası proje yöneticisi yetkinlikleri.**

Dijitalleşme Sonrası		
Yazar	Yetkinlik	Gruplandırma
Pinzone ve diğ., 2017	Veri ve iş akışı modellerinin tasarımı	Veri Analitiği
	Büyük veri yönetim, bulut bilişim ve veri depolamanın kullanımı	Veri Analitiği
	Büyük veri analizi için uygulama ve araçların geliştirilmesi	Veri Analitiği
	Büyük veri analizi	Veri Analitiği
	Veri analizinin sezgisel ve merak uyandıran izahı için bilgi grafikleri	Veri Analitiği
	Kullanıcı deneyimi tasarımı	Müşteri Odaklılık
	Entegrasyon için yol haritasının çizimi	Stratejik Düşünme
	Endüstri 4.0'a yönelik bilişim teknolojileri yapı, platform ve bileşenlerinin uygulanması	Dijital Dönüşüm
	Gömülü cihazlar, siber fiziksel sistemler ve gelişmiş insan-bilgisayar arayüzlerinin seçimi, tanımı ve entegrasyonu	Dijital Dönüşüm
	Robot, makine, ürün ve insan arasındaki bağlantıyı sağlayacak bilişim teknolojileri ağlarının uygulanması	Dijital Dönüşüm
	Veri iletişimi protokolleri ve Endüstri 4.0 standartlarının seçimi ve uygulanması	Veri Analitiği
	Üretim sisteminin dijital ikizi ve simülasyonu için modelleme araçlarının kullanımı	Dijital Dönüşüm
	Karmaşık sistemlerin tasarımı, analizi ve doğrulanması için grafik modelleme araçlarının kullanımı	Yenilikçi Yaklaşım
	Siber güvenlik, veri mahremiyeti ve güvenliği için yapısal stratejilerin tasarımı	Dijital Dönüşüm
Wahlund ve Wahlberg, 2018	Analitik yetkinliği	Analitik Yaklaşım
	İş modeli yetkinliği	Dijital Dönüşüm
	Güvenlik ve mahremiyet yetkinliği	Dijital Dönüşüm
	Yaratıcılık	Yenilikçi Yaklaşım
	Değişim istekliliği	Değişim Yönetimi
	İlişkiyi sürdürme becerisi	İşbirliği/Takım Çalışması

## EK B

**Çizelge B.1:** Harvard yetkinlik modeli, yetkinlik tanımları.

Yetkinlik	Tanım
Uyumluluk	Görevlerinde veya iş ortamında büyük değişiklikler yaşarken etkinliğini korumak; yeni iş yapıları, süreçleri, gereklilikleri veya kültürleri içerisinde çalışmaya etkili bir şekilde uymak.
Başarı Odaklılık	İş hedeflerine ulaşmada odaklanmak ve başkalarına yol göstermek.
Uygulamalı Öğrenme	İşle ilgili yeni bilgileri zamanında özümsemek ve uygulamak.
Takım Kurma	Uyumlu bir ekip kurmaya yardımcı olmak için uygun yöntemleri ve esnek bir kişilerarası stili kullanmak; takım hedeflerinin tamamlanmasını kolaylaştırmak.
Müşteri Odaklılık	Müşteri ihtiyaçlarını etkin bir şekilde karşılamak; üretken müşteri ilişkileri kurmak; müşteri memnuniyeti ve sadakati için sorumluluk almak.
Ortaklıklar Geliştirme	İş hedeflerine ulaşmaya yardımcı olmak için kendi alanıyla diğer alanlar, ekipler, bölümler, birimler veya kuruluşlar arasında stratejik ilişkiler kurmak amacıyla fırsatları belirlemek ve harekete geçmek.
Pozitif İş İlişkileri Geliştirme	İş hedeflerine ulaşılmasını kolaylaştırmak için işbirliğine dayalı ilişkiler geliştirmek ve kullanmak.
Güven	Başkalarıyla, kendi amaçlarına ve kuruluşun amaçlarına güvenmelerini sağlayacak şekilde etkileşimde bulunmak.
Koçluk	Başkalarının bir görevi başarmak veya bir sorunu çözmek için gereken belirli bilgi/beceri alanlarını güçlendirmesine yardımcı olmak için zamanında rehberlik ve geri bildirim sağlamak.
İletişim	Bilgi ve fikirleri çeşitli medyalar aracılığıyla bireylere veya gruplara, dinleyiciyi meşgul edecek ve mesajı anlama ve akılda tutmalarına yardımcı olacak şekilde açıkça aktarmak.
Sürekli Öğrenme	Aktif olarak öğrenilecek yeni alanlar belirleme; düzenli olarak öğrenme fırsatlarından yararlanmak; yeni edindiği bilgi ve becerileri işte kullanmak ve uygulamalarından öğrenmek.
Takım Başarısına Katkı	Ekibin hedeflerin tamamlanmasına doğru ilerlemesi için aktif bir üye olmak.
Müşteri Odaklılık	Müşterileri ve onların ihtiyaçlarını eylemlerin temel odağı yapmak; üretken müşteri ilişkileri geliştirmek ve sürdürmek.
Karar Verme	Sorunları, problemleri ve fırsatları belirlemek ve anlamak; sonuç çıkarmak için farklı kaynaklardan elde edilen verileri karşılaştırmak; bir eylem rotası oluşturmak veya uygun çözümler geliştirmek için etkili yaklaşımlar kullanmak; mevcut gerçeklerle, kısıtlamalarla ve olası sonuçlarla tutarlı aksiyon almak.



### **Çizelge B.1 (devam) : Harvard yetkinlik modeli, yetkinlik tanımları.**

<b>Yetkinlik</b>	<b>Tanım</b>
Delegasyon	Kurumun ve kişilerin etkinliğini en üst düzeye çıkarmak için diğerlerine karar verme yetkisi ve/veya görev sorumluluğu vermek.
Başkalarını Geliştirme	Mevcut veya gelecekteki iş/rol sorumluluklarını daha etkin bir şekilde yerine getirebilmeleri için bireylerin becerilerinin ve yeteneklerinin geliştirilmesini planlamak ve desteklemek.
Enerji	Devamlı olarak yüksek düzeyde aktivite veya üretkenlik sağlamak; gerektiğinde uzun çalışma saatlerini sürdürmek; uzun zaman aralıkları boyunca canlı, etkin ve kararlı bir şekilde çalışmak.
Değişimi Kolaylaştırma	Başkalarını, sorunları ve fırsatları irdeleme konusunda farklı ve yenilikçi yaklaşımlar için fırsatlar aramaya teşvik etmek; işyerinde değişimin uygulanmasını ve kabul edilmesini kolaylaştırmak.
Takip Etme	Delegasyonların, görevlerin veya projelerin sonuçlarını, görevlendirilen kişinin yeteneklerini, bilgisini, deneyimlerini ve görev veya projenin özelliklerini dikkate alarak izlemek.
Sunum Yapma	Hazırlanması için zaman verildiğinde fikirleri bireylere veya gruplara etkin bir şekilde sunmak; hedef kitlenin özelliklerine ve ihtiyaçlarına uygun sunumlar yapmak.
Mutabakat Sağlama	Fikirlerin veya planların kabul ettirilmesi için uygun kişilerarası stilleri ve teknikleri kullanmak; Görevlere, durumlara ve ilgili bireylere uyum sağlamak için kendi davranışlarını değiştirmek.
Etkileme	İyi bir ilk izlenim yaratmak, dikkat ve saygı buyurmak, kendinden emin olmak.
Bilgi İzleme	Bir kuruluş veya içinde devam eden faaliyetleri yönetmek için gereken bilgileri toplamak ve gözden geçirmek veya devam eden prosedürler oluşturmak.
İnisiyatif	Hedeflere ulaşmak için hızlı harekete geçmek; ihtiyaç duyulanın ötesinde hedeflere ulaşmak için harekete geçmek; proaktif olmak.
İnovasyon	İş ortamında yenilikçi çözümler üretmek; iş problemleri ve fırsatları ile başa çıkmak için farklı ve yeni yollar denemek.
Liderlik	Kuruluşun vizyon ve değerlerini karar alma ve eylemde ön planda tutmak.
Çatışma Yönetimi	Antagonistik bir durumda başkalarıyla etkin bir şekilde ilgilenmek; iki veya daha fazla kişi arasındaki gerginliği veya çatışmayı azaltmak için uygun kişilerarası stiller ve yöntemler kullanmak.
İş/Zaman Yönetimi	İşin verimli bir şekilde tamamlanmasını sağlamak için zamanı ve kaynakları etkin bir şekilde yönetmek.
Toplantı Liderliği	Bir toplantının, uygun kişilerarası stilleri ve yöntemleri kullanarak ve başkalarının ihtiyaç ve potansiyel katkılarını göz önünde bulundurarak iş hedeflerine hizmet etmesini sağlamak.

### Çizelge B.1 (devam) : Harvard yetkinlik modeli, yetkinlik tanımları.

Yetkinlik	Tanım
Toplantı Katılımı	Başkalarının ihtiyaçlarını ve potansiyel katkılarını göz önünde bulundurarak bir toplantının amaçlarına ulaşması için uygun kişilerarası stilleri ve yöntemleri kullanmak.
Müzakere	Tüm tarafların desteğini ve kabulünü kazanan sonuçlara ulaşmak için alternatifleri ve pozisyonları etkin bir şekilde araştırmak.
Planlama ve Organizasyon	Çalışmanın verimli bir şekilde tamamlanmasını sağlamak için kendi ve başkaları için eylem planı oluşturmak.
Kalite Odaklılık	Ne kadar küçük olursa olsun, bütün alanları göz önünde bulundurarak görevleri gerçekleştirmek; işin tüm yönleriyle ilgilenmek; süreçleri ve görevleri düzgünce kontrol etmek; bir zaman dilimi boyunca dikkatli olmak.
Risk Alma	Potansiyel olumsuz sonuçların anlaşılması durumunda, onaylanmış bir fayda veya avantaj elde etmeye çalışan bir eylem başlatmak.
Güvenlik Bilinci	Çalışan güvenliğini etkileyen koşulları belirlemek ve düzeltmek; güvenlik standartlarını korumak.
İkna Etme	Var olan ve potansiyel müşterilere bir ürün, hizmet veya fikri kabul ettirmek için uygun kişilerarası stilleri ve iletişim yöntemlerini kullanmak.
Stratejik Karar Verme	Uzun vadeli bir hedef veya vizyona ulaşmakla ilgili bilgi edinmek ve temel sorunları ve ilişkileri belirlemek; mantıklı varsayımlara, gerçeklere, mevcut kaynaklara, kısıtlamalara ve örgütsel değerlere dayalı alternatifler geliştirdikten sonra uzun vadeli bir hedef veya vizyona ulaşmayı hedefleyen bir eylem planına uymak.
Stres Toleransı	Baskı veya muhalefet altında (zaman baskısı veya iş belirsizliği gibi) istikrarlı bir performans sürdürmek; stresin başkaları ve kuruluş için kabul edilebilir bir şekilde ele alınması.
Teknik Bilgi ve Beceriler	Pozisyonla ilgili alanlarda yeterli düzeyde teknik ve profesyonel beceri veya bilgi edinmiş olmak; uzmanlık alanındaki güncel gelişmeleri ve trendleri takip etmek.
Dayanıklılık	İstenilen amaç elde edilinceye veya elde edilemez olana kadar bir pozisyon veya eylem planını sürdürmek.
Çok Kültürlü Yaklaşım	Tüm bireylerin yeteneklerini, içgörülerini ve fikirlerini takdir etmek ve bunlardan yararlanmak; farklı tarz, yetenek ve motivasyona sahip kişilerle etkin bir şekilde çalışmak.
Standart Odaklılık	Kendi ve başkaları için yüksek performans standartları belirlemek; görevleri başarıyla tamamlamak için sorumluluk almak; empoze edilen standartlar yerine, kendi kendine mükemmellik standartları koymak.

**Çizelge B.2: McBer yetkinlik modeli, yetkinlik tanımları.**

<b>Yetkinlik</b>	<b>Tanım</b>
Başarı Odaklılık	Kişi, hedeflere ulaşmayı ve hedefleri aşmayı, ölçülmüş kazançlar için hesaplanmış riskler almayı düşünüyor mu?
Analitik Düşünme	Kişi neden-sonuç zincirlerini ve ilişkilerini anlıyor mu?
Kavramsal Düşünme	Kişi kalıplarla eşleşiyor mu? Birçok parçadan tutarlı bir bütün oluşturuyor mu? Olaylara bakmak için yeni yollar yaratıyor mu?
Müşteri Odaklılık	Kişi, hizmet edilen kişi adına hareket ediyor mu?
Başkalarını Geliştirme	Kişi, başkalarının uzun vadeli karakteristiğini (sadece becerilerini değil) geliştirmek için çalışıyor mu?
Yönlendiricilik	Kişi, davranış için sağlam standartlar koyuyor mu ve insanları onlara karşı sorumlu tutuyor mu?
Esneklik	Kişi koşullar gerektirdiğinde vites değiştirebilir veya beklenen görevi bırakabilir mi?
Etkileme ve İkna Etme	Kişi kasıtlı olarak ikna stratejileri veya taktikleri kullanıyor mu?
Bilgi Arama	Kişi açık olanın ötesine geçip bilgi arar mı?
İnisiyatif	Kişi gelecekteki ihtiyaçlar ve fırsatlar için şimdiki zamanın öncesinde düşünüyor mu?
Kişilik Bütünlüğü	Kişi zor olsa bile inanç ve değerlere uygun hareket ediyor mu?
Kişilerarası Anlayış	Kişi, söylemeseler bile başkalarının ne hissettiğinin ve düşündüğünün farkında mı?
Örgütsel Farkındalık	Kişi örgütsel politika ve yapı gerçeklerine karşı duyarlı mı?
Örgütsel Bağlılık	Kişi otorite, örgütsel standartlar, ihtiyaçlar ve hedefler doğrultusunda hareket etmeyi seçiyor mu?
İlişki Yönetimi	Kişi kişisel bir ilişki kurmak için çaba harcıyor mu?
Özgüven	Kişi riskli görevler üstlenir veya kendisinden daha fazla güce sahip olanlarla çatışmaya girer mi?
Liderlik	Kişi, birlikte etkili çalışabilmeleri için insan gruplarını liderlik yapıyor mu?
Takım Çalışması/İşbirliği	Kişi, parçası olduğu bir ekibin çalışmasını kolaylaştırmak için hareket ediyor mu?

**Çizelge B.3: Rothwell ve Dubois yetkinlik modeli, yetkinlik tanımları.**

Yetkinlik	Tanımı
Çatışma Yönetimi	Yüzleşmeleri, anlaşmazlıkları veya şikâyetleri yapıcı bir şekilde çözmeye çalışır.
Yaratıcı Düşünme	Sorunlara ilişkin öngörüler geliştirir veya yenilikçi düşünmeyi ve “kutunun dışında” çözümleri teşvik eden bir çalışma ortamı yaratır.
Müşteri Odaklılık	Müşterinin önemini ve değerini bilen, müşteri odaklı bir düşünce yapısı benimser ve buna göre davranır.
Kararlılık	Riskleri değerlendirir ve iş birimi hedeflerine ulaşmak için gereken uygun aksiyonları alır.
Değerlendirme	İş birimi programlarını izler, sonuçları değerlendirir ve örgütsel verimliliği ve etkinliği artırır.
Dışsal Farkındalık	İç örgütsel politika, prosedürler, operasyonlar, pozisyonlar ve uygulamalar üzerinde potansiyel etkileri olan dış eğilimler, çıkarlar ve problemler konusunda bilgi sahibi olur.
Finansal Yönetim ve Sorumluluk	Birim hedeflerine ulaşmak için gereken iş birimi bütçesini hazırlar, haklı çıkarır ve savunur; sağlam mali sorumluluk için kar ve giderleri izler.
Esneklik	Çalışma ortamındaki değişime, iş birimi personelinin projeleri “yolunda” tutmasına yardımcı olacak şekilde uyum sağlar.
Performans Yönetimi	Çalışma birimine atanan tüm personelin devam eden performansını etkin bir şekilde yönetir.
İş Hayatı Kalitesinin Artırılması	Çalışan iş hayatı kalitesini artırmak için mevcut insan kaynakları uygulamalarını kullanır.
İşe Alım ve İşe Atama	İşe alım analizleri, seçme ve insan kaynaklarının iş birimine atanması konusunda etkin performansı sağlar.
Etkileme	Anahtar gruplar ve bireylerle bağlantı kurar ve onlara bilgi verir, hedeflere ulaşmak için etki, ikna ve otorite kullanır.
İşbirliği	Başkalarının ihtiyaçlarını, duygularını, yeteneklerini ve ilgi alanlarını dikkate alır ve uygun şekilde yanıt verir.
Liderlik	Liderlik tarzını durumlara ve insanlara göre belirler ve uyarlar; yüksek davranış standartları gösterir; astları güçlendirir; astları için motive edici iş veya performans fırsatları sağlar.
Yönetim Kontrolü	Kuruluşun veya iş birimi politikalarının, prosedürlerinin ve süreçlerinin bütünlüğünü sağlar.
Çok Kültürlü Yaklaşım	İşgücü içindeki çeşitlilik unsurlarını kullanarak iş birimi veya örgüt hedeflerine ulaşmada avantaj sağlar.
Sözlü İletişim	Başkalarını etkili bir şekilde dinler ve iş birimi veya örgüt sorunları hakkında bireylere ve gruplara açık ve etkili sözlü sunumlar yapar.

**Çizelge B.3 (devam) : Rothwell ve Dubois yetkinlik modeli, yetkinlik tanımları.**

<b>Yetkinlik</b>	<b>Tanımı</b>
Planlama	Çalışma birimi veya örgüt hedeflerine ulaşmak için gereken politikaları, yönergeleri, planları ve öncelikleri belirler.
Problem Çözme	Sorunları fark eder ve tanımlar; alternatif çözümleri belirlemek için astları zorlar ve bu sorunları çözmeyi planlar.
Özyönetim	Kendi performansını proaktif ve sürekli olarak iyileştirmek için öz değerlendirme ve öz yönetim tekniklerini etkin olarak kullanır.
Takım Kurma	Çalışma biriminin bir parçası olarak veya örgüt içinde uyumlu ve üretken çalışma ekipleri oluşturur.
Teknik Bilgi ve Beceriler	Teknik yeterliliğini ispatlar ve iş birimi sorumluluğu üzerindeki etkisini kavrar.
Teknoloji Yönetimi	İş birimi veya örgüt hedeflerine ulaşma bağlamında teknoloji kullanımını yönetir.
Vizyon	Kuruluşun gelecekteki stratejik vizyonunu geliştirir ve uygular.
Yazılı İletişim	Yazılı olarak etkin bir şekilde iletişim kurar.

**Çizelge B.4: Wyoming yetkinlik modeli, yetkinlik tanımları.**

Yetkinlik Grubu	Yetkinlik	Tanım
Liderlik	Fikrini Savunma, Etkileme ve Girişimcilik	Anlayış, kabul ve bağlılık için kişileri fikir, program ve sebepler doğrultusunda hareket etmeye ikna eder.
	Ortaklık Kurma	Ağları geliştirir ve iç ve dış örgütsel desteği güçlendirmek için kullanır.
	Kurumsal İşbirliği	Possesses the ability to enter into a formal inter-organizational relationship between two or more agencies. İki veya daha fazla kurum arasındaki resmi örgütler arası ilişkiye dahil olma kabiliyetine sahiptir.
	Kararlılık	Kişinin başarılı bir şekilde belirlemesi, izlemesi ve zamanlı bir eylem planı ile devam etmesinin derecesi.
	Durum Tespiti	Bir tarafın yasal görevini yerine getirme çabası.
	Etkileme	Birey veya grupları örgütün yönünü takip etme ve desteklemeye ikna etme
	İç/Dış Kurumsal Farkındalık	Bir kuruluş içindeki resmi ve gayri resmi yapıların anlaşılması ve bu yapıların içinde etkin biçimde çalışabilme becerisi.
Performans Yönetimi	Vizyon	Bir kurumun iç ve dış eğilimler, etkiler, politik durumlar ve gelecekteki teknoloji ışığında nasıl değişmesi gerektiğini anlamak.
	Bütçesel ve Mali Hesap Verebilirlik	Program, proje veya işletme gereksinimlerini karşılamak için işyerinde finansal kaynakları elde etmek, kullanmak ve yönetmek için mali yönetim bilgisi, ilkeleri ve uygulamalarını uygulamak.
	Değişim Yönetimi	Yenilikçi çözümler geliştirmek için başkalarını dahil eder.
	Koçluk, Danışmanlık ve Mentorluk	Bir bireyin veya üyeler, müşteriler veya üstlerden oluşan bir grubun gelişim düzeyine duyulan genel ilgi.
	Çatışma Yönetimi	Bireyler arasındaki uyuşmazlıkları etkin bir şekilde çözebilme.
	Gelişim ve Sürekli Öğrenme	Bir bireyin veya üyeler, müşteriler veya üstlerden oluşan bir grubun gelişim düzeyine duyulan genel ilgi.
	Çok Kültürlü Yaklaşım	Çeşitliliği benimseyen ve kurumsal hedeflere ulaşmayı geliştirmek için farklı bakış açıları kullanan bir çalışma ortamına aktif olarak katkıda bulunma.
	İnsan Kaynağı Yönetimi	Yetkin personelin etkin seçimi ve işe alınması.
	Motivasyon	Motivasyon, eldeki durumu geliştirmek ve ilerletmek için bir kişiye, projeye veya soruna yönlendirilen enerji ve coşkudur.

**Çizelge B.4 (devam) : Wyoming yetkinlik modeli, yetkinlik tanımları.**

Yetkinlik Grubu	Yetkinlik	Tanım
Performans Yönetimi	Program/Proje Yönetimi	Bir projenin veya programın tüm yönlerini etkin bir şekilde yönlendirme ve bütünlleştirme, çalışmanın amaç ve hedeflere ulaşma yolunda ilerlemesini sağlama.
	Stratejik Planlama ve Değerlendirme	Ajans tarafından belirlenen amaç, hedef ve performans ölçütleri göz önünde bulundurularak önceliklendirme, planlama ve koordine etme dahil olmak üzere, proje, zaman, öz ve diğer kaynakların eşzamanlı yönetimi.
	Takım Kurma	Grup çalışmalarını etkin bir şekilde yönetme ve yönlendirme becerisi.
İş Yeri	Uzlaşma ve Müzakere	Düşünceyi üretken eyleme dönüştürür. Çalışma birimi içinde ve örgütsel hatlar arasında bilgi ve enformasyon paylaşarak başarılı sonuçlar yaratır.
	Bilgi Yönetimi	Bir bireyin bilgi akışını ele alma şekli. Bir kurumda kullanılacak bilgileri kendi veya başkaları yoluyla belirleme, sistematik olarak toplama ve düzenleme yeteneği.
	Müşteri Odaklılık	Bir çalışanın müşteri beklentilerini karşılama derecesi. Müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak seviyede bir iş çıkarılması endişesi.
	Esneklik ve Uyumluluk	Bireyin iş gereksinimlerinde, programlarında veya çalışma ortamlarında kabul edebildiği değişiklik derecesi.
	Ağ Geliştirme	Örgütsel amaç ve hedefleri gerçekleştirmek için kilit paydaşlarla karşılıklı yarar sağlayan ilişkileri tespit eder ve geliştirir. Örgütsel misyon ve hedeflere ulaşmak için örgütsel ilişkileri yönetir.
	Kaynak Yönetimi	Doğru, eksiksiz ve zamanında iş türünleri üretmek için, bazen karmaşık bir yapıya sahip veya birbirine rakip öncelikler içeren çoklu görevleri etkili bir şekilde organize etme.
	Çözümleyici Yaklaşım	Müşterinin sorumluluğunu üstlenir ve müşteriye olan taahhütlerini yerine getirir.
Analitik	Nezaket ve Diplomasi	Zorlu, stresli veya hassas kişilerarası durumlara, olası çatışmayı azaltan veya en aza indirgeyen yollarla yanıt verir, iç ve dış müşteriler arasında iyi iş ilişkileri sürdürür.
	Takım Çalışması	Grup ortamlarında etkin bir şekilde çalışabilme ve ödevleri tamamlayabilme kabiliyeti. Ortak hedeflere ulaşmak için başkalarıyla işbirliği içinde çalışır.
	Öğrenme	İş için yeni bilgi ve beceriler kazanma arzusu ve çabası.
	Matematiksel Muhakeme	Problemleri anlamak ve çözmek için matematiksel teknikleri, süreçleri ve kavramları kullanır ve uygular.

**Çizelge B.4 (devam) : Wyoming yetkinlik modeli, yetkinlik tanımları.**

Yetkinlik Grubu	Yetkinlik	Tanım
Analitik	Temel Bilgisayar Becerileri	Bilgisayarları ve yazılım uygulamalarını (örneğin MS Office) verimli kullanma bilgi, beceri ve kabiliyeti.
	Analitik Yaklaşım	Durumlara birden fazla açıdan bakabilme kabiliyeti. Bireyin bir şeyi yapma ya da yeni bir şey yaratma eğilimi ya da yeteneği.
	Dinleme	Sözlü olmayan ipuçları da dahil olmak üzere sesli veya işitsel bir mesaja ayak uydurma. Edinilen sözlü malzemeyi kavrama ve malzemeden anlam çıkarma becerisi.
	Problem Çözme	Farklı tip problemlerin tanımlanması ve uygulanabilir çözümlerin yaratılması.
	Okuma/Okuduğunu Anlama	Yazılı karakterlerin, kelimelerin ve cümlelerin anlamlarını inceler, tanır ve kavrar.
	Muhakeme	Karmaşık öğeleri veya sorunları parçalarına ayırabilme becerisi. Anlamlandırmak veya problem çözmek için bilgileri analiz eder ve kullanır.
	Sözlü İletişim	Fikir, düşünce ve gerçekleri sözel olarak aktarabilme becerisi.
	Yazılı İletişim	Fikir, düşünce ve gerçekleri yazılı olarak aktarabilme becerisi.
Kişisel Etkinlik	Güven	İşle ilgili görevlerin yerine getirilmesinde, verilen projelerin bitirilmesinde, son teslim tarihlerinin geçilmemesi konusunda güvenilirlik.
	İnisiyatif/Sonuç Odaklılık	Kendi çaba ve girişimi için endişe düzeyi. Bir çalışanın belirli bir görev sırasında göstereceği çabayı ifade eder.
	Kişilik Bütünlüğü/Dürüstlük/Etik	Bir bireyin güvenilirlik ve etik davranışlar sergileme derecesi.
	İletişim	Müşterileri ve iş arkadaşlarını, başkalarının görüş ve duygularını bilerek ve dikkate alarak rahatlatır.
	Sorumluluk, Kurumsal Disiplin	Takes pride in the job. Actively engages in professional self-development opportunities. Accepts individual responsibility for all actions taken. Demonstrates professionalism when judged, critiqued and/or praised by risks taken.
	Stres Toleransı	Stresli veya olumsuz durumları etkili biçimde ele alma, doğru kararlar verme, sakin ve doğru şekilde çalışma ve başkalarını sakinleştirmeye yardımcı olma.
	Öğrenmeye İstekli Olma	İnisiyatif kullanmak ve motivasyon sergileme, sorumluluk artışı arama. Zorlu durumları, sorunları ve fırsatları değerlendirmek ve yanıtlamak için enerji ve öngörü kullanma.



## ÖZGEÇMİŞ

**Ad-Soyad** : Fatma Sena KARAL  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 10.09.1993 Coburg Federal Almanya  
**E-posta** : senakaral@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, İstanbul Bilgi Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü